



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação – Estudo comparativo de diferentes soluções**

**ALINE BRUNA SILVA MACHADO DE ANDRADE**  
(Licenciada em Engenharia Civil)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na Área de  
Especialização em Edificações

Orientador:

Doutor Pedro Raposeiro da Silva

Júri:

Presidente:

Doutor Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques

Vogais:

Doutora Maria Dulce e Silva Franco Henriques

Doutor Pedro Raposeiro da Silva

Dezembro de 2022

## AGRADECIMENTOS

Durante a realização do presente trabalho, obtive apoio de diversas pessoas e me encontro extramente agradecida. Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Pedro Raposeiro da Silva e a docente da disciplina de Seminário ao TFM a Professora Doutora Maria da Graça Lopes, pelos ensinamentos e contributos passados para a realização deste trabalho.

Ao meu marido, por todo o apoio incondicional ao longo de todos estes anos de percurso académico e profissional continuo.

A todos os meus colegas e amigos, que contribuíram através do seu tempo, paciência e motivação nos momentos mais difíceis, até alcançar esta meta. Os meus mais sinceros agradecimentos.

# DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO – ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES SOLUÇÕES

## RESUMO

O Planeta Terra tem passado por diversas alterações, principalmente causado pelo seu crescimento demográfico. Aliado a esse fato encontra-se o aumento das exigências de conforto no interior das habitações e a exploração massiva dos recursos não renováveis, com uma elevada produção de gases de efeito estufa. Nesse sentido, torna-se essencial aumentar a eficiência energética dos edifícios, visto que esses contribuem significativamente com as emissões de CO<sub>2</sub> e no consumo de energia durante sua fase de utilização.

O presente Relatório de Estágio tem como objetivo a análise do comportamento térmico de um edifício habitacional, aplicado à diferentes soluções construtivas na sua parede exterior e diferentes sistemas técnicos adotados para a produção das águas quentes sanitárias. A maior parte dos materiais e equipamentos selecionados deverão ser de baixo impacto ambiental e uma elevada eficiência energética. Para o desenvolvimento do estudo, será utilizado como base a folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios (REH) elaborado pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (ITeCons) e com base no Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro.

Com a realização desse estudo, pretende-se informar quais as melhores soluções a adotar no âmbito atual dos requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético. Assim refletir sobre a importância de construções mais sustentáveis e como elas contribuem fortemente para a redução da necessidade de energia para seu aquecimento e arrefecimento desses espaços.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética, edifícios, energia.



# ENERGY PERFORMANCE OF HOUSING BUILDINGS - COMPARATIVE STUDY OF DIFFERENT SOLUTIONS

## ABSTRACT

Planet Earth has undergone several changes, mainly caused by its demographic growth. Allied to this fact is the increase in comfort requirements inside homes and the massive exploitation of non-renewable resources, with a high production of greenhouse gases. In this sense, it becomes essential to increase the energy efficiency of buildings, as they significantly contribute to CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption during their use phase.

The purpose of this Internship Report is to analyze the thermal behavior of a residential building, applied to different constructive solutions in its external surroundings and different technical systems adopted for the production of sanitary hot water. Most of the materials and equipment selected should be of low environmental impact and high energy efficiency. For the development of the study, it will be used as a basis the worksheet to evaluate the thermal behavior and energy performance of buildings (REH) prepared by the Institute for Research and Technological Development for Construction, Energy, Environment and Sustainability (ITeCons) and with based on Decree-Law No. 101-D/2020 of December 7th.

With this study, it is intended to inform the best solutions to adopt in the current scope of requirements applicable to buildings to improve their energy performance. Thus, reflect on the importance of more sustainable buildings and how they strongly contribute to reducing the need for energy for heating and cooling these spaces.

KEYWORDS: Energy efficiency, buildings, energy.



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	ENQUADRAMENTO .....	1
1.2	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	2
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	3
1.5	METODOLOGIA .....	3
1.6	APRESENTAÇÃO DA ENTIDADE EMPREGADORA.....	4
1.7	RESUMO DAS ATIVIDADES REALIZADAS NA ENTIDADE EMPREGADORA .....	5
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
2.1	ENERGIAS .....	7
2.1.1	<i>Fontes de energia renováveis .....</i>	<i>8</i>
2.1.2	<i>Fontes de energia não renováveis .....</i>	<i>13</i>
2.2	CONSUMO ENERGÉTICO NOS EDIFÍCIOS.....	14
2.3	PARQUE EDIFICADO NACIONAL.....	15
2.4	LEGISLAÇÃO.....	20
2.4.1	<i>Legislação comunitária .....</i>	<i>20</i>
2.4.2	<i>Legislação nacional .....</i>	<i>25</i>
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ANÁLISE ENERGÉTICA .....</b>	<b>29</b>
3.1	REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) .....	29
3.1.1	<i>Levantamento dimensional .....</i>	<i>30</i>
3.1.2	<i>Identificação geográfica .....</i>	<i>32</i>
3.1.3	<i>Envolvente opaca .....</i>	<i>34</i>
3.1.4	<i>Envolvente envidraçada .....</i>	<i>43</i>
3.1.5	<i>Ventilação .....</i>	<i>51</i>
3.1.6	<i>Climatização e água quente .....</i>	<i>56</i>
3.2	INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO .....	57
3.2.1	<i>Necessidades de aquecimento.....</i>	<i>58</i>
3.2.2	<i>Necessidades de arrefecimento .....</i>	<i>58</i>
3.2.3	<i>Necessidades de energia primária .....</i>	<i>59</i>
3.2.4	<i>Energia renovável para autoconsumo .....</i>	<i>61</i>
3.2.5	<i>Classe energética .....</i>	<i>62</i>
3.3	BREVE APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADO.....	63
3.3.1	<i>Folha de cálculo ITeCons .....</i>	<i>63</i>
3.3.2	<i>Folha de cálculo SCE.ER .....</i>	<i>64</i>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>65</b>
4.1	DESCRIÇÃO E LEVANTAMENTO DIMENSIONAL DO EDIFÍCIO.....	65
4.2	IDENTIFICAÇÃO GEOGRÁFICA.....	67

4.3	ENVOLVENTE OPACA.....	68
4.3.1	<i>Parede exterior</i> .....	69
4.3.2	<i>Parede interior</i> .....	72
4.3.3	<i>Cobertura interior</i> .....	74
4.4	ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA.....	75
4.5	SISTEMAS TÉCNICOS .....	78
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
5.1	COMPARAÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES .....	81
5.2	COMPARAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE AQS .....	83
5.3	COMPARAÇÃO DO BALANÇO DE ENERGIA.....	84
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....</b>	<b>87</b>
6.1	CONCLUSÕES.....	87
6.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	88
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>89</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - CONSUMO TOTAL DE ENERGIA PRIMÁRIA (ADENE, DGEG & OBSERVATÓRIO DA ENERGIA, 2021) .....	1
FIGURA 1.2 - ORGANOGRAMA DA ENTIDADE EMPREGADORA .....	5
FIGURA 2.1 - EMISSÃO DE CARBONO A NÍVEL MUNDIAL DEVIDAS À PRODUÇÃO DE ENERGIA (TORGAL, F.; JALALI, 2010). ....	7
FIGURA 2.2 - CAPACIDADE RENOVÁVEL INSTALADA EM PORTUGAL EM 2021 (DGEG, 2021). .....	8
FIGURA 2.3 - RADIAÇÃO SOLAR EM PORTUGAL CONTINENTAL (SOLARGIS, 2020). .....	9
FIGURA 2.4 - SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (ENERGIAS MADEIRA, 2022). .....	10
FIGURA 2.5 - SISTEMA SOLAR TÉRMICO (ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2021). .....	10
FIGURA 2.6 - PERCENTAGEM DE ELETRICIDADE GERADA POR PARTE DA UTILIZAÇÃO DO VENTO NA EU (EUROSTAT, 2017). .....	11
FIGURA 2.7 - FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA (PER, 2019). .....	13
FIGURA 2.8 - PERCENTAGEM DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NUM EDIFÍCIO DURANTE O SEU CICLO DE VIDA (INE, 2011). ....	14
FIGURA 2.9 - ALOJAMENTOS QUE CONSOMEM ENERGIA POR TIPO DE FONTE EM PORTUGAL (DGEG, 2021) .....	15
FIGURA 2.10 - TAXA DE VARIAÇÃO DE EDIFÍCIOS E ALOJAMENTOS (INE, 2011). .....	16
FIGURA 2.11 - NÚMERO DE EDIFÍCIOS CLÁSSICOS SEGUNDO O TIPO DE ESTRUTURA DE CONSTRUÇÃO 2011 (INE & LNEC, 2013). .....	18
FIGURA 2.12 - NÚMERO DE EDIFÍCIOS CLÁSSICOS SEGUNDO O TIPO DE REVESTIMENTO EXTERIOR DAS PAREDES 2011 (INE & LNEC, 2013). .....	19
FIGURA 2.13 - NÚMERO DE EDIFÍCIOS CLÁSSICOS SEGUNDO O TIPO DE COBERTURA 2011 (INE & LNEC, 2013). .....	20
FIGURA 2.14 - CRONOLOGIA DAS DIRETIVAS NO ÂMBITO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (SCE, 2022). .....	21
FIGURA 3.1 - EXEMPLO DE UM LEVANTAMENTO EM UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR (ADENE & DGEG, 2020A). ....	32
FIGURA 3.2 - METODOLOGIA ADOTADA PARA IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE ENVOLVENTE (ADENE & DGEG, 2021). .....	35
FIGURA 3.3 - OBSTÁCULOS NO HORIZONTE (ADENE & DGEG, 2021). .....	50
FIGURA 3.4 - ÂNGULO POR ELEMENTOS HORIZONTAIS (ADENE & DGEG, 2021). .....	51
FIGURA 3.5 - ÂNGULOS POR ELEMENTOS VERTICAIS (ADENE & DGEG, 2021). .....	51
FIGURA 3.6 - EXEMPLO DE GRELHA COM SECÇÃO FIXA [ADAPTADO] (ADENE & DGEG, 2021). .....	54
FIGURA 3.7 - DETERMINAÇÃO DE PERDA DE CARGA NA CONDUTA DE VENTILAÇÃO (ADENE & DGEG, 2021). .....	55
FIGURA 4.1 - FACHADA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO - IDENTIFICAÇÃO DA FRAÇÃO I.....	65
FIGURA 4.2 - MARCAÇÃO DAS ENVOLVENTES DA FRAÇÃO I .....	66
FIGURA 4.3 - LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO.....	68
FIGURA 4.4 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA ETICS (OBRAS 360, 2021) .....	71
FIGURA 4.5 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDE DUPLA .....	72
FIGURA 5.1 - VARIAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO.....	81
FIGURA 5.2 - VARIAÇÃO NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO.....	82
FIGURA 5.3 - VARIAÇÃO DA ENERGIA PRODUZIDA A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS .....	84
FIGURA 5.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AS DIFERENTES SOLUÇÕES.....	85



# ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 3.1 - ZONA CLIMÁTICA DE INVERNO (ADENE & DGEG, 2021). .....	33
TABELA 3.2 - ZONA CLIMÁTICA DE VERÃO (ADENE & DGEG, 2021). .....	33
TABELA 3.3 - RUGOSIDADE (ADENE & DGEG, 2021). .....	34
TABELA 3.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS EM FUNÇÃO DA HOMOGENEIDADE (ADENE & DGEG, 2021).....	35
TABELA 3.5 - CONDIÇÕES FRONTEIRA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO E DE COMÉRCIO E SERVIÇOS (ADENE & DGEG, 2021). 36	
TABELA 3.6 - ABSORTÂNCIA SOLAR (ADENE & DGEG, 2021).....	37
TABELA 3.7 - VALORES MÁXIMOS DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA PARA ELEMENTOS DA ENVOLVENTE E VÃOS ENVIDRAÇADOS (ADENE & DGEG, 2021). .....	38
TABELA 3.8 - RESISTÊNCIAS TÉRMICAS SUPERFICIAIS (ADENE & DGEG, 2021).....	40
TABELA 3.9 - COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA LINEAR (ADENE & DGEG, 2021). .....	41
TABELA 3.10 - CLASSES DE INÉRCIA TÉRMICA (ADENE & DGEG, 2021).....	43
TABELA 3.11 - RESISTÊNCIA TÉRMICA ADICIONAL DEVIDO AO DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO ATIVADO (ADENE & DGEG, 2021). .....	45
TABELA 3.12 - FRAÇÃO ENVIDRAÇADA (ADENE & DGEG, 2021). .....	46
TABELA 3.13 - FATOR SOLAR DO VÃO ENVIDRAÇADO COM VIDRO CORRENTE E DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO SOLAR (ADENE & DGEG, 2021). .....	48
TABELA 3.14 - COEFICIENTE DE CLASSE DE PERMEABILIDADE AO AR (ADENE & DGEG, 2021).....	53
TABELA 3.15 - PROCEDIMENTOS A ADOTAR NA CARACTERIZAÇÃO DE ABERTURAS NA ENVOLVENTE (ADENE & DGEG, 2021). .....	54
TABELA 3.16 - CLASSE DE PERDA DE CARGA [ADAPTADO] (ADENE & DGEG, 2021).....	55
TABELA 3.17 - EFICIÊNCIAS A CONSIDERAR NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS [ADAPTADO] (ADENE & DGEG, 2021).....	56
TABELA 3.18 - INTERVALOS DE VALOR DE $RNt$ PARA EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (ADENE & DGEG, 2020b).....	63
TABELA 4.1 - LEVANTAMENTO DIMENSIONAL DA FRAÇÃO I.....	66
TABELA 4.2 - DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO DE PERDAS DO EDIFÍCIO.....	67
TABELA 4.3 - DADOS DE IMPLANTAÇÃO DA FRAÇÃO I.....	67
TABELA 4.4 - TIPO DE SOLUÇÃO DA PAREDE EXTERIOR.....	69
TABELA 4.5 - CARACTERIZAÇÃO E LEVANTAMENTO DA PAREDE EXTERIOR.....	70
TABELA 4.6 - TIPO DE SOLUÇÃO DA PAREDE INTERIOR.....	73
TABELA 4.7 - CARACTERIZAÇÃO E LEVANTAMENTO DA PAREDE INTERIOR.....	73
TABELA 4.8 - TIPO DE SOLUÇÃO DA COBERTURA INTERIOR.....	74
TABELA 4.9 - CARACTERIZAÇÃO E LEVANTAMENTO DA COBERTURA INTERIOR.....	75
TABELA 4.10 - TIPO DE SOLUÇÃO DO VÃO ENVIDRAÇADO EXTERIOR.....	76
TABELA 4.11 - SOMBREAMENTO DO VÃO ENVIDRAÇADO EXTERIOR.....	76
TABELA 4.12 - CARACTERIZAÇÃO E LEVANTAMENTO DO VÃO ENVIDRAÇADO EXTERIOR.....	77
TABELA 4.13 - IDENTIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS DOS EQUIPAMENTOS PARA AQS.....	78

TABELA 4.14 - CARACTERIZAÇÃO DO PAINEL SOLAR TÉRMICO .....	79
TABELA 4.15 - CARACTERIZAÇÃO DA BOMBA DE CALOR.....	79
TABELA 4.16 - ABERTURAS DE ADMISSÃO DE AR NA ENVOLVENTE .....	80
TABELA 4.17 - CONDUTAS DE VENTILAÇÃO NATURAL.....	80
TABELA 5.1 - IDENTIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS PROPOSTAS PARA ANÁLISE .....	85

# ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2.1 - PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL (MARTINS, 2014).....	17
---	----



# LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

*ADENE – Agência para a Energia*

*AQS – Água Quente Sanitária*

*CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono*

*DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia*

*DL – Decreto-lei*

*ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems*

*GEE – Gases com Efeito de Estufa*

*ITeCons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção*

*LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

*NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos*

*NZEB – Nearly Zero Energy Building*

*RCCTE – Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*

*REH – Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação*

*RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*

*SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios*

*UE – União Europeia*



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Um dos grandes temas da atualidade é o desenvolvimento de técnicas de eficiência energética para diminuir o consumo de energia primária e emissão de CO<sub>2</sub>. Segundo informações da Comissão Europeia, o setor da construção representa mais de 40% do consumo de energia na Europa, principalmente devido ao uso de materiais extraídos da natureza e da energia necessária para manter o conforto dos edifícios.

