



**TÉCNICO**  
LISBOA



**Arquitectura Bioclimática no Algarve:**  
Análise do Conforto Térmico de uma Moradia Unifamiliar em Portimão

**Miguel Mendes Faustino Gracias**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Arquitectura**

Orientador: Professor Doutor Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes

**Júri**

Presidente: Professor Doutor Francisco Manuel Caldeira Pinto Teixeira Bastos

Orientador: Professor Doutor Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes

Vogal: Professora Doutora Maria da Glória de Almeida Gomes

**Junho 2022**

## Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Aos meus...

## Resumo

O aumento do consumo de energia eléctrica por sistemas de climatização, como o ar condicionado, é uma realidade em Portugal. Tendo em conta as previstas alterações climáticas, o cenário que se prevê é de uma agravação desses gastos com climatização. O foco desta dissertação está no estudo de estratégias de projecto bioclimático que contribuem para uma melhoria do conforto no interior das habitações e para uma melhor eficiência energética, com foco na região do Algarve. Para isso, procura-se as qualidades bioclimáticas da arquitectura vernacular algarvia que possam ser aplicadas ao contexto contemporâneo e explora-se as causas destas práticas terem caído em desuso. São apresentadas um conjunto de estratégias bioclimáticas aplicáveis no território algarvio bem como é apresentado o sistema de energia solar fotovoltaica. É realizado um estudo bioclimático de uma moradia localizada em Portimão com o objectivo de melhorar o conforto térmico e a eficiência energética da mesma. Recorrendo ao programa, *EnergyPlus*, realizaram-se análises do conforto térmico adaptativo e das necessidades de aquecimento para o estado original da moradia e para três soluções bioclimáticas alternativas. Estimou-se ainda, o sistema solar fotovoltaico ideal, tendo em conta o perfil de consumo energético real, medido ao longo de um ano. Os resultados confirmam que as práticas bioclimáticas têm um grande potencial na melhoria do conforto térmico, bem como, na redução das necessidades de energia para climatização e consequentemente na sustentabilidade do edificado algarvio.

**Palavras-chave:** Arquitectura Bioclimática, Conforto, LadyBug Tools, EnergyPlus, Algarve

## **Abstract**

The increase on electric energy consumption by climatization systems, such as air-conditioning, is a fact in Portugal. Considering the foreseen climate changes, an increase on expenses related to such consumptions is expected. The target of this project resides on the study of bioclimatic strategies that lead to an improvement on comfort inside the residence, as well as on the energy efficiency, focused on the Algarve region. For that matter, a research about the bioclimatic methods used in the traditional algarvian architecture is performed in order to identify the ones that could be applied on the current context and why such practices fell into disuse. A series of bioclimatic strategies applicable to the Algarve and the solar photovoltaic system are presented. A bioclimatic study of a residence located in Portimão is performed in order to improve its thermal comfort and energy efficiency. Through the use of EnergyPlus software, analysis of the thermal adaptive comfort and the heating needs for the original state of the residence as well as for three alternative bioclimatic solutions are conducted. An ideal solar photovoltaic system is estimated, taking into consideration the real energy consumption measured throughout one year. The results confirmed that bioclimatic practices have a great potential towards both the improvement on thermal comfort and the decrease on energy consumption for climatization needs, therefore it contributes to the sustainability of the algarvian buildings.

**Keywords:** Bioclimatic Architecture, Comfort, LadyBug Tools, Algarve

# Conteúdo

Resumo . . . . .	iv
Abstract . . . . .	v
Lista de Tabelas . . . . .	vii
Lista de Figuras . . . . .	viii
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1 Arquitectura Bioclimática no Algarve</b>	<b>5</b>
1.1 O Algarve . . . . .	7
1.2 Arquitectura Vernacular . . . . .	12
1.3 O Turismo e a perda de identidade . . . . .	19
1.4 Conforto Térmico e Energia . . . . .	21
<b>2 Estratégias de Projecto Bioclimático</b>	<b>23</b>
2.1 Contexto Climático . . . . .	23
2.2 Localização . . . . .	24
2.3 Orientação solar e forma . . . . .	25
2.4 Sombreamento (Proteção Solar) . . . . .	26
2.5 Revestimento Reflexivo da Envolvente . . . . .	28
2.6 Isolamento . . . . .	29
2.7 Inércia Térmica . . . . .	29
2.8 Áreas de Envidraçado e Tipos de Vidro . . . . .	31
2.9 Iluminação Natural . . . . .	32
2.10 Sistemas Bioclimáticos . . . . .	33
2.10.1 Sistemas de Aquecimento Passivo . . . . .	34
2.10.2 Sistemas de Arrefecimento Passivo . . . . .	38
2.11 Energia Solar Fotovoltaica . . . . .	42
2.12 Critérios de Conforto Térmico . . . . .	44
<b>3 Estudo de Caso</b>	<b>47</b>
3.1 Contexto Climático . . . . .	48
3.2 Caracterização da Moradia . . . . .	50

3.2.1	Elementos Construtivos . . . . .	53
3.2.2	Aspectos Bioclimáticos . . . . .	55
3.2.3	Consumo Eléctrico Real . . . . .	59
3.3	Modelos Energéticos . . . . .	60
3.3.1	Modelo de Referência . . . . .	60
3.3.2	Modelos Alternativos . . . . .	61
<b>4</b>	<b>Análise dos Resultados</b>	<b>63</b>
4.1	Modelo de Referência . . . . .	63
4.2	Modelo Alternativo (Ventilação Natural) . . . . .	65
4.3	Modelo Alternativo (Melhoria da Envolvente) . . . . .	67
4.4	Modelo Alternativo (Solução Conjunta) . . . . .	69
4.5	Sistema solar fotovoltaico . . . . .	72
<b>5</b>	<b>Recomendações de Projecto</b>	<b>75</b>
	<b>Conclusão</b>	<b>77</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>78</b>
<b>A</b>	<b>Anexos</b>	<b>82</b>
A.1	Exemplos de arquitectura que não se rege pelos princípios da arquitectura bioclimática. . . . .	82
A.2	Morada . . . . .	84
A.3	Comparação de Climas . . . . .	87
A.4	Gráficos de Conforto adaptativo . . . . .	88
<b>B</b>	<b>Fichas Técnicas</b>	<b>96</b>
B.1	Ficha Técnica - Aglomerado de cortiça expandida - Amorim Cork Insulation . . . . .	96
B.2	Ficha Técnica - Medidor de Consumo de Electricidade Inteligente - Efergy . . . . .	99

# Lista de Tabelas

3.1	Tabela das áreas úteis de cada espaço interior da moradia e respectiva legenda. . . . .	53
3.2	Constituição dos elementos da envolvente opaca da moradia. . . . .	54
3.3	Constituição dos elementos interiores da moradia. . . . .	55
3.4	Constituição das paredes exteriores da moradia para simulações com isolamento térmico pelo exterior em Aglomerado de Cortiça Expandida (ACE). . . . .	62
4.1	Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo de Referência. (AT) - Autonomia Térmica . . . . .	64
4.2	Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo Alternativo (Ventilação Natural). (AT) - Autonomia Térmica . . . . .	66
4.3	Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo Alternativo (Melhoria da Envolvente). . . . .	68
4.4	Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo Alternativo (Solução Conjunta). . . . .	70
4.5	Resumo dos resultados obtidos e comparação em relação ao Modelo de Referência. . .	71
4.6	Resumo das Necessidades de Aquecimento. . . . .	71
4.7	Resumo Sistema Solar Fotovoltaico 2,5kWh de potência. . . . .	73



# Lista de Figuras

1.1	Região NUT II/NUT III - Algarve e respectivos concelhos. . . . .	7
1.2	Mapa das sub-regiões do Algarve (Serra, Barrocal e Litoral). . . . .	8
1.3	Classificação climática de Koppen-Geiger em no Algarve. . . . .	9
1.4	Média Anual da temperatura mínima, média e máxima (respectivamente) no período de 1971-2000. . . . .	9
1.5	Média anual de ocorrência de noites tropicais no periodo de 1971-2000. . . . .	10
1.6	Número total de ocorrência de ondas de calor; Duração média das ondas de calor; Média anual de dias em onda de calor (respectivamente) no período de 1971-2000. . . . .	10
1.7	Precipitação média acumulada (mm/ano). . . . .	11
1.8	Número total de Meses em Seca no período de 1971-2000. . . . .	11
1.9	Duração Máxima em Seca extrema no período de 1971-2000. . . . .	12
1.10	Quarteira Anos-40 . . . . .	14
1.11	Habitação de planta rectangular em xisto e taipa, rebocado a cal, localizada em Bensafrim, Lagos. . . . .	15
1.12	Habitação de planta rectangular em taipa, rebocado a cal e orientada a nascente, localizada em Montinhos do Burgau, Lagos. . . . .	15
1.13	Exemplos de chaminés algarvias. . . . .	16
1.14	Tipologias das casas rurais algarvias. . . . .	17
1.15	Pátio típico do Algarve. . . . .	18
1.16	Fotografias da Praia da Rocha, nos anos 40 (à esquerda) e nos anos 70 (à direita), respectivamente. . . . .	20
1.17	Hotel Júpter Algarve, localizado na Praia da Rocha, Portimão. . . . .	21
1.18	Vulnerabilidade actual no edificado urbano e rural decorrente da exposição ao frio e ao calor, respectivamente. . . . .	22
2.1	Carta Solar para o Algarve . . . . .	25
2.2	Moradia projectada pelo atelier ARX no Martinhal, Sagres. . . . .	26
2.3	Hotel Rural em Tavira, Algarve, projectado pelo atelier RUA. . . . .	27
2.4	Exemplos de sombreamento no Algarve. . . . .	28
2.5	Exemplo de sombreamento com recurso a vegetação. . . . .	28
2.6	Exemplo de revestimento reflexivo da envolvente e beiral no Algarve. . . . .	29

2.7	Exemplos de Utilização da Inércia Térmica. . . . .	30
2.8	Exemplo de construção em taipa no Algarve. . . . .	30
2.9	Tipos de vidro. . . . .	31
2.10	Valores de Infiltração das janelas. . . . .	32
2.11	Exemplos de iluminação natural no Algarve. Moradia no Martinhal de ARX (à esquerda) e Moradia em São Bartolomeu de Messines de Victor Vilhena Architects (à direita). . . .	33
2.12	Moradia em Lagos, Algarve. Mário Martins Atelier. . . . .	35
2.13	Exemplo de sombreamento de parede de trombe, no verão. . . . .	36
2.14	Exemplo de funcionamento de parede de trombe ventilada, no inverno (à esquerda), na primavera e outono (no centro) e o verão (à direita). . . . .	37
2.15	Esquema de Estufa. . . . .	38
2.16	Esquema de Ventilação Cruzada. . . . .	40
2.17	Esquema de funcionamento do efeito "chaminé". . . . .	41
2.18	Exemplo da utilização da água e da vegetação no arrefecimento passivo. . . . .	42
2.19	Rendimentos dos painéis solares de acordo com a localização da inclinação e do azimute. . . . .	43
2.20	Modelo de Conforto adaptativo proposto por (Matias, 2010) em comparação com a norma EN 16798-1. . . . .	45
2.21	Exemplo de visualizações da Autonomia Térmica. . . . .	46
3.1	Localização da moradia em estudo. . . . .	47
3.2	Distribuição anual da temperatura de bulbo seco exterior em Faro. . . . .	49
3.3	Distribuição anual da humidade relativa em Faro. . . . .	49
3.4	Distribuição anual da radiação solar horizontal em Faro. . . . .	50
3.5	Rosa dos Ventos anual em Faro. . . . .	50
3.6	Planta Piso 0. . . . .	51
3.7	Planta Piso 1. . . . .	52
3.8	Fotografias da moradia em estudo. . . . .	52
3.9	Representação do Alçado Sul. . . . .	56
3.10	Incidência solar directa nos solstícios de inverno (esquerda) e verão (direita) na sala de jantar e quartos. . . . .	57
3.11	Sombreamento com recurso a vegetação na fachada este da moradia em estudo. . . . .	57
3.12	Esquema do efeito chaminé no hall da moradia. . . . .	58
3.13	Gráfico Consumo de Energia Anual Medido. . . . .	59
3.14	Gráfico Consumo de Energia Anual Medido com alteração de escala. . . . .	59
3.15	Imagens do Alçado Sul do modelo energético. . . . .	60
3.16	Imagens do Alçado Norte do modelo energético. . . . .	61
4.1	Ganhos solares normalizados de quatro janelas orientadas a sul. . . . .	65
4.2	Gráfico anual de consumo/injecção . . . . .	72
4.3	Gráfico anual de consumo com sistema solar instalado. Escala de 0 a 5.9 kWh. . . . .	73

4.4	Gráfico anual de consumo com sistema solar instalado. Escala de 0 a 1 kWh. . . . .	73
A.1	Torres do empreendimento da Torralta em Alvor (Anos 60). Fachadas noroeste e sudoeste (à esquerda) e fachadas nordeste e sudeste (à direita). . . . .	82
A.2	Hotel Pestana Delfim em Alvor (Anos 80). . . . .	83
A.3	Planta de Localização. . . . .	84
A.4	Sala de estar (à direita) e sala de Jantar (à esquerda) da moradia em estudo. . . . .	84
A.5	Suite (à direita) e quarto de vestir (à esquerda) da moradia em estudo. . . . .	85
A.6	Hall de entrada (à direita) e quarto no primeiro andar (à esquerda) da moradia em estudo. . . . .	85
A.7	Instalação sanitário no rés-do-chão (à direita) e no primeiro andar (à esquerda), da moradia em estudo. . . . .	86
A.8	Cozinha da moradia em estudo. . . . .	86
A.9	Condições de conforto em Portimão. . . . .	87
A.10	Condições de conforto em Faro. . . . .	87
A.11	Condições de conforto em Sagres. . . . .	87
A.12	Gráfico comparativo de temperaturas entre Portimão, Faro e Sagres. . . . .	88
A.13	Gráfico comparativo das velocidades médias do vento entre Portimão, Faro e Sagres. . . . .	88
A.14	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Hall e na Mezzanine . . . . .	89
A.15	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Sala de Estar. . . . .	89
A.16	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Sala de Jantar. . . . .	89
A.17	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Sala de Jogos. . . . .	90
A.18	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Escritório. . . . .	90
A.19	Conforto Térmico Adaptativo Anual na Lavandaria. . . . .	90
A.20	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Corredor Cozinha. . . . .	91
A.21	Conforto Térmico Adaptativo Anual na Cozinha. . . . .	91
A.22	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Corredor Sala Cozinha . . . . .	91
A.23	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Corredor da I.S. Social. . . . .	92
A.24	Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Social. . . . .	92
A.25	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto Suite. . . . .	92
A.26	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto de Vestir Suite. . . . .	93
A.27	Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Suite. . . . .	93
A.28	Conforto Térmico Adaptativo Anual na Sala do Cofre. . . . .	93
A.29	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto 1. . . . .	94
A.30	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto 2. . . . .	94
A.31	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto 3. . . . .	94
A.32	Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto de Vestir. . . . .	95
A.33	Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Quarto 3. . . . .	95
A.34	Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Quartos 1 e 2. . . . .	95

# Introdução

Em Portugal, incluindo no sector residencial, existe uma tendência crescente da utilização de sistemas de climatização como o ar condicionado (Guedes et al., 2022). Por um lado, pode isto dever-se ao desprezo pela localização e condições climatéricas locais, das construções mais recentes (Dias and Santos, 2019). Particularmente em regiões como no Algarve, a necessidade crescente de habitação, em muito impulsionada pelo crescimento exponencial do turismo, gerou um crescimento repentino e insustentável que colocou no esquecimento as práticas e conhecimentos do "antigamente", nomeadamente a sua adequação ao clima local (Fernandes, 2005).

Por outro lado, a arquitectura vernacular no Algarve, apesar de bastante desadaptada aos modos de vida e exigências dos nossos dias, tinha, por necessidades limitativas da época, que se cingir à utilização de materiais locais e principalmente de tirar o máximo proveito do clima do local para providenciar o conforto necessário (Martins et al., 1988). A implantação, a orientação solar, a forma, os materiais utilizados na construção (terra, calcário e xisto), as soluções arquitectónicas adoptadas (coberturas de uma ou duas águas, a dimensão dos vãos, as açoteias, as varandas, os alpendres, as chaminés, os pátios), a incorporação da vegetação na arquitectura e as soluções hídricas (poços, noras, eiras, tanques, cisternas, aquedutos, etc...), todos trabalhavam em conjunto e com um propósito em comum, o tão desejado Conforto. É nestas práticas vernaculares que esta dissertação procura inspiração para uma forma mais sustentável de Arquitectura.

Hoje, na procura do conforto, gerou-se uma grande dependência do consumo de electricidade para climatização e iluminação. Esta, representa 42% da energia utilizada nos edifícios, o que significa que a redução desta necessidade é um dos principais fatores na sua sustentabilidade (Pinheiro, 2006).

Existe uma relação directa entre a variação da temperatura e o consumo de electricidade (Miller et al., 2008) e (Sullivan et al., 2015) e, o cenário futuro não prevê melhoras. Um estudo realizado para o *Plano Intermunicipal de adaptação às alterações climáticas do Algarve*, (PIAAC), prevê, nas suas simulações: aumentos das temperaturas, diminuição da pluviosidade, bem como o aumento de fenómenos climáticos como as ondas de calor e as noites tropicais.

Tendo em conta estas particularidades apresentadas, nas habitações do Algarve, deveria existir uma

preocupação acrescida para que estas sejam projetadas e construídas de acordo com as condições da região. O projecto dos edifícios em função do local e do clima onde se pretende inserir (Arquitectura Bioclimática), é um caminho essencial para a Sustentabilidade que engloba valores como o Conforto Humano e a Eficiência Energética (Guedes et al., 2009).

## **Objectivos**

Esta dissertação tem como principal objectivo, o de realçar a importância da adopção de estratégias bioclimáticas, presentes na arquitectura vernacular e adaptáveis às exigências contemporâneas, para a garantia do Conforto Térmico e da Eficiência Energética nas habitações do Algarve.

Para além disso, tem como objectivos secundários: a simulação e análise da influência de estratégias bioclimáticas no melhoramento do conforto térmico no interior de uma moradia unifamiliar localizada em Portimão, e a melhoria da eficiência energética face às necessidades de energia apenas para o aquecimento. É assumida nesta dissertação a vontade de não contemplar o recurso a sistemas de arrefecimento activos, tais como o ar condicionado.

Pretende-se ainda, recolher o dados, reais, de um ano completo, do consumo de electricidade na moradia em estudo, e estimar o sistema solar fotovoltaico ideal para o perfil de consumo recolhido.

## **Metodologia**

Para se alcançar os objectivos propostos, fez-se uma aproximação dividida em dois momentos distintos:

- No primeiro momento, foi realizada uma pesquisa, esta por sua vez também dividida em duas partes: na primeira, enquadra a Arquitectura Bioclimática dentro do grande conceito que é a Arquitectura Sustentável e relaciona-a com a questão do conforto e da eficiência energética nas habitações. Vai enquadrar-se o tema da bioclimática no Algarve, pesquisando aspectos da arquitectura vernacular algarvia que evidenciem a existência de práticas bioclimáticas no "antigamente", anterior à disseminação da electricidade e da consequente "globalização" que levou ao esquecimento de tais práticas. Quer também mostrar que o principal causador desse esquecimento foi o fenómeno do turismo massificado, este também consequência da "globalização". Ainda na primeira parte, investiga-se a influência que a temperatura tem no consumo de electricidade, dando relevância a arquitectura bioclimática como amenizador dessa correlação.

Na segunda parte do primeiro momento, fez-se uma pesquisa das soluções bioclimáticas aplicáveis ao Algarve, explicando o seu funcionamento e enquadrando-as com as práticas vernaculares

anteriormente estudadas. Nesta secção das soluções bioclimáticas, incluiu-se a energia solar fotovoltaica pois enquadra-se nas simulações que se pretende realizar nesta dissertação. Por fim, introduziu-se as métricas de conforto térmico que serão utilizadas nas simulações no segundo momento.

- No segundo momento, realizaram-se análises comparativas entre diferentes estratégias bioclimáticas, do conforto térmico alcançado no interior da moradia em estudo, bem como das suas necessidades de aquecimento. Estimou-se ainda, a potência solar fotovoltaica ideal, a instalar, tendo em conta o perfil de consumo real na moradia.

Numa primeira fase, foi necessário uma de recolha de dados. Após a realização de um levantamento arquitectónico e construtivo da moradia em estudo, foi modelado um modelo tridimensional e um modelo energético recorrendo aos softwares, *Archicad*, *Rhino* e *EnergyPlus* (auxiliado pelo *LadyBug Tools*). Ainda nesta fase, instalou-se um medidor inteligente do consumo de electricidade na moradia para se obter os dados reais do consumo energético ao longo de um ano. Estes dados, após recolhidos, tiveram de ser tratados no *Excel* para posterior utilização.

Posteriormente, através dos softwares *Ladybug Tools* e *Honeybee*, fez-se as simulações previstas e organizou-se em gráficos e tabelas os resultados obtidos. Por fim, e de acordo com as métricas anteriormente definidas, analisaram-se esses resultados, percebendo-se assim a influência das diferentes estratégias simuladas no conforto térmico e eficiência energética.

## Organização

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos:

- **1º Capítulo** - Nesta primeira secção, são apresentados os conceitos de arquitectura sustentável e de arquitectura bioclimática. De seguida, faz-se um enquadramento da região do Algarve, a nível da localização, do clima, das práticas de arquitectura vernacular e do impacte do turismo e da "globalização" no ambiente construído. Ainda neste capítulo, demonstra-se a relação entre o consumo de electricidade e o conforto térmico, evidenciando o papel da arquitectura bioclimática na sustentabilidade das habitações algarvias.
- **2º Capítulo** - O segundo capítulo contém um levantamento das principais estratégias bioclimáticas aplicáveis ao Algarve. É também neste capítulo que se introduz as métricas utilizadas nas simulações do caso de estudo.
- **3º Capítulo** - Neste capítulo, apresenta-se a moradia em estudo. Apresenta-se o contexto climático, e todos os elementos necessários às simulações que se pretende realizar: espaços, elementos construtivos e consumo energético real. É feita uma análise bioclimática da mesma,

evidenciando os principais aspectos que têm influência no comportamento térmico da moradia. Por fim, apresenta-se as diferentes simulações que se pretende realizar.

- **4ºCapítulo** - Aqui são apresentados os resultados obtidos nas simulações e é feita uma análise das consequências de cada estratégia simulada.
- **5ºCapítulo** - Por fim, neste último capítulo e tendo em consideração toda a pesquisa e análise realizada nesta dissertação, apresentam-se algumas recomendações de projecto para a habitações no Algarve.

# Capítulo 1

## Arquitectura Bioclimática no Algarve

### Arquitectura Sustentável

O conceito de Arquitectura Sustentável surge em 1987 (Pinheiro, 2006), apesar de muitos dos seus princípios estarem patentes já desde os primórdios da civilização, incluindo na arquitectura vernacular. Surge associado ao conceito mais amplo de Desenvolvimento Sustentável, apresentado no relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento denominado de "Nosso Futuro Comum" e também conhecido por relatório de Brundtland.

*"o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que vai de encontro com as necessidades actuais sem que comprometa a possibilidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades."* (Brundtland, 1987)

Qualquer actividade de construção, quer seja de infraestruturas, edifícios ou outros, geram impactes económicos, sociais e também ambientais, principalmente associados à ocupação do solo, ao consumo de recursos (materiais, água e energia), à produção de resíduos (líquidos e gasosos) e a alteração dos ecossistemas naturais (Pinheiro, 2006).

A construção, utilização, manutenção e demolição de edifícios são processos associados a um elevado consumo de energia e de recursos naturais. O conceito de arquitectura sustentável surge com o propósito de melhorar o conforto ambiental dos seus ocupantes (acústico, visual e térmico) e a salubridade dos espaços, enquanto garante o mínimo impacto ambiental possível em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios (Pinheiro, 2006).

Existem dois aspectos fundamentais sobre quais o impacte ambiental causado por um edifício deverá ser analisado:

- Construção e Demolição - Um edifício consiste numa estrutura física composta por uma série de elementos. Estes elementos são constituídos por materiais que tiveram de ser extraídos, ma-



nufacturados, transportados, aplicados na construção e também serão eventualmente demolidos para serem reutilizados/reciclados ou simplesmente depositados em aterros.

"...para um processo de construção mais sustentável é também necessário reduzir o impacto ambiental da edificação e da infraestruturação, recorrendo a materiais locais ou renováveis, reduzindo o consumo de energia, minimizando o desperdício de água e adoptando estratégias de gestão dos resíduos da construção." (Mourão, 2010)

- Utilização - Um edifício também pode ser considerado como uma "máquina de viver" pelo que ao longo do seu uso irá requerer grandes quantidades de energia e água consequentemente gerando poluição sob a forma de gases poluentes e resíduos.

O impacto ambiental associado aos edifícios pode assim ser dividido em quatro aspectos fundamentais: a energia consumida na utilização do edifício (aquecimento, arrefecimento, iluminação e equipamentos), o impacto ambiental dos materiais usados na construção, a gestão da água (captação, consumo, reaproveitamento e depósito) e a gestão de resíduos (Brophy and Lewis, 2011). No entanto, a energia consumida na utilização dos edifícios corresponde à maior fatia no impacto ambiental causado pelos edifícios (Pinheiro, 2006).

## **Arquitectura Bioclimática**

A arquitectura bioclimática consiste na concepção das edificações tendo como ponto de partida o clima local, tirando o máximo proveito dos recursos naturais disponíveis na zona envolvente (sol, vento, chuva, vegetação e materiais de construção) com o objectivo de proporcionar conforto térmico que consequentemente, reduz consumo energético e o impacto ambiental dessas construções (Colombo et al., 1994).

Na Arquitectura Bioclimática, os edifícios são como organismos vivos numa interação constante com o ambiente que os rodeia. Estes organismos aproveitam da melhor forma possível tudo o que o ambiente lhes tem para oferecer, aproveitando por exemplo, a radiação solar e os ventos (Guedes et al., 2009).

*"The shelter should filter out the dangerous impacts and let in the beneficial ones of the environment"*  
(Olgay, 2015)

## 1.1 O Algarve

### Localização

O Algarve é a região mais a sul de Portugal, com uma área total de 4996,79 km<sup>2</sup>, cerca de 5,4% do total nacional, e encontra-se administrativamente dividido em 16 concelhos e 84 freguesias. Confina a norte com o Alentejo, a oeste com Espanha sendo o rio Guadiana a sua fronteira natural, já a Sul e Este tem como limite o Oceano Atlântico (Figura 1.1).

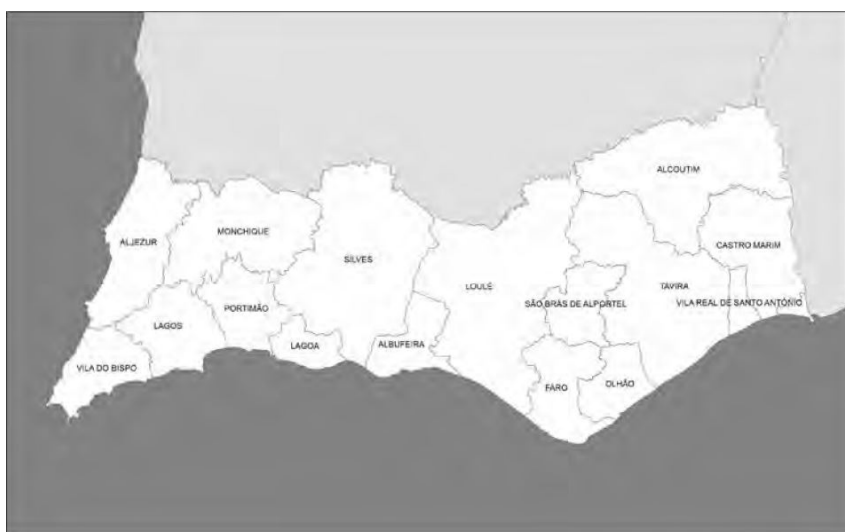


Figura 1.1: Região NUT II/NUT III - Algarve e respectivos concelhos. Fonte: (Dias and Santos, 2019)

O cabo de São Vicente em Sagres é onde se encontra o ponto mais a Sudoeste da Europa Continental e é na serra de Monchique, a 902 metros, que se encontra o ponto mais alto da região seguindo-se a Picota, a 774m e pela serra do Caldeirão com 578 metros de altitude. Esta cadeia montanhosa para além de separar o Algarve do resto de Portugal, forma uma barreira natural que protege grande parte da região dos ventos mais frios oriundos dos quadrantes norte e noroeste. A sul, o Algarve é influenciado pela proximidade com o mar mediterrâneo e com o norte África (Martins et al., 1988).

Medeiros de Gouveia em "O Algarve", divide a região em três sub-regiões: o Baixo Algarve ou Litoral, o Algarve Calcário ou Barrocal e o Alto Algarve ou Serra, representados na figura 1.2 (Quitério, 2007). Esta trata-se de uma divisão geológica. A Serra Algarvia, que representa 62% do território da região e é a sub-região com a economia mais pobre e residual, sendo igualmente a com menor densidade populacional, é formada essencialmente por rochas xistosas (Martins et al., 1988) e (Palma, 2009).

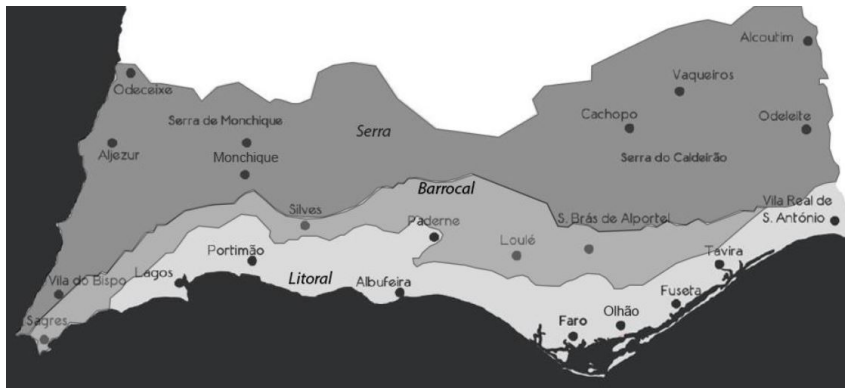


Figura 1.2: Mapa das sub-regiões do Algarve (Serra, Barrocal e Litoral). Fonte: Vanessa Afonso

O Barrocal, "constituído por uma série de anticlinais e de planaltos calcários", situa-se no centro da região e o Baixo Algarve, também conhecido como Litoral é onde se encontra a maior parte da população, conta com uma costa bastante diversificada. Varia entre arribas escarpadas, areais extensos e restingas que geram lagunas, sapais e outras formações dunares.

No Litoral Algarvio predominam as rochas do tipo sedimentar (arenitos e conglomerados) e morfológicamente tem uma altitude baixa, sendo formado por relevos aplanados, organizados por campinas e várzeas (Ribeiro, 1986). Existem no entanto, duas exceções, uma na serra e outra no barrocal, respectivamente, na serra de Monchique onde se localiza um maciço eruptivo de rochas graníticas, o "sienito nefelítico" e na zona entre S. Bartolomeu de Messines e Silves, em terrenos Triássicos, onde se pode encontrar um arenito, o "grés de Silves", uma rocha de tons avermelhados, escura que foi usada, por exemplo, no Castelo e na Sé de Silves (Martins et al., 1988).