A Figura 1.1 mostra que em Portugal o maior consumo de energia primária é o petróleo (42,1%), seguido das renováveis (26,7%), do gás natural (23,6%) e do carvão (5,6%). Verifica-se que existe uma grande dependência energética dos recursos não renováveis, que podem gerar uma série de inconvenientes relacionados com a sustentabilidade ambiental do planeta e do ponto de vista económico, uma vez que esses recursos se encontram na natureza em quantidades cada vez mais limitadas.

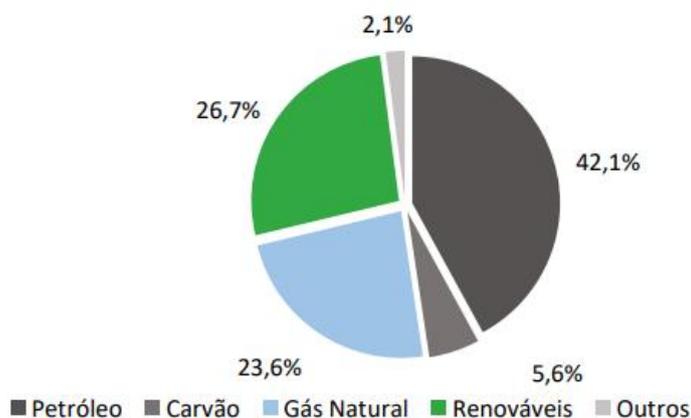


Figura 1.1 - Consumo total de energia primária (ADENE, DGEG & Observatório da Energia, 2021)

Tendo em conta esse cenário de consumo de energia, a União Europeia aposta no desenvolvimento do setor dos edifícios, com publicação de diretivas comunitárias em que os Estados Membros (EM) reduzam a utilização de energia fóssil na climatização dos edifícios e reduzam para metade as emissões de CO<sub>2</sub> até 2050 (IEA, 2021). De entre as várias medidas propostas, as implementações de soluções e sistemas provenientes de fontes renováveis para a produção de energia elétrica e térmica poderá reduzir a dependência externa em combustíveis fósseis.

Diante dessa preocupação com a utilização de energia nos edifícios, são lançadas uma série de alterações aos regulamentos energéticos existentes, tornando-os cada vez mais exigentes e restritivos para tentar suprimir a dependência energética atual. Assim, surgiu o conceito de Nearly Zero Energy Buildings (NZEB), que pretende revolucionar a forma de como os edifícios são construídos, tornando-os

praticamente autossustentáveis com recurso à utilização de energias renováveis, reduzindo-se assim drasticamente as suas necessidades energéticas (Diogo, 2019).

## 1.2 Apresentação do Problema

Com o crescente aumento da população mundial e os elevados níveis de urbanização, tem vindo a aumentar o consumo por energia. Uma das principais consequências desse fato é a subida da temperatura média do ar, que por sua vez está relacionado com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> presente na atmosfera, maior parte é proveniente da queima de combustíveis fósseis para produção de energia.

Relativamente ao aumento das emissões de CO<sub>2</sub>, esse poderá provocar a subida do nível do mar pela dilatação térmica da água, com uma previsão de atingir 0,59 m no ano de 2100. Quando atingir esses níveis poderá submergir por exemplo 11% da população de Bangladesh, que atualmente possui cerca de 164 milhões de habitantes. Além disso, poderá potencializar a ocorrência de fenómenos atmosféricos extremos, como as secas de longa duração e furacões provocados pela subida da temperatura da água do mar (Torgal, F.; Jalali, 2010).

Diante desses fatos, são imprescindíveis a conscientização do consumo de energia e a degradação causada ao ambiente, visto que o setor da energia representa cerca de 70% das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) (ADENE, DGEG & Observatório da Energia, 2021). Sendo o setor dos edifícios responsáveis por significativos consumos de energia durante sua fase de utilização, é necessário que cada vez mais se adotem edifícios energeticamente mais eficientes e que tenham em consideração o recurso a fontes de energia renováveis.

Para aumentar a eficiência energética, devem-se levar em consideração o processo de conceção do edifício. Com o objetivo de minimizar a necessidade de aquecimento durante o inverno, através do aumento dos ganhos solares e nas necessidades de arrefecimento, reduzir os ganhos solares aumentando o sistema de sombreamento e ventilação por exemplo.

## 1.3 Objetivos

O presente Relatório de Estágio tem por objetivo principal realizar uma análise comparativa de diferentes soluções aplicadas a um edifício habitacional, utilizando em sua maior parte materiais e equipamentos de baixo impacto ambiental e bom desempenho energético. Nesse contexto, objetiva-se especificamente:

- Comparar e analisar as necessidades energéticas do edifício de acordo com o balanço energético gerado para cada solução, levando em consideração parâmetros como o coeficiente de

transmissão térmica da parede exterior e a contribuição de energia renovável definida pelo equipamento de aquecimento das águas quentes sanitárias.

- Identificar as melhores soluções aplicadas ao âmbito do atual Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e no Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

No intuito de analisar o contributo da eficiência energética do edifício ao nível da sustentabilidade, o presente estudo encontra-se dividida em 7 capítulos e adotada a seguinte estrutura para a organização do trabalho:

No capítulo 1 são apresentados os objetivos do trabalho e apresentação da entidade empregadora.

No capítulo 2 são apresentados os conceitos teóricos necessários para uma compreensão do tema em estudo. Desta forma, iniciou com um enquadramento da situação da eficiência energética e as diferentes fontes de energias renováveis. Para além disso, é apresentado uma abordagem num contexto político e legal relativo ao desempenho energético com foco no setor da habitação.

No capítulo 3 serão apresentados os conceitos fundamentais para análise e compreensão do balanço energético do edifício, tendo como base a folha de calculo simplificada (REH) elaborada pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (ITeCons).

No capítulo 4 serão apresentados e caracterizados o caso de estudo desta dissertação. Apresentando o seu balanço energético de forma a contabilizar o total das necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício para as diferentes soluções, no que diz respeito aos sistemas técnicos e elementos construtivos da sua parede exterior.

No capítulo 5 serão comparados os dados relativos ao edifício com base na aplicação do método de cálculo considerado. Nessa análise serão comparados os resultados obtidos através da folha de cálculo simplificado (REH) das diferentes soluções propostas.

No capítulo 6 serão apresentadas as conclusões finais do trabalho, com base no estudo realizado para comparar com o que era expectável e a possibilidade de temáticas para trabalhos futuros.

Por fim, o capítulo 7 e 8 é composto pelas referências bibliográficas e os anexos utilizados para a construção do presente trabalho.

## **1.5 Metodologia**

De forma a dar início á elaboração do estudo do desempenho energético do edifício de habitação, é necessário obter e/ou determinar os seguintes dados:

- Projeto de Arquitetura para levantamento de áreas e volumes dos diversos compartimentos que compõem o edifício;

- Projeto de Estabilidade (com dimensões dos elementos estruturais) para definição das soluções construtivas dos pavimentos e contabilização das pontes térmicas lineares.

- Coordenadas GPS do local para determinar parâmetros como a zona climática e inércia térmica;

- Soluções Construtivas a considerar nas envolventes exteriores e interiores (novas ou existentes);

- Sistema de Climatização a considerar;

- Sistema de aquecimento de águas sanitárias (AQS) a considerar;

- Sistema de apoio ao sistema de AQS;

- Características dos envidraçados (tipo de vidros, tipo de caixilharia, tipo de proteção, etc.).

Dado que este tipo de projeto requer um extenso nível de cálculo, não irá ser abordado diretamente o cálculo realizado, com a demonstração das equações utilizadas, sendo estas definidas e explicadas nos respetivos despachos referidos nesse documento.

Após definidos os dados e obtidos os documentos necessários para se iniciar o presente projeto, começa-se por validar as envolventes de acordo com os requisitos mínimos da térmica, presentes no Despacho n.º 6476-E/2021.

De seguida, inicia-se o preenchimento dos dados gerais do edifício na folha de cálculo do ITeCons, nomeadamente a identificação geográfica, a identificação do imóvel, as características do imóvel e o respetivo levantamento dimensional com a definição das zonas e áreas úteis que definem o edificado.

Definem-se ainda os sistemas de climatização, ventilação e aquecimento de AQS a considerar para o edifício. Nesta fase é utilizada a folha de cálculo SCE.ER para determinar a energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS e usos regulados (climatização).

Realizado todo o cálculo, e estando definidas as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N<sub>ic</sub>), arrefecimento (N<sub>vc</sub>) e globais de energia primária (N<sub>tc</sub>), é obtido o balanço energético do edifício, sendo apresentado uma classe energética.

Por fim, no presente trabalho será aplicado essa rotina de cálculo para as diferentes soluções construtivas, com intuito de identificar as melhores soluções nos parâmetros da eficiência térmica.

## **1.6 Apresentação da entidade empregadora**

O presente estágio decorreu na empresa Flavia Prado - Engenharia e Gestão, Unipessoal Lda, fundada em 2014 pela atual CEO (Chief executive officer) a engenheira Flavia Raquel Gonçalves Prado Batista, membro efetivo da Ordem dos Engenheiros Técnicos (OET) com o nº 11614. A empresa tem

como principais atividades a elaboração de projetos de especialidades e certificação energética, no entanto também executa serviços de gestão de projeto, consultoria, gestão de obra, fiscalização e coordenação de segurança. O gabinete de projeto da empresa situa-se no Largo da Palmeira, nº 140, 1º Andar, 2785-038, Abóboda, São Domingos de Rana.

A Figura 1.2 representa de forma simplificada o organograma da empresa e respetiva equipa no seu estado atual. Dado que se trata de uma pequena empresa, a maioria das funções de gestão e tomada de decisão são definidas pela engenheira Flavia Batista (CEO), que em caso de necessidade, também executa projetos de especialidade.

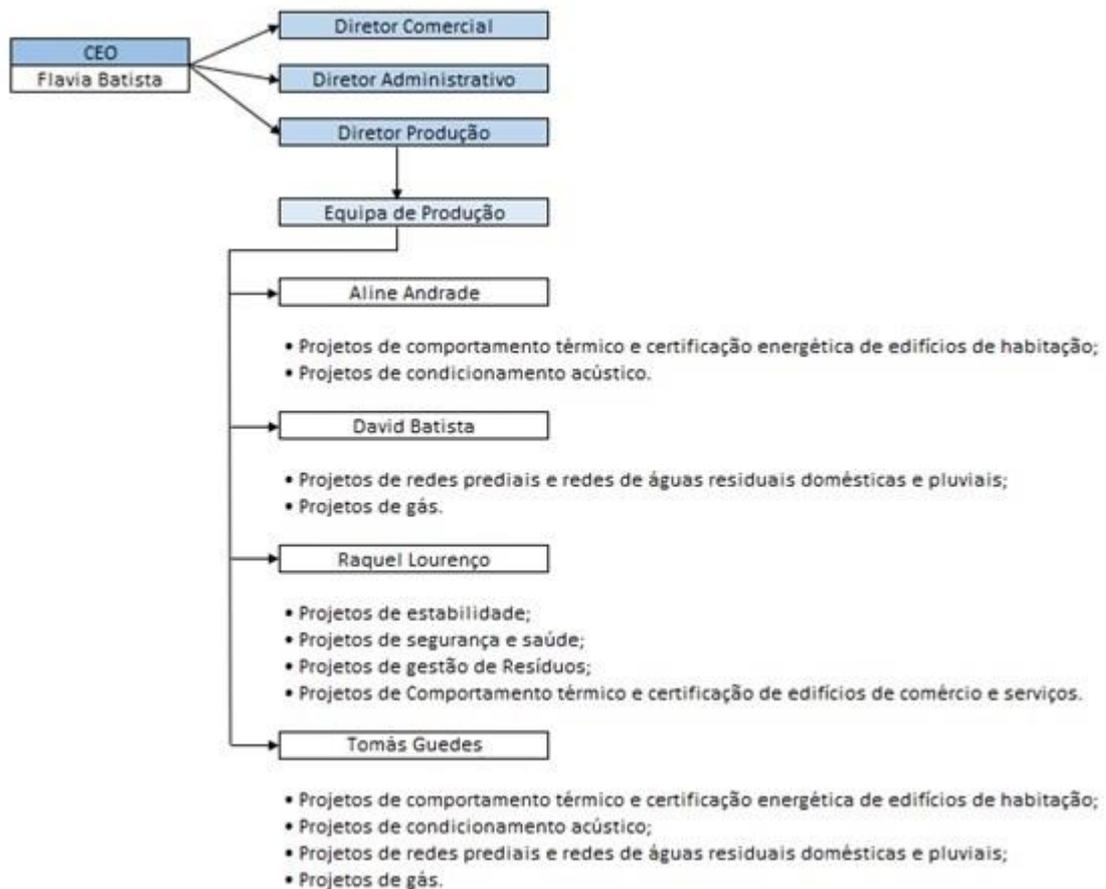


Figura 1.2 - Organograma da entidade empregadora

## 1.7 Resumo das atividades realizadas na entidade empregadora

A ordem de trabalhos do presente estágio debateu-se maioritariamente na elaboração de projetos de especialidades. Após o seu início, foi realizada uma formação no âmbito da certificação energética de edifícios de habitação, um estudo da legislação associada ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), bem como ao uso e familiarização das ferramentas de análise matemática associadas ao cálculo das necessidades energéticas, nomeadamente

a folha de cálculo do ITeCons e a folha de cálculo SCE.ER (definição de requisitos mínimos e de verificação regulamentar, para sistemas de aproveitamento de fontes de energia renováveis).