## Clima

De acordo com o sistema de classificação climática de Koppen-Geiser o Algarve tem um clima mediterrânico de verão quente (Figura 1.3 - Csa) na maior parte do seu território, com excepção da Costa Vicentina que tem um clima mediterrânico de verão fresco (Figura 1.3 - Csb). Segundo Martins, o clima no Algarve chega mesmo a aproximar-se do tipo subtropical dado a influência dos ventos quentes vindos do norte de África.



Figura 1.3: Classificação climática de Koppen-Geiger em no Algarve. Fonte: IPMA

Na figura 1.4 estão representadas as distribuições das temperaturas anuais registadas (NC 1971-2000). A média anual da temperatura mínima no Algarve situa-se entre os 9,7°C e os 13,3°C. As médias mais amenas situam-se no Barrocal, nas zonas do Litoral a sul e na Costa Vicentina, por outro lado, os mais baixos ocorrem nas áreas de serra. A média anual da temperatura média no Algarve situa-se entre os 12,7°C e os 17,7°C. Regionalmente estas médias são mais elevadas no Sotavento do que no Barlavento e diminuem especialmente nas áreas de serra com o aumento da altitude. A média anual da temperatura máxima no Algarve situa-se entre os 15,6°C e os 23,4°C. As temperaturas máximas são bastante influenciadas pelas serras e pelo Oceano Atlântico, enquanto as mais elevadas da região podem encontrar-se no vale do Guadiana, onde tais factores exercem menor influência (Dias and Santos, 2019).

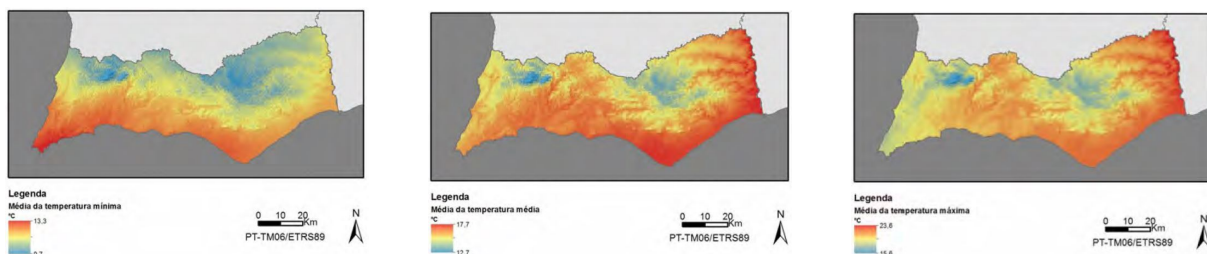


Figura 1.4: Média Anual da temperatura mínima, média e máxima (respectivamente) no período de 1971-2000. Adaptado de: (Dias and Santos, 2019)

O clima muito especial do Algarve também tem fenómenos climáticos conhecidos como "Noites Tropicais" e "Ondas de Calor".

As noites tropicais consistem em dias em que a temperatura mínima se mantém acima dos 20°C. Isto pode acarretar impactos na saúde das populações, na medida em que aumenta os efeitos do stress térmico sentido (Lelieveld et al. 2012). Este fenómeno tem uma maior incidência nas zonas costeiras (Litoral) em especial no Sotavento (1.5). O número de ocorrências de noites tropicais, segundo os dados do E-OBS dataset (1971-2000), varia entre 9 e 16 dias por ano (Dias and Santos, 2019).

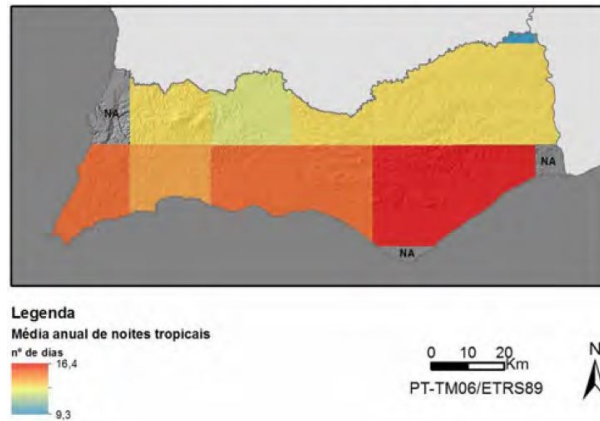


Figura 1.5: Média anual de ocorrência de noites tropicais no período de 1971-2000. Adaptado de: (Dias and Santos, 2019)

Segundo o IPMA, considera-se que ocorreu uma onda de calor quando num intervalo mínimo de seis dias, a temperatura máxima diária é superior ao valor médio diário no período de referência em pelo menos 5°C. Através da figura 1.6, percebe-se que este fenómeno tem uma maior incidência no interior do Algarve do que no Litoral.

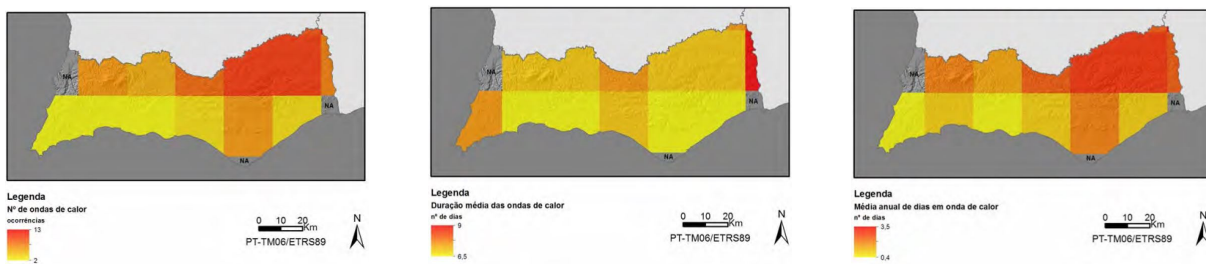


Figura 1.6: Número total de ocorrência de ondas de calor; Duração média das ondas de calor; Média anual de dias em onda de calor (respectivamente) no período de 1971-2000. Adaptado de: (Dias and Santos, 2019)

Quanto à precipitação, o Algarve apresenta grandes variações ao longo do seu território, com valores a rondar os 1500mm/ano nas regiões de serra e valores muito inferiores, na ordem dos 500mm/ano, nas zonas do vale do Guadiana e no sudoeste algarvio, na zona de Sagres (Figura 1.7).

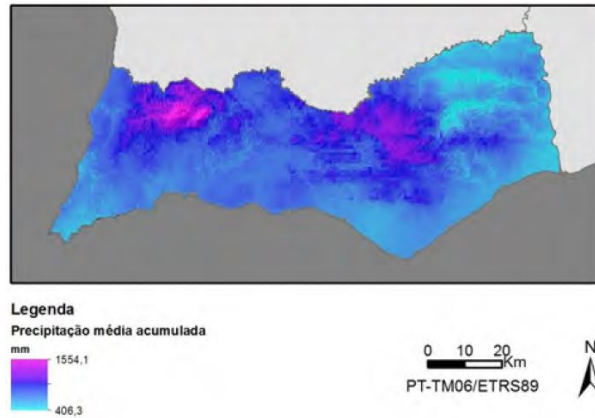


Figura 1.7: Precipitação média acumulada (mm/ano). Adaptado de: (Dias and Santos, 2019)

Os períodos de seca, também são um aspecto condicionante no Algarve. Estes aumentam do Barlavento para o Sotavento e também do litoral para o interior (Figura 1.8). Já a duração máxima das secas varia entre 1 a 5 meses, fazendo-se sentir a secas mais extremas nas zonas do vale do Guadiana (este) e da Costa Vicentina (oeste) (Figura 1.9).

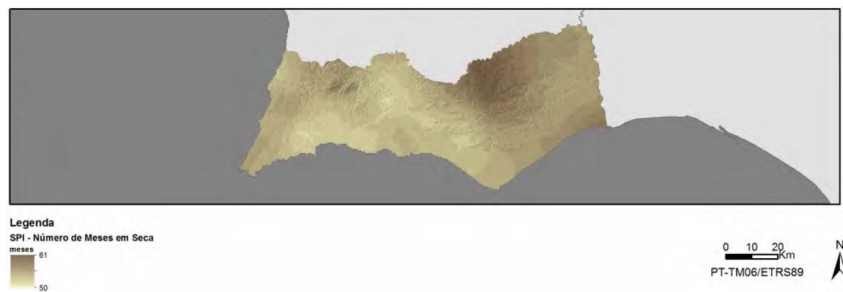


Figura 1.8: Número total de Meses em Seca no período de 1971-2000. Adaptado de: (Dias and Santos, 2019)

Deve ser dada a devida importância a estes fenómenos climáticos na medida que segundo o estudo realizado no âmbito das alterações climáticas pela CCDR-Algarve, o PIAAC, existe uma grande tendência para estes fenómenos ocorrerem com maior frequência, tal como o aumento das temperaturas mínimas, médias e máximas. Já quanto aos valores de precipitação estes são previstos que desçam bastante, consequentemente aumentando os períodos em seca e seca extrema.

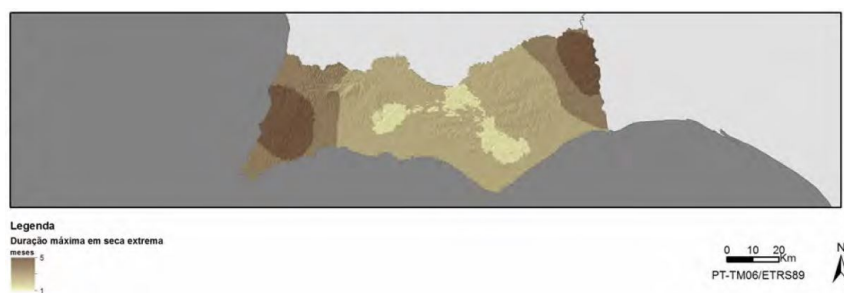


Figura 1.9: Duração Máxima em Seca extrema no período de 1971-2000. Adaptado de: (Dias and Santos, 2019)

O entendimento de um local, seja pelos materiais disponíveis nas proximidades, ou pelo seu contexto climático são fundamentais para o estudo da arquitectura vernacular pois, até à revolução industrial (Fernandes, 2005) e à consequente disseminação da electricidade e dos sistemas de climatização, estes eram os únicos factores que podiam ser levados em consideração na construção.

## 1.2 Arquitectura Vernacular

A arquitectura vernacular é parte fundamental da paisagem do Algarve, conhecida também como arquitectura popular, foi abordada por autores como Fernando Galhano no seu trabalho "Zona Algarvia" (1992) e Orlando Ribeiro, no seu estudo "Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico" (1945) (Fernandes, 2005).

*"Se ao aparecimento de diferenciados materiais correspondem características especiais nas edificações, também a específicas condições climáticas correspondem as formas construtivas mais próprias dessas condições."* (Martins et al., 1988)

Neste ponto, vão ser descritos as principais práticas tradicionais encontradas no Algarve enfatizando os seus aspectos bioclimáticos. Mais uma vez, a relação intrínseca entre as práticas e soluções construtivas do "antigamente", com o clima e o ambiente que as rodeia, não pode ser dissociada.

Na arquitectura vernacular era comum a utilização de materiais locais, no caso do Algarve estes eram: a terra, na forma de **taipa** e **adobe**; o **xisto**, nas Serras; e o **calcário** no Barrocal (Quitério, 2007). A pedra e a terra são ambos materiais com elevada inércia térmica pelo que têm a capacidade de armazenar energia (calor ou frio), logo têm a capacidade de regular e suavizar as oscilações da temperatura no interior das habitações (Guedes, 2011).

Existem ainda três excepções nos materiais de construção utilizados, uma em cada sub-região do algarve. Na Serra, o sienito nefelítico, no Barrocal, o grés de silves e no litoral, mais propriamente nas vilas piscatórias nas costas arenosas, as casas de madeira revestidas a colmo (Martins et al., 1988).

Nos locais próximos de afloramentos rochosos, na construção, era dada preferência ao uso da pedra, porém, e apesar de haver alguns indícios da utilização do calcário e da cerâmica, a construção em taipa era sem dúvida o sistema construtivo dominante na região, não só na construção de paredes, mas também em muros. As construções em taipa podem ser encontradas por toda a região (Serra, Barrocal e Litoral), pelo que, no geral, a utilização do calcário era utilizado em aplicações mais nobres, resistentes e por motivos estéticos como por exemplo no guarnecimento de vãos (Ribeiro, 1986) e (Fernandes, 2005).

A Taipa e o Adobe, visto serem constituídos maioritariamente por terra, apresentam algumas vulnerabilidades que podem afetar o seu estado de conservação e durabilidade, nomeadamente, a humidade que provoca a desagregação dos mesmos. Este factor, foi um motivo importante para estes materiais terem sido largamente utilizados na região, tendo em conta a baixa pluviosidade na mesma. Mesmo assim, como solução para os dias de chuva, era comum haver um pequeno prolongamento do telhado (**Beiral**), que impedia que a água escorresse pelas paredes. Esta solução ainda tinha a capacidade de proteger alguma radiação solar que iria incidir nas paredes (Ribeiro, 1986).

O revestimento das paredes com **cal**, sub-producto do calcário preparado em fornos espalhados um pouco por toda a região (de Llera et al., 2016), é uma das características mais icónicas da arquitectura algarvia. O seu uso era habitual por todo o Algarve, era aplicado tanto pelo exterior, como pelo interior, criando "mantos brancos" sobre a paisagem e espaços agradáveis no interior das habitações. No algarve o emprego da cal era generalizado, pelo que, era utilizada não só sobre o reboco, mas também directamente sobre a taipa, sobre o tijolo, directamente sobre a pedra, calcário ou xisto, e até sobre as guarnições dos vãos (Martins et al., 1988).

A cal, derivado do seu acabamento muito branco, reflecte o sol permitindo que as habitações permanecessem mais frescas, ao mesmo tempo que lhes dá um aspecto limpo e cuidado. No interior das construções e tendo em conta a pequena dimensão dos vãos, o branco da cal também contribui para melhores condições de iluminação natural. Este material, pelas suas propriedades, pode ser retocado sempre que necessário, eliminando imperfeições, como rachas ou falhas, criando superfícies arredondadas e sem arestas, aumentando também a longevidade das paredes (Galhano and de Oliveira, 1992).

A **planta rectangular** simples (Figura 1.11) e a **cobertura de duas águas** não são aspectos únicos das casa algarvias, pois o mesmo acontece no resto do País. Porém, existem algumas variações e aspectos muito característicos da arquitectura algarvia. Por exemplo, nas áreas de serra, onde os declives são maiores, é comum encontrarmos **coberturas de uma água**, sempre com a inclinação da mesma no sentido da inclinação do terreno. Nestes casos a própria implantação tinha em conta o regime de ventos na escolha da sua localização. Existem ainda duas variações muito particulares do Algarve, a cobertura em **Açoteia** ou **Terraço** e ainda, o caso em que se conjuga a açoteia com o telhado (Galhano



and de Oliveira, 1992).



Figura 1.10: Quarteira Anos-40 Fonte: Artur Pastor

Na casa algarvia, existe sempre uma grande preocupação com o percurso solar. O conhecimento popular **orienta as construções a sul**, limitando a colocação dos vãos ou os de maior dimensão a essa fachada (Figura 1.11). Esta solução bastante inteligente permite um aquecimento mais eficiente das casas nos meses mais frios ao mesmo tempo que proporciona iluminação natural ao interior dos compartimentos. Tendo em conta os meses de verão, os algarvios foram bastante engenhosos, construindo **varandas** ou **alpendres** e utilizando a **vegetação** (normalmente parreiras) para proteger esses mesmos vãos da radiação solar directa em excesso.

Normalmente, a cada espaço interior corresponde um vão em que as suas dimensões variam de acordo com a sua exposição solar. Nas fachadas com baixos níveis de insolação ou mais expostas aos ventos frios e mau tempo optava-se pela colocação de vãos de dimensões muito reduzidas, ou até mesmo, por fachadas cegas. Alguns exemplares localizados no vale do Guadiana têm mesmo como o único vão, o da porta de entrada (Cravinho, 2005).



Figura 1.11: Habitação de planta rectangular em xisto rebocado a cal, localizada em Bensafirim, Lagos.

Também é comum, nas áreas mais ocidentais e tal como era prática habitual no Litoral Alentejano a **orientação a nascente** das construções, protegendo-as dos ventos do oeste (Martins et al., 1988). Na figura 1.12 encontra-se um exemplo, em que a habitação se encontra orientada a nascente. É de notar que a habitação encontra-se no topo de uma elevação com grande exposição aos ventos frios vindos de noroeste.



Figura 1.12: Habitação de planta rectangular em taipa, rebocado a cal e orientada a nascente, localizada em Montinhos do Burgau, Lagos.

Outro aspecto muito característico da arquitectura algarvia é a **chaminé**, na figura 1.13. Este elemento que originalmente apenas tinha um aspecto funcional, com o passar do tempo, foi tendo cada vez mais uma função ornamental, chegando mesmo a tornar-se um símbolo de estatuto económico (Romba, 2015). A chaminé, ao permitir que se escoasse os fumos para o exterior, diferenciando-se

das casa do norte, é das principais razões para a grande limpeza que caracteriza as casa algarvias, acentuado ainda pela caição (Galhano and de Oliveira, 1992).

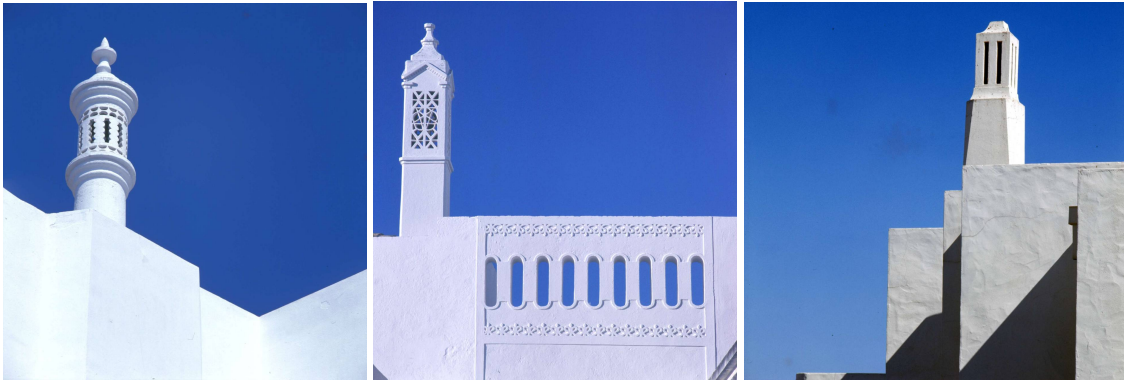


Figura 1.13: Exemplos de chaminés algarvias. Fonte: Artur Pastor

Na obra "Arquitectura Popular em Portugal" de 1961, identificaram-se seis tipologias de habitação diferenciadas:

- “Habitação do Baixo Algarve, com (..) cobertura de uma ou duas águas, com ou sem chaminé; alvenaria de taipa, pedra ou tijolo; pavimentos em tijoleira ou terra batida;
- Habitação no Algarve Central: cobertura mista – telhado e açoteia utilizável; alvenaria de calcário, tijolo ou taipa; pavimento de tijoleira e vãos guarnecidos a cantaria;
- Habitação na encosta noroeste de Monchique: (...) alvenaria de foiaíte; pavimento em terra batida e sobrado;
- Habitações em profundidade e em fila nas vilas de Olhão e Fuseta: açoteias utilizáveis sobre as abóbadas de tijoleira cobrindo o rés-do-chão e no 1o. andar sobre dormentes; pavimentos em tijoleira; acesso à açoteia pelo pátio posterior;
- Habitação de pescadores nas costas arenosas: uma ou duas divisões; estrutura de madeira coberta de colmo ou ‘estormo’; pavimentos em terra batida;
- Habitação junto do vale do Guadiana: (...) alvenaria de xisto, cobertura em geral de uma só água; pavimentos em terra batida.”(Martins et al., 1988) e (Fernandes, 2005)

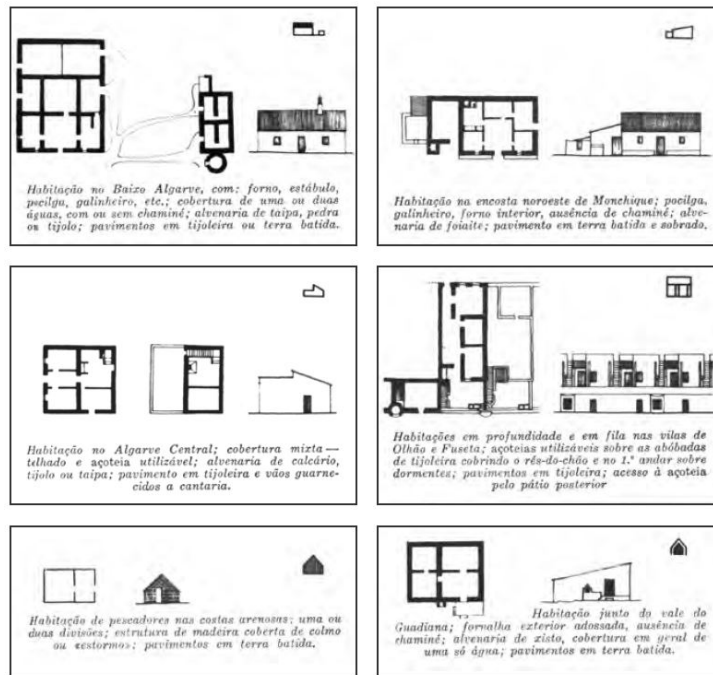


Figura 1.14: Tipologias das casas rurais algarvias. Fonte: (Martins et al., 1988)

José Manuel Fernandes ressalta ainda a existência de outras duas tipologias: "a casa de planta cónica" constituída por alvenarias de pedra xistosa e cobertura de colmo, encontrada nas zonas de Martim Longo ou Cachopo e "as casas urbanas de plantas rectangulares e de telhados múltiplos/telhados de tesoura" nas zonas de Lagos, Faro, Tavira e nas suas zonas de influência (Fernandes, 2005).

Os **Pátios** (Figuras 1.10 e 1.15), tão característicos no Algarve, podem ser interiores ou exteriores, de menores ou maiores dimensões, descobertos ou cobertos, principalmente com a parreira que, no verão, para além de fornecer uvas ainda proporciona uma sombra fresca e despe-se de toda a folhagem, no inverno, permitindo a penetração da radiação solar tão importante para o aquecimento. Os pátios estão quase sempre associados a outros elementos característicos como os poiais e os canteiros, onde era colocada a parreira (Martins et al., 1988). Tendo em conta o clima convidativo, as habitações algarvias foram desenvolvendo-se de forma a tirar o melhor partido destes espaços exteriores que eram tidos como verdadeiros espaços multifacetados, proporcionando momentos de lazer e descontração, bem como, de trabalho. Os pátios eram assim verdadeiras extensões das habitações pois no verão, grande parte das actividades eram praticadas ao ar livre.



Figura 1.15: Pátio típico do algarve. Década de 50/60 Fonte: Artur Pastor

Tal como nas açoteias ou terraços, também era comum ver telhados dissimulados por um parapeito, de forma que visto da rua, não se conseguia perceber o método construtivo da cobertura (telhado ou terraço). A este elemento construtivo é dado o nome de **platibanda** (de Vasconcellos, 1975).

A platibanda, que com o tempo foi assumindo um carácter cada vez mais decorativo, foi na verdade criado com um aspecto bem funcional. Ao esconder o remate do telhado, eliminando ou recuando o beiral, para além de impedir que a água da chuva fosse descartada directamente para a rua, ainda havia uma caleira para conduzir as águas pluviais para o sistema de drenagem subterrânea ou para uma cisterna para o aproveitamento desse bem escasso (Fernandes and Janeiro, 2008).

Tal como se demonstrou neste ponto, a arquitectura vernacular algarvia, contempla um conjunto de práticas e de soluções de arquitectura bioclimática. Desde a sua implantação, forma e orientação solar, que procura aproveitar os ganhos solares no inverno, orientando as construções a sul, ou a este em casos de grande exposição aos ventos de noroeste. A sua forma rectangular e a distribuição dos vãos de maiores dimensões na fachada sul. Limitando as dimensões dos vãos, muito reduzidas ou inexistentes, nas restantes orientações. Os sistemas de sombreamento utilizados, tais como, os beirais, os alpendres e até mesmo a vegetação que permitem o aquecimento no inverno, mas bloqueiam a radiação solar directa no resto do ano. O uso da cal para revestir as paredes exteriores, para reflectir alguma radiação solar, amenizando o aquecimento das massas térmicas. Nas paredes interiores a cal também, ajuda a criar um ambiente mais luminoso e limpo, pelas mesmas propriedades acima referidas. A forte inércia térmica dos materiais mais utilizados (terra e pedra), que ameniza as amplitudes térmicas

no interior das habitações, criando ambientes menos quentes do verão e menos frios no inverno. A integração de pátios, anexos às habitações que, cobertos de vegetação ou não, criam zonas frescas que permitem a ventilação e conseqüente arrefecimentos dos espaços interiores das habitações.

### 1.3 O Turismo e a perda de identidade

*“A modernização, através da industrialização, retirou a memória do lugar e por sua vez também o lugar foi capaz de apagar a memória.”* (Quitério, 2007)

No virar do século (inícios séc. XX) assistiu-se na Arquitetura Algarvia, à semelhança do que acontecia no resto do País e na Europa, fruto da Revolução Industrial, à construção de obras heterogéneas em que havia uma mistura de vários estilos no mesmo edifício, no entanto, a estrutura das edificações permaneceu a tradicional até à adopção do betão armado na década de 30 (Fernandes, 2005).

Na década de 1930, com a disseminação da construção em betão armado a arquitectura altera-se procurando espelhar as volumetrias sugeridas desse material, "lisas, geométricas e abstractas". Porém manteve-se o interesse nos aspectos decorativos de superfície bem como "algum tradicionalismo estrutural" (Fernandes, 2005).

A adopção de novos materiais, como o betão armado e o evidente aumento do turismo foram factores fundamentais no abandono das práticas tradicionais no Algarve (Quitério, 2007). Apesar de se ter vindo a assistir, já desde finais dos anos 50, a um “eclodir do turismo massificado no Algarve”, foi ao longo das décadas seguintes que se verificou com maior intensidade esse fenómeno. Podemos mesmo afirmar-se que, para o bem e para o mal, tratou-se de “uma verdadeira revolução da paisagem litoral algarvia” (Fernandes, 2005).

O planeamento urbanístico estatal e municipal não soube, ou não foi capaz de evitar este crescimento desmesurado e, as forças económicas interessadas nos lucros desta “nova superindústria de serviços” deploravam as pré-existências rurais e urbanas que eram, de um modo geral, consideradas “atrasadas e imobilistas”. O impacte deste turismo massificado no Algarve Litoral foi abismal (Fernandes, 2005).

Surgiram assim, os chamados “territórios do turismo” que, foram ocupando uma grande parte do litoral algarvio, de uma forma quase anárquica, destruindo quase por completo a paisagem natural e cultural existente. Este fenómeno foi generalizado de tal forma que, hoje em dia, mesmo com os seus erros e valores, esta “arquitetura do turismo” composta essencialmente por hotéis, por apartamentos e por aldeamentos, já tem alguma dimensão histórica (Fernandes, 2005).

Estes empreendimentos que, numa fase inicial consistiam em unidades de pequena e média dimen-

são e encontravam-se inseridos nas malhas urbanas existentes e por vezes até próximos dos centros históricos, alteraram “a escala e a dimensão estética” e introduziram a modernidade em termos construtivos e formais. Porém, logo de seguida, apareceram os “grandes hotéis”, implantados ao longo da costa sul algarvia, sobre as falésias ou contíguos aos areais existentes vieram criar um crescente número de problemas ambientais, ecológicos e paisagísticos que ficaram por resolver até aos dias de hoje (Fernandes, 2005).

A título de exemplo e através da comparação de fotografias dos anos 40 com as dos anos 70, veja-se, na figura 1.16, a significativa alteração da linha de costa que a Praia da Rocha sofreu.



Figura 1.16: Fotografias da Praia da Rocha, nos anos 40 (à esquerda) e nos anos 70 (à direita), respectivamente. Adaptado de: (de Freitas and Dias, 2012)

Tal como foi referido por Quitério (2007), o processo da industrialização, acelerado no caso do Algarve, pelo crescimento repentino da procura turística, fez com que as práticas vernaculares caíssem no esquecimento. A preocupação na construção das habitações de acordo com o clima, bem como do uso dos materiais locais, foi sendo substituída por uma procura de maximização das áreas de construção, começando-se a construir em altura, dando prioridade à vista, em detrimento da adaptação às condições climáticas. Como se pode observar na figura 1.17 e anexos A.1, estes edifícios, praticamente não apresentam diferenças na proporção entre a área de envidraçados e de fachada. Ainda pode observar-se que os sistemas de sombreamento utilizados nas fachadas este e oeste não se adaptam à sua orientação solar, não existindo diferenças entre as diferentes fachadas.



Figura 1.17: Hotel Júpter Algarve, localizado na Praia da Rocha, Portimão. Fonte: JúpterAlgarveHotel.com

## 1.4 Conforto Térmico e Energia

A variação da temperatura influencia o interior dos edifícios tal como o espaço exterior, provocando alterações no conforto térmico e, conseqüentemente no consumo energético. Esta relação é um tema bastante explorado por diversos autores, enquanto alguns discorrem sobre aumentos no consumo de energia no verão (Miller et al., 2008) e no inverno (Sullivan et al., 2015), outros focam as suas análises em perceber a relevância de outros factores climáticos (precipitação, humidade relativa, radiação solar e velocidade média do vento), para tais variações (Hor et al., 2005).

Um estudo realizado no âmbito do PIAAC concluiu que a vulnerabilidade atual no edificado urbano e rural relativamente ao sector da energia para habitação e serviços é considerada como moderada, quer em situações de frio, quer em situações de calor (Figura 1.18). Este estudo conclui também que, se no geral, os indicadores socioeconómicos e do edificado apresentam uma situação favorável, serão então as **características bioclimáticas** do edificado existente que não se encontram correctamente adaptadas ao clima actual.

Os concelhos de Aljezur e Monchique seguidos dos de Alcoutim e Tavira são os mais vulneráveis ao frio, já os concelhos localizados no centro do Algarve, designadamente, Loulé, Faro, Albufeira e Lagoa, são os menos vulneráveis ao frio. As causas para estes resultados foram identificadas, por ordem de importância, ao estado de conservação dos edifícios, a factores socioeconómicos e finalmente a factores climáticos (Dias and Santos, 2019). Moita (1987), reforça que a prática urbanística em Portugal, à data, não se rege de todo pelos princípios da arquitectura bioclimática.