A mesma metodologia foi aplicada para a elaboração de projetos de condicionamento acústico, neste caso, foram utilizados os módulos de cálculo do CYPE (Software para engenharia e construção), nomeadamente o CYPEVAC III Clássico e o CYPECAD MEP.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão abordados alguns conceitos teóricos necessários para uma melhor compreensão desta dissertação. Serão apresentados os diferentes tipos de energia, bem como o enquadramento legal abordado no âmbito do conforto térmico.

### 2.1 Energias

O crescente consumo de energia a nível mundial poderá ser considerado um dos grandes impasses para um desenvolvimento sustentável. Estima-se que no ano de 2030, fontes de energias não renováveis, como por exemplo o petróleo, continuaram sendo o principal meio à produção de energia no mundo (Torgal, F.; Jalali, 2010), como mostra a Figura 2.1.

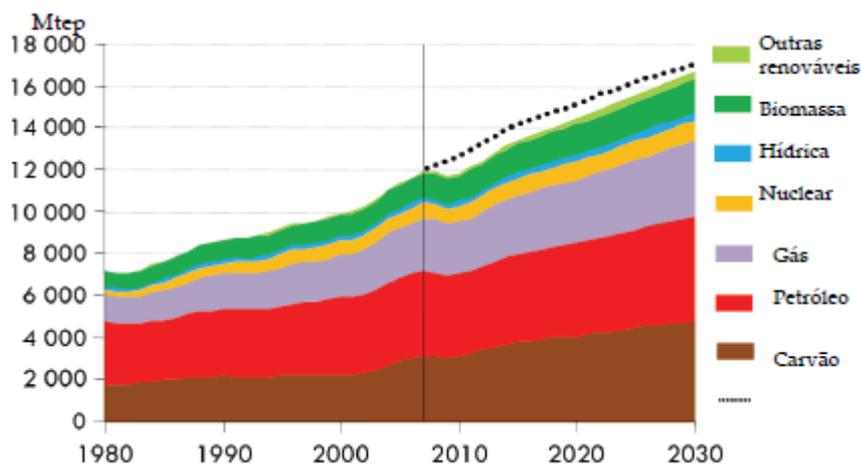


Figura 2.1 - Emissão de carbono a nível mundial devidas à produção de energia (Torgal, F.; Jalali, 2010).

O consumo de energia está relacionado diretamente com o aumento da população mundial e à medida que os padrões de conforto térmico são maiores. Nesse contexto, torna-se essencial que sejam criados métodos de poupança de energia, a fim de reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente.

A energia pode ser classificada como energia primária quando a fonte de energia ainda não sofreu transformação e pode ser usado como matéria-prima para a produção de outros tipos de energia. Este sendo obtido através de recursos naturais como o petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa e solar. Outra classificação é a chamada energia final, sendo esta a energia que é transformada a partir da primária e destinada ao consumo final. Como exemplo em forma de eletricidade, gás natural e biomassa.

Em Portugal, existe uma escassez em recursos para a produção de energia, a consequência disso é que a energia representa 60% das importações feitas pelo país, principalmente de petróleo e carvão. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2011), essa dependência energética nacional

vem decrescendo e em 2019 chegou a 72,8% com uma diferença de dois pontos percentuais ao ano anterior.

### 2.1.1 Fontes de energia renováveis

Uma fonte de energia renovável, de modo geral, pode ser definida como uma fonte energética sustentável não comprometida pelo seu uso continuado, sendo renovadas de forma natural. Estas por exemplo podem ser proveniente de energia solar, hídrica, eólica, biomassa, marés, energia das ondas e geotérmica.

Estas energias têm um reduzido impacto ao meio ambiental por produzirem pouco ou nenhum gás de efeito estufa. A utilização desse tipo de energia torna-se assim essencial no âmbito das necessidades energéticas dos edifícios, tendo em conta as várias formas de convertê-las em outras fontes de energia.

Em Portugal, conforme mostra a Figura 2.2, as principais capacidades renováveis instaladas são a hídrica (7129), eólica (5628), fotovoltaica (1777) e biomassa (707) respetivamente. As centrais hidroelétricas lideram a produção renovável do país, e embora a capacidade fotovoltaica seja superior à da biomassa, a sua produção de eletricidade é menor. Contudo, a eletricidade de origem renovável chegou a aproximadamente 60% no consumo de eletricidade no país (DGEG, 2021).

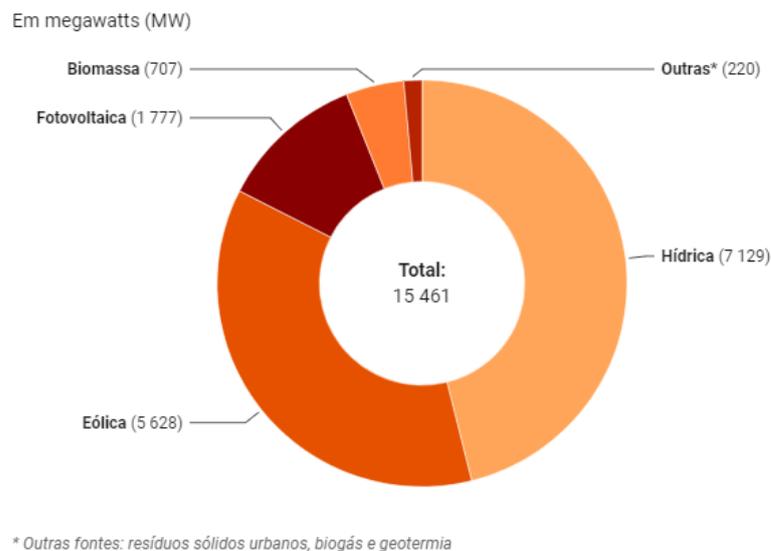


Figura 2.2 - Capacidade renovável instalada em Portugal em 2021 (DGEG, 2021).

- **Energia Solar térmica e fotovoltaica**

A energia solar é a mais abundante fonte de energias renovável, podendo ser obtida de forma direta ou indireta. A radiação solar direta pode ser através do aquecimento dos edifícios e a radiação solar indireta é a utilizada para obtenção de outras fontes como a eletricidade.

Em Portugal, as características geográficas do país favorecem esse tipo de energia, sendo mais utilizado os sistemas solar térmico e fotovoltaico para a sua captação. Segundo o Portal das Energias

Renováveis (PER, 2019), estima-se que em Portugal o número médio anual de horas de Sol varia entre 2200h e 3000h enquanto para a Alemanha por exemplo varia entre 1200h e 1700h, o que se comprova o potencial para esse recurso. A Figura 2.3 mostra a irradiação solar anual que se situa na faixa dos de 1500-2100 kWh/m<sup>2</sup>, apesar desses valores serem bons a nível europeu, a utilização de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos é ainda bastante reduzida.



Figura 2.3 - Radiação solar em Portugal continental (SOLARGIS, 2020).

A energia solar fotovoltaica tende a desempenhar um papel importante na produção de energia elétrica, recorrendo a painéis solares fotovoltaicos para a sua conversão, que consiste na incidência da luz solar em materiais semicondutores através do efeito fotoelétrico. Conforme mostra a Figura 2.4, a eletricidade pode ser injetada diretamente na rede elétrica de distribuição ou ser armazenada numa bateria. O inversor instalado faz a conversão da corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada, que é a corrente compatível com os aparelhos eletrónicos.

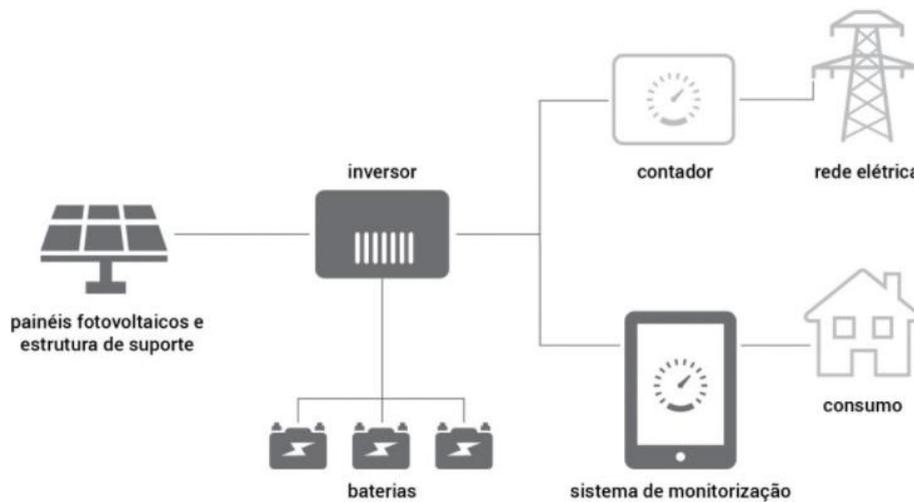


Figura 2.4 - Sistema solar fotovoltaico (Energias Madeira, 2022).

As principais vantagens da utilização da energia solar fotovoltaica estão associadas ao seu baixo custo de manutenção, tecnologia não poluente e facilidade na instalação. Já as desvantagens estão relacionadas com o elevado custo de investimento inicial e o baixo rendimento real face a esse investimento.

A energia solar térmica recorre a um sistema solar térmico, que tem como principal objetivo aquecer um fluido a partir do Sol, composto por um coletor solar responsável pela captação da energia do Sol e um depósito de armazenamento de água quente, conforme mostra a Figura 2.5.

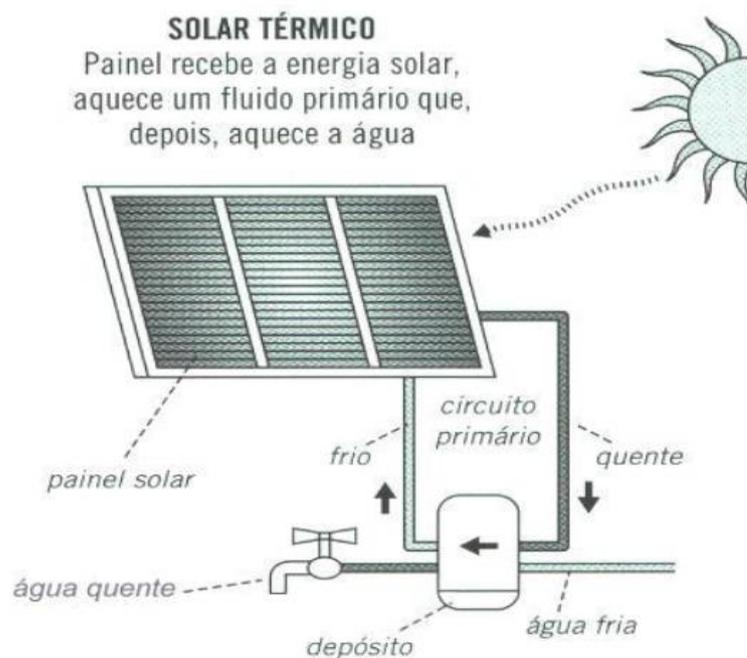


Figura 2.5 - Sistema solar térmico (Energias Renováveis, 2021).

As necessidades de água quente podem ser supridas pela instalação dos coletores solares cerca de 60% a 80% (DGEG, 2021). As vantagens e desvantagens do sistema solar térmico são semelhantes ao do sistema fotovoltaico, porém esta apresenta um rendimento maior.

- **Energia eólica**

A energia eólica é a conversão do vento em energia elétrica. A conversão é feita pela utilização do vento para fazer rodar as pás de turbinas ligadas a um gerador eletromagnético, que por sua vez produzem energia elétrica. A quantidade de energia elétrica produzida está relacionada com as dimensões destas turbinas e a intensidade do vento. Com ventos fracos abaixo de 4 m/s e fortes acima de 25 m/s, o funcionamento da turbina é interrompida (DGEG, 2021)

Segundo dados fornecidos pelo Gabinete de Estatísticas da União Europeia (EUROSTAT, 2017), a produção eólica representou 10% do total de energia elétrica produzida na UE em 2016, conforme mostra a Figura 2.6. Em Portugal, atualmente a energia eólica é a fonte de energia renovável com maior impacto na produção da energia elétrica e representou aproximadamente 20% da produção nacional, sendo 4º país da UE com um maior aproveitamento da energia eólica. Foi estabelecido pelo Parlamento Europeu e o Conselho da UE que cerca de 35% da energia produzida em Portugal em 2030 deverá ter como recurso fontes renováveis. Sendo assim, é fundamental garantir o investimento em energia eólica.

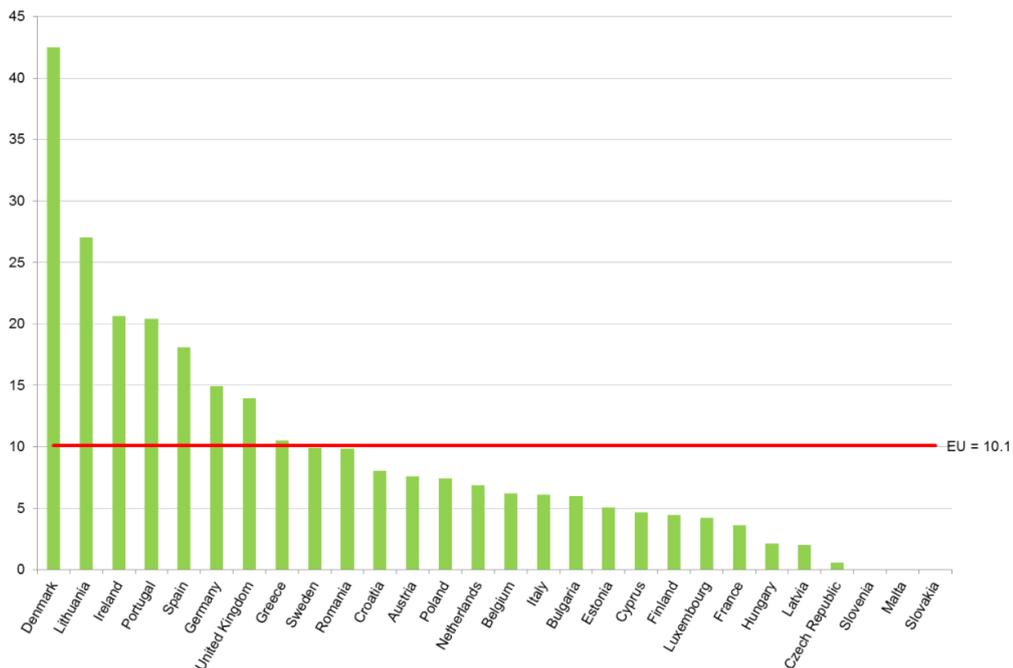


Figura 2.6 - Percentagem de eletricidade gerada por parte da utilização do vento na UE (EUROSTAT, 2017).