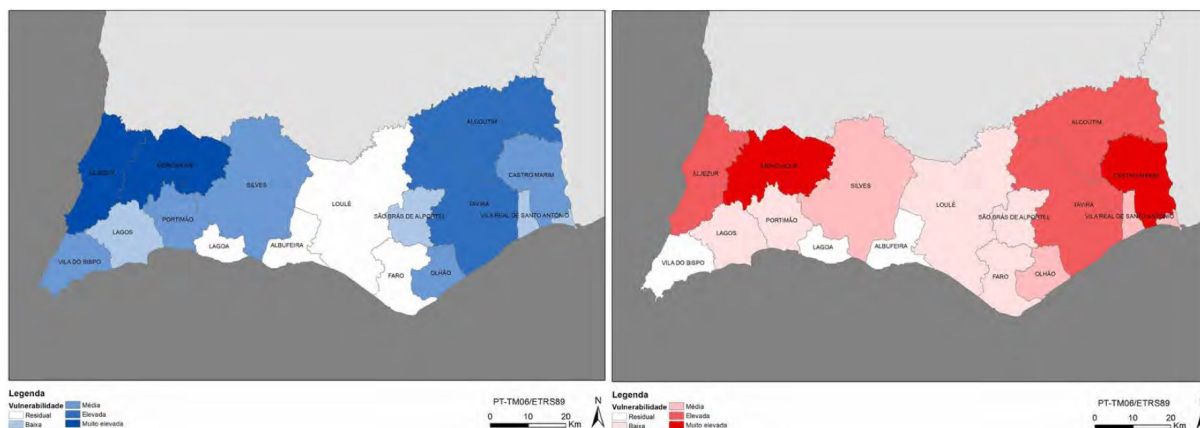


Figura 1.18: Vulnerabilidade actual no edificado urbano e rural decorrente da exposição ao frio e ao calor, respectivamente. Fonte: (Dias and Santos, 2019)

Relativamente à vulnerabilidade ao calor a situação é mais dramática devido à incidência de ondas de calor e temperaturas muito elevadas e, principalmente, pelas características do edificado e a factores socioeconómicos tais como a baixa percentagem de habitações com ar condicionado. Neste caso são os concelhos de Monchique e Castro Marim, seguindo-se Aljezur, Alcoutim e Tavira que se revelam mais vulneráveis ao calor e os concelhos de Vila do Bispo, Lagos e Albufeira os com uma menor vulnerabilidade a situações de calor (Dias and Santos, 2019).

Outro estudo, desta vez realizado por Miller no âmbito do efeito da temperatura no consumo de electricidade, chegou à conclusão de que a procura de electricidade aumentou no período de 2004 a 2005, 4 a 5% por cada grau Celcius (Miller et al., 2008).

Ainda, segundo Pinheiro, a energia consumida na climatização e iluminação dos edifícios constitui uma das maiores cotas individuais de utilização da energia (42% dos quais 70% são para aquecimento) e 35% de todas as emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa. Por esta razão, a redução do consumo de energia consumida ao longo da vida útil de um edifício é o fator mais importante na sustentabilidade do mesmo (Pinheiro, 2006).

Esta redução pode ser conseguida recorrendo a estratégias de arquitetura passivas ou solares, ao recurso à ventilação e iluminação natural dos edifícios, ao uso de energias renováveis ou ainda à utilização de equipamentos mais eficientes, como a iluminação LED e os equipamentos com etiqueta energética A (Antiga A+++), e, não menos importante, a alteração de hábitos.

## Capítulo 2

# Estratégias de Projecto Bioclimático

Neste capítulo serão apresentadas as principais estratégias bioclimáticas aplicáveis ao território algarvio, bem como as métricas utilizadas nas simulações a realizar nesta dissertação, relativamente aos critérios de conforto térmico. Por questões de organização vai ser incluída energia solar fotovoltaica, que apesar de ser considerada uma estratégia activa enquadra-se no contexto desta dissertação.

Como foi demonstrado anteriormente, actualmente, é elevada a proporção de edifícios que não se adaptam às condições climatéricas locais, o que, para se proporcionar o conforto necessário, gerou uma acrescida dependência de fontes de energia não-renovável. Numa perspetiva de se procurar tirar o máximo partido dos elementos climáticos do local para atingir as condições de conforto, aliado à eficiência energética, surgiu o conceito de projeto bioclimático ou Arquitectura Bioclimática.

O projeto bioclimático, pode ser definido como uma prática que tem em conta o contexto climático do local onde se insere um edifício no projeto e concepção do mesmo, com o objectivo de se otimizar o conforto humano (conforto térmico, iluminação natural), minimizando ao mesmo tempo as necessidades de consumo de energia de fontes poluentes (Colombo et al., 1994).

“As estratégias de design passivo têm como objectivo proporcionar ambientes confortáveis no interior dos edifícios e simultaneamente reduzir o seu consumo energético.” (Guedes et al., 2009).

### 2.1 Contexto Climático

A análise do contexto climático, é o ponto de partida, essencial para a implementação do projecto bioclimático. Dados como, a temperatura, a humidade a direcção e velocidade dos ventos, a precipitação, a nebulosidade, os níveis de radiação solar, entre outros, permitem-nos entender o clima de um local (Colombo et al., 1994).

## 2.2 Localização

Os elementos macro-climáticos, como a radiação solar, as temperaturas do ar e do solo, a precipitação, os ventos e humidade são medidos e podem ser obtidos em vários serviços meteorológicos locais ou globais. Esses elementos, sendo gerais para uma zona ou região, podem variar por influência de fatores microclimáticos como a topografia local, a vegetação existente e a presença de água nas proximidades. O enquadramento em centros urbanos também gera diferentes microclimas principalmente influenciados pela poluição atmosférica, pela massa térmica dos edifícios existentes e pela impermeabilização do solo. O microclima de um determinado local também pode ser moldado para melhor satisfazer as necessidades de conforto locais (Mourão, 2010).

Nos climas mediterrâneos, como o do Algarve, a localização, a orientação solar e a forma dos edifícios devem ter em conta tanto as necessidades de aquecimento, nos meses frios, como as necessidades de arrefecimento nos meses quentes, sendo que a utilização dos ventos tem uma especial importância nos meses quentes, porém estes não devem comprometer a estação de aquecimento (Olgay, 2015) e (Colombo et al., 1994).

### Topografia

A temperatura do ar diminui com a altitude, sendo essa variação de aproximadamente 0,65°C por cada 100 metros. Algumas cidades de países que se encontram em climas tropicais como a Cidade do México implantada a cerca de 2250 metros de altitude e Brasília a capital do Brasil implantada a cerca 1171 metros são exemplos da aplicação deste facto (Olgay, 2015).

Da mesma forma que a altitude afecta a temperatura do ar, também variações mais ténues na topografia podem gerar grandes diferenças a nível local. O ar tem um comportamento parecido com o da água e sendo o ar frio mais pesado que o ar quente durante a noite este concentra-se ao nível do solo fluindo para as zonas mais baixas criando “ilhas de frio”. A uma escala maior como nos vales essa propriedade termodinâmica gera “cinturas térmicas”, que são zonas intermédias entre a base e o sopé dos vales em que a temperatura do ar é mais amena (Olgay, 2015).

### Vegetação

A vegetação também representa um grande contributo a nível microclimático pois para além de melhorar a qualidade da ar, produzindo oxigénio e absorvendo dióxido de carbono, ela também tem a capacidade de proteger dos ventos nos meses frios, de contribuir para uma mais controlada ventilação natural, de proteger do radiação solar no verão, bem como de promover o arrefecimento do ar por evaporação (Brophy and Lewis, 2011) e (Watson, 1979). A vegetação de folhagem persistente e densa

pode ser usada na construção de barreiras contra o vento, já a de folha caduca pelas suas características pode criar sombra no verão, não comprometendo os benefícios da radiação solar no inverno (Martins et al., 1988).

## Água

A presença de grandes massas de água tem um efeito moderador das amplitudes térmicas sentidas em terra. O ar é ligeiramente aquecido no inverno e ligeiramente arrefecido no verão, amenizando as temperaturas sentidas. No verão, este fenómeno é mais frequente, normalmente chamado de "brisas" (Colombo et al., 1994).

## 2.3 Orientação solar e forma

Colombo et al. (1994) recomenda orientações a sul com variações máximas de 22.5°C para este e oeste pois considera a exposição solar o primeiro aspecto a ter em conta. Esta variação permite ter em consideração aspectos como a sombra criada pelas pré-existências, ou o regime de ventos local.

As cartas solares são diagramas que nos permitem conhecer o percurso solar ao longo do ano, numa determinada latitude. Através destes entende-se que quanto mais nos aproximamos da linha do equador, as orientações este e oeste vão ficando mais expostas à radiação solar do que nas orientações sul e norte (dependendo do hemisfério), podendo mesmo chegar a ser três vezes superior (Olgay, 2015).

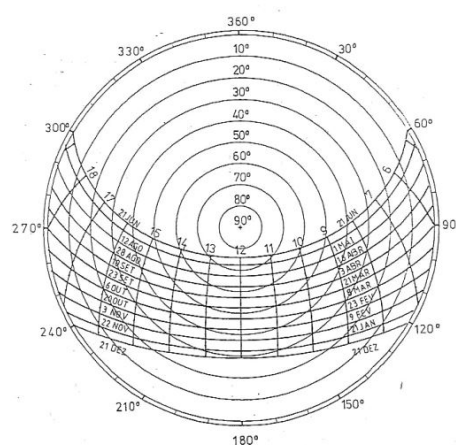


Figura 2.1: Carta Solar para o Algarve

No caso do Algarve, como se pode observar na figura 2.1, o percurso solar varia bastante ao longo

do ano. O sol no solstício de verão nasce a nordeste e põe-se a noroeste. Já no solstício de inverno, nasce a sudeste e põe-se a sudoeste. Percebe-se assim a opção, de na arquitectura vernacular, a orientação solar preferencial para os edifícios e respectivos vãos, ser a sul. Isto porque permite maximizar os ganhos solares no inverno, aumentando a área de fachada e dos envidraçados a sul, e minimizá-los no verão, fazendo o oposto a este e especialmente a oeste (Colombo et al., 1994).

A forma de um edifício, a sua configuração e disposição dos diferentes espaços interiores condicionam a exposição dos espaços à radiação solar, à possibilidade de ventilação natural e iluminação natural. Logo desde o início da idealização do projecto é importante ter em consideração o conceito de áreas passivas, que são as zonas interiores do edifício que têm a possibilidade de iluminação e ventilação natural. Nesse conceito, é definido por zonas passivas, as áreas do edifício que se encontram a uma distância igual ou inferior a duas vezes o pé-direito do espaço (Baker and Steemers, 2000). Assim sendo, a melhor forma é a rectangular com o lado maior orientado ao longo do eixo este-oeste, pois, no inverno o lado sul recebe três vezes mais energia que os outros. Com esta forma, as fachadas este e oeste são as menores, o que contribui para reduzir os ganhos solares indesejados e facilitar a criação de zonas "tampão", que podem ajudar a evitar o sobreaquecimento do edifício (Colombo et al., 1994). Na figura 2.2, pode observar um exemplo a moradia foi implantada tendo em conta o regime de ventos. Com uma configuração em "L", cria uma proteção ao ventos norte e noroeste não comprometendo os ganhos solares vindos de sul.



Figura 2.2: Moradia projectada pelo atelier ARX no Martinhal, Sagres. Fonte de: FS + SG

## 2.4 Sombreamento (Proteção Solar)

Um sombreamento adequado é uma estratégia muito importante não só na redução da penetração da radiação solar nos envidraçados, mas também na redução da absorção da mesma na envolvente opaca (Guedes, 2011).

A forma dos dispositivos de sombreamento e a localização e morfologia da vegetação deverão ter em conta o percurso solar nas diferentes estações do ano para minimizar a radiação solar incidente nos meses quentes e permitirem os ganhos solares nos meses frios (Olgay, 2015).

Segundo Olgay (2015), a eficácia das soluções de sombreamento depende essencialmente de três aspectos: o coeficiente de reflexão da radiação solar do material e da cor aplicados no dispositivo de sombreamento; a localização em relação ao envidraçado do dispositivo de sombreamento pois influencia a radiação e o calor absorvido por convecção e, a solução de sombreamento adoptada. Nas figuras 2.2, 2.12, 2.3, 3.11, 2.4, 2.18 e 3.8, pode-se ver alguns exemplos de soluções de sombreamento, encontradas no Algarve.

É nas fachadas orientadas a este e oeste, e tendo em conta o percurso solar no verão, que a radiação solar incide com um ângulo mais perpendicular em relação às paredes e envidraçados. Sendo assim, são estas as que mais absorvem a radiação solar e com maior dificuldade de sombreamento, sendo necessário o uso de paredes, alhetas verticais ou de elementos vegetais de grande densidade.



Figura 2.3: Hotel Rural em Tavira, Algarve, projectado pelo atelier RUA. Fonte: Francisco Nogueira

Os elementos orientados no quadrante sul são os mais simples de sombrear pois dado o grande ângulo solar no verão, apenas com o recurso a simples palas horizontais é possível sombrear por completo o elemento pretendido.

O sombreamento dos elementos translúcidos ou transparentes pode ser feito quer exteriormente, quer interiormente, porém quando feito interiormente parte da radiação recebida é transmitida para o interior do espaço aquecendo-o, logo soluções de sombreamento aplicadas pelo exterior são mais eficazes na diminuição dos ganhos solares directos de um espaço.



Figura 2.4: Exemplos de sombreamento no Algarve. Fonte: Vanessa Afonso.

O sombreamento pode assim, ser gerado por dispositivos fixos (pala horizontais, “brise-soleil”), por espaços intermédios, por dispositivos ajustáveis, pela vegetação, pela topografia e até mesmo, pelas Construções Vizinhas (Brophy and Lewis, 2011).

O beiral (Figura 2.6), as varandas, os alpendres e o uso da vegetação (Figura 2.4 e 3.11), são exemplos da aplicação desta estratégia na Arquitectura Vernacular do Algarve.



Figura 2.5: Exemplo de sombreamento com recurso a vegetação.

## 2.5 Revestimento Reflexivo da Envolvente

As diferentes cores dos revestimentos exteriores têm diferentes coeficientes de reflexão da radiação solar. Cores claras, como o branco, ao refletirem uma parte considerável da radiação solar incidente previnem a absorção da mesma reduzindo os ganhos energéticos e contribuem para evitar o sobreaquecimento dos espaços interiores. As cores dos espaços interiores, da mesma forma, também podem contribuir para melhorar os níveis de iluminação natural, contribuindo para evitar o sobreaquecimento dos espaços pois reduzem as necessidades de iluminação artificial que é uma fonte de calor (Guedes, 2011). Na figura 2.6, pode-se ver um exemplo da utilização desta estratégia no Algarve.



Figura 2.6: Exemplo de revestimento reflexivo da envolvente e beiral no Algarve. Fonte: Morgado do Quintão

## 2.6 Isolamento

O isolamento térmico é uma solução bastante eficaz na minimização dos ganhos e perdas térmicas no interior do edifício. Este deve ser instalado pelo exterior, especialmente, quando se pretende tirar partido das propriedades da inércia térmica dos materiais (Guedes, 2011). Nesses casos, e quando aplicado em zonas costeiras com clima mediterrâneo em que existe pouca amplitude térmica, deve-se reduzir a quantidade de massa térmica que irá ser arrefecida durante a noite (Colombo et al., 1994).

## 2.7 Inércia Térmica

A temperatura exterior e a radiação solar causam alterações na temperatura interior do edifício, porém têm primeiro de atravessar a envolvente do edifício. A Inércia Térmica consiste na capacidade de um material armazenar e libertar energia térmica (Colombo et al., 1994), e depende da sua massa, densidade e calor específico. Os efeitos da inércia térmica na temperatura do ambiente interior consistem na junção de dois fenómenos: a diminuição da amplitude térmica do ar interior e o retardamento da temperatura interior em relação à exterior (Olgay, 2015). Aos elementos arquitectónicos com esta propriedade dá-se o nome de massa térmica (Guedes, 2011).

Na arquitectura e construção esta capacidade revela-se importante pois permite que se conserve energia térmica ao longo do dia para ser libertada durante a noite, se a intenção for de aquecer um espaço. Nestes casos, a ventilação deverá ser minimizada para se conseguir uma maior conservação do calor, porém se a intenção for de arrefecer um espaço, a inércia térmica também pode contribuir se promovermos as perdas de calor durante a noite através de estratégias de ventilação (Guedes, 2011). Na figura 2.7, encontra-se exemplificado o efeito da inércia térmica no inverno, limitando as perdas (em



cima), e no verão, com recurso a ventilação nocturna (em baixo).

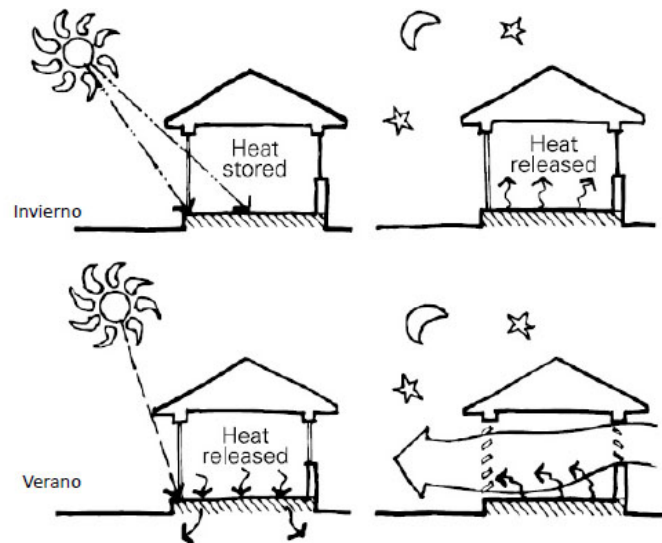


Figura 2.7: Exemplos de utilização da inércia térmica. Fonte: <https://iniciativasostenible.com/inercia-termica-la-gran-aliada-del-aislamiento/>

A terra, seja na sua forma natural ou Taipa (Figura 2.8) ou Adobe, é um excelente exemplo de massa térmica (Colombo et al., 1994).

Segundo Guedes, estratégias bioclimáticas que façam uso da inercia térmica dos materiais devem ser apenas utilizadas em locais em que existam amplitudes térmicas superiores a 8-10 graus centígrados. Materiais termicamente “leves” ou com uma baixa inércia térmica, absorvem e libertam a energia térmica rapidamente, já os materiais com elevada inércia térmica retardam a absorção e libertação da energia térmica.



Figura 2.8: Exemplo de construção em taipa no Algarve. Fonte: Casas de Taipa

## 2.8 Áreas de Envidraçado e Tipos de Vidro

As áreas envidraçadas e as translucidas são responsáveis pela maior parte das transferências de energia entre o edifício e o exterior, ao mesmo tempo que permitem a iluminação natural e a ventilação natural dos espaços interiores. Essas transferências fazem-se por radiação, por condução e por infiltração (Moita, 1987).

O vidro duplo, composto por dois panos de vidro separados por um espaço com ar ou gases, como se pode observar na figura 2.9, apresenta valores de U (Transmissão Térmica) bastante inferiores ao de um vidro simples, sem haver uma grande redução da iluminação e radiação solar. Isto traduz-se numa grande redução dos ganhos e perdas de energia por condução. Quanto maior for o número de panos de vidro, menores serão as perdas por condução (Colombo et al., 1994).

Type of Pane	U-Value W/m <sup>2</sup> K	light transmission %	solar transmission %
<b>Clear glass</b>			
Single glass, 4 mm	6.0	88	83
Double glass with air (4-12-4)	3.0	80	76
Double glass with Low E coating & argon (4-12-4)	1.5	77	65
Triple glass with air (4-12-4-12-4)	2.0	72	67
Triple glass with Low E coating & argon	1.0	67	68
Triple glass with Low E coating & krypton	0.7	67	69
Vacuum pane with Low E coating (4-12-4)	0.5	77	65
<b>Reflective glass</b>			
Double medium reflective glass with Low E coating (6-12-6)	1.6	29	39
Double glass, bronze + low E coating with argon (6-12-6)	1.6	9	13

Figura 2.9: Tipos de Vidro Fonte: (Brophy and Lewis, 2011)

Porém, os ganhos por radiação, é que são os responsáveis pela maior parte dos ganhos solares nos envidraçados, sendo que um planeamento cuidado da sua localização e dimensão deverá ser realizado para que o edifício se comporte como desejado, evitando o sobreaquecimento (Guedes, 2011). No caso dos envidraçados que recebem mais radiação solar directa é necessário ter uma atenção especial devido ao efeito de "encadeamento" (Serra, 2004).

A infiltração do ar pelos envidraçados (Figura 2.10), tem um grande peso nos ganhos e nas perdas de energia de um edifício, aquecendo ou arrefecendo os espaços em altura não desejáveis. Aspectos

como, o tipo de abertura (janela de correr, de batente, oscilo-batente, etc), a qualidade de construção do caixilho, bem como, o seu estado de conservação, determinam a estanquidade dos envidraçados (Sasaki and Wilson, 1965).

Colombo et al. (1994) recomenda, nos climas mediterrâneos, a utilização de janelas com vidro duplo, porém só não aconselha as de vidro triplo por questões financeiras.

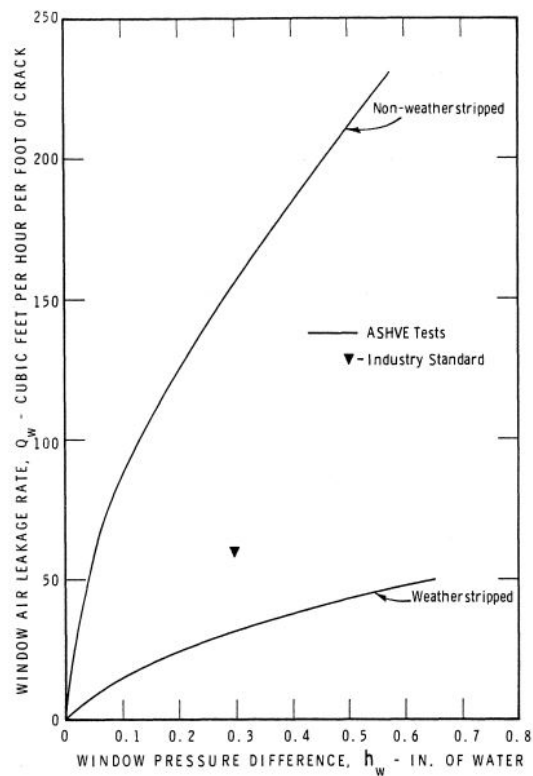


Figura 2.10: Valores de Infiltração das janelas. Fonte: (Sasaki and Wilson, 1965)

## 2.9 Iluminação Natural

A Iluminação Natural dos espaços, quando é eficientemente incorporada no projecto de um edifício, para além de melhorar a eficiência energética do edifício, também contribui para a saúde e o bem-estar dos seus ocupantes (Brophy and Lewis, 2011). Na figura 2.11, pode ver dois exemplos de iluminação natural, utilizados no Algarve. Em ambas as soluções, foram criados sistemas que captam a luminosidade mas não contribuem para os ganhos solares directos que podem sobreaquecer a habitação.



Figura 2.11: Exemplos de iluminação natural no Algarve. Moradia no Martinhal de ARX (à esquerda) e Moradia em São Bartolomeu de Messines de Victor Vilhena Architects (à direita). Fonte: FG + SG

## 2.10 Sistemas Bioclimáticos

Para diferentes climas, a localização, a forma, e a orientação “sol-ar” são decisivos no comportamento térmico do edifício, e consequentemente no conforto ambiental interior e na redução do consumo de energias/recursos não-renováveis. Também um conjunto de estratégias ou sistemas passivos ou bioclimáticos deverão ser aplicadas para o Aquecimento, Arrefecimento, Ventilação Natural e Iluminação Natural do edifício. Estes sistemas dividem-se em passivos e ativos:

- Os sistemas passivos caracterizam-se pela adoção de estratégias de captação e utilização directa da energia ou do armazenamento dessa energia para posterior distribuição pelos diferentes espaços do edifício. Nos sistemas passivos são apenas utilizados os elementos construtivos normalmente usados, não adicionando componentes ou tecnologias específicas ao edifício (Mourão, 2010);

*“Estas técnicas permitem que os edifícios se adaptem ao meio ambiente envolvente, através do projecto de arquitectura e da utilização inteligente dos materiais e elementos construtivos, evitando o recurso a sistemas mecânicos consumidores de energia fóssil.” (Guedes, 2011)*

- Os sistemas activos caracterizam-se pela utilização, directa ou por conversão em electricidade, da energia proporcionada pelo ambiente. Estes sistemas envolvem a construção ou instalação de elementos adicionais aos que compõe a construção convencional, o que aumenta o custo da edificação (Mourão, 2010).

Em relação aos sistemas activos, nesta dissertação e tendo em conta o seu conteúdo, apenas será explorado o sistema de energia solar fotovoltaica pois, considerou-se o único sistema de geração de

electricidade verde, que pode ser incorporado na arquitectura residencial sem causar um grande impacto visual e por ser imprescindível para as simulações que se pretendem realizar.

### **2.10.1 Sistemas de Aquecimento Passivo**

Os sistemas de aquecimento solar passivo baseiam-se na optimização da captação da radiação solar, tirando partido dos envidraçados orientados a sul e de elementos de elevada massa térmica para o armazenamento e posterior libertação desse calor.

Estes sistemas dividem-se em:

- Ganhos directos, quando a absorção, armazenamento e libertação da energia dá-se no mesmo espaço habitável;
- Ganhos indirectos, quando a energia é armazenada em elementos de grande massa térmica para ser posteriormente libertada aquecendo indirectamente os espaços contíguos;
- Ganhos isolados, quando a captação solar é feita num espaço ou elemento separado da zona a climatizar (Mendonça, 2005).

Para além da estratégia de promover os ganhos solares também se deverá restringir as perdas de calor por condução, por exemplo, através da aplicação de isolamento térmico nos elementos construtivos em contacto com o exterior (pavimentos, coberturas, paredes e envidraçados). Também é desejável restringir as perdas de calor por infiltração, seja com a aplicação de caixilharias com uma vedação eficiente ou com a utilização da vegetação ou outros elementos para protecção dos ventos dominantes ou mesmo com uma escolha adequada da localização do edifício perante esse mesmo elemento.

Os sistemas de aquecimento activos baseiam-se em estratégias de conversão da energia solar em energia térmica ou eléctrica, recorrendo a equipamentos adicionais para posterior utilização no interior do edifício.

“O aquecimento solar baseia-se, assim, na capacidade de: captação solar – a energia solar é recolhida e convertida imediatamente em calor; armazenamento de calor – o calor recolhido durante o dia é armazenado para uso futuro; distribuição de calor – o calor recolhido e armazenado é redireccionado para compartimentos que requerem calor; conversão – a energia é convertida em energia térmica ou eléctrica.” (Mourão, 2010)

## Sistemas de Ganhos Solares Directos

Este é o sistema de aquecimento passivo mais simples e eficiente e conseqüentemente o mais utilizado mesmo que muitas das vezes sem intenção. Os ganhos solares directos conseguem-se essencialmente através das áreas envidraçadas do edifício. Para que esta estratégia funcione com a eficiência desejada deve-se orientar os envidraçados a sul (hemisfério norte) ou com ligeiros desvios a este ou oeste, por forma a que as perdas no inverno, durante a noite, sejam inferiores aos ganhos, durante o dia. A área do envidraçado deverá ter em conta a capacidade de armazenamento térmico no interior do espaço. Deverão ser reduzidas as perdas de calor, durante a noite, nos envidraçados, através de sistemas de isolamento móveis nocturnos, bem como, a envolvente opaca deverá ser igualmente isolada termicamente. Nas estações quentes, quando as necessidades são de arrefecimento, deverão ser previstos sistemas de sombreamento para evitar o sobreaquecimento do espaço (Mendonça, 2005).

Na figura 2.12, num projecto em Lagos do Atelier Mário Martins, pode observar-se esta estratégia em uso. A moradia tem um formato que permite que todos os espaços habitáveis da moradia se encontrem com envidraçados orientados a sul, com o devido sombreamento.



Figura 2.12: Moradia em Lagos, Algarve. Mário Martins Atelier. Fonte: FG + SG

## Sistemas de Ganhos Solares Indirectos

Nestes sistemas que se baseiam no armazenamento de energia em massas térmicas identificou-se as paredes de trombe e as paredes ou colunas de água como soluções aplicáveis ao clima do Algarve, porém estes sistemas devem ser muito bem dimensionados para evitar o sobreaquecimento dos espaços.

## Paredes de Trombe

As paredes de Trombe são sistemas que permitem o aquecimento de um espaço através de ganhos solares indiretos. São compostas por um envidraçado, e interiormente, separada por uma caixa de ar, por uma parede maciça com elevada inércia térmica, com uma espessura entre 15 a 50cm. A superfície exterior de parede deverá ser pintada de uma cor escura ou ser de um material pouco refletivo para absorver o máximo de radiação solar possível. Desta forma cria-se um efeito de estufa na caixa de ar entre o envidraçado e a parede interior que vai gerar temperaturas bastante elevadas (Mourão, 2010).

A energia acumulada na caixa de ar é então transferida para o interior do espaço que se pretende aquecer. Pode ser transferida por orifícios que são estrategicamente colocados na parte superior (entrada de ar quente na divisão) e inferior (saída de ar frio da divisão) da parede interior. Este sistema utiliza o calor gerado, diretamente por convecção natural, pelo que o calor acumulado na parede maciça é reduzido. Esta solução é usada quando existem necessidade de aquecimento durante o dia. (Gonçalves and Graça, 2004).

Caso não se pretenda tirar partido da convecção natural gerada pelos orifícios na parede interior ou da estratégia de ventilação da caixa de ar, toda a radiação solar incidente irá ser acumulada na parede interior, aquecendo-a durante o dia, sendo a energia transferida por condução para o interior da divisão a aquecer. O tempo que este processo demora a acontecer depende da espessura da parede interior, sendo que geralmente é dimensionada para libertar energia ao longo da noite. A esta variação dá-se o nome de “Parede de Armazenamento” (Gonçalves and Graça, 2004).

Devido á sua orientação e ao ângulo de incidência solar no verão as paredes de trombe e as paredes de armazenamento não produzem tanto efeito nessa estação. Porém, e em especial no clima do Algarve, para se desativar completamente a sua acção, evitando o sobreaquecimento, deverá ser previsto o seu sombreamento, com especial importância nas paredes de armazenamento, exemplificado na figura 2.13. (Mourão, 2010).

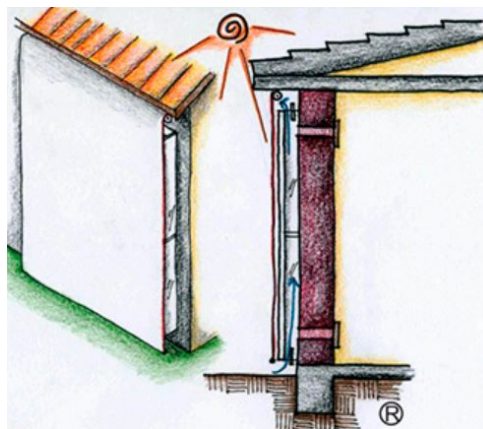


Figura 2.13: Exemplo de sombreamento de parede de trombe, no verão. Adaptado de: (Projeteee)

Outras variações podem ser incorporadas ao sistema da parede de trombe para permitir a sua utilização nas estações mais amenas ou mesmo no verão, inserindo, entradas de ar nas partes inferior da caixa de ar do sistema para permitir um pré-aquecimento do ar exterior antes de ser inserido na divisão a aquecer ou superior para permitir um escoamento do ar quente do interior da divisão para a exterior. (Gonçalves and Graça, 2004). Esta variação que tem um funcionamento similar ao dos colectores solares, é mais adequada ao clima do Algarve pois, permite tanto o aquecimento como o arrefecimento passivo dos espaços.

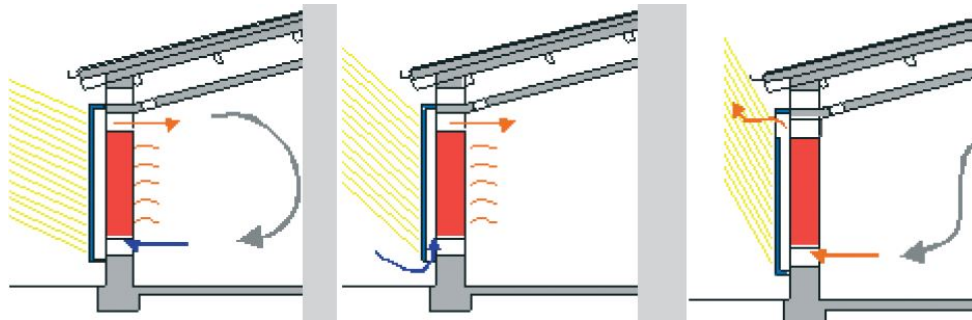


Figura 2.14: Exemplo de funcionamento de parede de trombe ventilada, no inverno (à esquerda), na primavera e outono (no centro) e o verão (à direita). Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

### **Paredes e Colunas de Água**

As paredes e colunas de água são estratégias com um funcionamento idêntico ao das “paredes de armazenamento” com a diferença do material de armazenamento da energia ser água. Porém, estas têm a particularidade de, ao serem colocadas atrás de uma vão, permitirem tanto a passagem de luz natural como a possibilidade de se poder ver o exterior. O líquido usado nestas estratégias pode também ser substituído por outros líquidos como o óleo (Gonçalves and Graça, 2004).

### **Sistemas de Ganhos Isolados**

#### **Estufas**

As estufas (Figura 2.15) como soluções de aquecimento passivo combinam os ganhos solares diretos com os indiretos. São constituídas por espaços envidraçados que devem ser orientados a sul, tal como todas as outras soluções de ganhos solares diretos e por um elemento acumulador de energia térmica, que pode ser o próprio pavimento, a parede contigua ao espaço que se pretende aquecer, ou ambos (Mourão, 2010).

Nos dias mais frios e de céu encoberto ou durante a noite, as estufas funcionam também como uma zona intermédia entre o espaço a climatizar e o exterior reduzindo as perdas de calor. As estufas devem poder ser desactivadas nas estações quentes para impedir um sobreaquecimento dos espaços.



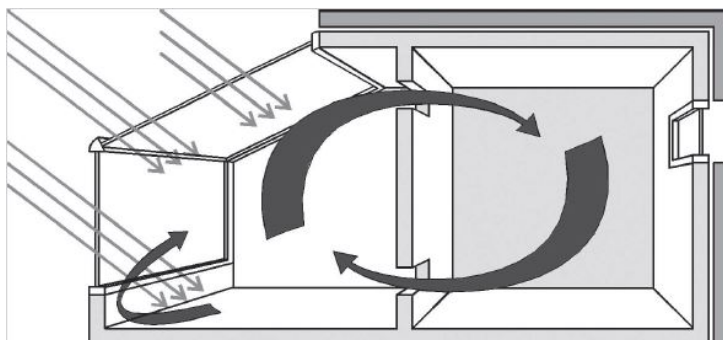


Figura 2.15: Esquema de estufa. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

### 2.10.2 Sistemas de Arrefecimento Passivo

No regime de verão, quando as necessidades de conforto ambientais são de arrefecimento, diferentes estratégias passivas poderão ser conjugadas. Estas estratégias procuram aproveitar as fontes frias existentes no local para arrefecer o edifício. O solo tem temperaturas muito estáveis ao longo do ano, quase sempre inferiores à temperatura do ar exterior no verão, pelo que é uma fonte de arrefecimento muito fiável nessa altura do ano. A temperatura do ar exterior também pode ser utilizada como uma estratégia de arrefecimento, principalmente em alturas do ano em que as amplitudes térmicas são maiores, como no verão. Nas horas mais frescas, geralmente durante a noite, a temperatura do ar pode ser utilizada como uma estratégia de ventilação natural. Outras estratégias como o arrefecimento radiativo e o arrefecimento evaporativo também podem ser aplicadas (Gonçalves and Graça, 2004).

Apesar da evidente eficiência destas estratégias de arrefecimento, existem outras soluções que deverão ser tidas em conta numa primeira fase. Estas soluções têm como objectivo, minimizar os ganhos energéticos gerados pela forte radiação solar e pelo calor gerado pelos ocupantes e equipamentos, entre as quais:

- Redução de incidência solar no edifício (envolvente opaca e envidraçados), através de sombreamentos construídos ou vegetais que não comprometam nem a iluminação natural nem o aquecimento passivo nos meses frios;
- A minimização dos ganhos de calor externos, isolando termicamente a envolvente do edifício, reduzindo a área dos vãos ao estritamente necessário para iluminação natural do espaço e ao aquecimento passivo nos meses frios e a utilização de materiais reflectivos ou a pintura dos mesmo com cores claras (branco) para se aumentar a quantidade de radiação solar reflectida (revestimento reflexivo da envolvente);
- A minimização dos ganhos de calor internos, através do uso eficiente da iluminação natural (Mourão, 2010).

Os sistemas passivos de arrefecimento consistem assim em soluções construtivas integradas nos

edifícios que promovem o arrefecimento de uma forma natural com recurso às fontes frias existentes no meio como o ar, o solo, a evaporação da água ou a temperatura radiativa entre a envolvente do edifício e a temperatura exterior.

### **Ventilação Natural**

A ventilação natural dá-se por trocas de ar entre o interior e o exterior do edifício. Funciona por diferenças de pressão geradas pelo vento ou por diferenças de temperatura entre espaços. A ventilação por pressões geradas pelo vento é diretamente influenciada pela velocidade e direção do vento bem como pelas obstruções criadas pelos edifícios e pela vegetação ao redor do edifício (Guedes, 2011).

A ventilação de um edifício para além de ser uma estratégia fundamental no arrefecimento de um edifício, também deverá ser prevista ao longo de todo o ano para promover a renovação do ar interior melhorando a qualidade do mesmo, removendo odores, humidade e evitar concentrações não desejadas de dióxido de carbono e outros poluentes. Segundo Guedes (2011), o ar de um espaço deverá ser renovado entre 0,5 e 3 vezes por hora, dependendo do número de ocupantes de espaço e da sua utilização para se ter qualidade do ar necessária.

Outros dois objetivos da ventilação natural, são o de remover o calor excessivo do interior do edifício, arrefecendo-o, e o de promover brisas suaves que em contacto com o corpo humano causem uma sensação térmica de frescura que reduz as necessidades reais de arrefecimento do ar interior. A localização, a dimensão e a forma dos vãos influenciam a eficiência com que a ventilação é feita, sendo importante que a circulação do ar percorra todos os espaços da habitação (Guedes, 2011).

Os edifícios estão a ficar cada vez mais estanques com o objectivo de se minimizar os ganhos e as perdas energéticas, com consequente poupança de energia. Porém, essa estanquidade limita a possibilidade de renovação do ar interior necessária à sua qualidade. Se um edifício depender da ventilação natural para a renovação do ar interior o seu controlo é fundamental. As pessoas normalmente não são eficazes a disponibilizar a ventilação necessária num espaço pois elas apenas se guiam por aspectos sensoriais como os estímulos térmicos, acústicos, visuais ou olfactivos não se apercebendo de aspectos importantes da qualidade do ar como a concentração de CO<sub>2</sub> ou de outros poluentes nocivos. Através de sistemas automatizados e informatizados é possível controlar e programar as aberturas dos pontos de admissão e de extração do ar ou a abertura das janelas de acordo com as necessidades de renovação do ar ou de arrefecimento para se conseguir da forma mais eficiente possível a temperatura desejada e a qualidade do ar necessária (Mourão, 2010).

Se a temperatura exterior for superior à do interior dos espaços a climatizar, deve-se reduzir a ventilação natural para evitar o sobreaquecimento nesses períodos e aliar outras estratégias de arrefecimento como o arrefecimento pelo solo ou pelo arrefecimento evaporativo. No período da noite, no

qual, as temperaturas são mais reduzidas deve-se então fomentar a ventilação natural em combinação com a massa térmica, porém em casos em que a diferença de temperatura entre o exterior e o interior são elevadas deve-se prever o seu controlo para garantir que não ocorre um sobrearrefecimento no período da madrugada causando desconforto (Guedes, 2011) e (Brophy and Lewis, 2011).

### **Ventilação Unilateral**

Este tipo de ventilação é o menos eficaz de todos, porém se não houver outra solução possível, deve-se colocar as duas janelas o mais afastadas, uma da outra, que for possível (Colombo et al., 1994).

### **Ventilação Cruzada**

A ventilação cruzada é uma das formas mais eficientes de ventilação natural pois gera um fluxo de ar que percorre o edifício em toda a sua extensão e consiste na colocação de vãos em paredes opostas. Esses vãos, quando estão posicionados junto ao tecto do espaço são bastante eficientes a remover o ar quente da divisão pois este concentra-se na zona superior da mesma. Já quando os vãos são colocados próximos do pavimento não são tão eficazes na remoção do ar quente, porém promovem um fluxo de ar que ao entrar em contacto com o corpo humano causam uma sensação de frescura (Guedes, 2011).

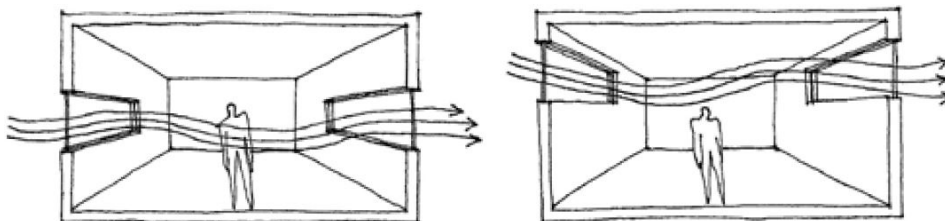


Figura 2.16: Esquema de ventilação cruzada. Adaptado de: (Guedes, 2011)

### **Efeito de Chaminé**

O “efeito de chaminé” consiste numa forma de ventilação vertical. A ventilação através do efeito de chaminé trata-se de uma solução bastante eficaz nos edifícios em altura, sendo também uma boa solução em situações em que o vento não é o suficiente para proporcionar outros tipos de ventilação (Guedes, 2011).

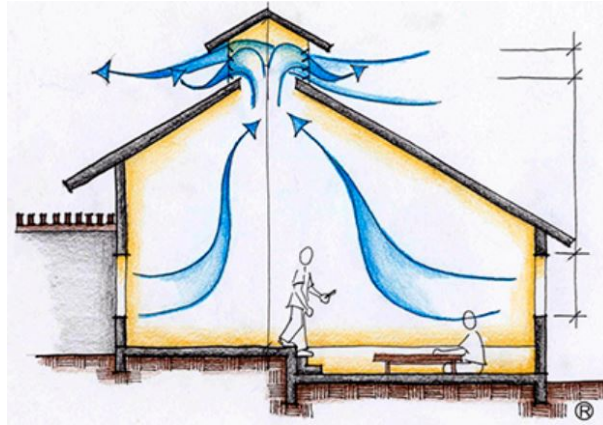


Figura 2.17: Esquema de funcionamento do efeito "chaminé". Adaptado de: (Projeteee)

### **Arrefecimento pelo Solo**

Como foi referido anteriormente, o solo, por apresentar, no verão, uma temperatura inferior à temperatura exterior poder ser utilizado no arrefecimento do edifício. Este sistema pode funcionar por processos directos quando a condução do calor é feita directamente entre o solo e os elementos em contacto com o mesmo (pavimentos, paredes ou coberturas) ou por processos indirectos quando são utilizados condutas enterradas que captam o ar exterior, arrefecem-no em contacto com o solo, sendo este posteriormente introduzido no interior do edifício.

Este sistema é particularmente eficaz quando aliado a sistemas de ventilação natural como a chaminé térmica, pois permite que toda a circulação do ar seja feita de uma forma natural e sem recurso a sistemas mecânicos.

No caso do Algarve, as habitações eram implantadas directamente no solo, muitas vezes nem havendo qualquer revestimento, sendo o interior em terra batida. Já na figura 2.12, para além dos ganhos solares directos através dos vãos orientados a sul, pode-se ainda ver que a fachada oeste encontra-se enterrada, não existindo vãos nessa orientação e havendo um contacto directo de toda essa fachada com o solo.

### **Arrefecimento Evaporativo**

Esta estratégia baseia-se na diminuição de temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado gasoso. Quando o decréscimo é acompanhado de um aumento do conteúdo do vapor de água, trata-se de um arrefecimento evaporativo directo. Neste caso, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício (Gonçalves and Graça, 2004).

As técnicas passivas directas incluem o recurso à vegetação (Figura 3.11) para promover a eva-

potranspiração (2.4), fontes, piscinas (Figura 2.18 e 2.12) e lagos artificiais. Existe ainda um outro processo de arrefecimento evaporativo no qual se induz a injeção de água sob a forma de gotas (tipo spray) no ar exterior, arrefecendo assim o ambiente exterior ao edifício e conseqüentemente o ar que vai entrar no seu interior. Quando se promove o arrefecimento através da evaporação nas superfícies exteriores expostas à radiação solar ou ao ar quente do interior, está-se em presença arrefecimento evaporativo indirecto, assim designado por se contribuir para uma diminuição da temperatura do ar interior sem o aumento do conteúdo de vapor de água (Gonçalves and Graça, 2004). No Algarve esta estratégia era amplamente utilizada, principalmente nos pátios que complementados pela vegetação, arrefeciam o ar exterior antes de este entrar nas habitações.



Figura 2.18: Exemplo da utilização da água e da vegetação no arrefecimento passivo. Fonte: Morgado do Quintão

### **Arrefecimento Radiativo**

As perdas de energia por radiação pelos elementos da envolvente do edifício ocorrem ao longo de todo o dia, sendo que se trata de um processo contínuo, porém é no período nocturno que os seus efeitos são mais perceptíveis pois não existe a influência contrária da radiação solar directa.

A eficiência deste sistema é bastante reduzida devido à, cada vez mais usual, aplicação de isolamento térmico nesses mesmos elementos. Uma das formas mais eficientes de aplicação destes sistemas, consiste na utilização de dispositivos móveis, sejam eles nas paredes exteriores ou coberturas, que minimizem os ganhos solares ao longo do dia e que permitam a dissipação da energia no período nocturno ao longo da noite.

## **2.11 Energia Solar Fotovoltaica**

Os sistemas de energia solar fotovoltaica, também denominados PV (Photo Voltaics), baseiam-se na conversão da radiação solar em energia eléctrica. Estes sistemas, pela facilidade de aplicação, e pelos cada vez mais reduzidos custos de investimento, operação e manutenção são os sistemas activos com

conversão de energia mais utilizado nos edifícios em Portugal (Gonçalves and de Leão, 2020) e (Antunes, 2000).

A potência de um sistema solar mede-se em Wp e kWp, p significa o factor de pico ou carga máxima que pode ceder. A utilização destes sistemas nos telhados, permite dar uma nova funcionalidade ao mesmo, a da geração de energia eléctrica (Mendonça, 2005).

Portugal, com especial destaque para o Algarve, "é um dos países da união europeia com maiores índices de radiação solar" (Gonçalves and de Leão, 2020). De seguida, na figura 2.19, apresentam-se dois gráficos em que se pode perceber a relação entre a inclinação e o azimute dos painéis solares com o seu rendimento (à direita) e as inclinações ideais por latitude, tendo em conta a sazonalidade das necessidades de energia eléctrica.

Para o caso do Algarve, mais precisamente Portimão, localizado numa latitude de aproximadamente 37°N, tem-se que a inclinação ideal tendo em conta a maximização da geração ao longo de todo o ano é de aproximadamente 34°. No caso, mais provável, de as necessidades de consumo de energia serem superiores no inverno, esta inclinação ideal é de aproximadamente 56°. Se no verão, então a inclinação ideal será de, aproximadamente 21° (Figura 2.19, à esquerda).

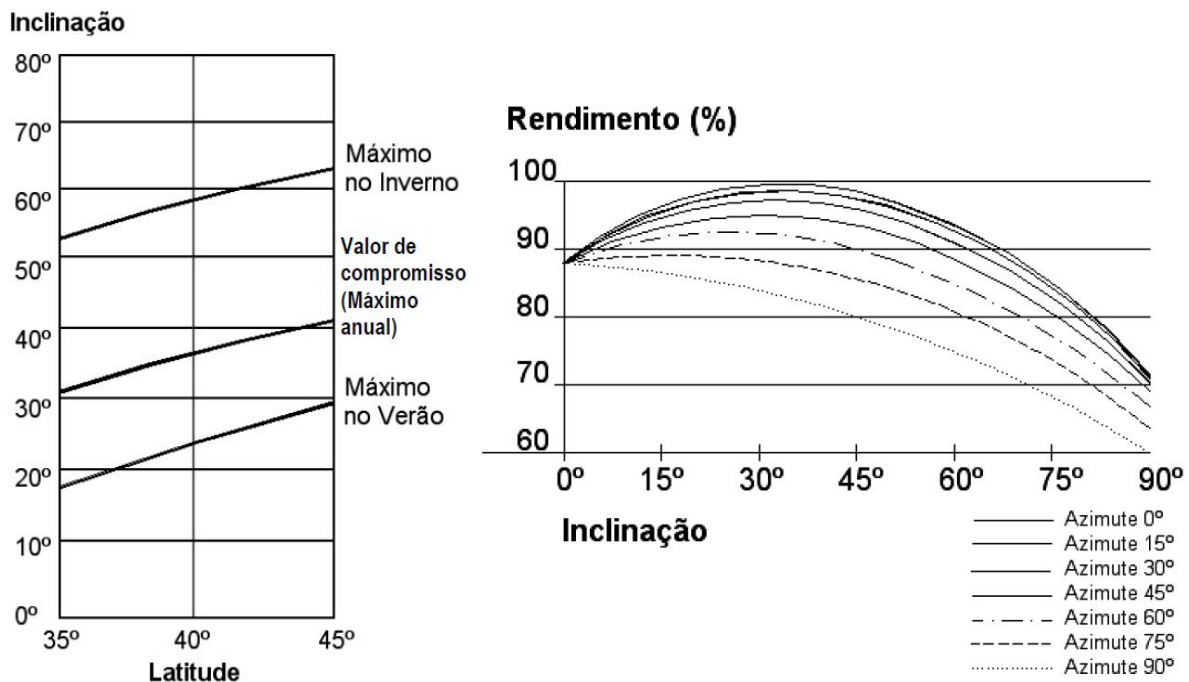


Figura 2.19: Rendimentos dos painéis solares de acordo com a localização da inclinação e do azimute.  
Fonte: (Mendonça, 2005)

## 2.12 Critérios de Conforto Térmico

Ao longo dos anos, foram propostos vários métodos para se avaliar o conforto térmico dos ocupantes dos edifícios, contudo actualmente, existem dois que se destacam.

O modelo, "Predicted-Mean-Vote" ou PMV (tradução: voto médio previsível) concebido por Povl Ole Fanger e o "Adaptative Confort Model" incorporado no ASHRAE 55 - 2017 (ash) (tradução: modelo de conforto adaptativo).

O modelo PMV, foi concebido tendo em conta questionários nos quais os participantes eram colocados em salas climatericamente controladas e era-lhes pedido para enquadrarem a sua sensação térmica numa escala entre "calor" (+3) e "frio" (-3). Posteriormente esses dados foram estatisticamente correlacionados com a probabilidade das pessoas se sentirem desconfortáveis num espaço (Rohles et al., 1975). Estava-se então, numa situação em que se podia correlacionar estatisticamente a probabilidade de um ocupante se sentir confortável com os diversos factores climáticos, tais como, a temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade relativa, a velocidade do ar, o tipo de actividade e a quantidade de roupa vestida (Levitt et al., 2013) e (Fanger, 1970).

Em contrapartida, Nicol and Humphreys afirmam que este modelo, pelo seu carácter laboratorial, não tem em consideração os mecanismos naturais de adaptação dos ocupantes, pelo que foi considerado inadequado na verificação do conforto térmico em construções não climatizadas artificialmente.

O "Adaptative Confort Model" ou Modelo de Conforto Adaptativo, foi igualmente concebido tendo como base inquéritos, porém com uma diferença pertinente. Ao invés dos inquiridos serem colocados em salas climatizadas, os inquéritos foram realizados tendo em conta única e exclusivamente as construções sem climatização, correlacionando as avaliações directamente entre a temperatura interior e a exterior, partindo do pressuposto de que o ser humano tem a capacidade de se adaptar a diferentes contextos climáticos (de Dear et al., 1997).

Apenas após a incorporação deste modelo nas normas (ANSI/ASHRAE 55-2017 e EN-16798-1), é que se voltou a considerar a possibilidade de um edifício ser confortável sem a necessidade climatização, em especial com o ar condicionado, que desde a sua introdução alterou os paradigmas do conforto (Levitt et al., 2013). Desta forma este modelo de conforto adaptativo é aceite em situações em que, em especial o arrefecimento, são conseguidos através de sistemas bioclimáticos passivos, tais como a ventilação natural (de Dear et al., 1997) e (Aguilera et al., 2021).

Segundo Guedes et al., a implementação de critérios de conforto térmico adaptativo e a recuperação das práticas bioclimáticas da arquitectura vernacular, pode contribuir para a sustentabilidade do edificado, na medida em que se pode reduzir o consumo de energia, ao mesmo tempo que se aumenta

o conforto dos seus ocupantes. Tendo em conta que, a pequenas variações de temperatura, está associada uma grande variação no consumo de energia, Matias realizou um estudo para adaptar o modelo de conforto adaptativo presente ao modo de vida e às condicionantes nacionais. Na figura 2.20, pode observar-se o modelo proposto por (Matias, 2010) em comparação com a presente na norma europeia, EN 16798-1.

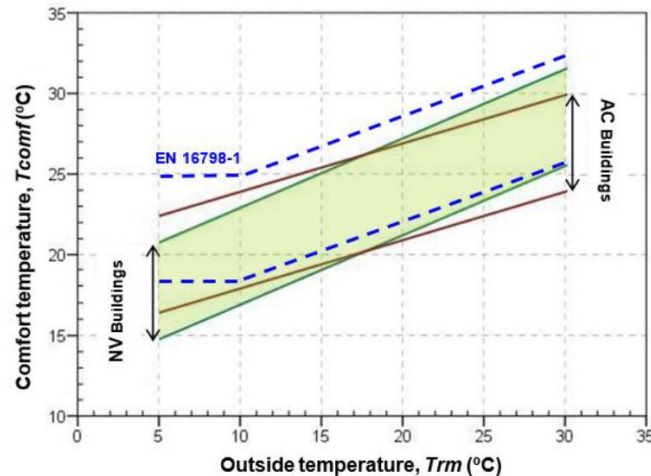


Figura 2.20: Modelo de Conforto adaptativo proposto por (Matias, 2010) em comparação com a norma EN 16798-1. Fonte: (Guedes et al., 2022)

Da mesma forma que o modelo de conforto proposto por Fanger, apenas descrevem uma percentagem da probabilidade de um ocupante se sentir confortável num determinado momento, também o modelo de conforto adaptativo apresenta as mesmas limitações pois impossibilitam a representação do conforto térmico num período específico, seja diário, semanal, numa estação do ano ou até mesmo anual, dificultando a utilização destas métricas no processo de projecto (Levitt et al., 2013).

Desta forma, introduziu-se o conceito de "Thermal Autonomy" (tradução: Autonomia Térmica), que é definida como "a percentagem de tempo que uma zona térmica que se encontra ocupada, está dentro ou excede um conjunto de critérios de conforto térmico apenas através de sistemas passivos" (Levitt et al., 2013).

Através deste conceito, torna-se possível a visualização gráfica de padrões de conforto térmico simulados nos períodos de tempo escolhidos, permitindo incorporar estes resultados no processo de design de um edifício.

Segundo Levitt et al., as práticas gerais até à data, como assumem à partida que uma determinada zona térmica se encontra completamente climatizada, camuflando o comportamento térmico da mesma quanto às práticas passivas nela patentes, e como os resultados são apresentados num gráfico de barras com as necessidades de energia mensais, não possibilitando a percepção da utilização dessa energia. Seja quanto à sua função (aquecimento ou arrefecimento) ou ao intervalo temporal em que



ela é necessária, por exemplo, padrões de sobre-aquecimento no final da tarde. Isto impossibilita a concepção de um espaço tendo em conta a sua ocupação ou mesmo a adaptação da ocupação ao espaço, por exemplo no caso de reabilitações.

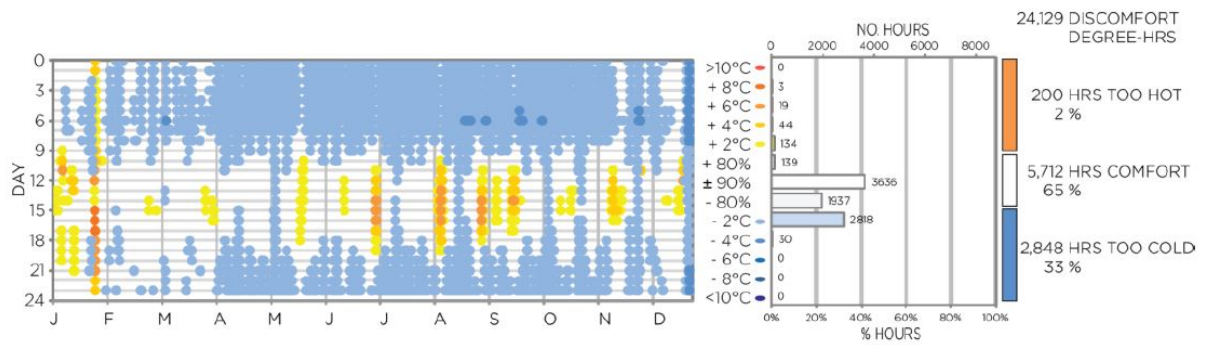


Figura 2.21: Exemplo de visualizações da Autonomia Térmica. Fonte: (Levitt et al., 2013)

## Capítulo 3

# Estudo de Caso

O objecto de estudo desta dissertação é de uma moradia unifamiliar edificada em 1969 e localizada na zona dos Três Bicos em Portimão. Trata-se de uma moradia composta por dois pisos, com área de implantação de 286,22m<sup>2</sup> e com área de construção total de 458,28m<sup>2</sup> (371,84m<sup>2</sup> e 86,44m<sup>2</sup> no primeiro e segundo piso respectivamente). As suas coordenadas geográficas são 37.136144°, -8.548605° e encontra-se a 26 metros acima do nível médio do mar.



Figura 3.1: Localização da moradia em estudo. Fonte: Google Earth

Após o levantamento arquitectónico da moradia e dos seus elementos constructivos bem como dos volumes da envolvente que influenciam a exposição solar da mesma, foi criado, através do software *Rinho 6*, um modelo a três dimensões contendo cada zona térmica da moradia e os respectivos elementos de sombreamento (varandas, telheiros, edifícios vizinhos, etc) para posterior transformação num mo-

delo energético que possibilita a realização de diversas simulações através de software próprios para o efeito.

Através do modelo energético e recorrendo ao software open-source *EnergyPlus* e ao Plugin *Ladybug Tools* e *Honeybee Tools* também open-source, foram realizadas diversas simulações: uma análise anual do conforto térmico adaptativo segundo o ASHRAE 55-2013, alcançado no interior de cada divisão (zonas térmicas) da moradia em estudo e a respectiva Autonomia Térmica de cada um desses espaços, bem como, uma média da moradia completa.

No cálculo da Autonomia Térmica e tendo em conta a imprevisibilidade da ocupação de cada espaço da moradia, assumiu-se neste caso a ocupação total de cada zona térmica.

Em relação a sistemas energéticos activos a moradia originalmente apenas contempla sistema de aquecimento realizado por radiadores eléctricos embutidos nas paredes dos diferentes espaços, sendo estes controlados manualmente. Sendo que esta dissertação assume que não se pretende debruçar em sistemas de arrefecimento activos (ar condicionado), fez-se uma outra análise para se obter as necessidades de energia em kWh para aquecimento apenas, nos termos de cargas de ar ideais (Ideal Air Loads) e apenas como termo de comparação entre estratégias.

Com o objectivo de se entender os benefícios a nível do conforto térmico e dos gastos energéticos com o aquecimento da moradia foram feitas análises análogas à anterior (conforto térmico adaptativo), porém simulando os efeitos de diferentes estratégias bioclimáticas: ventilação natural para o arrefecimento; e o melhoramento da térmica e da estanquidade da moradia através da aplicação de isolamento térmico, em aglomerado de cortiça expandida, pelo exterior (ETICS) nas paredes externas da moradia e pela substituição dos envidraçados por caixilhos de alumínio com corte térmico e vidro duplo com classe energética A+.

No âmbito da energia solar fotovoltaica e da eficiência energética, foi instalado pelo Autor, um sistema inteligente de medição do consumo eléctrico, pelo que fez-se também uma estimação da potência fotovoltaica ideal, a instalar tendo em conta o perfil de consumo do ano de 2021.

### **3.1 Contexto Climático**

Visto a moradia em estudo estar localizada em Portimão e de não existirem os dados climáticos necessários para a execução dos mesmos, comparou-se através do *WeatherSpark* o clima de Portimão com o das duas únicas cidades com todos os dados necessários, Faro e Sagres.

Desta comparação, e como pode ser observado nos anexos A.3, quer a condições de conforto anu-

ais, as temperaturas máximas e mínimas anuais e a velocidade média do vento anual em Portimão aproximam-se mais das de Faro do que as de Sagres, sendo que, optou-se por utilizar os dados climáticos de Faro nas simulações.

Em relação à temperatura, pode-se observar (Figura 3.2) que varia ao longo do ano entre os 2°C e os 34°C. As amplitudes térmicas são superiores no inverno e distingue-se claramente uma época mais quente (verão) em que essas mesmas amplitudes são menores.

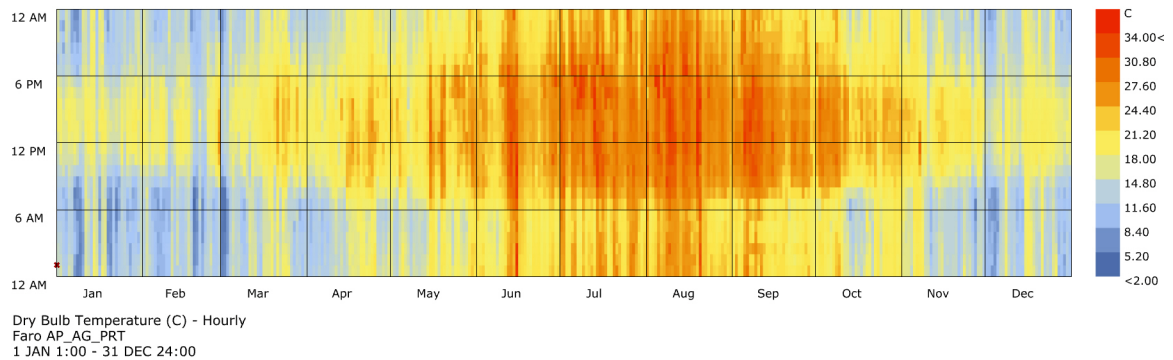


Figura 3.2: Distribuição anual da temperatura de bulbo seco exterior em Faro.

A humidade relativa registada, apresenta valores bastante elevados ao longo de maior parte do ano. No verão com a proximidade do verão e no verão há uma tendência para que a humidade baixe (Figura 3.3). Esta situação permite a utilização do arrefecimento evaporativo como solução nos meses mais quentes.