A nível mundial, os países que mais contribuem para o forte crescimento eólico estão a China, os Estados Unidos e a Alemanha, com grandes investimentos neste setor e o mais rentável a nível de produção elétrica.

Um dos inconvenientes em relação a produção dessa fonte de energia deve-se à imprecisão dos deslocamentos de ar para o funcionamento das turbinas eólicas e a destruição de áreas florestais ao redor dos equipamentos instalados.

- **Energia da biomassa**

A biomassa é a matéria orgânica que pode ser utilizada como fonte de energia. A biomassa tem a sua origem na fotossíntese e pode ser considerada como a energia solar aprisionada (DGEG, 2021). Existem vários tipos de biomassa utilizados para a obtenção de energia, como por exemplo os resíduos florestais, industriais e agrícolas e a fração orgânica dos sólidos urbanos. Para a sua utilização é necessário um processo de conversão dessa biomassa, entre os principais métodos utilizados destaca-se:

- Pirólise: processo que expõem a biomassa a altas temperaturas e sem a presença de oxigênio, com o objetivo de acelerar a sua decomposição. Como um dos seus produtos, pode ser obtido o carvão vegetal.

- Gaseificação: processo adquirido através de reações termoquímicas, originando como produto final um gás inflamável.

- Combustão: processo que realiza a queima da biomassa em altas temperaturas e com elevada quantidade de oxigênio produzindo vapor a alta pressão, a ser utilizado por exemplo nas caldeiras.

As vantagens da utilização da biomassa estão associadas principalmente por ser uma fonte de energia renovável, que utiliza o reaproveitamento de resíduos que seriam descartados e que possuem baixo custo de aquisição.

- **Energia da geotérmica**

A energia geotérmica tem origem no interior da terra, de modo geral, é a energia que explora o calor terrestre em que a temperatura aumenta com a profundidade, cerca de 33°C por Km. Com a movimentação da crosta terrestre, esse calor é conduzido para próxima a superfície por intrusão de magma fundido e pela existência de águas subterrâneas.

Atualmente, esse tipo de energia pode ser utilizado para usufruir o calor para a geração de eletricidade. Dentro das principais formas de utilização dessa energia, destaca-se:

- Bombas de calor geotérmicas: sistemas que funcionam com a diferença de temperatura do subsolo, através de bombeamento de água em tubo inserido no solo. Realiza-se o aquecimento e arrefecimento para dentro dos edifícios, sendo que nas estações frias a energia é libertada para o espaço interior do edifício e nas estações quentes, o excesso de calor é transferido para o solo, como mostra a Figura 2.7.

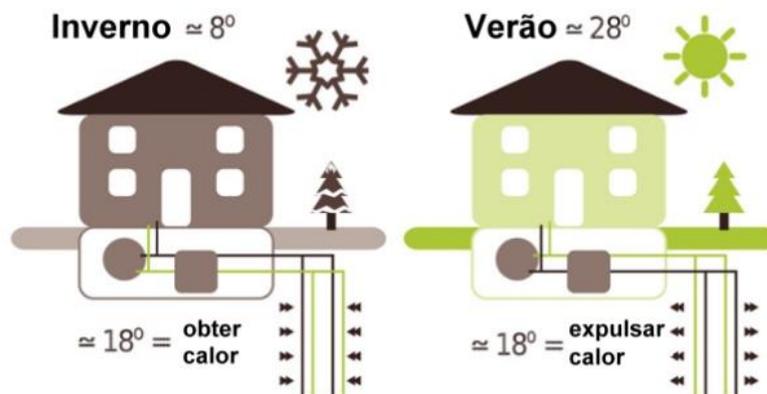


Figura 2.7 - Funcionamento da bomba de calor geotérmica (PER, 2019).

- Centrais Geotérmicas: processo em que ocorre o aproveitamento direto de fluidos geotérmicos em centrais, através de perfurações de poços com temperatura superior a 150 °C. Essas perfurações fazem com que o vapor da água quente de alta pressão movimente as turbinas das centrais, realizando assim a conversão da energia térmica em energia elétrica.

As vantagens da utilização da energia geotérmica estão associadas a menor poluição ao ambiente se comparado aos combustíveis fósseis. Para além disso, a produção para energia elétrica pode ser 24h/dia, sendo necessário pequenas quantidades de solo para a construção das centrais.

Entre as principais desvantagens pode-se destacar a poluição dos depósitos de aquíferos e a deterioração da paisagem pelas emissões de gases.

### 2.1.2 Fontes de energia não renováveis

As fontes de energia não renováveis são aquelas que se extinguem com a sua utilização, se encontram na natureza em quantidades limitadas e suas reservas não podem ser regeneradas. As fontes de energia não renováveis possuem reservas finitas, visto que é necessário muito tempo para as devolver para a natureza.

À medida que as reservas ficam escassas, a sua extração torna-se mais difícil, o que pode provocar um aumento do seu custo. Se a política de conscientização da utilização das energias não surtirem efeito, é provável que o consumo de energias não renováveis deixem de existir, porque as reservas se extinguirão e a sua extração deixará de ser favorável economicamente.

As energias não renováveis podem ser de origem fóssil, como por exemplo o carvão, o petróleo e o gás natural. Estas são formadas pela transformação de restos orgânicos acumulados na natureza há milhões de anos. Segundo (ADENE, DGEG & Observatório da Energia, 2021), a causa dos impactes

negativos no meio ambiente vem desde a transformação e transporte da utilização da energia não renovável.

Em relação a transformação e exploração, são produzidos resíduos que contaminam os solos e as águas e geram emissões de gases prejudiciais para a atmosfera. Na fase de transporte e distribuição da energia o meio ambiente é afetado pelo impacto gerado pelas redes elétricas e gasodutos – ou pelas marés negras – que causam consequências graves nos ecossistemas e economia das zonas afetadas. É necessário que ocorra o processo de combustão durante o consumo de energias fósseis, sendo que este origina a formação de CO<sub>2</sub>, o principal gás responsável pelo efeito de estufa.

## 2.2 Consumo energético nos edifícios

Os edifícios são um dos principais responsáveis pelo consumo energético no mundo, na qual destaca-se o consumo da energia elétrica. Os impactos gerados por esse consumo são maiores durante a sua fase de utilização, na qual corresponde a maior parte do seu ciclo de vida. A Figura 2.8 mostra que na fase de construção de um edifício, o consumo energético pode chegar a 12% em um edifício. A fase de utilização corresponde a 84% do consumo energético total do edifício, sendo este principalmente devido a utilização de equipamentos para o aquecimento, ventilação e aquecimento das águas quentes sanitárias (INE, 2011). E por fim, a parcela correspondente a manutenção e renovação do edifício representam 4% dos gastos energéticos.

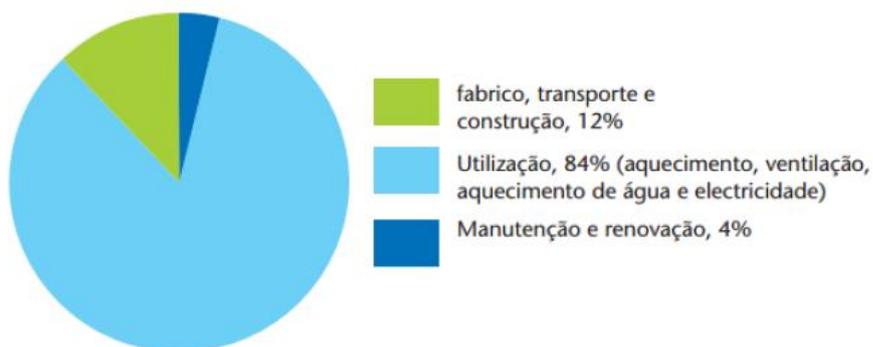


Figura 2.8 - Percentagem de utilização de energia num edifício durante o seu ciclo de vida (INE, 2011).

Em Portugal, a maior parte do consumo nos alojamentos residenciais tem como fonte de energia a eletricidade, conforme mostra a Figura 2.9 chega a alcançar cerca de 99,9% no consumo de energia. A seguir evidencia-se no setor residencial o consumo de GPL Garrafa Butano com aproximadamente 56% e a lenha com 40%. Dentro dessas fontes de energia, a contribuição de energia não renováveis são significativas, como por exemplo o petróleo, o carvão e o gás natural. Importa realçar que por estas fontes

de energia serem de origem em reservas fósil ou mineral, estão sujeitas a diminuição, que por sua vez podem ter como consequência o aumento no valor de sua extração.

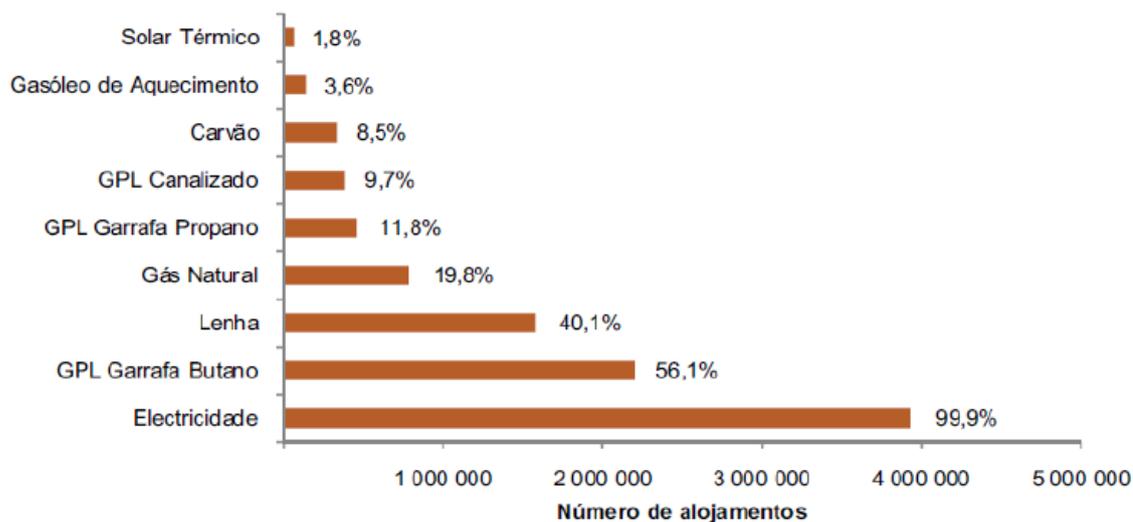


Figura 2.9 - Alojamentos que consomem energia por tipo de fonte em Portugal (DGEG, 2021)

## 2.3 Parque edificado nacional

Existem elevadas taxas de crescimento do parque habitacional português durante as últimas décadas. Em 2011, o número de edifícios destinados à habitação era de 3 544 389 e o número de alojamentos de 5 878 756. Se comparados com os do ano de 2001 apresentam um aumento de 12,2% e 16,3% respetivamente, conforme mostra a Figura 2.10 sobre as taxas de variação de edifícios (à esquerda) e de alojamentos (à direita) no período entre 2001 e 2011 (INE, 2011). Os novos edifícios construídos tendem a possuir uma maior eficiência energética, visto que já são implementadas novas técnicas de construção.

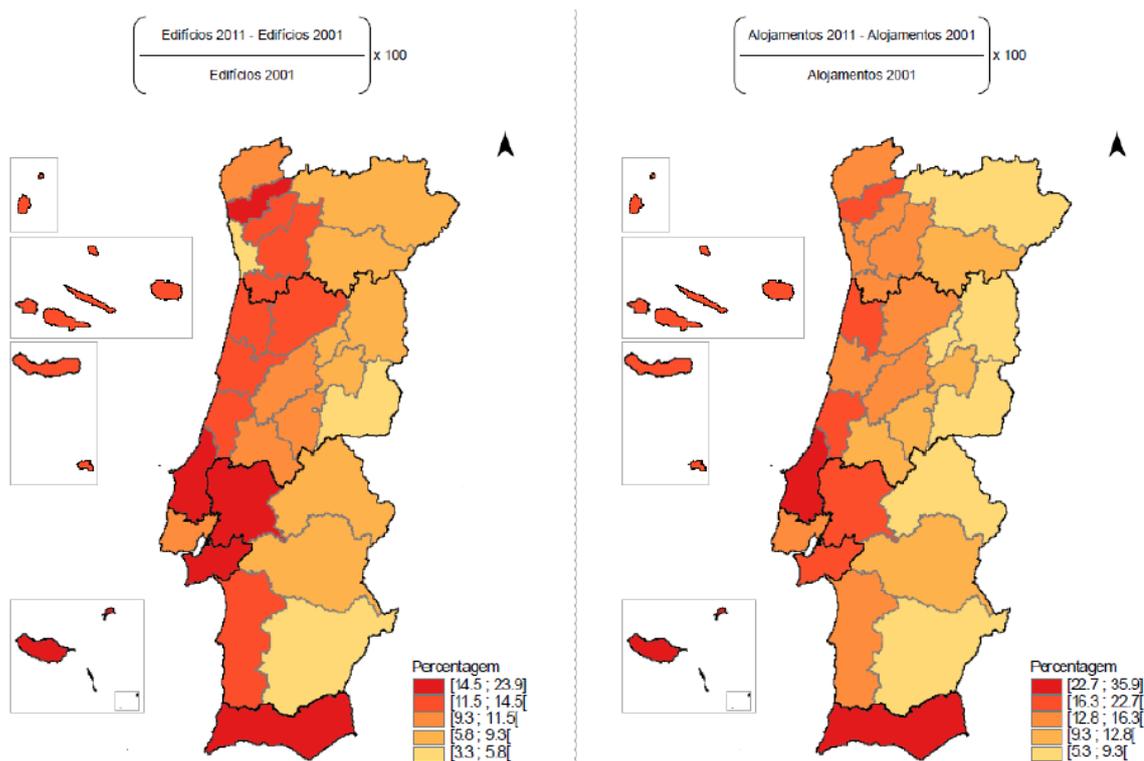


Figura 2.10 - Taxa de variação de edifícios e alojamentos (INE, 2011).

O parque habitacional no ano de 2012 segundo estimativas realizadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), o parque habitacional português era constituído por 3,6 milhões de edifícios a que correspondiam 5,9 milhões de alojamentos. Se comparado com o ano de 2011, apresenta um acréscimo de 0,4%. Esse estudo ainda mostra que as regiões com maior densidade de edifícios esta na região Norte, sendo que 34,2% do parque habitacional português se situa nesta zona geográfica. Em seguida, a região Centro aparece com uma percentagem de 31,4% do total de edifícios do país, sendo que na região de Lisboa estão presentes 12,7%. A restante percentagem (cerca de 21,8%) do parque edificado encontra-se nas restantes regiões do país (INE & LNEC, 2013).