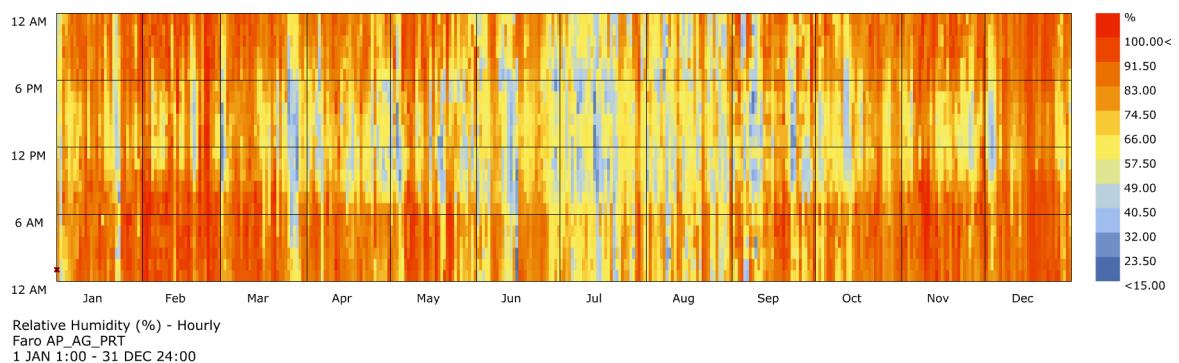


Figura 3.3: Distribuição anual da humidade relativa em Faro.

Na figura 3.4, apresenta-se a distribuição anual da radiação solar horizontal utilizada nas simulações.

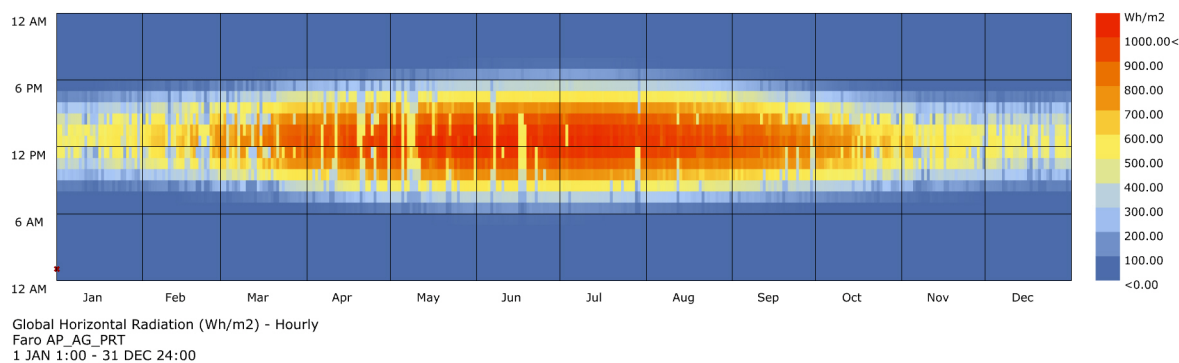


Figura 3.4: Distribuição anual da radiação solar horizontal em Faro.

Quanto à movimentação do ar, existe uma predominância dos ventos vindo de oeste e noroeste com maior intensidade, com alguns períodos de vento vindo do quadrante este-sul, com menor intensidade. O vento na moradia em estudo, não se trata de um factor de grande importância, pois esta encontra-se protegida pela topografia e pelo edificado existente.

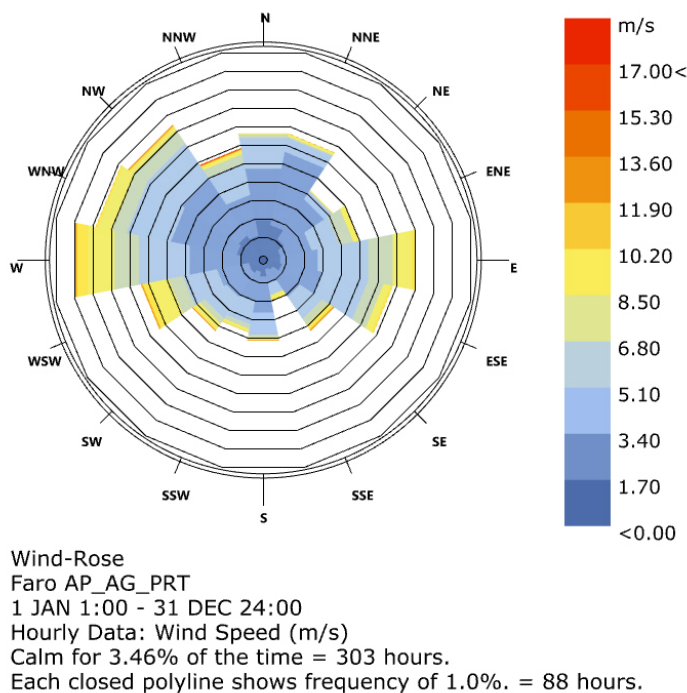


Figura 3.5: Rosa dos ventos anual em Faro.

## 3.2 Caracterização da Moradia

A moradia é composta por dois pisos. O primeiro piso (figura 3.6), onde se encontram todos os espaços sociais e de serviços é composto por um hall de entrada, uma casa de banho social, uma suite completa, uma sala de estar, uma sala de jantar, uma sala de jogos, um escritório, uma cozinha e uma

lavandaria.

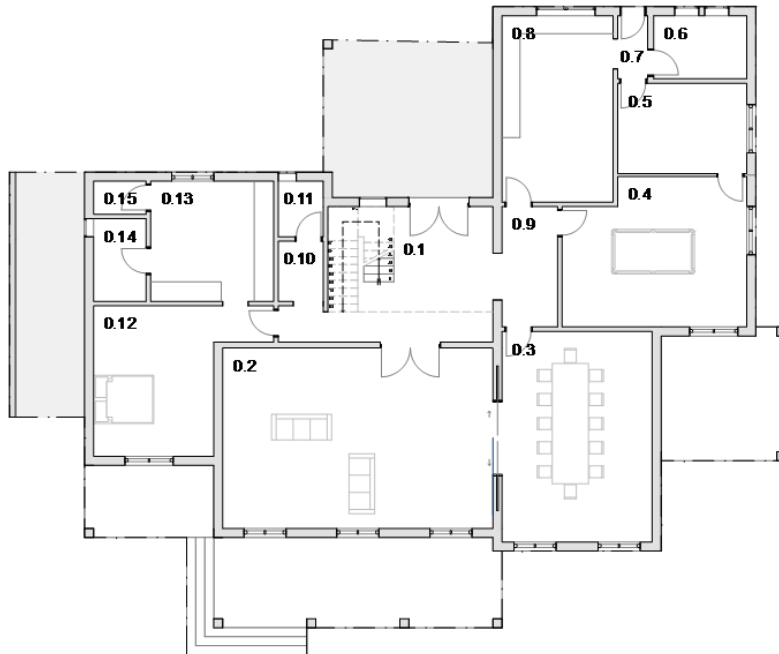


Figura 3.6: Planta Piso 0. Escala: 1:200 Fonte: Autor

O Hall de entrada, de duplo pé direito, é o espaço distribuidor entre as diferentes zonas da moradia. Ele possui duas janelas a alturas diferentes, uma orientada a norte ao nível do rés-do-chão e uma outra orientada a este (nascente) ao nível do primeiro andar e comunica com a instalação sanitária social, com a entrada da suite, a sala de jantar, a sala de estar, a sala de jogos e a cozinha. Existe ainda no Hall uma escadaria que faz a ligação entre os dois pisos.

O segundo piso (figura 3.7), é composto por um corredor em mezzanine que permite o acesso a três quartos e a uma instalação sanitária com um vão orientado a norte. Os quartos têm todas as janelas de sacada orientadas a sul e existe uma varanda coberta comum a todos os quartos (Figura 3.8 à esquerda). O quarto mais a oeste tem ainda um pequeno corredor com guarda-roupas e uma instalação sanitária com um vão orientado a oeste (Figura 3.8 à direita).

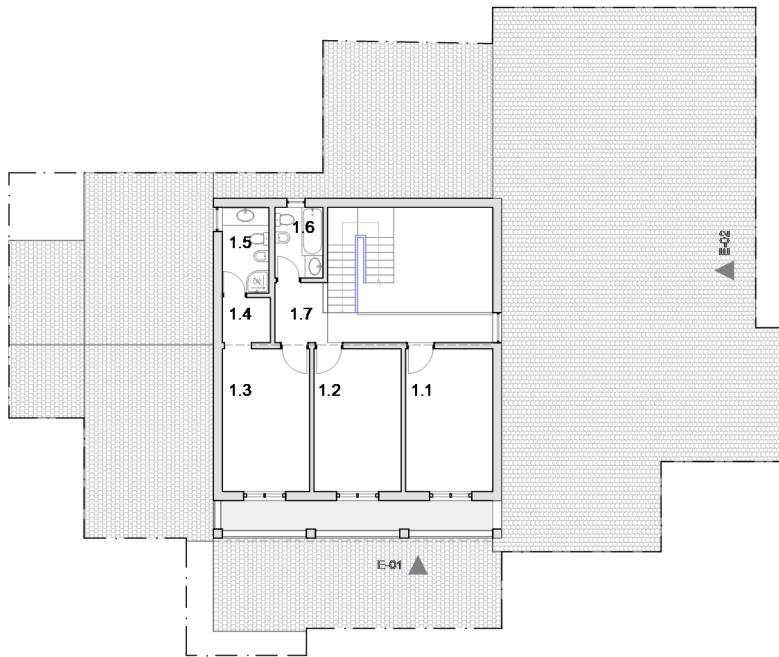


Figura 3.7: Planta Piso 1. Escala: 1:200 Fonte: Autor

Na tabela 3.1, pode encontrar-se a legenda de todos os espaços da moradia separados por pisos e com as respectivas áreas.



Figura 3.8: Fotografias da moradia em estudo.

Tabela 3.1: Tabela das áreas úteis de cada espaço interior da moradia e respectiva legenda.

Piso	Espaço	Área [m <sup>2</sup> ]	Legenda
Piso 0	Hall	24.75	0.1
	Sala de Estar	54	0.2
	Sala de Jantar	35	0.3
	Sala de Jogos	28.9	0.4
	Escritório	12.9	0.5
	Lavandaria	6.51	0.6
	Corredor Cozinha	2.1	0.7
	Cozinha	22.94	0.8
	Corredor Sala Cozinha	7.4	0.9
	Corredor I.S. social	5.03	0.10
	Instalação Sanitária (social)	2.78	0.11
	Quarto Suite	22.4	0.12
	Quarto de Vestir Suite	16.4	0.13
	Instalação Sanitária Suite	4.81	0.14
	Sala do Cofre	1.93	0.15
Piso 1	Quarto 1	13.78	1.1
	Quarto 2	13.78	1.2
	Quarto 3	13.78	1.3
	Quarto de Vestir	2.4	1.4
	Instalação Sanitária Quarto 3	4.42	1.5
	Instalação Sanitária Quartos 1 e 2	3.76	1.6
	Mezzanine	8.85	1.7
Total		308.62	

### 3.2.1 Elementos Construtivos

#### Envolvente Opaca

Neste ponto apresentam-se os elementos da envolvente opaca da moradia em estudo. As paredes exteriores bem como a parede entre a sala de jantar e sala de estar são compostas por dois panos de tijolo furado de onze centímetros de espessura separados por uma caixa de ar não ventilada com quatro centímetros de espessura e cobertos na face interior e exterior por uma camada de reboco com dois centímetros de espessura pintados a branco na face interior e num tom rosado na face exterior. Estas paredes têm uma espessura total de trinta centímetros. Os elementos em contacto com o solo, como se pode observar na tabela 3.2, têm diferentes acabamentos, porém, nenhum contempla qualquer solução de isolamento ou impermeabilização. O telhado, em telhas de canudo, encontra-se assente sobre lajes



aligeiradas inclinadas e também não possui solução de isolamento.

Tabela 3.2: Constituição dos elementos da envolvente opaca da moradia.

Solução Construtiva	Material	Espessura [m]	Condutividade Térmica [W/m-K]	Massa Específica [kg/m <sup>3</sup> ]	Calor Específico [J/kg-K]
Parede Exterior	Reboco	0.02	1.8	2000	1050
	Tijolo Furado	0.11	0.39	1200	920
	caixa de ar	0.04	0.003	—	—
	Tijolo Furado	0.11	0.39	1200	920
	Reboco	0.02	1.8	2000	1050
Piso Térreo Grés	Laje de Betão	0.1	2.5	2350	1000
	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Grés Cerâmico	0.02	1.3	2300	950
Piso Térreo Mármore	Laje de Betão	0.1	2.5	2350	1000
	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Mármore	0.05	1.1	1600	900
Piso Térreo Madeira	Laje de Betão	0.1	2.5	2350	1000
	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Madeira	0.02	0.14	650	1200
Piso Térreo Madeira (ar)	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	caixa de ar	0.3	0.003	—	—
	Madeira	0.02	0.14	650	1200
Piso Térreo Mármore	Laje de Betão	0.1	2.5	2350	1000
	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Mármore	0.05	1.1	1600	900
Telhado	Telha	0.015	1.05	2000	920
	Laje Aligeirada	0.25	0,93	1000	1000

### Envolvente Translúcida (envidraçados)

As percentagens de envidraçados em relação às áreas de fachada, para cada orientação solar, são de 30.05% na fachada sul, 6.82% na fachada norte, 5.33% na fachada este e 1.4% na fachada oeste.

Na envolvente translúcida, o que existe são janelas em madeira com um único pano de vidro. Todas as janelas não têm o caixilho inferior e encontram-se igualmente em um mau estado de conservação. Têm brechas de dimensão considerável pelo que são muito pouco estanques, fazendo-se sentir o ar frio no inverno passar, mesmo com as janelas completamente fechadas.

Sendo assim considerou-se nos parâmetros de simulação um valor para o coeficiente de transmissão térmica (U-Value) de 5.84 W/m<sup>2</sup>k, devido ao único pano de vidro e um valor da infiltração do ar por metro quadrado de fachada de 0.0006 m<sup>3</sup>/s-m<sup>2</sup>@4Pa que é o valor recomendado pelo ASHRAE para edifícios pouco estanques (ash).

### Elementos Interiores

Neste ponto, apresentam-se os elementos interiores da moradia. As paredes interiores são compostas por um único pano de tijolo furado com onze centímetros de espessura ladeados em ambas as faces por uma camada de reboco com dois centímetros de espessura pintadas a branco em ambas as faces. Estas paredes têm uma espessura total de quinze centímetros. As lajes entre pisos e de tecto são também aligeiradas havendo diferenças nos acabamentos (Figura 3.3)

Tabela 3.3: Constituição dos elementos interiores da moradia.

Solução Construtiva	Material	Espessura [m]	Condutividade Térmica [W/m-K]	Massa Específica [kg/m <sup>3</sup> ]	Calor Específico [J/kg-K]
Parede Interior	Reboco	0.2	1.8	2000	1050
	Tijolo Furado	0.11	0.39	1200	920
	Reboco	0.2	1.8	2000	1050
Tecto	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Laje Aligeirada	0.2	0,93	1000	1000
	Reboco	0.2	1.8	2000	1050
Piso 1ºAndar Cerâmica	Reboco	0.2	1.8	2000	1050
	Laje Aligeirada	0.25	0.93	1000	1000
	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Grés Cerâmico	0.02	1.3	2300	950
Piso 1ºAndar Madeira	Reboco	0.2	1.8	2000	1050
	Laje Aligeirada	0.25	0.93	1000	1000
	Betonilha	0.03	1.13	2000	1000
	Madeira	0.02	0.14	650	1200

### 3.2.2 Aspectos Bioclimáticos

#### Orientação solar e forma

A moradia em estudo, como se pôde observar na figura 3.1, encontra-se orientada a sul com um desvio de aproximadamente 7°C para nascente. Existe um conjunto de edifícios à sua volta que limitam alguns

ganhos solares directos porém o quadrante sudeste-sudoeste encontra-se desobstruído o que permite aproveitar os mesmos, no inverno.

A moradia encontra-se organizada de forma que todos os quartos e todas as salas, têm vãos para o exterior na fachada orientada a sul (Figuras 3.8 e 3.9). Na fachada oeste, apenas existem dois pequenos vãos de duas casas de banho, um no piso térreo encontra-se completamente sombreado por um muro de suporte e outro no primeiro piso que encontra-se completamente exposto. Como curiosidade, esse vão a oeste não existia no projecto inicial, foi sim resultado de uma intervenção feita à posteriori.



Figura 3.9: Representação do Alçado Sul. Escala: 1:200

Na fachada nascente, também só existem 3 vãos, dois no piso térreo, que apesar de dimensões normais encontram-se sombreados por alguma vegetação e pelo muro exterior da moradia (Figura 3.11) e um no primeiro andar, no hall, completamente exposto. Por fim, na fachada norte, estão presentes 4 vãos, todos em zonas de serviço incluindo a cozinha e duas portas de entrada, uma no hall e outra no corredor que liga a cozinha ao escritório e a lavandaria.

### Sombreamento

Os métodos de sombreamento utilizados nesta moradia, como pudemos observar, são variados. Nos vãos orientados a sul todos contemplam varandas ou telheiros para o seu sombreamento com excepção da sala de jantar que tem dois vãos sem qualquer solução de sombreamento. Nas fachadas nascente e poente podemos encontrar soluções que usam a vegetação (Figura 3.11) e/ou as pré-existências construídas.

Na (Figura 3.10) pode-se observar a penetração da radiação solar directa no interior da moradia.

Aqui ressalta o facto de na sala de estar, dado as dimensões do telheiro, nem mesmo no pico do inverno se consegue tirar partido de ganhos solares por radiação directa (à esquerda). Por outro lado, percebe-se que nos quartos, no primeiro piso, as dimensões da varanda permitem os ganhos solares directos no inverno enquanto reduzem os mesmos no verão (à direita).

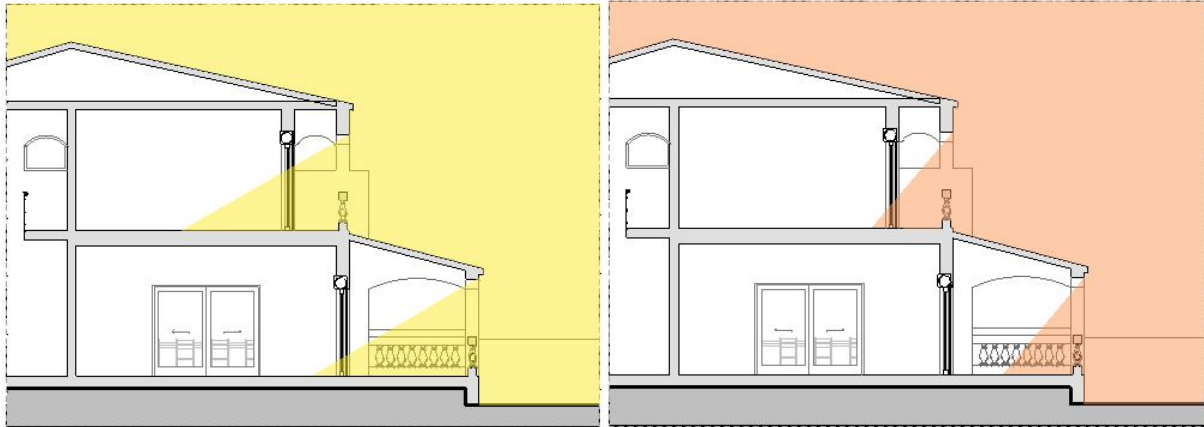


Figura 3.10: Incidência solar directa nos solstícios de inverno (esquerda) e verão (direita) na sala de jantar e quartos.



Figura 3.11: Sombreamento com recurso a vegetação na fachada este da moradia em estudo.

## Revestimento Reflexivo da Envolvente

A moradia, apesar de não ser exteriormente revestida a cal, ou tinta branca, tem um revestimento a uma cor rosada que não tendo níveis de reflexividade do branco, mas por ser uma cor clara, acaba por ter níveis de reflexividade elevados.

## Inércia térmica

Outra particularidade nesta moradia trata-se da sua implantação no solo, que não possui qualquer sistema de isolamento, havendo um contacto directo com o mesmo. Desta forma, considerou-se existir apenas uma simples laje de betão com 10cm de espessura e camada de betonilha antes do material de acabamento.

Quanto às massas térmicas, os elementos da envolvente opaca que, apesar de serem compostos por alvenaria de tijolo furado e lajes com abobadilhas têm alguma capacidade de armazenamento térmico. No hall de entrada, na sala de estar, no acesso à suite, na instalação sanitária social e nas escadas, existe mármore com uma espessura de 5cm como revestimento do pavimento, sendo estes os espaços com maior potencial para o uso de estratégias que façam usos das massas térmicas (3.2).

## Ventilação Natural

Quanto às possibilidades de ventilação natural, a moradia também apresenta diferentes situações. A que mais se destaca, está esquematizada na figura 3.12 e trata-se do efeito chaminé. Dependendo da abertura e do fecho de portas interiores e vão exteriores (portas e janelas), existem várias possibilidades de ventilação, desde a mais básica e ineficaz, a ventilação unilateral 2.10.2, à ventilação cruzada 2.10.2 e sistemas com ventilação noturna.

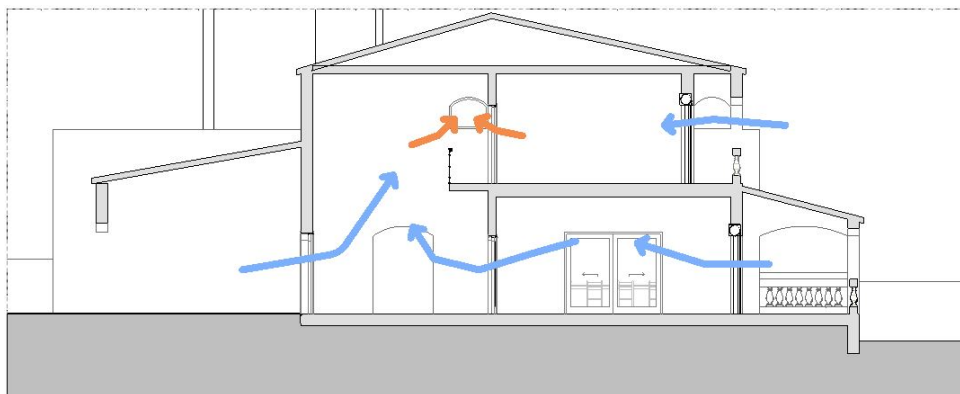


Figura 3.12: Esquema do efeito chaminé no hall da moradia.

### 3.2.3 Consumo Eléctrico Real

Para se obter os dados reais sobre o consumo de electricidade na moradia em estudo, foi numa primeira fase instalado pelo autor, um medidor de energia inteligente (ficha de produto no anexo B.2).

Após a instalação do medidor e a recolha dos dados, foi necessário proceder ao seu tratamento para que estes pudessem ser utilizados pelo software *LadyBug Tools* na realização dos seguintes gráficos, bem como, na estimação da potência solar fotovoltaica ideal para esse perfil de consumo.

De seguida, apresentam-se dois gráficos anuais do consumo de electricidade obtido através do medidor instalado. Os dados dizem respeito ao ano de 2021. Na figura 3.13, apresenta-se um gráfico com uma escala cromática entre zero e máximo medido, 5.9kWh.

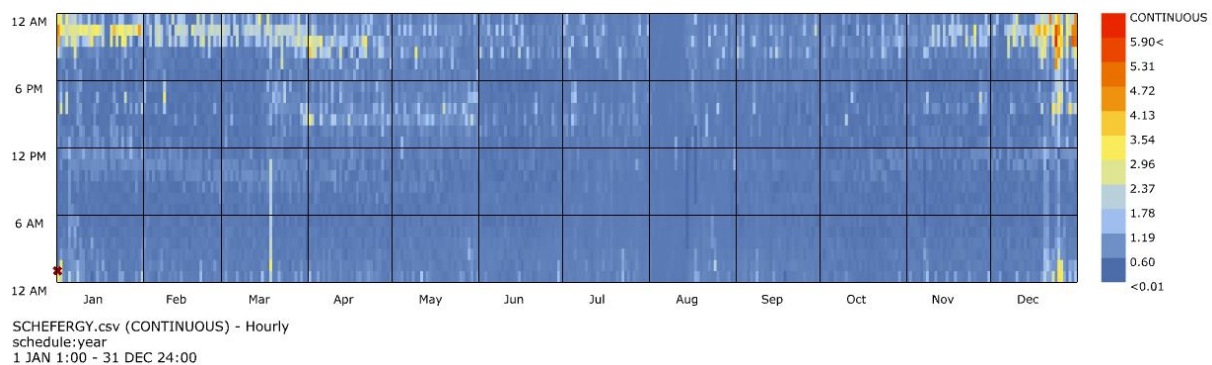


Figura 3.13: Gráfico Consumo de Energia Anual Medido.

Porém, dado a grande discrepância entre esse máximo e os restantes consumos, apresenta-se também um segundo gráfico, na figura 3.14, em que o máximo representa todas as medições acima do 1kWh o que permite ter uma leitura visual mais facilitada do perfil de consumo medido.

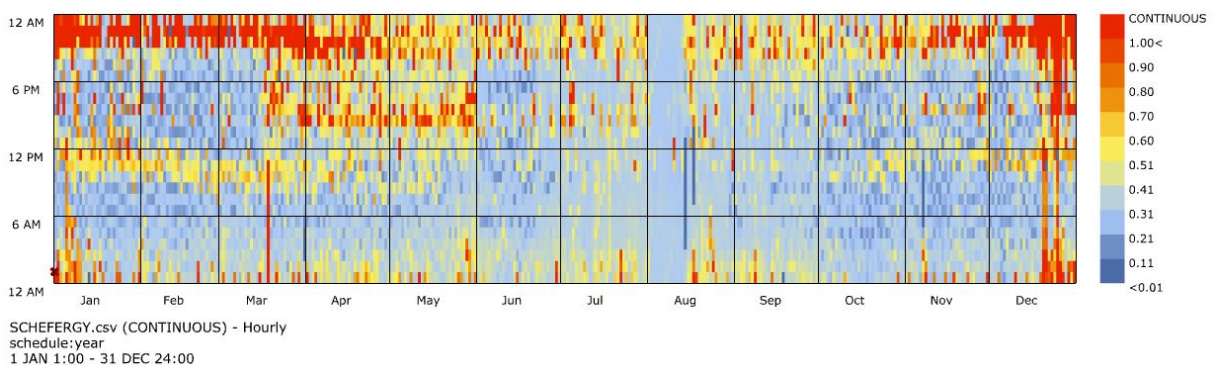


Figura 3.14: Gráfico Consumo de Energia Anual Medido com alteração de escala.

## 3.3 Modelos Energéticos

### 3.3.1 Modelo de Referência

A modelação e definição do modelo energético foi feita através do *software Rhino 6* com o apoio do *plugin LadyBug Tools* que, por sua vez, permite a integração com o *Software EnergyPlus* para a realização das diferentes simulações.

Para a criação do modelo energético da moradia em estudo foi necessário numa primeira fase de se definir as diferentes zonas térmicas, pelo que, optou-se por criar uma zona térmica para cada divisão da moradia, com denominações idênticas às das plantas anteriormente apresentadas, com excepção do Hall de Entrada e do Corredor em mezzanine do primeiro andar que se considerou como uma única zona térmica.

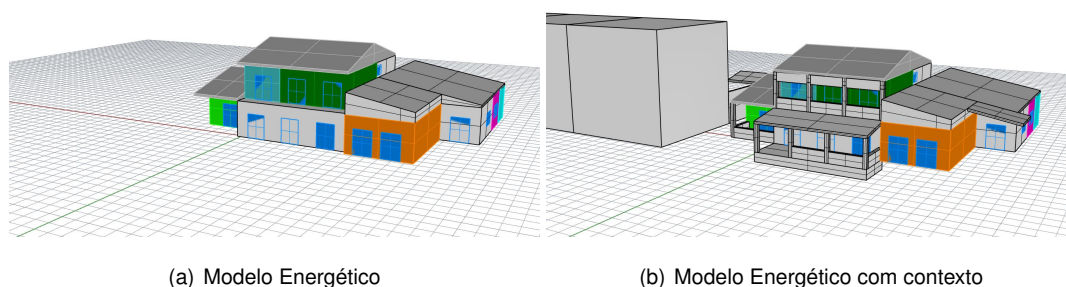


Figura 3.15: Imagens do Alçado Sul do modelo energético.

Tendo em conta que entre os espaços habitáveis da moradia e o telhado existe sempre um espaço tipo águas-furtadas não acessível e sem ventilação optou-se por definir também zonas térmicas para esses espaços para que os resultados das análises que vão ser realizadas sejam mais fidedignos (Figuras 3.15 e 3.16 à esquerda).

Esta opção de se criar uma zona térmica para cada espaço da moradia permite em trabalhos futuros, mais aprofundado da moradia, como por exemplo a climatização apenas dos espaços necessários ao modo de vida dos seus ocupantes ou mesmo o recurso a estratégias bioclimáticas que teriam influência apenas numa divisão.

A cada superfície de todas as zonas térmicas foram associadas as suas respectivas soluções construtivas de acordo com o definido no ponto 3.2.1, as áreas envidraçadas existentes com as características referidas no ponto 3.2.1 e foram modelados todos os elementos de contexto que possam influenciar as análises energéticas: varandas, telheiros e construções vizinhas (Figuras 3.15 e 3.16 à direita).

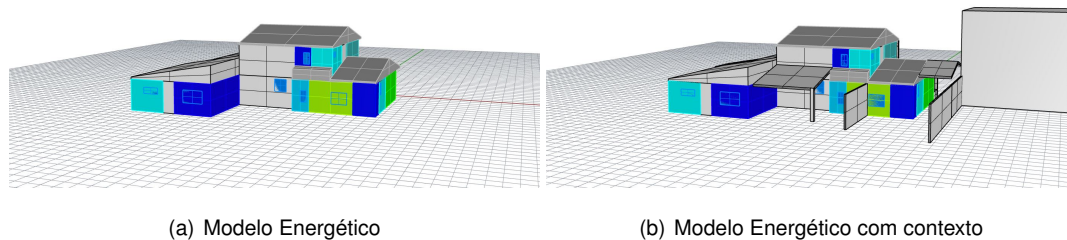


Figura 3.16: Imagens do Alçado Norte do modelo energético.

### 3.3.2 Modelos Alternativos

#### Ventilação Natural

Neste modelo alternativo, pretende-se avaliar as melhorias no conforto térmico possíveis ao se recorrer apenas à estratégia bioclimática de Ventilação Natural.

Na definição dos parâmetros a considerar nesta estratégia, optou-se por uma solução em que a abertura das janelas não são accionadas segundo um horário fixo (ex. Ventilação Nocturna) mas sim segundo o diferencial entre as temperaturas interiores e exteriores. Para isso definiu-se que as janelas apenas serão abertas quando a temperatura exterior for inferior à interior, para haver arrefecimento do espaço. Definiu-se também que esta estratégia apenas é utilizada quando a temperatura interior for superior a 25°C e a temperatura exterior for inferior a 25°C.

A opção de fixar estes limites nos 25°C teve em conta que segundo o modelo de conforto adaptativo proposto pelo ASHRAE esta trata-se de uma temperatura confortável nos meses mais quentes do ano e ao mesmo tempo impede que se arrefeça desnecessariamente o espaço interior em alturas do ano em que tem interesse conservar esse calor para noite.

#### Isolamento Térmico pelo exterior e Substituição dos Envidraçados

No segundo modelo alternativo, foram realizadas as mesmas análises feitas ao modelo anterior mas simulando uma obra de melhoramento da envolvente opaca e envidraçada da moradia. Nesta análise para além de se ter simulado o melhoramento de comportamento térmico de toda a envolvente, simulou-se também a melhoria da estanquidade da moradia derivada da alteração dos vãos envidraçados por outros mais estanques.

Em relação à envolvente opaca simulou-se a aplicação de um sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS), em aglomerado de cortiça expandida, vulgarmente conhecido por Capoto, e a substituição de todos os vãos envidraçados por outros mais eficientes de vidro duplo e com níveis de estanquidade muito superiores aos existentes que dado o seu estado de degradação permitem uma excessiva



passagem do ar.

Desta forma, adicionou-se uma camada de aglomerado de cortiça expandida com 6cm à face exterior do material usado nas paredes exteriores do modelo energético, alterou-se o material dos envidraçados melhorando o seu coeficiente de transmissão térmica para, 1.98 W/m<sup>2</sup>-K e alterou-se o valor da infiltração do ar para 0.0001 m<sup>3</sup>/s por m<sup>2</sup> de fachada pois é o valor recomendado pelo ASHRAE para construções estanques, por forma a simular a melhoria da estanquidade decorrente da substituição dos vãos envidraçados.

Para o isolamento das paredes o material usado foi o aglomerado de cortiça expandida da *Amorim Cork Insulations*, cuja ficha técnica pode ser consultada no Anexo B.1

Tabela 3.4: Constituição das paredes exteriores da moradia para simulações com isolamento térmico pelo exterior em Aglomerado de Cortiça Expandida (ACE).

Solução Construtiva	Material	Espessura [m]	Condutividade Térmica [W/m-K]	Massa Específica [kg/m <sup>3</sup> ]	Calor Específico [J/kg-K]
Parede Exterior (ETICS)	Reboco	0.02	1.8	2000	1050
	Tijolo Furado	0.11	0.39	1200	920
	caixa de ar	0.04	0.003	—	—
	Tijolo Furado	0.11	0.39	1200	920
	Reboco	0.02	1.8	2000	1050
	ACE	0.06	0.04	110	1700

### Solução Conjunta

Neste último modelo, simulou-se a aplicação das duas estratégias em conjunto: Ventilação Natural e a melhoria da envolvente da moradia.

## Capítulo 4

# Análise dos Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nas análises ao modelo energético de referência e aos diferentes modelos energéticos alternativos. Os resultados, avaliados segundo o modelo de conforto térmico adaptativo ASHRAE 55-2013 e serão apresentados em tabelas referentes a cada modelo energético, contendo os valores da Autonomia Térmica calculada segundo o método descrito no ponto 2.12 .

Serão também apresentados nos anexos A.4 sob a forma de gráfico anual, as autonomias térmicas (Conforto, Frio e Calor) ao longo das diferentes horas e dias do ano para cada zona térmica modelada.

Vão ser ainda apresentados, os resultados obtidos da estimação da potência solar fotovoltaica ideal para se instalar no telhado orientado a sul da moradia em estudo.

### 4.1 Modelo de Referência

Neste modelo que representa a moradia no seu estado actual fez-se uma análise das condições de Conforto Adaptativo ao longo de todo o ano, fez-se ainda outra análise em que se simulou qual a energia necessária em kWh para o aquecimento da mesma. Os dados obtidos nesta análise servem como base de comparação com os modelos alternativos para se aferir a eficácia das estratégias bioclimáticas escolhidas quando aplicadas na moradia em estudo.

Na tabela 4.1 são apresentados, para cada espaço da moradia, as percentagens de tempo do ano em situação de conforto, e em desconforto por calor e frio. Apresenta-se também uma média total da moradia.

Tabela 4.1: Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo de Referência.  
(AT) - Autonomia Térmica

Piso	Espaço	(AT) Conforto [%]	(AT) Calor [%]	(AT) Frio [%]
Piso 0	Hall	38.90	-	61.10
	Sala de Estar	34.19	-	65.81
	Sala de Jantar	52.44	8.76	38.80
	Sala de Jogos	50.56	1.24	48.20
	Escritório	53.13	5.47	41.40
	Lavandaria	47.21	2.12	50.67
	Corredor Cozinha	44.1	0.07	55.83
	Cozinha	43	0.15	56.85
	Corredor Sala Cozinha	39.65	-	60.35
	Corredor I.S. social	37.36	-	62.64
	Instalação Sanitária (social)	24.73	-	75.27
	Quarto Suite	29.42	-	70.58
	Quarto de Vestir Suite	28.76	-	71.24
	Instalação Sanitária Suite	27.86	0.02	72.12
Piso 1	Sala do Cofre	33.98	0.31	65.71
	Quarto 1	45.11	12.24	42.65
	Quarto 2	48.53	8.57	42.9
	Quarto 3	43.60	11.31	45.09
	Quarto de Vestir	42.88	11.71	45.41
	Instalação Sanitária Quarto 3	36.16	15.11	48.73
	Instalação Sanitária Quartos 1 e 2	40.26	5.31	54.43
Mezzanine	38.90	-	61.10	
Média		41.17	3.20	55.62

Como se pode ver na tabela 4.1 e nos anexos A.4, a percentagem anual de tempo em que a moradia se encontra quente demais é bastante reduzida. A nível do rés do chão praticamente não existem necessidades de arrefecimento com excepção da Sala de Jantar que é a única divisão com envidraçados orientados a sul que não contemplam sistemas de sombreamento. Já a nível do primeiro piso, as necessidades de arrefecimento, apesar de também bastante reduzidas, são mais evidentes.

De uma forma geral, desta análise percebe-se que a moradia é muito eficaz na limitação dos ganhos solares directos no verão, porém dado a dimensão dos telheiros que sombreiam a maior parte dos envidraçados orientados a sul esses mesmos ganhos também são muito limitados no inverno o que faz com que a moradia seja bastante desconfortável nas épocas frias, sendo este desconforto (frio) mais evidente a nível do rés-do chão.

Na figura 4.1, escolheu-se quatro janelas orientadas a sul, de quatro espaços diferentes e com diferentes condições de sombreamento. Então, apresentou-se em gráficos anuais de ganhos solares normalizados por área de envidraçado para se entender relação dos elementos de sombreamento com os ganhos solares.

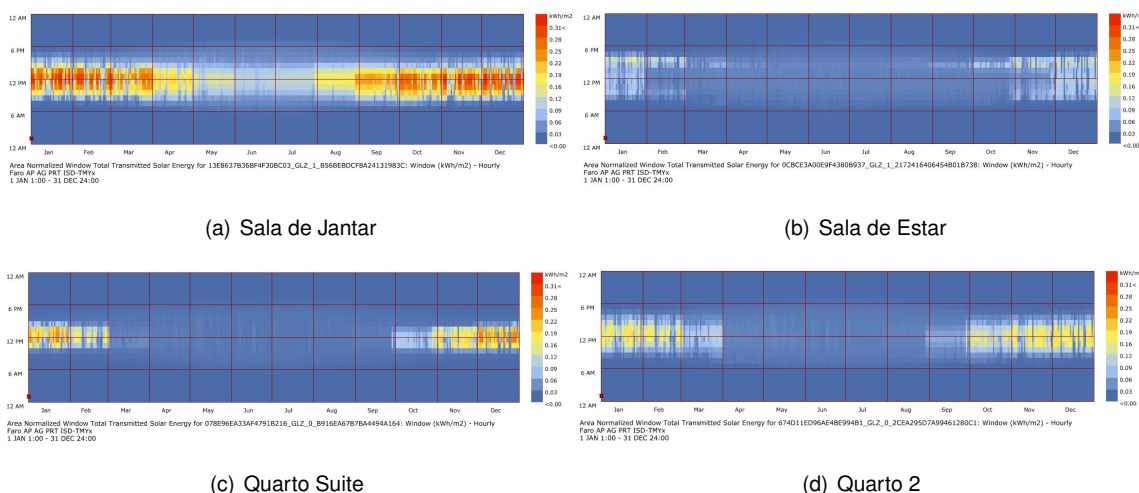


Figura 4.1: Ganhos solares normalizados de quatro janelas orientadas a sul.

Como era de esperar, tendo em conta a geometria da moradia, o sombreamento dos envidraçados e o sombreamento causado pelos edifícios vizinhos, a moradia pouco uso faz dos possíveis ganhos solares para o seu aquecimento, com excepção dos quartos do piso superior em que a solução de sombreamento existente permite o aproveitamento dos ganhos solares no inverno.

A figura 4.1 vem comprovar essa limitação dos ganhos solares decorrentes dos telheiros que compõem a moradia. Como se pode ver, existe uma redução dos ganhos solares pelos envidraçados quanto mais profundo é o telheiro que sombreia cada janela, sendo estes muito limitados na subfigura (b) que representa uma janela da sala de estar.

Da análise feita retirou-se que serão necessários 25855,44 kWh (aprox. 25,8 MWh) de energia eléctrica apenas para fazer face às necessidades de aquecimento da moradia. O valor médio da autonomia térmica é de 41.17%.

## 4.2 Modelo Alternativo (Ventilação Natural)

Tendo em conta os resultados obtidos no modelo de referência em que se verifica que o desconforto por calor apenas é evidente em curtos períodos do ano (Verão) e sendo vontade expressa de não se contemplar o uso de estratégias de arrefecimento activas, tais como o ar condicionado, optou-se por

analisar o comportamento térmico da moradia no seu estado actual aliado à estratégia de bioclimática de Ventilação Natural. Com esta estratégia procurou-se minimizar o desconforto por calor, ventilando os espaços quando o diferencial entre a temperatura interior e exterior assim o permita, como definido no ponto 3.3.2.

A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados obtidos da análise ao modelo alternativo (ventilação natural) e a sua comparação com o modelo de referência.

Tabela 4.2: Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo Alternativo (Ventilação Natural). (AT) - Autonomia Térmica

Piso	Espaço	(AT) Conforto [%]	(AT) Calor [%]	(AT) Frio [%]
Piso 0	Hall	38.37	-	61.63
	Sala de Estar	32.95	-	67.05
	Sala de Jantar	53.8	7.00	39.02
	Sala de Jogos	51.07	0.51	48.42
	Escritório	56.06	2.47	41.47
	Lavandaria	48.18	1.00	50.82
	Corredor Cozinha	44.03	-	55.97
	Cozinha	42.87	0.10	57.03
	Corredor Sala Cozinha	39.08	-	60.92
	Corredor I.S. social	36.35	-	63.65
	Instalação Sanitária (social)	23.76	-	76.24
	Quarto Suite	28.92	-	71.08
	Quarto de Vestir Suite	28.31	-	71.69
	Instalação Sanitária Suite	27.74	0.02	72.24
Piso 1	Sala do Cofre	33.91	0.30	65.79
	Quarto 1	52.56	4.67	42.77
	Quarto 2	54.62	2.33	43.05
	Quarto 3	51.39	3.39	45.22
	Quarto de Vestir	51.60	2.92	45.48
	Instalação Sanitária Quarto 3	44.41	6.80	48.79
	Instalação Sanitária Quartos 1 e 2	44.66	0.73	54.61
Mezzanine	38.37	-	61.63	
Média		42.34	1.57	56.09
Variação		2.84%	-51.03%	0.84%

Da análise feita retirou-se que serão necessários 25862.98 kWh (aprox. 25,9 MWh) de energia apenas para fazer face às necessidades de aquecimento da moradia, o que representa um aumento,

desprezível, de 0.03% em relação ao modelo de referência.

Os resultados obtidos mostram que com uma simples solução de ventilação natural consegue-se uma redução de 51.03% do tempo em que a temperatura no interior da moradia se encontra acima do limite de conforto.

Esta estratégia revelou-se especialmente eficaz nos quartos localizados no primeiro andar que aliada ao sombreamento que limita os ganhos solares nas épocas mais quentes do ano permitiu uma grande redução do desconforto por calor sendo essa redução ainda mais evidente no período nocturno, que é o período em que se pressupõe que estes espaços serão utilizados.

Já sala de jantar foi espaço em que esta estratégia teve menos impacto na melhoria do conforto pois é a única divisão com envidraçados orientados a sul sem qualquer sistema de limitação de ganhos solares e é igualmente o espaço com maior área de fachada exposta ao sol (Sul e Nascente).

Visto que esta estratégia se revelou muito eficaz na redução do desconforto por calor e praticamente não afectou o desconforto por frio, concluiu-se que ela é uma estratégia muito viável e económica e que deverá ser utilizada nesta moradia. A autonomia térmica de conforto foi, nesta simulação, de 42.34% e melhorou 2.84% face ao modelo de referência.

### **4.3 Modelo Alternativo (Melhoria da Envolvente)**

Tendo em conta os resultados obtidos no modelo de referência em que se verifica que a temperatura interior encontra-se cerca de 55% do ano abaixo do limite de conforto e de que a possibilidade de implementação de sistemas de aquecimento passivo directo ou indirecto são bastante limitadas e apenas poderiam melhorar os espaços com fachada orientada a sul, optou-se assim por testar uma solução que propõe um melhoramento do isolamento térmico de toda a envolvente opaca e translúcida ao mesmo tempo que melhora a estanquidade dos vãos exteriores.

Com esta solução procurou-se reduzir o desconforto por frio, reduzindo as perdas térmicas pela envolvente e por infiltração, aproveitando ao máximo tanto os ganhos solares como os ganhos internos, tal como definido no ponto 3.3.2.

A seguir, apresenta-se a tabela com os resultados obtidos da análise ao modelo alternativo (melhoria da envolvente) e a sua comparação com o modelo de referência.

Tabela 4.3: Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo Alternativo (Melhoria da Envolvente).

Piso	Espaço	Conforto [%]	Calor [%]	Frio [%]
Piso 0	Hall	53.21	-	46.79
	Sala de Estar	61.75	-	38.25
	Sala de Jantar	76.52	1.44	22.04
	Sala de Jogos	64.33	0.02	35.65
	Escritório	78.87	0.43	20.70
	Lavandaria	63.46	0.02	36.52
	Corredor Cozinha	56.99	-	43.01
	Cozinha	60.29	-	39.71
	Corredor Sala Cozinha	53.68	-	46.32
	Corredor I.S. social	51.74	-	48.26
	Instalação Sanitária (social)	26.59	-	73.41
	Quarto Suite	40.41	-	59.59
	Quarto de Vestir Suite	35.41	-	64.59
	Instalação Sanitária Suite	29.55	-	70.45
Piso 1	Sala do Cofre	38.54	-	61.46
	Quarto 1	54.04	24.43	21.53
	Quarto 2	59.59	21.00	19.41
	Quarto 3	51.59	22.95	25.46
	Quarto de Vestir	47.10	27.47	25.43
	Instalação Sanitária Quarto 3	38.90	21.24	39.86
	Instalação Sanitária Quartos 1 e 2	49.86	8.80	41.34
Mezzanine	53.21	-	46.79	
Média		57.63	3.83	38.54
Variação		39.98%	19.60%	-30.71%

Da análise feita retirou-se que serão necessários 11290.22 kWh (aprox. 11.3 MWh) de energia para fazer face às necessidades de aquecimento da moradia o que representa uma redução de 56.33% em relação à energia necessária na moradia no seu estado actual.

Os resultados obtidos mostram que com esta solução conseguiu uma redução média de 30.71% do tempo em que a moradia se encontra com a temperatura interior abaixo do limite de conforto (frio), porém aumenta em 19.60% o tempo do ano em que a temperatura interior se encontra acima do limite de conforto (calor). Para este aumento do desconforto por calor apenas contribuíram os espaços localizados no primeiro andar que praticamente dobraram tempo do ano em que se encontram em situação de desconforto por calor.

Em termos de desconforto por frio a melhoria foi generalizada em todos os espaços da moradia, mas, houve espaços da moradia que foram bastante prejudicados a nível de sobreaquecimento em certas alturas do ano. Assim, deve-se equacionar bem o benefício que se tira desta solução em detrimento do sobreaquecimento causado nas alturas mais quentes do ano. Sendo assim, e tendo em conta os resultados obtidos nestas três últimas análises optou-se por fazer uma última análise em que se simula uma solução contendo as duas soluções anteriormente analisadas em conjunto que será apresentada no ponto 4.4.

#### **4.4 Modelo Alternativo (Solução Conjunta)**

Tendo em conta os resultados obtidos no modelo alternativo anterior (Ponto 4.3), em que verificou uma redução do desconforto por frio e um aumento do desconforto por calor, optou-se por realizar uma última simulação energética. Esta simulação pretende avaliar quer os potenciais benefícios da adopção das duas estratégias anteriormente avaliadas porém, em conjunto.

Da análise feita retirou-se que serão necessários 8887.50 kWh (aprox. 8.9 MWh) de energia para fazer face às necessidades de aquecimento da moradia o que representa uma redução de 65.63% em relação á energia necessária na moradia no seu estado actual.

Os resultados obtidos (tabela 4.4) mostram que com esta solução conjunta conseguiu-se uma redução média de 28.22% do tempo em que a moradia se encontra com a temperatura interior abaixo do limite de conforto (frio), havendo igualmente uma redução média do tempo do ano em que a temperatura interior se encontra acima do limite de conforto (calor) de 73.27%.



Tabela 4.4: Resultados da análise de conforto adaptativo ASHRAE 55-2013 ao Modelo Alternativo (Solução Conjunta).

Piso	Espaço	Conforto [%]	Calor [%]	Frio [%]
Piso 0	Hall	51.95	-	48.05
	Sala de Estar	54.77	-	45.23
	Sala de Jantar	77.15	0.75	22.10
	Sala de Jogos	64.34	-	35.66
	Escritório	79.21	0.09	20.70
	Lavandaria	63.48	-	36.52
	Corredor Cozinha	56.95	-	43.05
	Cozinha	60.16	-	39.84
	Corredor Sala Cozinha	52.44	-	47.56
	Corredor I.S. social	50.10	-	49.90
	Instalação Sanitária (social)	22.35	-	77.65
	Quarto Suite	38.68	-	61.32
	Quarto de Vestir Suite	33.31	-	66.69
	Instalação Sanitária Suite	28.82	-	71.18
Piso 1	Sala do Cofre	37.95	-	62.05
	Quarto 1	75.40	3.07	21.53
	Quarto 2	79.54	1.05	19.41
	Quarto 3	72.80	1.74	25.46
	Quarto de Vestir	73.10	1.47	25.43
	Instalação Sanitária Quarto 3	56.28	3.86	39.86
	Instalação Sanitária Quartos 1 e 2	58.51	0.15	41.34
Mezzanine	51.95	-	48.05	
Média		59.32	0.42	40.26
Variação		44.09%	-73.27%	-28.22%

Nas tabelas 4.5 e 4.6, para se facilitar a comparação entre as soluções simuladas, fez um resumo dos resultados gerais obtidos. Na primeira (4.5, estão presentes os valores da Autonomia Térmica (%) e as respectivas variações em relação ao modelo de referência. Na segunda (4.6), apresenta-se as necessidades anuais de aquecimento (kWh) para cada simulação e a sua variação em relação ao modelo de referência.

Tabela 4.5: Resumo dos resultados obtidos e comparação em relação ao Modelo de Referência.

		Conforto	Calor	Frio
		[%]	[%]	[%]
Modelo de Referência	Valor Médio	41.17	3.20	55.62
	Variação	-	-	-
Modelo Alternativo (Ventilação Natural)	Valor Médio	42.34	1.57	56.09
	Variação	2.84	-51.03	0.84
Modelo Alternativo (Melhoria da Envolvente)	Valor Médio	57.63	3.83	38.54
	Variação	39.68	19.60	-30.71
Modelo Alternativo (Solução Conjunta)	Valor Médio	59.32	0.42	40.26
	Variação	44.09	-73.27	-28.22

Esta solução, em que se conjuga a ventilação natural com a melhoria da envolvente, obteve várias melhorias face às soluções anteriores. Como se pode observar na tabela 4.5, em relação ao desconforto por calor, esta conjugação de estratégias, obteve uma melhor resposta do que as soluções em que se testou as estratégias individualmente. O sobreaquecimento provocado pela melhoria da envolvente foi amenizado pela ventilação natural, da mesma forma que a melhoria da envolvente intensificou o efeito da ventilação natural, conservando a sua energia.

Já em relação ao desconforto por frio, também pode observar-se que, a ventilação natural teve muito pouca influência no arrefecimento excessivo dos espaços da moradia. Porém, em relação às necessidades de energia para o aquecimento, na tabela 4.6, vê-se que houve uma redução da energia necessário para o aquecimento.

Tabela 4.6: Resumo das Necessidades de Aquecimento.

	Necessidades de Aquecimento	Variação
	[kWh]	[%]
Modelo de Referência	25855.44	-
Modelo Alternativo (Ventilação Natural)	25862.89	0.03
Modelo Alternativo (Melhoria da Envolvente)	11290.22	-56.33
Modelo Alternativo (Solução Conjunta)	8887.50	-65.63

## 4.5 Sistema solar fotovoltaico

Neste ponto pretende-se estimar qual a potência do sistema solar fotovoltaico mais eficiente tendo em conta o perfil de consumo recolhido pelo autor e a localização do sistema a instalar. Pretende-se ainda apresentar soluções para o melhor aproveitamento da energia gerada por esse sistema. Tendo em conta o elevado custo de baterias para armazenamento dos excedentes e da sua pegada ecológica, este estudo vai incidir apenas sobre a solução de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo sem armazenamento dos excedentes.

Através de uma estimativa realizada através do software *LadyBug Tools*, chegou-se à conclusão que a instalação solar ideal para o perfil de consumo medido é de 2.42 kWh de potência. Sendo assim fez uma simulação para um sistema solar fotovoltaico com 2,5kWh de potência instalada no telhado sul da moradia, tendo-se aferido que este sistema produz 3996.05kWh de energia eléctrica anualmente.

De seguida apresentam-se três gráficos com os resultados obtidos à análise do sistema solar fotovoltaico subtraindo essa geração de energia com o perfil de consumo obtido, obtendo-se assim valores positivos para o consumo de energia da rede e valores negativos para injeção de energia na rede. A figura 4.2 representa essa relação entre a energia consumida da rede e a energia injectada na rede ao longo de um ano.

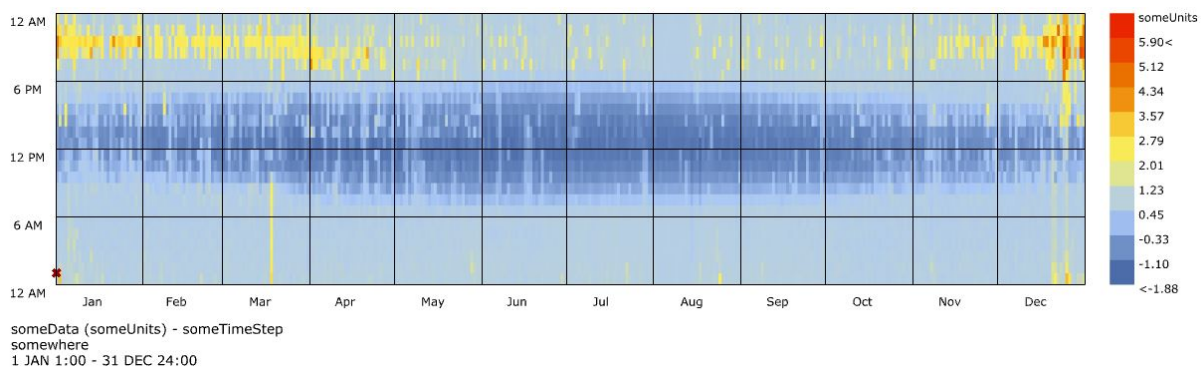


Figura 4.2: Gráfico anual de consumo/injecção

Nas figuras 4.3 e 4.4 apresentam-se os gráficos anuais de consumo de energia da rede idênticos à da figura anterior, mas alterou-se a escala para representar todos os valores abaixo de zero, incluído, de uma única cor (azul-escuro). Assim torna-se visualmente possível perceber quais os dias e horas do ano, segundo o perfil de consumo obtido e pela capacidade de geração de energia do sistema solar fotovoltaico, em que a moradia não necessita de utilizar energia da rede. O resultado obtido indica que em 37.17% do ano a moradia não necessita de usar energia da rede.

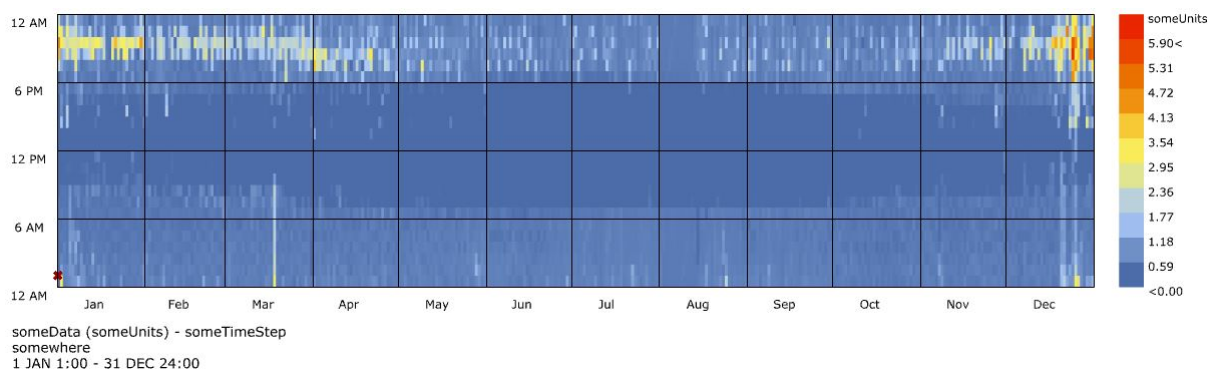


Figura 4.3: Gráfico anual de consumo com sistema solar instalado. Escala de 0 a 5.9 kWh.

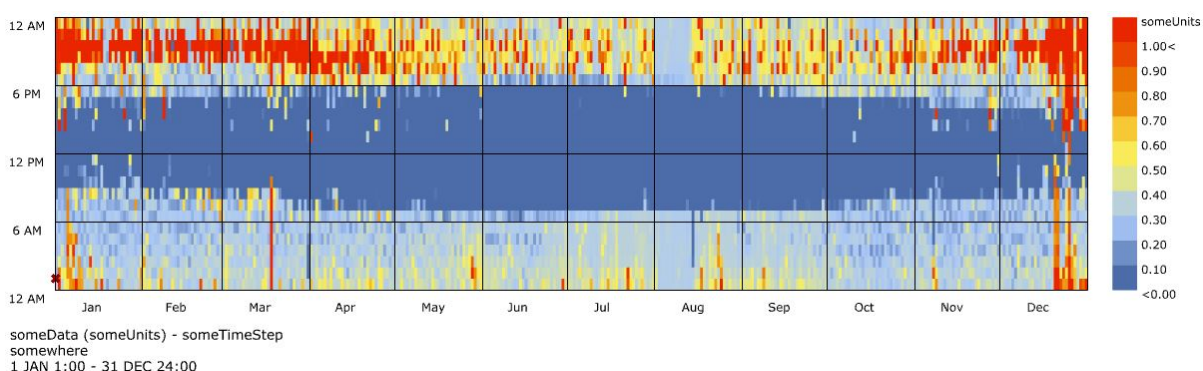


Figura 4.4: Gráfico anual de consumo com sistema solar instalado. Escala de 0 a 1 kWh.

Como se pode observar na tabela 4.7 um sistema solar fotovoltaico com 2.5kWh instalado no telhado sul da moradia em estudo tem a capacidade de gerar 3996.05kWh ao longo de um ano, mais 215.5kWh do que o consumo anual medido. No entanto, esta energia, segundo o perfil de consumo em estudo, não é completamente aproveitada, apenas 1247.94kWh são verdadeiramente utilizados o que representa uma redução de 33% de energia consumida da rede.

Tabela 4.7: Resumo Sistema Solar Fotovoltaico 2,5kWh de potência.

	Energia [kWh]
Total consumo eléctrico	3780.55
Energia gerada pelo sistema solar fotovoltaico	3996.05
Energia aproveitada do sistema solar	1247.94
Energia consumida da rede	2532.61
Energia injectada na rede	2748.11

Segundo este estudo serão injectados na rede 2748.11kWh, 68.77% da energia gerada pelo sistema solar, porém existem várias formas para se aproveitar mais energia, tais como, os utilizadores após a instalação do sistema solar tenham o seu período de geração em mente e alterem os seus hábitos, por exemplo a utilização das máquinas de lavar roupa e louça apenas em períodos do dia em que o sistema solar se encontra a produzir. Outra solução para o aproveitamento desta energia que acaba por ser oferecida à rede é a instalação de um sistema inteligente para o aquecimento das águas quentes sanitárias e/ou para o aquecimento de certos espaços da moradia, que maximize a utilização da energia gerada pelo sistema solar.

## Capítulo 5

# Recomendações de Projecto

De seguida, e com base no estudo e análises realizadas, apresentam-se algumas recomendações de projecto adequadas ao território algarvio:

- Quanto à localização, a forma e a orientação solar, quando possível, deve-se garantir a exposição solar nos meses mais frios. Também se deverá ter em conta o regime de ventos para impedir o sobrearrefecimento no inverno. Uma forma alongada ao longo do eixo este-oeste com os vãos orientados a sul é a solução mais recomendada para o clima do Algarve. Algumas variações da forma podem ser previstas para proteção dos ventos predominantes. Elementos como a vegetação também podem ser utilizados para o sombreamento nas alturas mais quentes do ano.
- A utilização de materiais de elevada massa térmica, como é o caso da taipa ou da pedra, associados a estratégias de ventilação natural, é uma solução muito eficaz no arrefecimento passivo dos diferentes espaços. Por outro lado, a mesma massa térmica associada aos ganhos solares directos também é eficaz na redução das amplitudes térmicas no inverno.
- Os vãos orientados a sul, devem ter sistemas de sombreamento otimizados para permitirem o aquecimento passivo no inverno e limitar os ganhos quando estes não são necessários. Deve-se ainda reduzir ao máximo, o número de vãos nas fachadas este e especialmente oeste, prevendo sempre sistemas de sombreamento adequados quando estes existam.
- As Estratégias de ventilação natural, são muito eficazes no arrefecimento passivo das construções no Algarve, logo recomenda-se que sejam previstas desde a fase de projecto.
- A substituição das janelas de vidro simples e em mau estado de conservação, por outras mais recentes, com vidro duplo e com níveis de estanquidade superiores, em conjunto com o isolamento térmico da envolvente opaca, realizada pelo exterior, revela-se bastante eficaz no aquecimento passivo da moradia, porém, para se prevenir o sobreaquecimento em alturas mais quentes recomenda-se a incorporação de sistemas de ventilação natural. Esta solução quando associada à ventilação natural, também permite um melhor comportamento térmico no arrefecimento da habitação.

- A utilização de um sistema solar fotovoltaico é uma medida bastante eficaz na redução do consumo eléctrico da rede.
- Recomenda-se a utilização de softwares de simulação como o *LadyBug Tools* e o *EnergyPlus*, quer na fase de projecto ou mesmo em reabilitações, para se analisar as soluções mais eficazes em cada caso em particular.
- Em suma, recomenda-se vivamente a prática de arquitectura bioclimática no Algarve.

## Conclusão

Um olhar para o passado, anterior à revolução industrial e ao impacte causado pelo turismo de massas, fez-nos entender a qualidade bioclimática da arquitectura vernacular praticada no Algarve. Antes da disseminação da electricidade para usos residenciais, do aparecimento do cimento e outras tecnologias construtivas que conquistaram o mundo e também do aumento da facilidade de transporte de mercadorias, o ser humano apenas podia recorrer aos materiais que existiam próximos de si. Desta forma, e através do conhecimento adquirido por experimentação e observação ao longo de várias gerações, aprendeu a tirar o maior proveito possível desses materiais que tinha à disposição em conjugação com o clima do local onde vivia. Em suma, com este estudo, conclui-se que a arquitectura vernacular era bioclimática.

Tendo em conta a influência das estratégias de projecto bioclimático no conforto térmico e na eficiência energética, realizaram-se diversas simulações para uma moradia existente em Portimão. Através da análise bioclimática e das simulações energéticas realizadas, confirmou-se: o contributo fundamental do sol no aquecimento passivo dos espaços; o sucesso da ventilação natural no arrefecimento passivo; o contributo da melhoria da envolvente no aproveitamento da energia cedida pelas diversas estratégias bioclimáticas presentes.