A estimativa realizada pelo INE voltada para as construções de novos edificados, apontam que 25 931 das obras concluídas durante o ano de 2012, o valor de 56,7% correspondiam a edifícios em construções novas para habitação familiar, dos quais 91,8% eram moradias. A predominância em relação ao parque edificado nacional continua sendo as construções novas, no entanto é perceptível o aumento da reabilitação que continua a ser uma aposta crescente no sector da construção (INE & LNEC, 2013).

Das obras concluídas em 2012, cerca de 26,8% correspondem a obras de reabilitações, se comparado com o ano de 2011 houve um crescimento de aproximadamente 1%. As regiões do Algarve e Madeira são as zonas do país que ocorrem mais obras de reabilitação, estes apresentavam valores de 33,3% e 29,9% respetivamente (INE & LNEC, 2013). De acordo com essas estimativas, é provável que

as obras de reabilitação sejam crescentes com o passar dos anos, visto que os preços dos materiais de construção e mão de obra são altos e vem se tornando difícil encontrar terrenos à venda nos centros das grandes cidades.

O estudo realizado pelo INE possibilitou também identificar os principais materiais utilizados na construção durante o período de antes de 1919 a 2011, conforme mostra o Quadro 2.1. Sendo que este apresenta um resumo da caracterização do parque edificado em Portugal, com as soluções mais utilizadas durante aqueles anos. Na parte do tipo de estrutura de construção utilizada, foi dividida entre a estrutura de betão armado, paredes de alvenaria com placa, paredes de alvenaria sem placa, paredes de alvenaria de pedra solta ou adobe e outros tipos. Na comparação do tipo de revestimento exterior, este foi dividido entre o reboco tradicional ou marmorite, pedra, ladrilho cerâmico ou mosaico e outros. Para os tipos de coberturas, esta foi dividida em coberturas em terraço, inclinadas e mistas.

Quadro 2.1 - Principais materiais utilizados na construção em Portugal (Martins, 2014).

	Época de construção	Antes de 1919	1919-1945	1946-1970	1971-1990	1991-2000	2001-2011	TOTAL
Tipo de estrutura da construção	Betão armado	-	52.107	300.600	672.147	356.809	339.446	1.721.109
	Paredes de alvenaria com placa	-	83.489	288.073	421.838	179.900	150.474	1.123.774
	Paredes de alvenaria sem placa	144.099	108.312	151.347	53.606	13.401	10.350	481.115
	Paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe	57.353	57.104	49.794	13.343	5.602	5.696	188.892
	Outros	4.891	4.684	6.177	6.769	2.759	4.039	29.319
Revestimento exterior	Reboco tradicional ou marmorite	124.456	216.842	653.063	1.043.808	497.299	441.664	2.977.132
	Pedra	74.464	78.480	109.253	67.166	36.139	45.704	411.206
	Ladrilho cerâmico ou mosaico	5.984	8.601	30.355	49.976	21.493	16.605	133.014
	Outros	1.439	1.773	3.500	6.753	3.540	6.032	23.037
Cobertura	Em terraço	549	4.447	15.315	28.211	21.231	35.810	105.563
	Inclinada	204.832	297.157	768.361	1.114.218	522.128	458.372	3.365.068
	Revestida a telhas cerâmicas ou de betão	200.476	291.180	755.078	1.090.058	513.675	449.472	3.299.939
	Revestida a outros materiais	4.356	5.977	13.283	24.160	8.453	8.900	65.129
	Mista (inclinada e terraço)	962	4.092	12.495	25.274	15.112	15.823	73.758

Na Figura 2.11, mostra que os edifícios em Portugal no ano de 2011 a estrutura de betão armado predomina com cerca de 48,6% e 1/3 dos edifícios tinha estrutura constituída por paredes de alvenaria com placa (31,7%). Os demais tipos de estrutura estão divididos entre as paredes de alvenaria sem placa (13,6%), paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe (5,3%) e outros tipos de estrutura (0,8%).

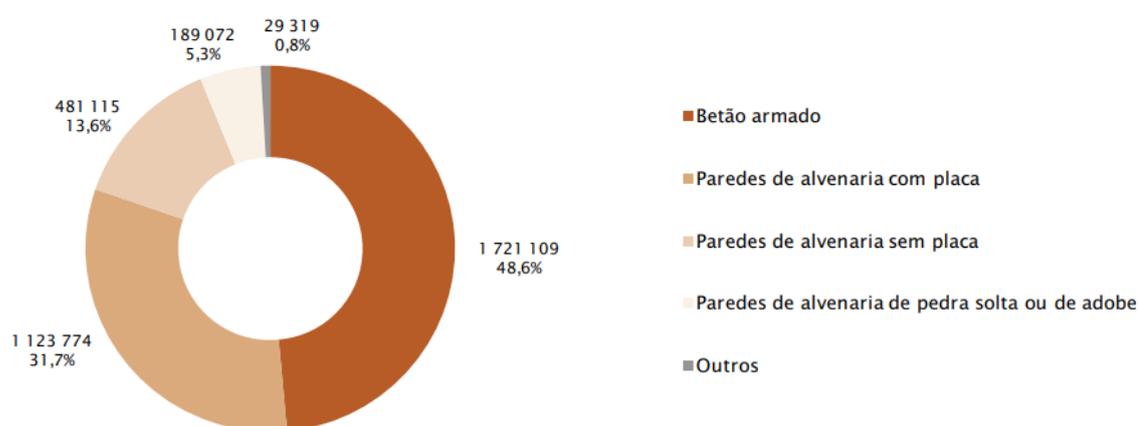


Figura 2.11 - Número de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção 2011 (INE & LNEC, 2013).

De acordo com os dados do INE, entre 2001 e 2011 verificou-se um aumento de 77,8% do número de edifícios com estrutura de betão armado. Houve ainda um aumento no número de edifícios com outros tipos de estrutura, no entanto representa uma reduzida representatividade no parque edificado. No mesmo período, verificou-se uma diminuição no número de edifícios com estrutura em paredes de alvenaria, principalmente nos edifícios com paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe com uma diminuição de 46,4% (INE & LNEC, 2013).

No ano de 2011, a proporção de edifícios com estrutura de betão armado era menor na zona sul e no interior Centro do País. Atingindo cerca de 57,4% com estrutura de betão armado, a região do Algarve era exceção a esta tendência. A maior parte de edifícios com estrutura de betão armado encontrava-se no litoral de Portugal continental, principalmente nas regiões da Lisboa e Porto. Em contrapartida, a região da Madeira foi a que registou o maior número de edifícios com estrutura de betão armado, com aproximadamente 75,8%. As paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe tiveram uma maior representatividade nas regiões do Baixo Alentejo com 17,7% e o Alentejo Litoral 13,6% (INE & LNEC, 2013).

A Figura 2.12 mostra que em 2011, a maioria dos edifícios do País tinha revestimento exterior das paredes em reboco tradicional ou marmorite cerca de 84,0%. De seguida seguia-se com 11,6% em pedra, 3,8% em ladrilho cerâmico ou mosaico e 0,6% em outros revestimentos.

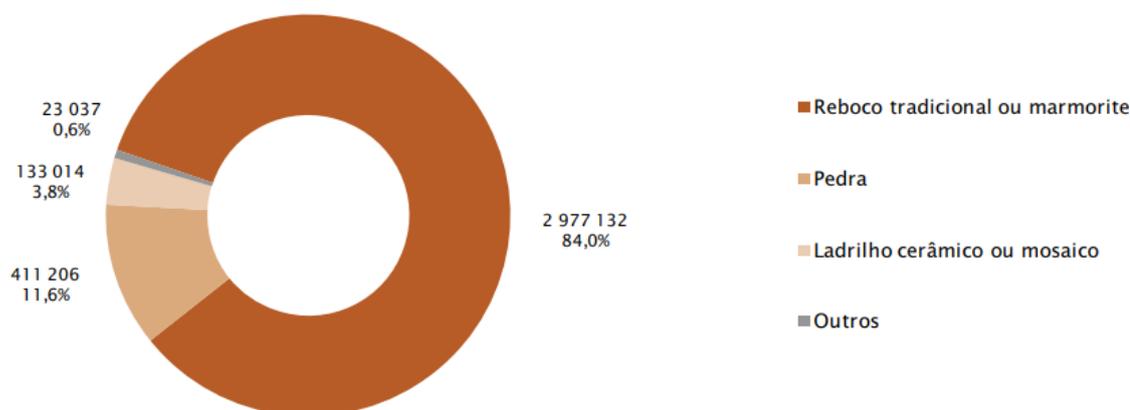


Figura 2.12 - Número de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes 2011 (INE & LNEC, 2013).

De acordo com os dados do INE, entre 2001 e 2011 verificou-se um aumento de 52,3% do número de edifícios com revestimento exterior das paredes em reboco tradicional ou marmorite. Neste mesmo período, houve uma diminuição com cerca de 10,7% dos edifícios com revestimento em pedra, 6,6% dos edifícios com revestimento em ladrilho cerâmico ou mosaico e de 16,6% dos edifícios com outros tipos de revestimentos (INE & LNEC, 2013).

A proporção de edifícios com revestimento exterior das paredes em reboco tradicional ou marmorite representa a maioria, com 66% em todas as regiões do País. Na região do Norte do País verificou-se que esse tipo de revestimento vem sendo trocado sobretudo por revestimento em pedra. Em contrapartida, nas regiões do Porto existe uma proporção de edifícios com revestimento em ladrilho cerâmico ou mosaico (INE & LNEC, 2013).

Na Figura 2.13 mostra que em 2011, a maior parte das coberturas dos edifícios do País tinha cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas ou de betão com aproximadamente 93,1%. De seguida, seguia-se pela cobertura inclinada revestida a outros materiais com cerca de 1,8%, a cobertura mista (inclinada e terraço) com cerca de 2,1% e cobertura em terraço com 3,0%.

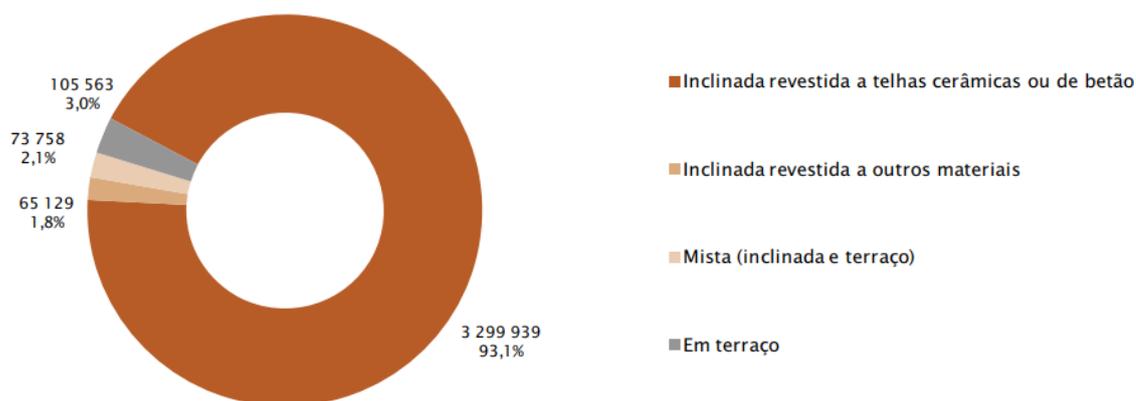


Figura 2.13 - Número de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura 2011 (INE & LNEC, 2013).

De acordo com os dados do INE, entre 2001 e 2011, a distribuição dos edifícios segundo o tipo de cobertura não se alterou significativamente. Houve um aumento na taxa de variação do número de edifícios por tipo de cobertura, sendo os edifícios com cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas ou de betão com 13,0%, edifícios com cobertura em terraço com cerca de 21,4% e de edifícios com cobertura inclinada revestida a outros materiais com 10,5% (INE & LNEC, 2013).

Em toda região do País, a maior parte cerca de 93%, possuem edifícios com cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas ou de betão. Nas regiões do Algarve cerca de 14,4% dos edifícios tinha cobertura em terraço e 13,4% dos edifícios tinha cobertura mista. Nas regiões da Madeira, 9,4% dos edifícios tinha cobertura em terraço e 9,1% dos edifícios tinha cobertura mista. Essas duas regiões somam juntas cerca de 35,3% dos edifícios com cobertura em terraço e 47,6% dos edifícios com cobertura mista existentes no País (INE & LNEC, 2013).

## 2.4 Legislação

### 2.4.1 Legislação comunitária

Atualmente existem diversas políticas energéticas voltadas para o desenvolvimento da eficiência energética dos edifícios. O setor dos edifícios é responsável por 40% do consumo da energia final na Europa, sendo que 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética (DGEG, 2021). Nesse contexto, são criados pelos Estados-Membros da União Europeia um conjunto de Diretivas, como mostra a Figura 2.14, voltadas para o enquadramento geral e requisitos mínimos dos edifícios no âmbito do seu desempenho energético.

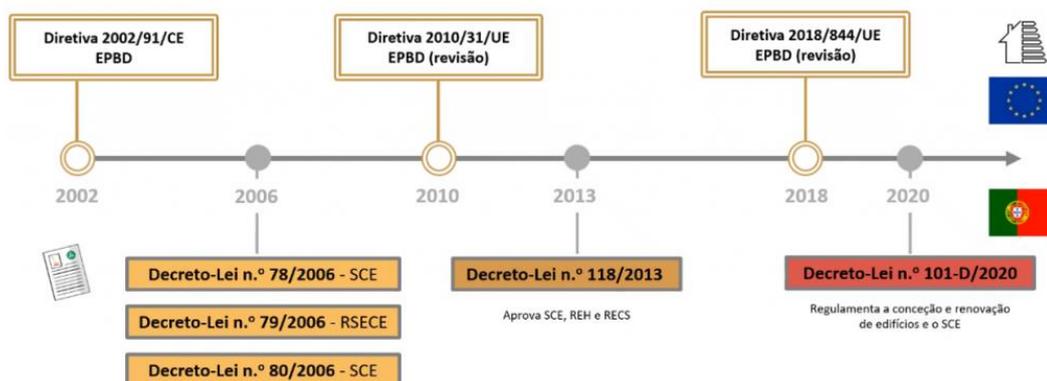


Figura 2.14 - Cronologia das Diretivas no âmbito da eficiência energética (SCE, 2022).

O crescimento do parque edificado relaciona-se com o aumento das necessidades de energia e de conforto térmico por parte da população, principalmente com o elevado consumo energético dos edifícios de habitação e de serviços. Os edifícios que foram construídos antigamente não tiveram em consideração questões de natureza ambiental ou de eficiência energética, muitos edifícios apresentam condições construtivas deficientes em termos de desempenho térmico e apresentam patologias que não correspondem a idade dos edifícios.

A contribuição dos edifícios em termos de consumo de energia contínua em expansão, os seus impactos a longo prazo vão continuar a contribuir para o peso total de energia consumida no mundo. Sendo assim, é fundamental uma atuação neste sector para que se cumpram as metas propostas, pois possibilita um elevado potencial de poupança de energia. Para diminuir a dependência energética e emissão de gases com efeito de estufa devem-se criar medidas e políticas de eficiência energética nos edifícios e aumentar a utilização de energia proveniente de fontes renováveis.

Considerando o estado atual do consumo de energia e com a finalidade de satisfazer o cumprimento de redução de emissões de gases de efeito estufa, a UE apresentou a Diretiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002. Essa diretiva de forma geral tem a finalidade de otimização dos consumos de energia e das condições de conforto no sector residencial e terciário. De seguida, essa diretiva foi revista e foi criada a Diretiva 2010/31/EU de 19 de maio de 2010 com alterações substanciais, que garantem a implementação efetiva das regulamentações no pacote de políticas relativas ao desempenho energético dos edifícios que visam promover a eficiência energética. Na sequência, a diretiva foi reformulada e deu origem a Diretiva 2018/844/EU de 30 de maio de 2018 com regulamentos que visam a conceção e renovação de edifícios.

Essas diretivas apresentam como objetivo comum a promoção da melhoria do desempenho energético dos edifícios, tendo como base as condições climáticas externas, condições locais, requisitos de conforto de clima interior e rentabilidade económica sustentável.

- **Diretiva 2002/91/CE**

A diretiva de 2002 foi elaborada para reforçar o desempenho energético, com intuito de realizar uma avaliação da viabilidade técnica, ambiental e económica da aplicação de sistemas alternativos de fornecimento de energia. Sendo que esta, tanto para os edifícios novos como para os existentes, visa contribuir para a utilização de energia mais racional. Na diretiva de 2002 foram estabelecidas as seguintes exigências (Diretiva 2002/91/CE, 2002):

- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;

- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético de novos edifícios e de grandes edifícios existentes de área útil total superior a 1000 m<sup>2</sup> que sejam submetidos a obras de renovação relevantes;

- Certificação energética dos edifícios;

- Inspeção regular de caldeiras e sistemas de ar condicionado nos edifícios.

Já para os edifícios existentes que necessitam de grandes obras de renovação a diretiva indicava, a oportunidade de tomar medidas economicamente rentáveis de melhoria do desempenho energético.

Para os edifícios públicos, a diretiva indicava que estes deviam levar em consideração as boas práticas ambientais e energéticas, pelo que devem ser regularmente sujeitos à certificação energética e proceder forma visível dos certificados. Deixar visível os certificados energéticos, é uma forma de dar informações relevantes sobre desempenho energético do edifício e tende a mostrar a importância por das entidades regulamentadoras de um consumo sustentável (Diretiva 2002/91/CE, 2002).

Para os edifícios novos, os certificados energéticos constituem informação importantes para os potenciais proprietários no que respeita ao desempenho energético do mercado imobiliário. Sendo estabelecido que peritos qualificados e acreditados farão a inspeção dos certificados energéticos, caldeiras e sistemas de ar condicionado.

- **Diretiva 2010/31/EU**

A Diretiva 2010/31/EU apresenta uma maior exigência do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, as disposições são reforçadas juntamente com a introdução de novos conceitos que representam novas metas. Uma das principais metas é a introdução do maior número possível de edifícios novos com necessidades quase nulas de energia. E foi estipulado que a partir do ano 2018 todos os edifícios novos públicos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia e desde 31 de dezembro de 2020 este requisito é aplicável a qualquer edifício novo (Diretiva 2010/31/EU, 2010).

Essa mesma diretiva define que o desempenho energético de um edifício é a energia necessária de forma a satisfazer o consumo de energia associada à utilização básica do edifício, isto é, a energia utilizada para o aquecimento, o arrefecimento, a ventilação, a preparação de água quente e a iluminação.

Para o cálculo do desempenho energético dos edifícios deve-se levar em consideração uma metodologia harmonizada, podendo optar-se por especificações de âmbito nacional ou regional. A base para esse cálculo do desempenho energético do edifício deverá ter uma base temporal anual e não apenas a estação do ano em que o aquecimento é requerido. Sendo que essa metodologia deverá apresentar características em relação aos requisitos térmicos e os novos sistemas que se pretendem introduzir para alcançar maior incidência de eficiência energética. Nesse contexto, levará em consideração as instalações de aquecimento e ar condicionado, a utilização de energia proveniente de fontes renováveis, os sistemas de aquecimento e arrefecimento passivo, os sombreamentos, a qualidade do ar interior, a luz natural adequada e a realidade construtiva dos próprios edifícios. Os requisitos mínimos de desempenho energético que são apresentados na diretiva de 2010 são designados para (Diretiva 2010/31/EU, 2010):

- Metodologia de cálculo do desempenho energético dos edifícios e frações autónomas;
- Edifícios e frações autónomas, novos ou aquando da renovação dos existentes;
- Elementos construtivos da envolvente com impacto significativo no desempenho energético sempre que substituídos ou reabilitados;
- Sistemas técnicos dos edifícios, na situação de uma nova instalação ou quando o sistema existente seja substituído ou melhorado;
- Planos nacionais com o objetivo de aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia, sejam novos ou, no caso dos edifícios existentes, incentivar à sua transformação;
- Certificação energética dos edifícios ou das frações autónomas;
- Inspeção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios e para os sistemas de controlo independente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção.

Devem ser elaborados relatórios de viabilidade técnica, ambiental e económica para a instalação de sistemas alternativos como, energias renováveis, cogeração, redes urbanas de calor e frio e bombas de calor para os edifícios novos e existentes. Em caso de grandes renovações, incentiva-se levar em consideração os sistemas alternativos e uma melhor análise com vista à melhoria ou substituição dos sistemas.

Os Estados-Membros visam elaborar planos nacionais com o intuito de aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia, com o objetivo de reduzir as emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Esses planos são elaborados principalmente porque os edifícios são os que mais contribuem para o elevado consumo energético do setor e têm um ciclo de vida longo (INE, 2011). Essa mesma diretiva define um edifício com necessidades quase nulas de energia como um edifício com um

desempenho energético muito elevado, em que as suas necessidades de energia são quase nulas ou de valor baixo, supridas em grande parte por energia proveniente de fontes renováveis.

No contexto dos requisitos mínimos de desempenho energético, os Estados-membros visam de modo a alcançar níveis ótimos de rentabilidade, medidas exigentes como a revisão periódica de no mínimo de cinco em cinco anos. Nessas revisões são levadas em consideração características do edifício, como as condições gerais de clima interior e as locais, a utilização a que se destina e a sua idade.

Um ótimo nível de rentabilidade representa o desempenho energético com o custo mais baixo, durante o ciclo de vida económico estimado determinado pelos Estados-Membros. Esses custos estão incluídos toda a operação necessária para a produção da energia, desde o seu investimento até a sua distribuição. Sendo responsabilidade de todos os intervenientes da construção de um edifício, procurar executar as recomendações incluídas no certificado de desempenho energético. Essas recomendações auxiliam para uma melhoria rentável do edifício, para além de avaliar o desempenho de edifícios e possibilitar a comparação entre diferentes edifícios (Diretiva 2010/31/EU, 2010).

- **Diretiva 2018/844/EU**

A diretiva de 2018 apresenta uma revisão que altera a diretiva de 2010, em relação ao desempenho energético dos edifícios voltados para a melhoria da eficiência energética. Esta revisão tem como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema energético sustentável, competitivo e que diminua a quantidade de carbono na atmosfera. Sendo que até 2050, possui o objetivo de redução das emissões de gases com efeito de estufa e de descarbonização do parque imobiliário, baseada por metas nacionais e indicadores do progresso interno (Diretiva 2018/844/EU, 2018).

Essa mesma diretiva define a adoção de estratégias nacionais de renovação a longo prazo do edificado pelos Estados-Membros. Para que isso ocorra é necessário um sistema financeiro sólido, por forma a assegurar a renovação dos edifícios existentes, sendo que até 2050 os edifícios deverão contribuir para a diminuição da emissão de carbono e possuir uma elevada eficiência energética. Ao realizar essas metas, espera-se facilitar a transformação rentável de todos os edifícios existentes em edifícios com necessidades quase nulas de energia (Diretiva 2018/844/EU, 2018).

Na área destinada aos Certificados Energéticos a diretiva trouxe alterações destinadas ao reforço da utilização de sistemas energéticos renováveis, o reforço à não utilização de sistemas com fontes de combustíveis fósseis, a inclusão da mobilidade elétrica nos edifícios, bem como os sistemas de automatização dos edifícios e ainda os procedimentos de manutenção e inspeção periódica realizadas por peritos creditados. No âmbito dos requisitos mínimos para a qualidade térmica, foram propostas nessa diretiva perspectivas importantes, nomeadamente (Diretiva 2018/844/EU, 2018):

- Inclusão do conceito de custo/benefício numa ótica de custo de ciclo de vida alargado nos edifícios;
- Alteração do horizonte temporal dos investimentos, que passaram a ser pensados a longo prazo em termos de retorno energético;
- Adoção de requisitos mínimos mais exigentes e controláveis a nível europeu através de uma metodologia comum de cálculo, sendo obrigatória a justificação da viabilidade económica destes requisitos;
- Criação do Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (“PDEE”), estabelecendo um método para fixar uma classe energética mínima nos edifícios existentes;
- Definição de metodologia dos edifícios com necessidades quase nulas de energia (“NZEB”), que obriga a que todos os novos edifícios cumpram os referidos requisitos, impondo que as necessidades energéticas dos novos edifícios sejam supridas com recurso a uma componente renovável superior as 50%.

#### *2.4.2 Legislação nacional*

Em 1990 surgiu na legislação portuguesa um regulamento voltado para o comportamento térmico dos edifícios. Este regulamento tem por objetivo a melhoria das condições térmicas de conforto no interior dos edifícios, visto que existe carências das construções em Portugal, sendo intitulado como Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Nesse contexto, foi publicado no Decreto-Lei n.º 40/90, introduzindo para o projeto de edifícios a imposição de requisitos térmicos e energéticos com requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente.

O regulamento teve como base as exigências térmicas mínimas de conforto, sendo aplicada na prática na melhoria das envolventes exteriores, levando em consideração questões como os limites às necessidades anuais de energia útil para arrefecimento.

Dado que a maioria dos edifícios possui consumos significativos de energia, principalmente voltados para climatização, em 1998 foi necessário criar o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Este regulamento destinava-se a racionalização energética da implementação de sistemas de climatização e a realização de auditorias energéticas periódicas, sobretudo nos edifícios de serviços.

No ano de 2006, mediante a diretiva do desempenho energéticos dos edifícios e para dar sequência ao compromisso de Quioto, foi necessário a revisão da regulamentação térmica existente. Tendo como principal objetivo a redução de consumo de energia dos edifícios e aumento da utilização de fontes de energia renováveis devido à dependência externa no que diz respeito às fontes de energia.

Nesse contexto, a partir das diretivas criadas foram transporta para a legislação nacional os seguintes Decretos-Lei:

- Decreto-Lei nº 78/2006 – SCE
- Decreto-Lei nº 79/2006 – RSECE
- Decreto-Lei nº 80/2006 – SCE
- Decreto-Lei nº 118/2013
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020

O Decreto-Lei 78/2006, esta relacionado com o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), que possui o pacote legislativo composto pelo RCCTE e o RSECE. Entre os principais objetivos desse decreto podemos citar (Decreto-Lei n.o 78/2006, 2006):

- Garantir a aplicação regulamentar do RCCTE e RSECE no âmbito das questões de eficiência energética e ao aproveitamento de energias renováveis e às condições de garantia da qualidade do ar interior;

- Certificação dos edifícios no que diz respeito ao seu desempenho energético, sendo que o sistema de certificação energética introduzido é obrigatório. Sendo necessário para assegurar a comprovação precisa da aplicação da regulamentação térmica e da qualidade do ar interior dos edifícios;

- Identificação de medidas corretivas de um edifício de habitação ou de serviços e seus sistemas energéticos, tais como as caldeiras e equipamentos de ar condicionado. Essa identificação permite disponibilizar a informação sobre o desempenho energético do edifício, aquando da compra ou arrendamento de um imóvel.

O Decreto-Lei 79/2006, esta relacionado com o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), abordava requisitos mínimos para a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios e qualidade do ar interior. Este regulamento era aplicado aos edifícios de serviços e residenciais novos e existentes com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW (Decreto-Lei n.o 79/2006, 2006).

O Decreto-Lei 80/2006, que assegura o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), era direcionado a edifícios de habitação novos e edifícios reabilitados de serviços com área útil inferior a 1000 m<sup>2</sup> e sem climatização, ou com potência menor que 25 kW. O principal objetivo deste decreto é sobre os requisitos de qualidade construtiva do edifício de forma a limitar as perdas térmicas e a fim de se evitar uma desnecessária climatização artificial (Decreto-lei n.o 80/2006, 2006).

Segundo o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, relacionados com a Certificação Energética dos edifícios os Decretos-Lei números 78/2006, 79/2006 e 80/2006, foram objeto de um processo de revisão tendo como base à nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios - EPBD. As principais alterações foram para casos de grandes reabilitações, em que foi extinto o

limite de 1000 m<sup>2</sup> na aplicação dos requisitos e a obrigatoriedade de cumprir uma metodologia comum de viabilidade económica. Dentro desse contexto, surgiu o conceito “edifícios com necessidades quase nulas de energia”, que exigiu até o final de 2020 que os novos edifícios possuam necessidades de energia quase nulas e provenientes de energias renováveis.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 consiste numa transposição da Diretiva n.º 2010/31/EU, que possui como objetivo melhores índices de eficiência energética dos edifícios, em função do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios - SCE, incluindo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação - REH e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Serviços – RECS (Decreto-Lei n.o 118/2013, 2018).

O Decreto-Lei n.º 101-D/2020, determina os requisitos voltados à conceção e renovação de edifícios. Para além disso, regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e garante a melhoria do respetivo desempenho energético. No Sistema de Certificação Energética – SCE as definições dos tipos de edifícios que se encontram abrangidos podemos citar (Decreto-Lei n.o 101-D/2020, 2020):

- Edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grande intervenção, nos termos do REH e RECS;
- Edifícios ou frações existentes de comércio e serviços, sendo dividido em dois tipos:

a) Com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup>, ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;

b) Que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m<sup>2</sup> ou, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250 m<sup>2</sup>;

- Edifícios ou frações existentes a partir do momento da sua venda, dação em cumprimento ou locação posterior à entrada em vigor do presente diploma.



# 3 CARACTERIZAÇÃO DA ANÁLISE ENERGÉTICA

Neste capítulo será abordado os parâmetros utilizados para análise do balanço energético do edifício, com base na folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios (REH) elaborado pelo ITeCons.