Assim, confirmou-se que as práticas de projecto bioclimático têm um papel importante no conforto térmico no interior dos edifícios, bem como, têm igualmente importância na eficiência energética, na medida que reduzem as necessidades de aquecimento e arrefecimento. Percebeu-se ainda, que estas estratégias, não devem ser previstas individualmente, mas sim, trabalhando em sintonia umas com as outras, criando um verdadeiro sistema bioclimático ou, como afirma Le Corbusier, uma "máquina de viver".

## Trabalho Futuro

Tendo em conta o estudo realizado e a informação obtida com esta dissertação deixa-se algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Aproveitar o modelo energético já criado para aprofundar o conhecimento acerca do comportamento térmico da moradia, através do estudo:
  - Comparar os resultados obtidos com o modelo de conforto adaptativo, otimizado para Portugal, proposto por Guedes et al. (2022);
  - De outras estratégias bioclimáticas enumeradas nesta dissertação, incluindo soluções que envolvam a alteração da forma arquitectónica da moradia estudada, como por exemplo, a demolição de parte do telheiro da sala de estar para otimizar os ganhos solares directos no inverno não comprometendo o verão;



- Da influência das diferentes soluções de implantação patentes na moradia (laje com acabamento com massa térmica, laje com acabamento em grés, laje com acabamento em madeira "parquet" e soalho suspenso com ripado de madeira) no comportamento térmico de cada espaço e do edifício em geral;
  - Das diferentes estratégias de ventilação natural possíveis na moradia, recorrendo a outros softwares que permitam o estudo dos fluxos de ar, para se entender melhor e mais precisamente a movimentação do ar no seu interior.
- 
- Aprofundar a questão da sustentabilidade nas habitações algarvias, explorando questões como o "stress hídrico", cada vez mais significativo no Algarve, através de soluções para uma eficiência hídrica (captação, economia, reutilização e tratamento da água) e a gestão de resíduos, por exemplo, através de sistemas produtores de energia (biogás).
  - O desenvolvimento de um guia, similar ao "Arquitectura Sustentável em Moçambique - Manual de Boas Práticas", coordenado pelo Professor Doutor Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes, adaptado ao caso do Algarve.

# Bibliografia

- M. C. Guedes, L. Matias, and A. Santos. Thermal and visual adaptive comfort: field studies in portugal. *Springer*, 2022.
- L. F. Dias and F. D. Santos. Plano intermunicipal de adaptação às alterações climáticas do algarve. Technical report, CI-AMAL, Faro, Março 2019.
- J. M. Fernandes. *Arquitectura no Algarve - Dos primórdios à actualidade, uma leitura de síntese*. CCDR-Algarve, 2005. ISBN:972-643-138-7.
- A. P. Martins, C. de Castro, and F. Torres. *Arquitectura Popular em Portugal*, volume 3. Associação Arquitectos Portugueses, 3ª edition, 1988.
- M. D. Pinheiro. *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, first edition, 2006. ISBN:972-8577-32-X.
- N. L. Miller, K. Hayhoe, J. Jin, and M. Auffhammer. Climate, extreme heat and electricity demand in california. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(6):1834–1844, June 2008. DOI: 10.1175/2007JAMC1480.1.
- P. Sullivan, J. Colman, and E. Kalendra. Predicting the response of electricity load to climate change. 2015. URL <https://www.osti.gov/biblio/1215283>.
- M. C. Guedes, M. Pinheiro, and L. M. Alves. Sustainable architecture and urban design in portugal: An overview. *Renewable Energy*, 34(9):1999–2006, 2009. ISSN 0960-1481. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.014>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109000603>. Special Issue: Building and Urban Sustainability.
- G. H. Brundtland. Our common future. United Nations Commission on Environment and Development, 1987.
- J. Mourão. Sustentabilidade ambiental da habitação. Technical Report 0806/11/17779, LNEC, Lisboa, Julho 2010.
- V. Brophy and J. O. Lewis. *A GREEN VITRUVIUS: Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*. Earthscan, second edition, 2011. ISBN:978-1-8497-192-3 paperback.

- R. Colombo, A. Landabaso, and A. Sevilla. *PASSIVE SOLAR ARCHITECTURE FOR MEDITERRANEAN AREA*. 1994.
- V. Olgyay. *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism - new and expanded edition*. Princeton University Press, 2015. ISBN:978-0-691-16973-6.
- P. Quitério. *Arquitecturas ou vivências de un espaço (algarve-portugal)*. 2007. ISBN: 978-84-690-9639-0.
- S. B. Palma. *Território e turismo no Algarve*. Edições Colibri / Centro Internacional de Investigação em Território e Turismo da Universidade do Algarve, Lisboa, Março 2009. ISBN 978-972-772-871-8.
- O. Ribeiro. *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*. Livraria Sá da Costa Editora, 4<sup>a</sup> edition, 1986.
- M. C. Guedes. *Arquitetura Sustentável em Moçambique: Manual de Boas Práticas*. CPLP, 1 edition, 2011. ISBN:978-989-97178-1-7.
- F. de Llera, A. Guerra, and M. Tavares. *Artes da cal - uso e tradição. Pedra e Cal: revista de conservação do património arquitectónico e da reabilitação do edificado*, 61, Dezembro 2016.
- F. Galhano and E. V. de Oliveira. *Arquitetura Tradicional Portuguesa*. Etnográfica Press, 1992.
- A. Cravinho. *Arquitetura vernacular no algarve: diferentes sub-regiões, diferentes tipos de edificados. Pedra e Cal: revista de conservação do património arquitectónico e da reabilitação do edificado*, 25, Março 2005.
- S. Romba. *Evolução Urbana de Olhão*. Editora Sul Sol Sal, Lda, Olhão, 2015.
- J. L. de Vasconcellos. *Etnografia Portuguesa*, volume 3. Imprensa Nacional - Casa de Moeda, Lisboa, 1975.
- J. M. Fernandes and A. Janeiro. *A casa popular de Algarve - Espaço rural e urbano, evolução e actualidade*. CCDR-Algarve, 2008. ISBN: 978-972-360-980-6.
- J. G. de Freitas and J. Dias. *Praia da rocha (algarve, portugal): um paradigma da antropização do litoral. Revista da Gestão Costeira Integrada*, 2012.
- C. L. Hor, S. Watson, and S. Majithia. *Analyzing the impact of weather variables on monthly electricity demand. IEEE Trans. Power Syst.* 20, pages 2078–2085, 2005. <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2005.857397>.
- F. Moita. *Energia Solar Passiva 1*. Imprensa Nacional - Casa da Moeda, first edition, 1987. Depósito Legal nº17945/87.
- D. Watson. *Energy Conservation Through Building Design*. Mc. Graw Hill Book, 1979.
- N. Baker and K. Steemers. *Energy and environment in architecture: a technical design guide*. EFN Spon, London, 2000. ISBN:875-710-341-0.

- R. Serra. *arquitectura y climas*. Editorial Gustavo Gili, SA, fourth edition, 2004. ISBN:84-252-1767-9.
- J. Sasaki and A. G. Wilson. *Air Leakage Values for Residential Windows*. Division of Building Research, National Research Council, 1965.
- P. Mendonça. *Habitar sob uma segunda pele : estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*. PhD thesis, Universidade do Minho, Guimarães, 2005.
- H. Gonçalves and J. M. Graça. *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE/IP-3E, first edition, 2004. ISBN:972-8268-34-3.
- Projeteee. Ministério de minas e energias - governo do brasil. <https://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/> consultado a 17 de Maio de 2022.
- H. Gonçalves and T. P. de Leão. *Fórum Energias Renováveis em Portugal 2020*. LNEG, Lisboa, Julho 2020. ISBN 978-989-675-077-0.
- P. Antunes. Estudo sobre sector eléctrico e ambiente. Technical report, ERSE, Lisboa, 2000.
- Ansi/ashrae (2017) standard 55: 2017, thermal environmental conditions for human occupancy. [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).
- F. H. Rohles, R. B. Hayter, and G. Milliken. Effective temperature (et) as a predictor of thermal comfort. volume 81 of 2, Boston, MA, 1975.
- B. Levitt, S. Ubbelohde, G. Loisos, and N. C. Brown. Thermal autonomy as metric and design process. 2013.
- P. O. Fanger. *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Danish Technical Press, 1970. ISBN:875-710-341-0.
- J. Nicol and M. Humphreys. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6):563–572, 2002. ISSN 0378-7788. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000063>. Special Issue on Thermal Comfort Standards.
- R. de Dear, G. Brager, and C. D. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference - final report on rp-884. *ASHRAE Transactions*, 104, 01 1997.
- J. J. Aguilera, D.-I. Bogatu, O. B. Kazanci, C. Angelopoulos, D. Coakley, and B. W. Olesen. Comfort-based control for mixed-mode buildings. *Energy and Buildings*, 252:111465, 2021. ISSN 0378-7788. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111465>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821007490>.
- L. Matias. *Desenvolvimento de um modelo para definição das condições de conforto térmico em Portugal*. PhD thesis, IST, Lisboa: LNEG, 2010.

## Apêndice A

### Anexos

#### A.1 Exemplos de arquitectura que não se rege pelos princípios da arquitectura bioclimática.



Figura A.1: Torres do empreendimento da Torralta em Alvor (Anos 60). Fachadas noroeste e sudoeste (à esquerda) e fachadas nordeste e sudeste (à direita).



Figura A.2: Hotel Pestana Delfim em Alvor (Anos 80).

## A.2 Moradia

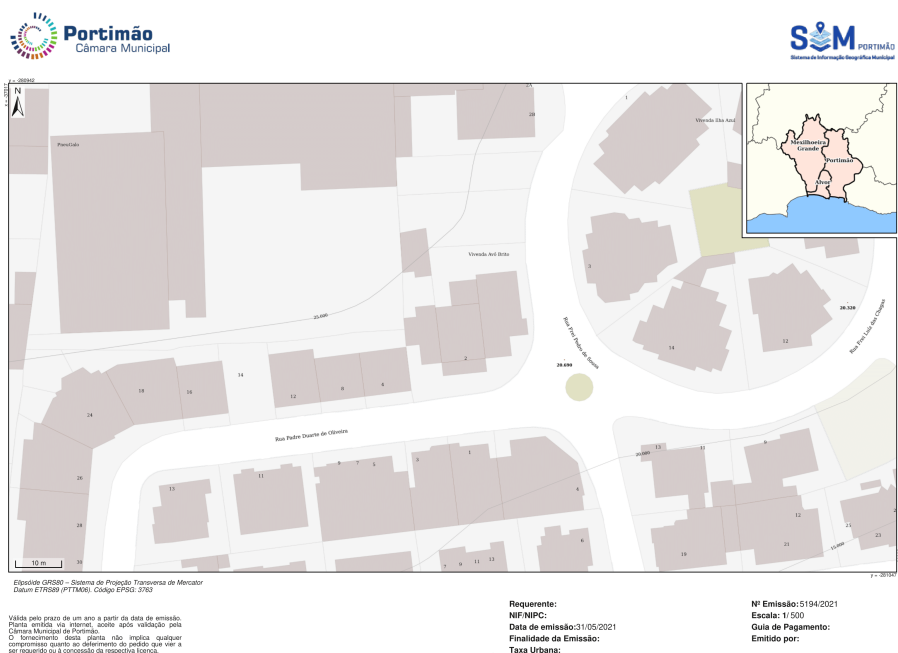


Figura A.3: Planta de Localização de moradia em estudo. Fonte: Câmara Municipal de Portimão



Figura A.4: Sala de estar (à direita) e sala de Jantar (à esquerda) da moradia em estudo.



Figura A.5: Suite (à direita) e quarto de vestir (à esquerda) da moradia em estudo.



Figura A.6: Hall de entrada (à direita) e quarto no primeiro andar (à esquerda) da moradia em estudo.





Figura A.7: Instalação sanitário no rés-do-chão (à direita) e no primeiro andar (à esquerda), da moradia em estudo.



Figura A.8: Cozinha da moradia em estudo.

### A.3 Comparação de Climas

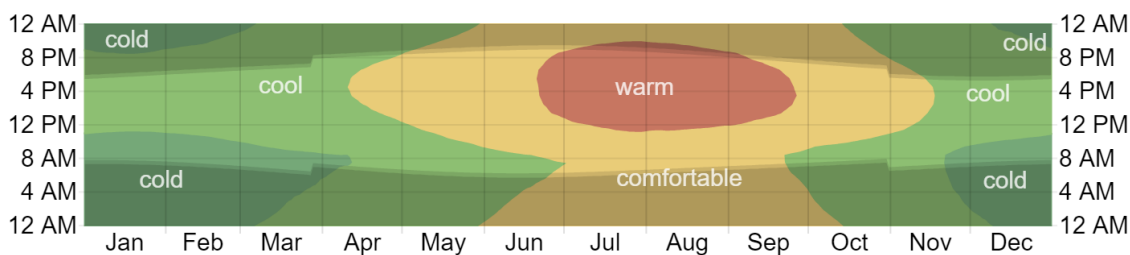


Figura A.9: Condições de conforto anuais em Portimão. Fonte: Weather Spark

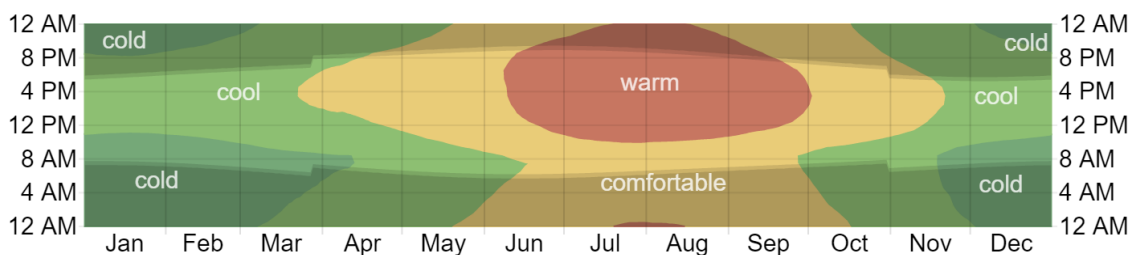


Figura A.10: Condições de conforto anuais em Faro. Fonte: Weather Spark

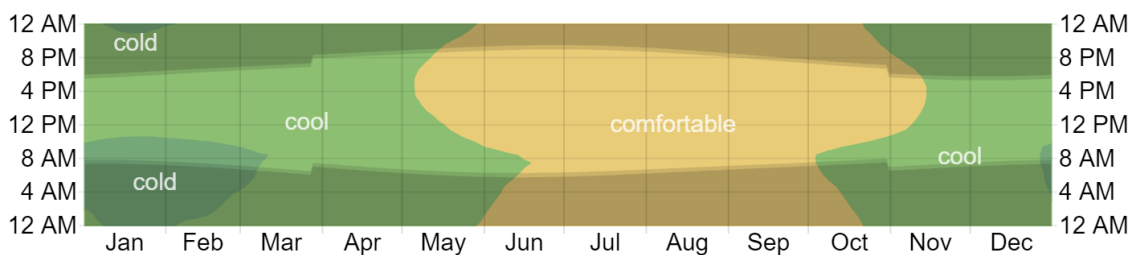


Figura A.11: Condições de conforto anuais em Sagres. Fonte: Weather Spark

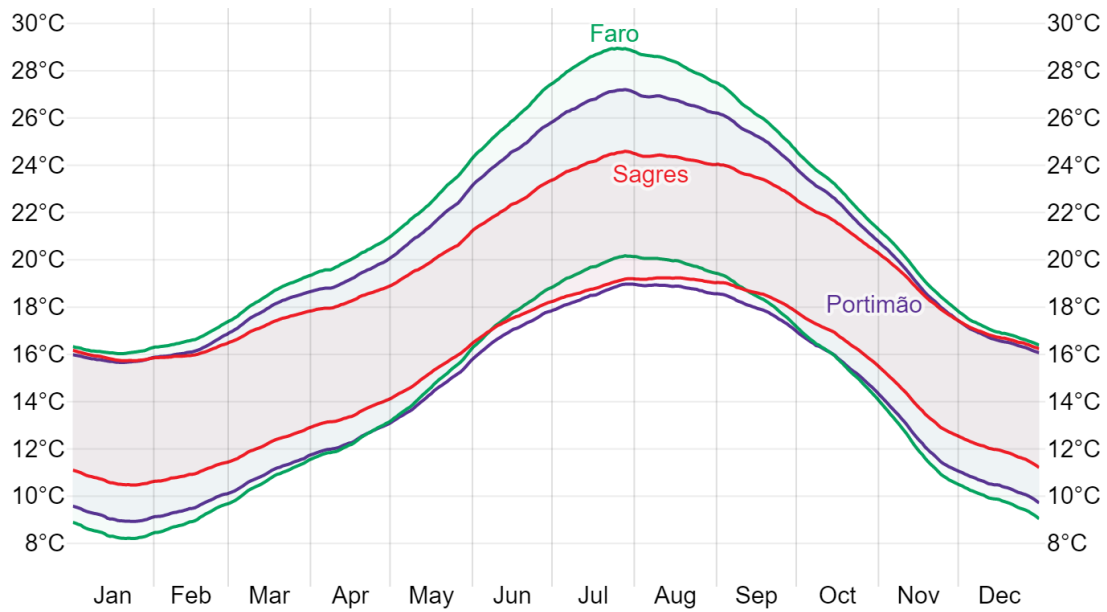


Figura A.12: Comparação entre temperaturas máximas e mínimas (médias) entre Portimão, Faro e Sagres. Fonte: Weather Spark

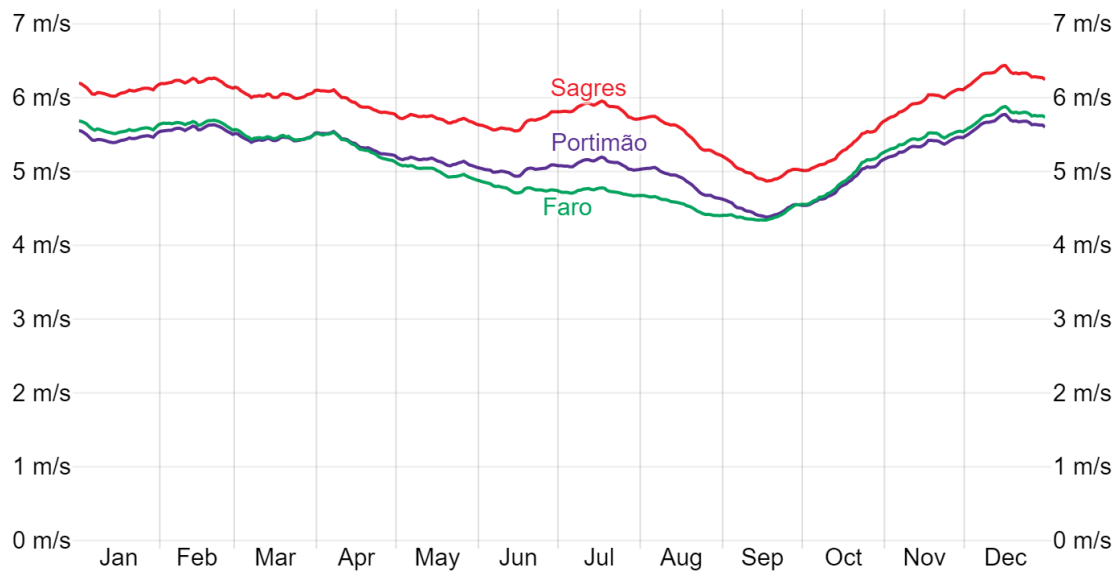


Figura A.13: Comparação da velocidade média do vento entre Portimão, Faro e Sagres. Fonte: Weather Spark

## A.4 Gráficos de Conforto adaptativo

(a) Modelo de Referência, (b) Modelo Alternativo (Ventilação Natural), (c) Modelo Alternativo (Isolamento e Estanquidade), (d) Modelo Alternativo (Solução Conjunta)

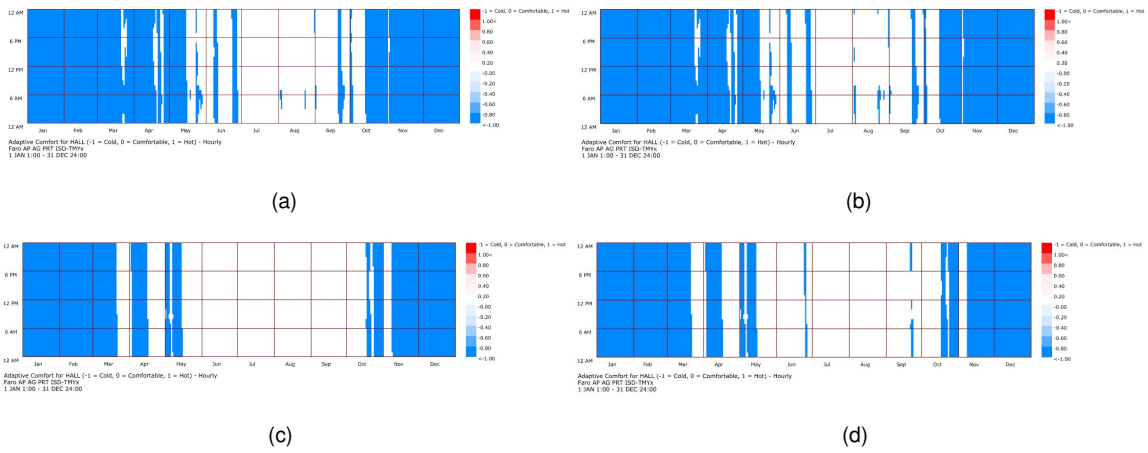


Figura A.14: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Hall e na Mezzanine

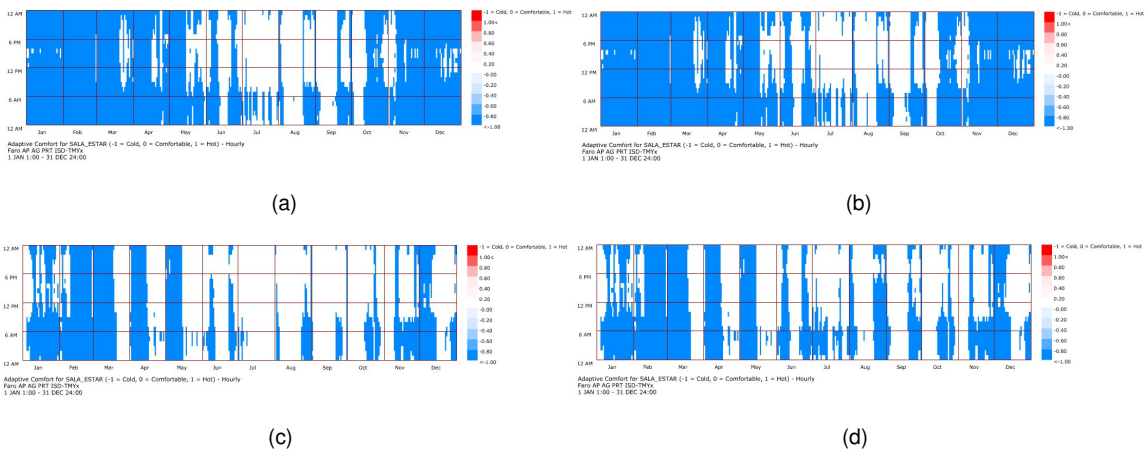


Figura A.15: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Sala de Estar.

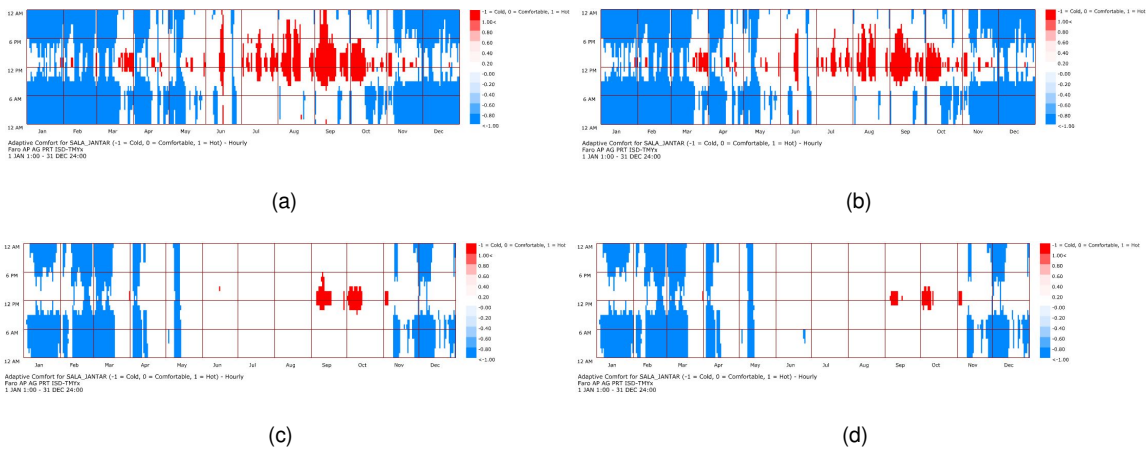


Figura A.16: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Sala de Jantar.

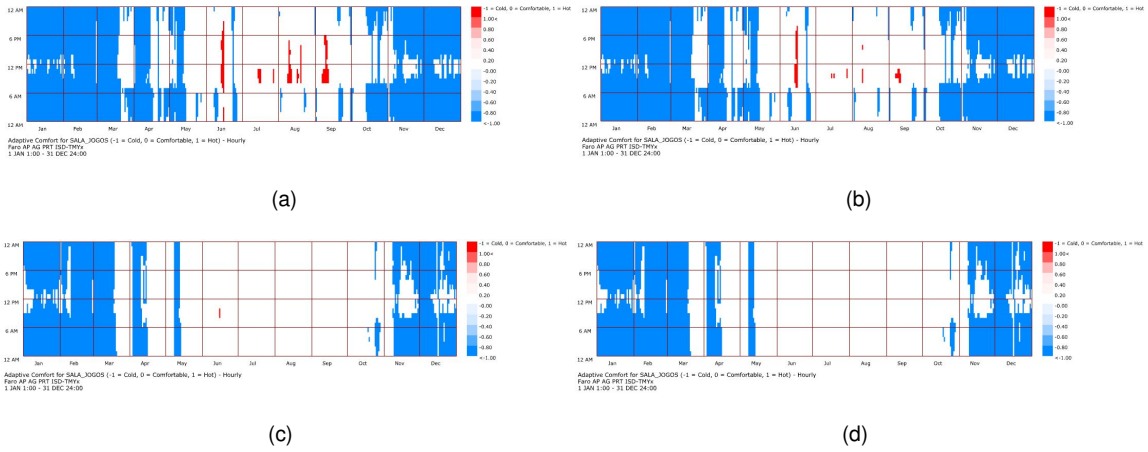


Figura A.17: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Sala de Jogos.

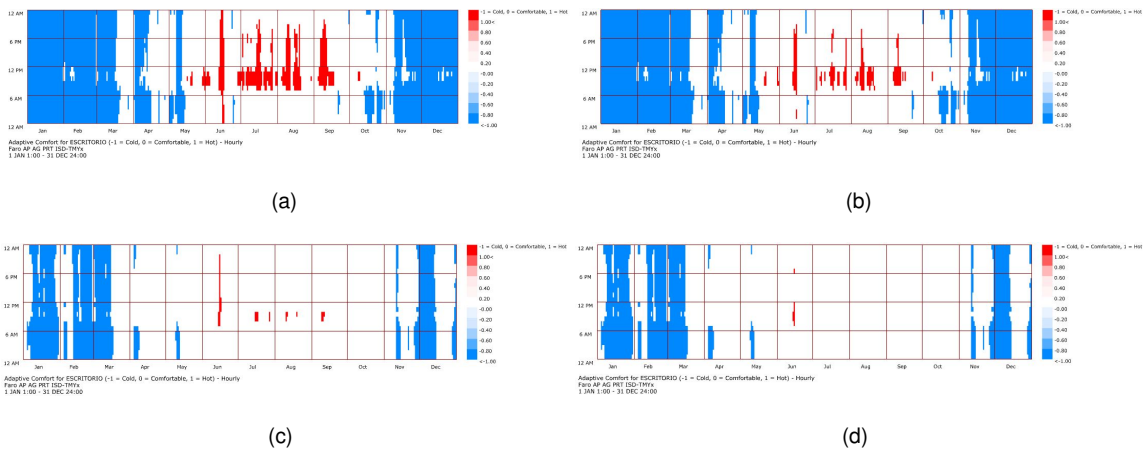


Figura A.18: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Escritório.

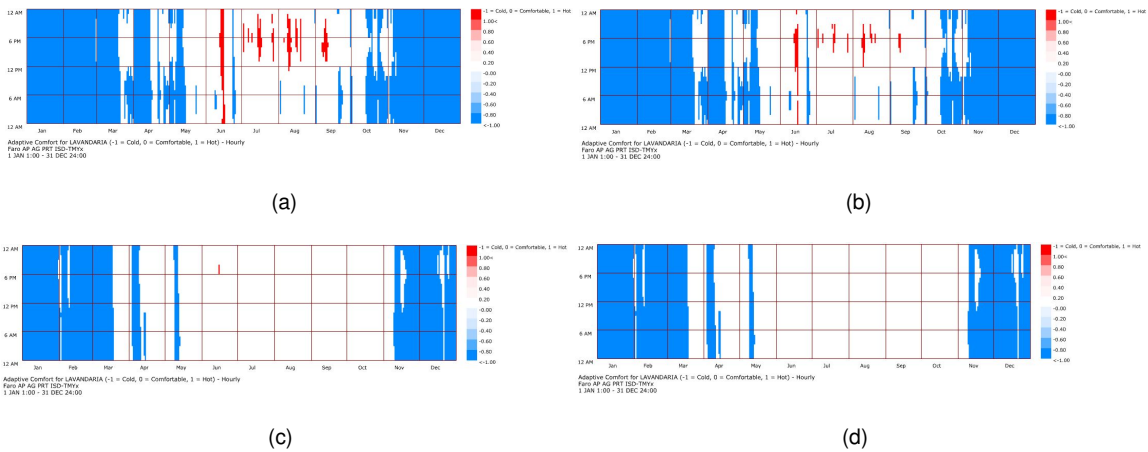


Figura A.19: Conforto Térmico Adaptativo Anual na Lavandaria.

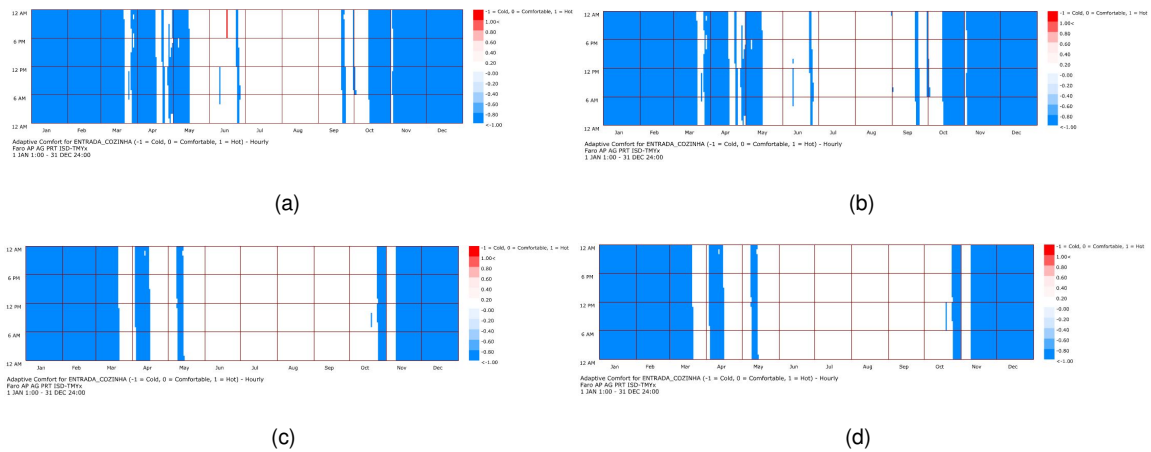


Figura A.20: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Corredor Cozinha.