O balanço de energia é dado pelo comportamento térmico da habitação, que é determinado pela totalidade de perdas e ganhos térmicos. Na legislação portuguesa estão definidas no REH, as condições de conforto ambiente de referência para os edifícios de habitação, com o objetivo de atingir o conforto térmico interior, bem como a taxa de renovação de ar e o consumo de águas quentes sanitárias (AQS).

## 3.1 Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH)

O REH abrange os edifícios de habitação novos, existentes ou sujeitos a grande intervenção, estabelecendo as metodologias de cálculo a serem adotadas e quais os parâmetros deverão ser considerados. Nesse contexto, surge a emissão do pré-certificado e do certificado energético, que são emitidos através de um Perito Qualificado do SCE.

Para casos de edifícios novos é necessário reunir toda a informação relativa aos diferentes elementos construtivos das envolventes e as soluções dos sistemas técnicos a utilizar, como por exemplo para a preparação de água quentes sanitárias (AQS), climatização e ventilação. A metodologia deverá ser por cálculo sem qualquer tipo de simplificação, e atestar o cumprimento dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente, de renovação do ar interior e de eficiência dos sistemas a serem instalados.

A validação das soluções selecionadas deverão ter por base o estudo do comportamento térmico, que por sua vez baseia-se na legislação em vigor para edifícios destinadas a habitação, nomeadamente o REH aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril, pelo Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro, pelo Decreto-Lei n.º 251/2015, de 25 de novembro, pelo Decreto-Lei n.º 28/2016, de 23 de junho, e pela Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto. Deve-se ainda ter em conta a Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria n.º 379-A/2015, de 22 de outubro, pela Portaria n.º 319/2016, de 15 de dezembro, e pela Portaria n.º 98/2019, de 2 de abril, que indicam os requisitos referentes ao REH.

O cálculo utilizado para a elaboração do presente projeto, será feito de acordo com o Despacho 15793-I/2013 que define o cálculo das necessidades energéticas e o Despacho 15796-K/2013 que definem os parâmetros térmicos a considerar.

Para casos de se tratar de um edifício existente, ou sujeito a uma grande intervenção, é possível proceder igual a um edifício novo, aplicando a metodologia de cálculo sem recorrer a qualquer simplificação. Caso contrário é possível efetuar várias simplificações presentes no Despacho n.º 15793-E/2013.

### *3.1.1 Levantamento dimensional*

De acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, o edifício ou fração de habitação deverá ser objeto da aplicação do cálculo das metodologias de avaliação do desempenho energético, sendo aplicada para as seguintes situações:

- Para edifícios de habitação unifamiliares, como moradias ou prédios constituídos em propriedade total sem andares ou divisões suscetíveis de utilização independente.
- Para cada fração no caso de edifícios de habitação multifamiliares, ou seja, prédios em propriedade horizontal (PH) ou propriedade total com andares ou divisões suscetíveis de utilização independente.

Para essa avaliação do desempenho são utilizadas diferentes variáveis, como área útil de pavimento, espaços úteis e não úteis.

- **Área útil de pavimento**

A área útil de pavimento trata-se da área interior obtida por  $m^2$ , pela qual são obtidos indicadores das necessidades de energia útil para os usos de aquecimento e de arrefecimento de uma fração de habitação. Sendo definido como o somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis. Para além disso, essa área permite o cálculo do volume de ar dos espaços com necessidades de conforto térmico, sendo realizado pelo produto da área interior útil de pavimento pelo pé direito (ADENE & DGEG, 2020a).

- **Espaço interior útil**

A área interior útil de pavimento é o somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis com necessidades de conforto térmico. Podemos citar alguns exemplos de espaços interiores úteis de uma habitação, tais como quartos, salas, cozinhas, arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias (ADENE & DGEG, 2020a).

Os casos de exceções para estes compartimentos com área útil, são aplicados quando não existe acesso feito pelo interior da fração e não tenham sistema de climatização instalado.

- **Espaço não útil**

Os espaços não úteis são os espaços que podem ser caracterizados por diversos aspetos, tais como não necessitarem de garantir o conforto térmico, não possuir ocupação humana permanente, não possuir sistema de climatização e não possuir acesso pelo interior da fração. Podemos citar alguns exemplos de espaços não úteis de uma habitação, tais como garagens, desvão cobertura e pavimento, despensas, arrumos, zonas técnicas, lavandarias, casa de banho exterior, marquises fechadas e edifícios adjacentes (ADENE & DGEG, 2020a).

- **Pé direito**

O pé direito é a distância vertical, medida pelo interior em unidade de metros, entre o piso e a parte inferior do teto. Na sua medição deverá levar em consideração aspetos importantes como, a estanqueidade do teto falso. O teto falso é considerado estanque quando não existem aberturas permanentes entre o teto falso e a caixa de ar, quando a área de aberturas permanentes resulta apenas das ligações entre placas e os perfis (ADENE & DGEG, 2020a).

Para uma melhor apreensão destes conceitos na Figura 3.1 são apresentados um exemplo dos levantamentos que deverão ser realizados em planta. Para além dos conceitos acima mencionados, é importante que sejam identificadas as medidas dos vãos envidraçados e a orientação solar em que a fração se encontra.



Tabela 3.1 - Zona climática de inverno (ADENE &amp; DGEG, 2021).

Critério	$GD \leq 1300 \text{ }^\circ\text{C}$	$1300 \text{ }^\circ\text{C} < GD \leq 1800 \text{ }^\circ\text{C}$	$GD > 1800 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona climática inverno	I1	I2	I3

Tabela 3.2 - Zona climática de verão (ADENE &amp; DGEG, 2021).

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$20 \text{ }^\circ\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona climática verão	V1	V2	V3

Na definição e caracterização do local é necessário definir as variáveis em que a fração ou edifício encontra-se inserido, tais como:

- Localização da morada, nomeadamente o concelho, número da porta, número do lote e nome da artéria se aplicável;
- Coordenadas cartesianas;
- Altitude.

No levantamento das envolventes do edifício ou fração, são levados em consideração a sua orientação em relação aos pontos cardeais. Sendo assim, para cada fachada é definida a sua orientação solar, caso a normal à fachada faça um ângulo superior a  $22,5^\circ$  deverá seguir para o mais próximo ponto cardinal.

Os edifícios devem ser associados a uma de duas regiões, a do tipo A ou tipo B. Sendo a região do tipo A corresponde a todo território nacional (com exceção da região B) e do tipo B corresponde as Regiões Autónomas da Madeira, Regiões Autónomas dos Açores e localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e ou com altitude superior a 600 m.

Para efeitos da avaliação do desempenho energético dos edifícios é necessário definir a rugosidade do local, onde o edifício se insere conforme mostra a Tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Rugosidade (ADENE & DGEG, 2021).

<b>Rugosidade I</b>	Edifícios inseridos no interior de uma zona urbana
<b>Rugosidade II</b>	Edifícios não enquadrados nas rugosidades I ou III ou edifícios inseridos na periferia das zonas com rugosidade I ou III
<b>Rugosidade III</b>	Edifícios inseridos na primeira linha numa faixa de 1 km de largura junto à costa, incluindo zona de estuário ou edifícios inseridos em zonas muito expostas, mediante a inexistência de obstáculos que atenuem a ação do vento

Para a ventilação também é necessário caracterizar o meio em que se insere o imóvel, isto é, se encontra no interior de uma zona urbana, na periferia de uma zona urbana ou em zona rural, ou numa zona muito exposta (sem obstáculos que atenuem o vento), e ainda se a distância à costa é superior ou inferior a 5 Km.

### 3.1.3 *Envolvente opaca*

A envolvente pode ser definida como o conjunto de elementos construtivos, que compreende as paredes, coberturas e pavimentos. São os elementos que separam a área interior útil do exterior, dos edifícios ou frações adjacentes, dos espaços não úteis e do solo (ADENE & DGEG, 2021).

A envolvente surge como o conjunto dos elementos construtivos, que delimitam um determinado espaço com objetivo de manter condições de conforto térmico. Nos projetos térmicos a envolvente deve ser assinalada nos cortes e plantas e possuem marcação específico de acordo com as áreas que estão em contato conforme mostra a Figura 3.2.

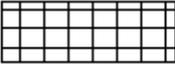
 Vermelho (255,0,0)	Exterior
 Amarelo (255,255,0)	Interior com $b_{ztu} > 0,7$
 Azul (0,0,255)	Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$
 Verde (0,255,0)	Sem trocas térmicas
 Ciano (0,255,255)	Solo
Em planta identificar pavimento (com a respetiva cor)	
Em planta identificar cobertura (com a respetiva cor)	

Figura 3.2 - Metodologia adotada para identificação do tipo de envolvente (ADENE &amp; DGEG, 2021).

Segundo (ADENE & DGEG, 2020b), para realizar a contabilização das trocas térmicas entre os espaços interiores úteis e os espaços interiores não úteis, devem ser caracterizados os elementos da envolvente opaca. Sendo assim, é necessário definir as características das paredes, pavimentos, coberturas, zonas de ponte térmica plana (PTP), portas, pontes térmicas lineares (PTL) e da inércia térmica. A caracterização térmica dos elementos opacos, podem ser obtidos por intermédio dos parâmetros presentes na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Caracterização dos materiais em função da homogeneidade (ADENE &amp; DGEG, 2021).

<b>Materiais homogéneos</b>	<b>Materiais não homogéneos</b>
Espessura ( $d$ )	
Condutibilidade térmica ( $\lambda$ )	Resistência térmica ( $R$ )
Massa volúmica ( $\rho$ )	

- **Coefficiente de redução**

Para efeitos da avaliação do desempenho energético dos edifícios é necessário quantificar as trocas térmicas entre os espaços interiores úteis e os demais ambientes em que estes estão em contacto, sendo assim podem ser definidos conforme mostra a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Condições fronteira em edifícios de habitação e de comércio e serviços (ADENE &amp; DGEG, 2021).

Condição fronteira	Elementos que separam o espaço interior útil
Exterior	Do ambiente exterior
Interior com $bztu > 0,7$	De espaços interiores não úteis com $bztu > 0,7$
	De zonas de circulação comum com $bztu > 0,7$
	De frações vizinhas de comércio e serviços com $bztu > 0,7$
Interior com $bztu \leq 0,7$	De espaços interiores não úteis com $bztu \leq 0,7$
	De zonas de circulação comum com $bztu \leq 0,7$
	De edifícios adjacentes
	De frações vizinhas de comércio e serviços com $bztu \leq 0,7$
Sem trocas térmicas	De frações vizinhas de habitação
Solo	De elementos que contactam com o solo

Segundo (ADENE & DGEG, 2021) para quantificação das trocas térmicas por um elemento com condição fronteira interior são necessárias as temperaturas dos dois ambientes separados por este. Uma vez que a definição da temperatura de um espaço interior não útil não é imediata, deve seguir-se a abordagem prevista na Norma EN ISO 13789, através da determinação do coeficiente de redução ( $bztu$ ) obtido pela relação prevista na equação seguinte.

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad \text{Equação 3.1}$$

Em que:

$\theta_{int}$  Corresponde a temperatura interior, em unidade de °C;

$\theta_{ext}$  Corresponde a temperatura ambiente exterior, em unidade de °C;

$\theta_{enu}$  Corresponde a temperatura do espaço interior não útil, em unidade de °C.

• **Absortância solar**

Na estação de arrefecimento, a absortância solar das paredes e coberturas exteriores é necessária para a determinação dos ganhos solares, sendo determinada em função da cor do revestimento superficial exterior do elemento, de acordo com a Tabela 3.6 (ADENE & DGEG, 2021).

Tabela 3.6 - Absortância solar (ADENE & DGEG, 2021)

Cor da superfície	asol
Cores claras: branco, creme, amarelo, laranja e vermelho-claro	0,4
Cores médias: vermelho-escuro, verde-claro, azul-claro e cinzento-claro	0,5
Cores escuras: castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro e cinzento-escuro	0,8

• **Coefficiente de transmissão térmica superficial de elementos opacos (U)**

Segundo (ADENE & DGEG, 2021) o coeficiente de transmissão térmica superficial de elementos opacos, é uma característica dos elementos construtivos que traduz a potência térmica que atravessa 1 m<sup>2</sup> do elemento por diferença de grau Célsio, em unidade de W/(m<sup>2</sup>.°C).

A transmissão de calor de um elemento depende da resistência que cada camada de material oferece, considerando que haja diferentes temperaturas nas faces interior e exterior de um elemento. Para além disso, deve-se considerar a resistência das camadas de ar microscópicas que se encontram nas faces do elemento. Este coeficiente de transmissão térmico pode ser obtido pela Equação 3.2.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad \text{Equação 3.2}$$

Em que:

$U$  Corresponde ao coeficiente de transmissão térmica superficial de elementos opacos, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$R_j$  Corresponde a resistência térmica da camada  $j$ , em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$R_{si}$  Corresponde a resistência térmica interior, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$R_{se}$  Corresponde a resistência térmica exterior, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ .

O edifício deverá satisfazer um valor máximo de parâmetros de qualidade térmica. Os parâmetros em questão referem-se ao coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) superficial da envolvente opaca e ao fator solar dos vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem desde que não orientados entre Nordeste e Noroeste.

O coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) é o fluxo de calor por unidade de área, em regime estacionário, para uma diferença de temperatura unitária, sendo quanto menor for este valor, melhor desempenho térmico terá a parede. Assim, a de acordo com a zona climática:

Tabela 3.7 com base na Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro, apresenta os seguintes valores máximos ( $U_{m\acute{a}x}$ ) de acordo com a zona climática:

Tabela 3.7 - Valores máximos do coeficiente de transmissão térmica para elementos da envolvente e vãos envidraçados (ADENE & DGEG, 2021).

$U_{m\acute{a}x} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$		Zona climática		
		I1	I2	I3
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $bztu > 0,70$	Elementos verticais	0.50	0.40	0.35
	Elementos horizontais	0.40	0.35	0.30
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $bztu \leq 0,70$	Elementos verticais	2.00	2.00	1.90
	Elementos horizontais	1.65	1.30	1.20
Vãos envidraçados (portas e janelas) [ $U_w$ ]		2,8	2,4	2,2

Para as pontes térmicas planas dos elementos da envolvente, é ainda necessário verificar:  $U_{m\acute{a}x} = 0,9$  e sendo o coeficiente de redução de perdas representado por  $bztu$ .

• **Resistência térmica ( $R$ )**

A resistência térmica total ( $R_{tot}$ ) de um elemento opaco em regime permanente, excluindo portas e elementos em contacto com o solo, deve ser determinada com base na metodologia prevista na Norma EN ISO 6946. Na Equação 3.3 mostra que esta resistência é o resultado do somatório das resistências térmicas de todas as camadas que o constituem e das resistências térmicas superficiais.

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \quad \text{Equação 3.3}$$

Em que:

$R_{tot}$  Corresponde a resistência térmica total, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$R_j$  Corresponde a resistência térmica da camada  $j$ , em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$R_{si}$  Corresponde a resistência térmica interior, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$R_{se}$  Corresponde a resistência térmica exterior, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ .