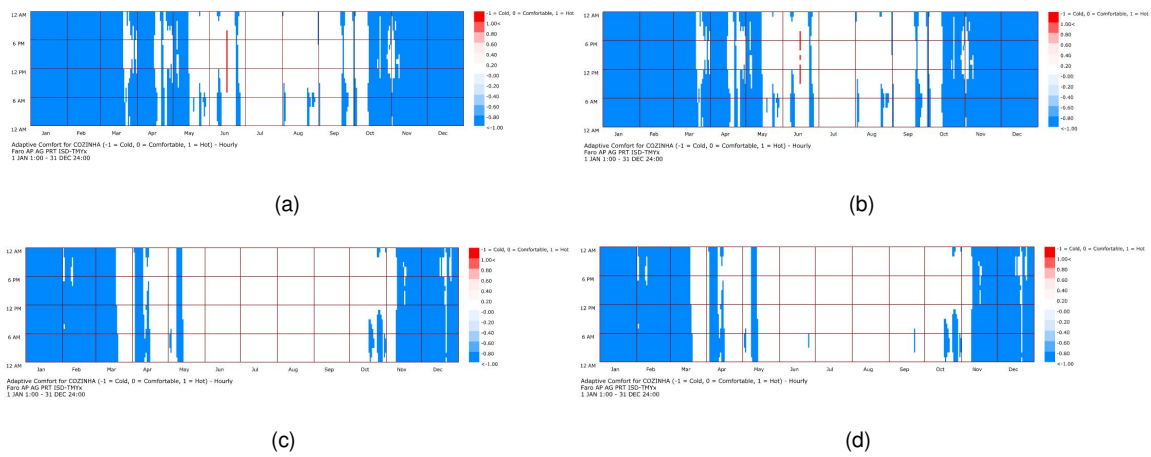


Figura A.21: Conforto Térmico Adaptativo Anual na Cozinha.

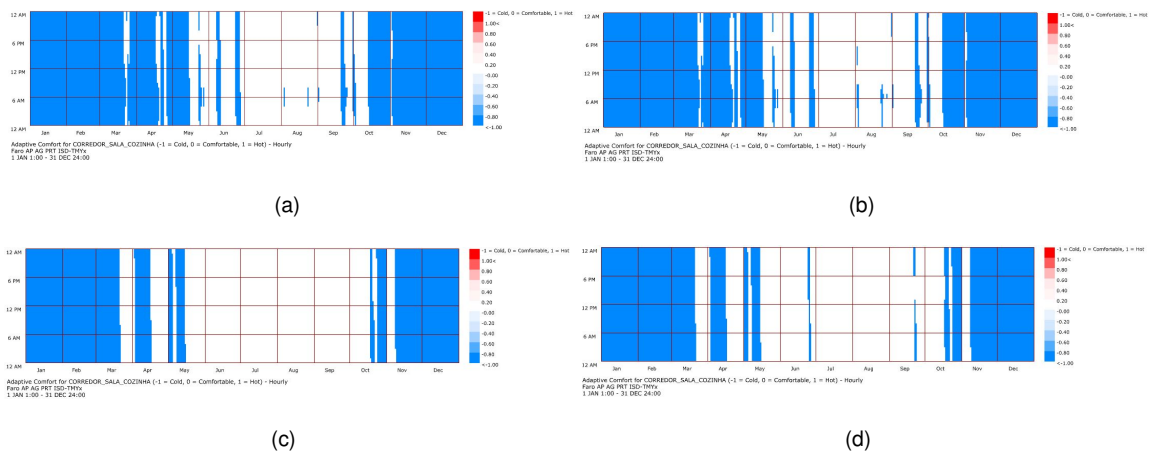


Figura A.22: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Corredor Sala Cozinha

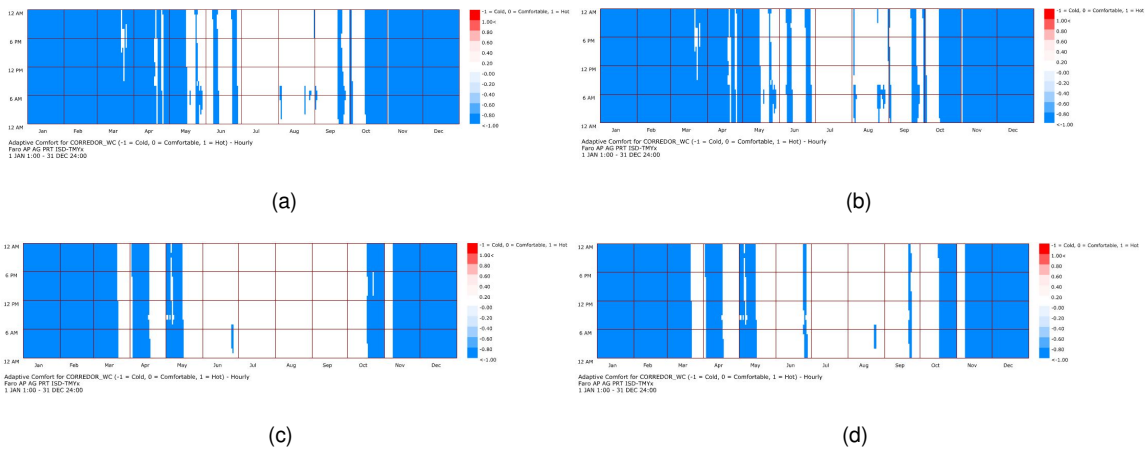


Figura A.23: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Corredor da I.S. Social.

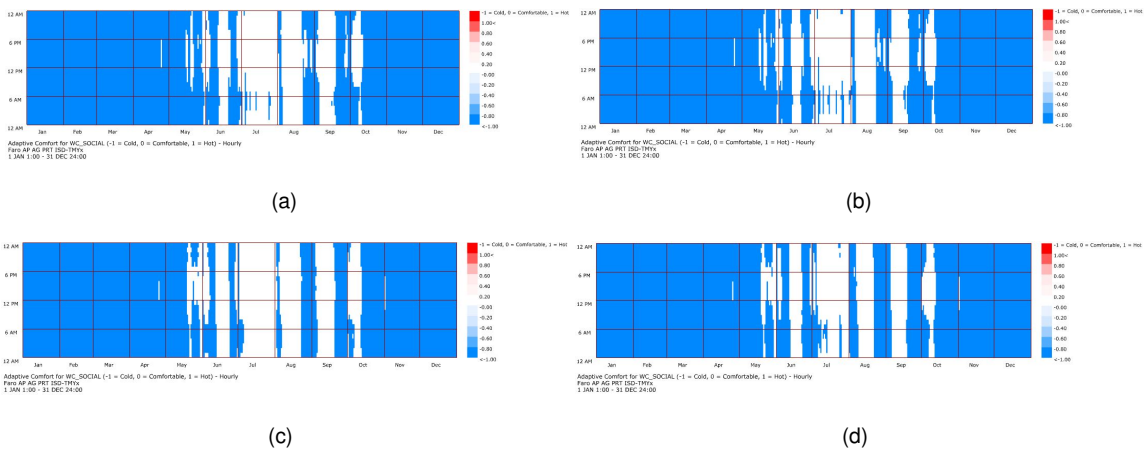


Figura A.24: Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Social.

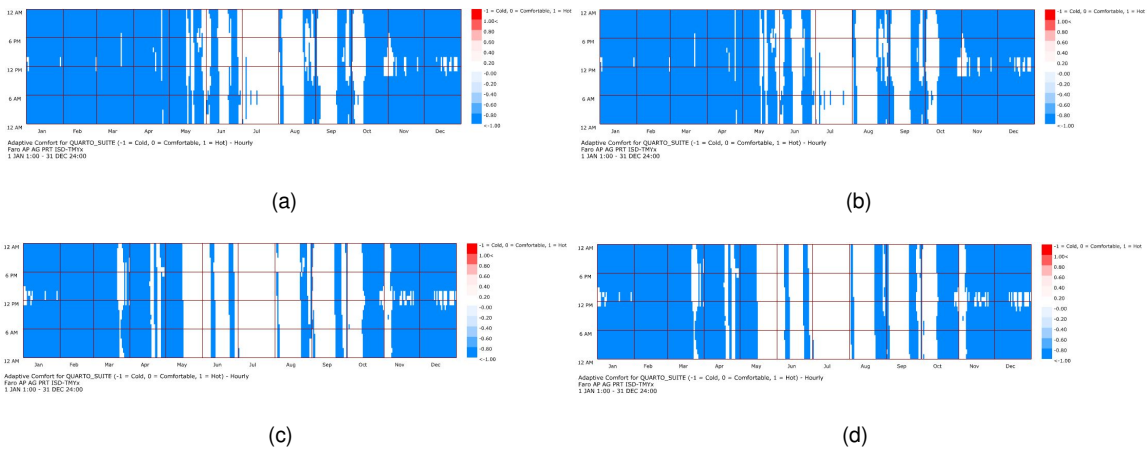


Figura A.25: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto Suite.

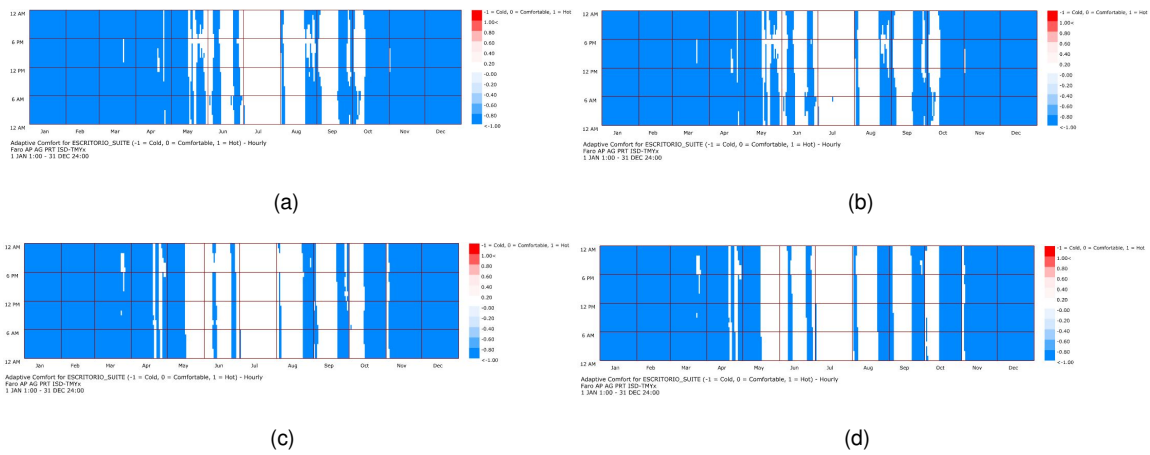


Figura A.26: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto de Vestir Suite.

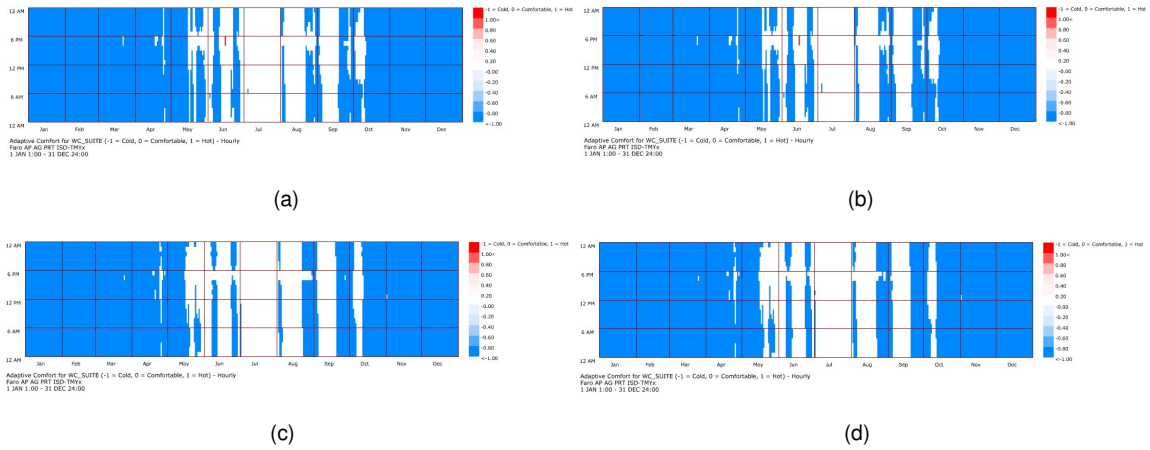


Figura A.27: Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Suite.

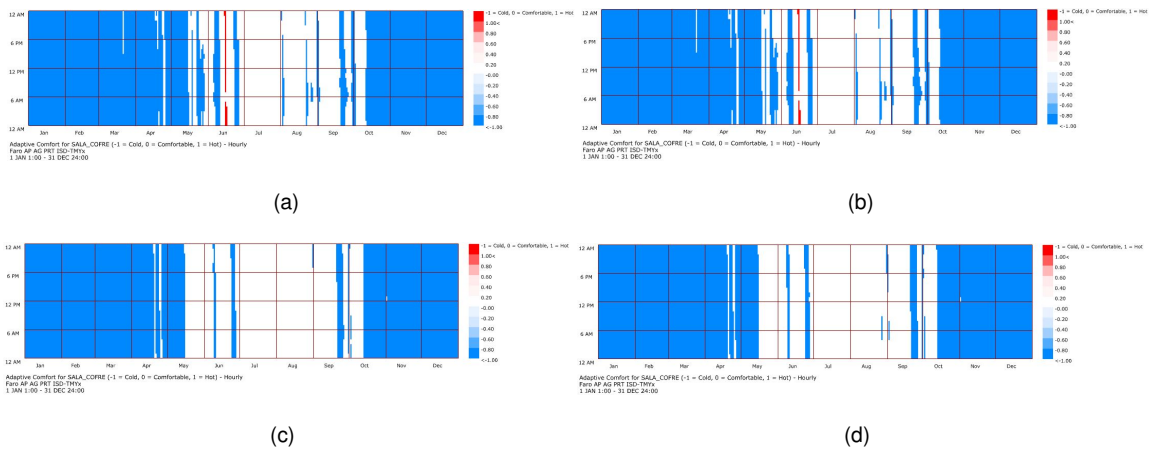


Figura A.28: Conforto Térmico Adaptativo Anual na Sala do Cofre.



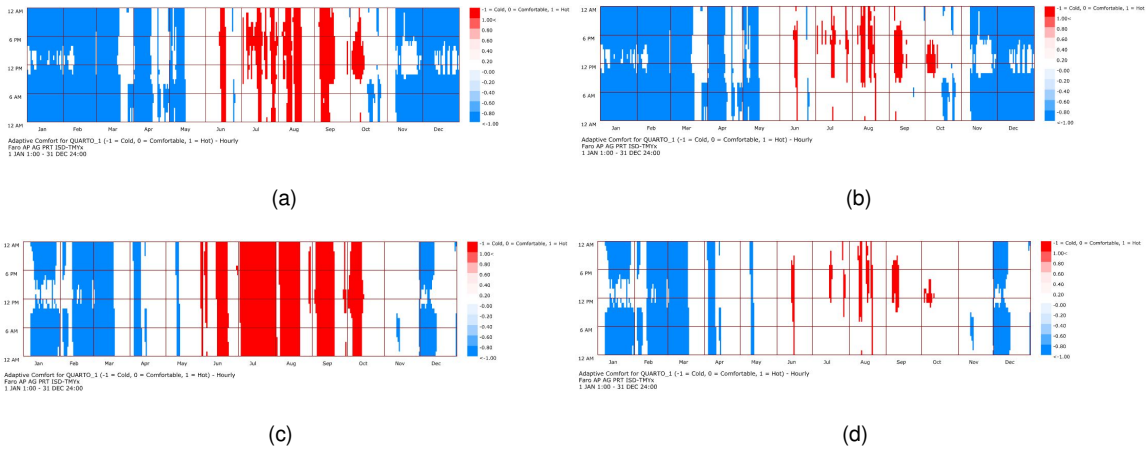


Figura A.29: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto 1.

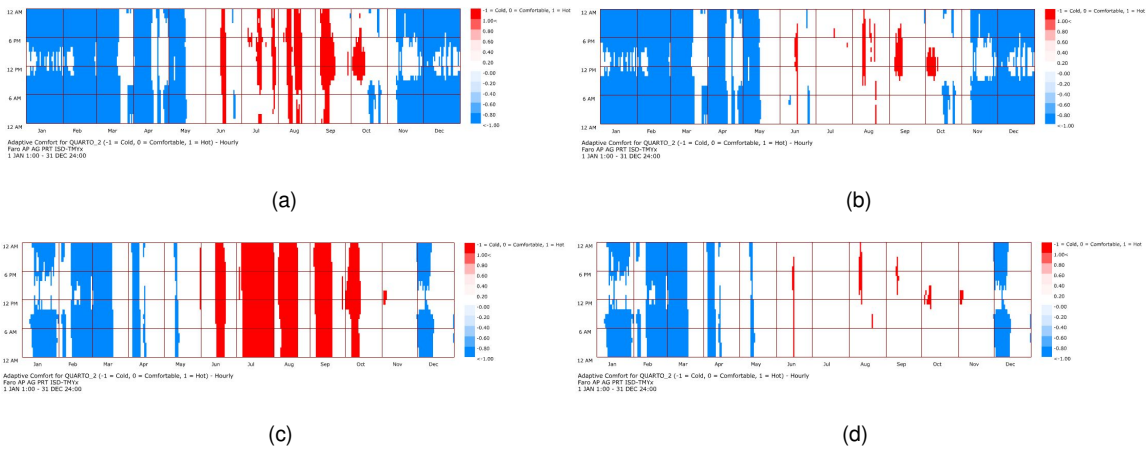


Figura A.30: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto 2.

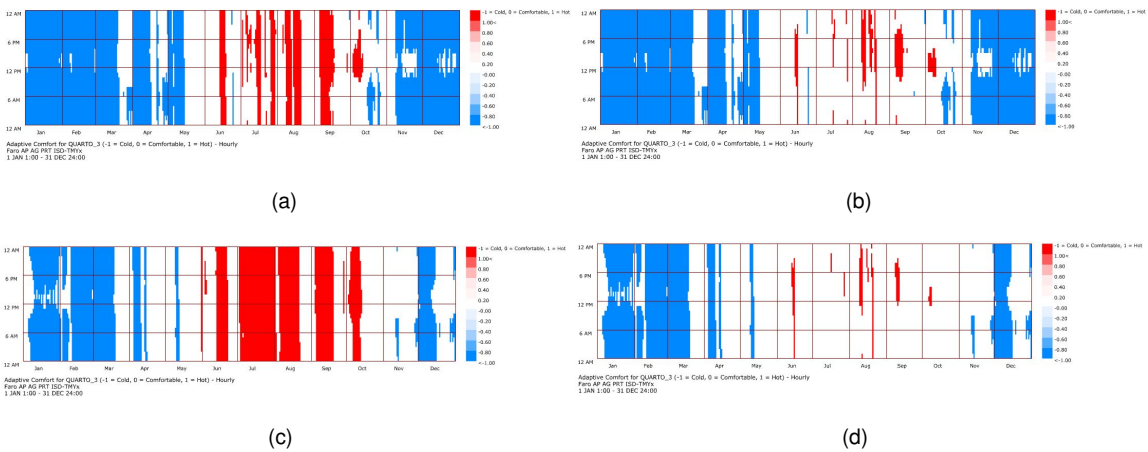


Figura A.31: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto 3.

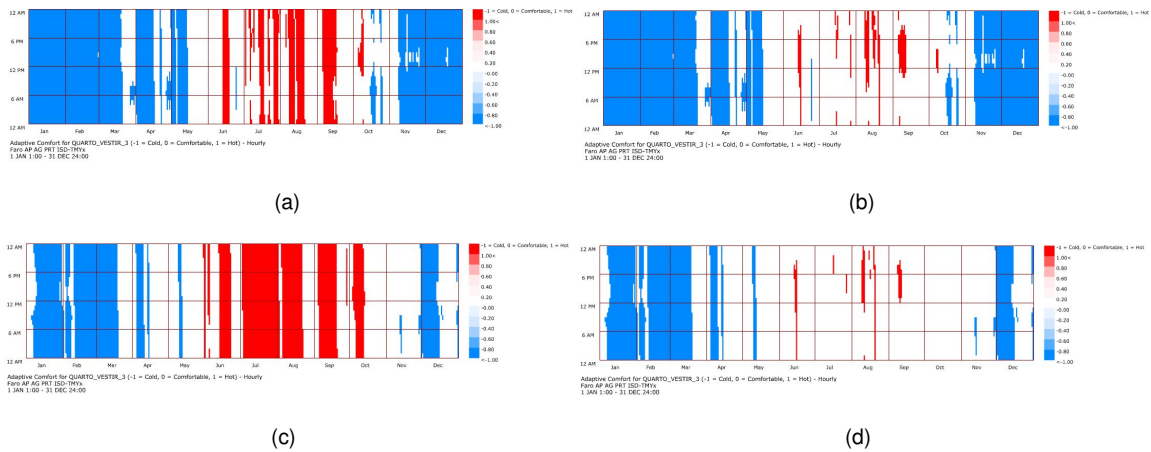


Figura A.32: Conforto Térmico Adaptativo Anual no Quarto de Vestir.

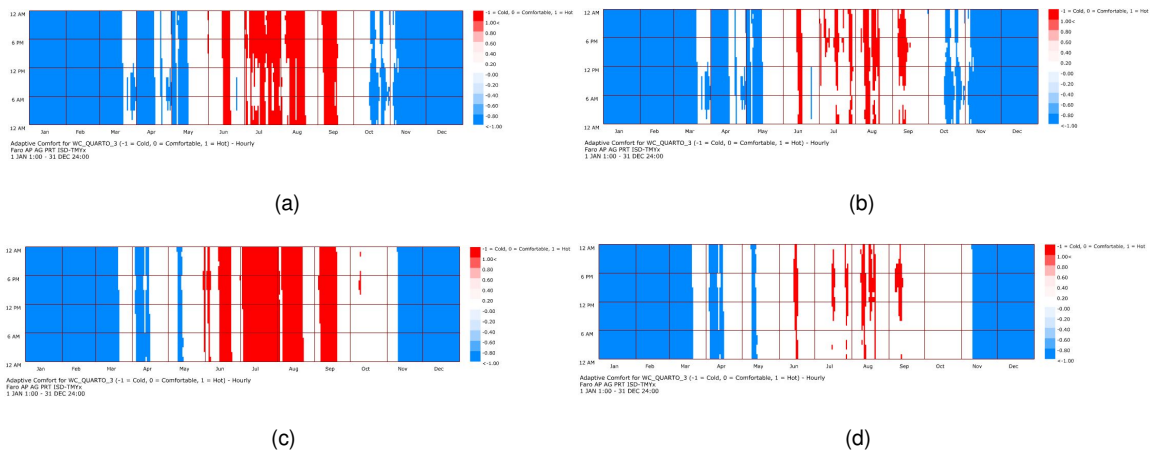


Figura A.33: Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Quarto 3.

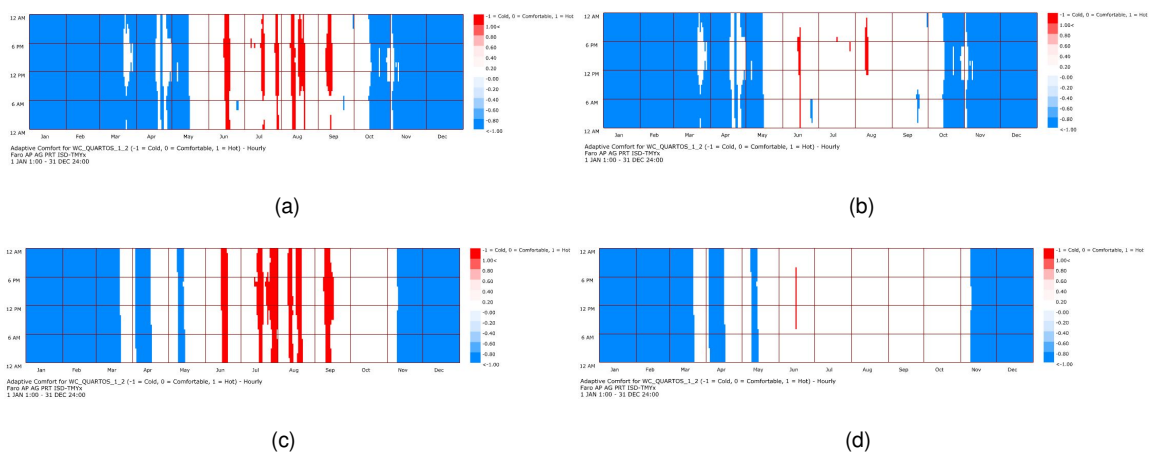


Figura A.34: Conforto Térmico Adaptativo Anual na I.S. Quartos 1 e 2.

## **Apêndice B**

# **Fichas Técnicas**

### **B.1 Ficha Técnica - Aglomerado de cortiça expandida - Amorim Cork Insulation**

# Aglomerado de cortiça expandida

## Materiais naturais para soluções técnicas

### Descrição

O AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA é um material sustentável para a construção sustentável. Processo 100% natural no qual se utiliza apenas cortiça como matéria prima. Solução de elevada performance em isolamento térmico, acústico e anti-vibrático, especialmente adequado para isolamento de paredes exteriores e interiores, lajes e pisos, coberturas e tetos.

### Vantagens

- 100% natural e reciclável
- Baixa Energia incorporada
- Sumidouro de CO<sub>2</sub> (carbono negativo)
- Excelente isolamento térmico, acústico e anti-vibrático
- Estabilidade mecânica
- Durabilidade praticamente ilimitada, mantendo as características técnicas
- Promove o atraso térmico
- Qualidade do ar interior A +
- Permeabilidade ao vapor de água

### Linhas de produto

- Dimensão de placa: 1000 x 500 (mm)
- Espessura até 300 (mm)
- Opção: Sistema meia-madeira

### Especificações do produto

- Densidade: +/- 110 Kg/m<sup>3</sup>
- Condutividade térmica: 0,039 W/m.K (declarada 0,040 W/m.K para certificação ACERMI)



# Principais sistemas de aplicação

## Coberturas



## Pisos

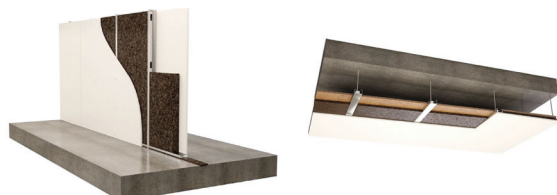


## Paredes exteriores



## Divisórias interiores

## Tetos



## CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA

Performance declarada: ICB - EN 13170 - L2 - W2 - T2 - CS(10)100 - TR50 - WS - MU20 - CC(0,8/0,4/10)5 - AFR35

### Características essenciais

### Performance Especificação técnica harmonizada EN 13170: 2012

Reação ao fogo, Euroclasse	Reação do fogo	Euroclasse E
Resistência térmica	Resistência térmica	ver Tabela A
	Condutividade térmica	0,039 W/m.K
	Espessura, d <sub>L</sub>	T1 - T2 (d > 50mm)
Permeabilidade à água	Absorção de água	WS
Vapor de água	Transmissão do vapor de água	MU20
Resistência à compressão	Resistência à compressão a 10% deformação	CS (10) 100
Durabilidade da reação ao fogo com o calor, agentes atmosféricos, envelhecimento/degradação	Características de durabilidade	Satisfaz
Durabilidade da resistência térmica com o calor, agentes atmosféricos, envelhecimento/degradação	Resistência térmica e condutividade térmica	Satisfaz
	Características de durabilidade	Satisfaz
Resistência à tração / flexão	Resistência à tração perpendicular às faces	TR50
Durabilidade da resistência à compressão com o envelhecimento/degradação	Deformação compressiva	CC (0,8/0,4/10)5

## Tabela A

Resistência térmica (R) Segundo a Norma EN 13170: 2012+A1: 2015

Espessura, d <sub>L</sub> [mm]	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Resistência térmica [m <sup>2</sup> . K/W]	0,50	0,60	0,75	0,85	1,00	1,10	1,25	1,35	1,50	1,60	1,75	1,85	2,00	2,10	2,25	2,35
Espessura, d <sub>L</sub> [mm]	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
Resistência térmica [m <sup>2</sup> . K/W]	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25

## Amorim Cork Insulation

Rua Comendador Américo Amorim, 105 — 4535-186 Mozelos, Portugal  
T. +351 227 419 100 E. info.aci@amorim.com

[www.amorimcorkinsulation.com](http://www.amorimcorkinsulation.com)

## **B.2 Ficha Técnica - Medidor de Consumo de Electricidade Inteligente - Efergy**

# Engage Home Online Energy Monitor

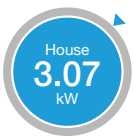


## DESCRIPTION

The **engage** displays your energy consumption in real-time. It provides a rich interface with analytics for you to understand your energy usage. It can be used to track individual appliances, circuits or an entire home or business premise.



## KEY FEATURES



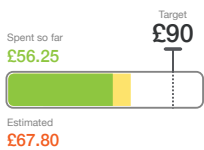
### Real-time usage

Access your energy data in real time, anytime, from anywhere.



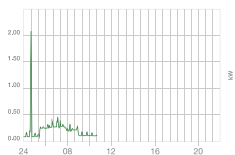
### Budget

Set your monthly budget and see how close you are to meeting it.



### Cost so far

View what you have spent so far today, this month and from a date of your choice.



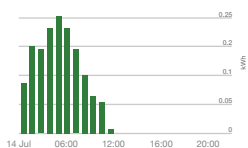
### Energy demand

See when and how you consumed electricity and exactly how much power it demanded from the grid.



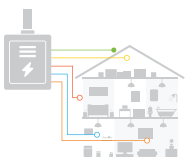
### Download report

Download your daily, weekly, and monthly energy data report onto your PC/Mac.



### Usage history

Check the amount of energy consumed per day, week, month or year.



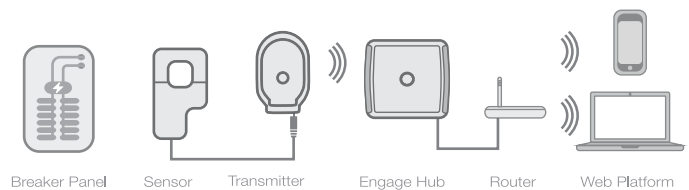
### Add-on options

Add more sensors to monitor individual circuits of the home or to monitor micro-generation.

## HOW IT WORKS

A sensor is clipped onto the live feed cable of your breaker panel. A lead from the sensor is connected to the efergy transmitter. This transmitter wirelessly sends real-time data to the hub. The engage hub is connected to your internet router via an ethernet cable.

The web platform or app will then show you how much energy you are using in the same units that are on your bill.



## TECHNICAL DETAILS

Model Name	engage hub
Model Number:	HH-2.0
Frequency:	433.5MHz
Dimensions	84x80x27mm
Certifications	CE Canada EMC RoHS FC RoHS Recycle

## AVAILABLE FOR



## IN THE BOX

- 1 x engage hub | 1 x Transmitter | 1 x Sensor | 1 x Ethernet Cable | 1 x AC/DC Adaptor | 1 x Manual