Segundo (ADENE & DGEG, 2021) a resistência térmica de um material construtivo traduz a oposição que aquela camada de material oferece à transmissão de calor. Depende da condutibilidade térmica do material e da espessura da camada. Esta resistência para materiais homogêneos pode ser obtida pela Equação 3.4.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{Equação 3.4}$$

Em que:

$R$  corresponde à resistência térmica da camada, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;

$d$  corresponde à espessura da camada, em unidade de  $m$ ;

$\lambda$  corresponde à condutibilidade térmica do material, em unidade de  $W/(m \cdot ^\circ C)$ .

Para a definição da condutibilidade térmica, deve-se levar em consideração as características do próprio material, essas informações geralmente estão na ficha técnica a ser fornecida pelo fabricante. Nas situações em que não é conhecido o fornecedor do material, a resistência térmica de uma camada pode ser determinada com recurso aos valores de condutibilidade térmica dos materiais de construção

correntes, listados nas publicações do LNEC sobre coeficientes de transmissão térmica de elementos das envolventes dos edifícios (ITE 50) (ADENE & DGEG, 2021).

As resistências térmicas superficiais  $R_{si}$  e  $R_{se}$  encontram-se tabelados nas publicações do LNEC, nomeadamente o ITE50, e na Tabela 01 do Despacho n.º 15793-K/2013. Dependem dos fenómenos de convecção e da direcção do fluxo de calor (horizontal, vertical ascendente e descendente) conforme mostra Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Resistências térmicas superficiais (ADENE & DGEG, 2021).

Sentido do Fluxo de calor		Resistência Térmica [(m².° C)/W]	
		Exterior $R_{se}$	Interior ou face exterior em contacto com ENU $R_{si}$
Horizontal (inclinação entre 0° e 30°)		0,04	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente		0,17

• **Elementos em contacto com solo**

A determinação do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno  $U_{bf}$  e paredes em contacto com o solo  $U_{bw}$ , em unidades de  $W/(m².°C)$ , são determinados com base nas Tabelas 03 a 05 do Despacho n.º 15793-K/2013. São obtidos em função de um valor médio da profundidade enterrada ao longo do perímetro exposto, das resistências térmicas de ambos os elementos e com o fator  $B'$ , que se determina pela Equação 3.5.

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \times P} \quad \text{Equação 3.5}$$

Em que:

$B'$  corresponde à dimensão característica do pavimento em contacto com o solo, em unidade de  $m$ ;

$A_p$  corresponde à área interior útil de pavimento, medida pelo interior, em unidade de  $m^2$ ;

$P$  corresponde à perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior, em unidade de  $m$ .

• **Pontes térmicas lineares**

Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores ou em contacto com um espaço não útil com  $b_{tr} > 0,7$ . Estas correspondem à concentração de fluxo de calor que ocorre nas ligações entre elementos construtivos com diferente geometria ou diferentes propriedades térmicas. A ponte térmica é quantificada mediante o coeficiente de transmissão térmica linear  $\psi$ , determinada através da Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Coeficiente de transmissão térmica linear (ADENE & DGEG, 2021).

Tipo de ligação		$\psi$ [W/(m.°C)]		
		Isolamento da parede		
		Interior	Exterior	Outro (*)
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou espaço interior não útil	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio		0,60	0,15	0,50
Fachada com varanda		0,60	0,60	0,55
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	Isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	Isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores		0,30	0,30	0,30

Existem situações em que as soluções das envolventes tem um grande peso no desempenho energético, nesses casos as pontes térmicas lineares contabilizadas possuem grande influência. Sendo que é possível diminuir a sua influência com a melhoria das soluções construtivas. Nos edifícios de

comércio e serviços simplificar é possível que na contabilização de PTL se possa simplificar, o que faz o aumento de 5% as necessidades de aquecimento (ADENE & DGEG, 2021).

Na prática, se houver uma diminuição das pontes térmicas lineares podemos evitar a ocorrência de condensações superficiais e o aparecimento de patologias no interior dos edifícios. Os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear  $\Psi$ , são valores tabelados e resultam da aplicação da metodologia prevista na Norma EN ISO 10211.

#### • Pontes térmicas planas

Uma ponte térmica plana corresponde à ligação uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou interior, tais como pilares, talões de vigas e caixas de estores, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície.

Uma das soluções para corrigir as pontes térmicas planas, é pensar na fase de concepção da construção e na utilização do seu isolamento térmico. O isolamento pode evitar grandes trocas de calor entre o ambiente interno e o externo. Um bloqueio térmico eficiente reduz o gasto energético dos edifícios.

#### • Inércia térmica

Segundo (ADENE & DGEG, 2020b) a inércia térmica interior traduz a capacidade de armazenamento de calor que os elementos construtivos apresentam e varia em função da massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento  $I_t$ , conforme mostra a equação seguinte:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad \text{Equação 3.6}$$

Em que:

$I_t$  corresponde à massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento, em unidade de  $\text{kg/m}^2$ ;

$M_{si}$  corresponde à massa superficial útil do elemento  $i$ , em unidade de  $\text{kg/m}^2$ ;

$r_i$  corresponde ao fator de redução da massa superficial útil do elemento  $i$ ;

$S_i$  corresponde à área da superfície interior do elemento  $i$ , em unidade de  $\text{m}^2$ ;

$A_p$  corresponde à área interior útil de pavimento, medida pelo interior, em unidade de  $m^2$ .

A inércia térmica é classificada em função do valor de  $I_t$ , conforme Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Classes de inércia térmica (ADENE & DGEG, 2021).

Classe de Inércia Térmica	$I_t$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

#### 3.1.4 Envolvente envidraçada

A envolvente envidraçada é um dos elementos que mais influenciam no desempenho térmico de um edifício. Este permite uma melhoria do ambiente interior através de ganhos solares na estação de aquecimento, através deles também ocorrem perdas térmicas significativas para o exterior. Ao selecionar um envidraçado, deve garantir-se que o desempenho térmico será satisfatório tanto para a estação de aquecimento como para a estação de arrefecimento.

A influência dos vãos envidraçados deve-se por estes separar dois ambientes com diferentes condições térmicas, uma vez que, as condições do ambiente exterior e o desempenho térmico da envolvente são determinantes para análise das necessidades de um edifício. A temperatura do ar exterior e a radiação solar são um dos principais parâmetros climáticos que determinam a transferência de calor através dos vãos envidraçados. Sendo necessário recorrer a análise do desempenho térmico, como as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento para garantir o conforto térmico no interior dos edifícios.

O desempenho térmico de um vão envidraçado pode ser realizado através do seu coeficiente de transmissão térmica (U) e do factor solar ( $g_{\perp}$ ). Sendo que o coeficiente de transmissão térmica é uma medida da quantidade do fluxo de calor que se perde e o factor solar é a fração de energia solar transmitida através do vão envidraçado.

• **Coefficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados**

De acordo com (ADENE & DGEG, 2020b) o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que estes separam. Para vãos envidraçados com ou sem área opaca e sem contar com o caixilho, podem ser definidos de acordo com as Normas EN ISO 10077-1 e EN ISO 10077-2, conforme mostra a Equação 3.7 a seguir.

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g + \sum l_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_w} \quad \text{Equação 3.7}$$

Em que:

$U_w$  corresponde ao coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar, em unidade de  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$U_g$  corresponde ao coeficiente de transmissão térmica da área transparente, em unidade de  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$U_f$  corresponde ao Coeficiente de transmissão térmica do caixilho, em unidade de  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\Psi_g$  corresponde ao Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho, em unidade de  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$\Psi_{gb}$  corresponde ao coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar, em unidade de  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$A_w$  corresponde à área vão envidraçado, em unidade de  $m^2$ ;

$A_g$  corresponde à área transparente, em unidade de  $m^2$ ;

$A_f$  corresponde à área do caixilho, em unidade de  $m^2$ ;

$l_g$  corresponde ao desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho, em unidade de  $m$ ;

$l_{gb}$  corresponde ao Desenvolvimento linear da quadrícula inserida no espaço de ar, em unidade de  $m$ .

Para os casos dos vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar, deve-se ter em conta a proteção com maior resistência térmica oferecida e seu respetivo espaço de ar. Sendo possível determinar o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar ativados ( $U_{ws}$ ), conforme mostra a equação a seguir.

$$U_{ws} = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_w}\right) + \Delta R} \quad \text{Equação 3.8}$$

Em que:

$U_{ws}$  corresponde ao coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar ativados, em unidade de  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\Delta R$  corresponde acréscimo da resistência térmica devido ao dispositivo de proteção solar e ao espaço de ar, em unidade de  $(m^2 \cdot ^\circ C)/ W$ . Esse valor pode ser determinado pela Tabela 3.11 ou recorrer as Normas EN 13125, EN 13120+A1/AC, EN 13659, EN 13561/AC, EN ISO 10077-1 e ISO/TR 52022-2.

Tabela 3.11 - Resistência térmica adicional devido ao dispositivo de proteção ativado (ADENE & DGE, 2021).

Dispositivo de proteção solar (Fluxo horizontal)		$\Delta R$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W]
Cortinas e lonas		0,08
Estore veneziano de lâminas		0,08
Persiana	Réguas de madeira	0,16
	Réguas metálicas	0,12
	Réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19
	Réguas plásticas sem preenchimento de isolante	0,16
Portada	Réguas	0,08
	Opaca de madeira (outras espessuras)	0,16
	Opaca de madeira com 25 a 30 mm de espessura	0,22
	Opaca de plástico com preenchimento de isolante	0,19
	Opaca de plástico sem preenchimento de isolante	0,16
	Opaca metálica	0,12

Para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite ( $U_{WDN}$ ) deve ser obtido através da média entre os coeficientes de transmissão térmica com e sem os dispositivos de proteção solar ativados, correspondendo a metade de um dia com cada uma das situações, conforme mostra a equação a seguir.

$$U_{WDN} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} \quad \text{Equação 3.9}$$

### • Fração envidraçada

A fração envidraçada dos vãos, correspondendo à relação entre a área transparente e a área total do vão envidraçado, conforme mostra a equação a seguir.

$$F_g = \frac{A_{vão}}{A_{vidro}} \quad \text{Equação 3.10}$$

Em que:

$F_g$  corresponde à fração envidraçada;

$A_{vão}$  corresponde à área da abertura do vão, em unidade de  $m^2$ ;

$A_{vidro}$  corresponde à área da abertura do vão, em unidade de  $m^2$ .

Um outro método simplificado é utilizar os valores presentes na Tabela 3.12, do acordo Despacho n.º 15793-K/2013.

Tabela 3.12 - Fração envidraçada (ADENE & DGEG, 2021).

Caixilharia	$F_g$	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Sem caixilho	1,00	–
Metal (Alumínio e aço)	0,70	0,60
PVC e madeira	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	–

### • Fator solar

O fator solar é o que consideramos para determinar os ganhos solares através de uma superfície transparente, sendo que a radiação solar incidente transmitida pode ser de forma direta ou indireta para o interior do edifício ou fração.

Segundo (ADENE & DGEG, 2021) nas situações de vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar totalmente ativados, o fator solar ( $g_{tot}$ ) deve ser determinado de acordo com as duas

equações a seguir, considerando todos os dispositivos de proteção solar, do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaco.

Vidro simples

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc i}}{0,85}$$

Equação 3.11

Vidro duplo

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc i}}{0,75}$$

Equação 3.12

Em que:

$g_{tot}$  corresponde ao fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados;

$g_{\perp,vi}$  corresponde ao fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado;

$g_{tot,vc i}$  corresponde ao fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar  $i$  totalmente ativado.

Nos casos da existência de um dispositivo de proteção opaco exterior ao vão, devem ser considerados todos os dispositivos de proteção solar, do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaco. Deve-se levar em consideração duas situações:

- Na situação em que o dispositivo de proteção solar, do exterior para o interior, ser opaco, deve-se utilizar a equação a seguir.

$$g_{tot} = g_{tot,vc,op}$$

Equação 3.13

Tabela 3.13 - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar (ADENE &amp; DGEG, 2021).

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{L,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{L,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
<b>Dispositivos de proteção exteriores</b>							
Estore veneziano de lâminas de madeira	Não	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
Estore veneziano de lâminas metálicas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Lona muito transparente	Não	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
Lona opaca	Não	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Lona pouco transparente	Não	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Persiana de réguas de madeira	Sim	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Persiana de réguas metálicas ou plásticas	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada de lâminas fixas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada opaca	Sim	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
<b>Dispositivos de proteção interiores</b>							
Cortina ligeiramente transparente	Não	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
Cortina muito transparente	Não	0,70	-	-	0,63	-	-
Cortina opaca	Sim	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
Cortina transparente	Não	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
Estore de lâminas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Persiana	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada de lâminas fixas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada opaca	Sim	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	Não	-	-	-	0,28	0,34	0,40

- Na situação em que existem um ou mais dispositivos de proteção solar antes do dispositivo de proteção solar opaco, do exterior para o interior, deve-se utilizar as equações a seguir.

Vidro simples 
$$g_{tot} = g_{tot,vc,op} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc i}}{0,85}$$
 Equação 3.14

Vidro duplo 
$$g_{tot} = g_{tot,vc,op} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc i}}{0,75}$$
 Equação 3.15

Em que:

$g_{tot,vc,op}$  corresponde ao fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e com o primeiro dispositivo de proteção solar opaco totalmente ativado.

Os valores do  $g_{tot,vc i}$  e  $g_{tot,vc,op}$  podem ser obtidos através da Tabela 3.13.

#### • Fator de obstrução da radiação solar

As obstruções solares influenciam o efeito da radiação solar incidente num vão envidraçado, isso pode ocorrer devido um sombreamento causado por diferentes obstáculos. Esses obstáculos podem ser provocados por obstruções exteriores como outros edifícios ou por elementos do próprio edifício como as palas. A contabilização desse efeito pode ser descrita conforme a equação a seguir (ADENE & DGEG, 2021).

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$$
 Equação 3.16

Em que:

$F_g$  corresponde à fator de obstrução solar;

$F_h$  corresponde à fator de sombreamento do horizonte, devido a elementos opacos exteriores ao edifício ou do mesmo;

$F_o$  corresponde à fator de sombreamento de elementos opacos horizontais, designadamente, palas e varandas, sobrejacentes ao vão envidraçado;

$F_f$  corresponde à fator de sombreamento de elementos opacos verticais, designadamente, palas e outros corpos ou partes de um edifício, adjacentes ao vão envidraçado.

Dentro das obstruções solares, existem diferentes tipos de sombreamentos, como o sombreamento do horizonte, sombreamento por elementos horizontais, sombreamento por elementos verticais e sombreamento em vãos envidraçados interiores.

O sombreamento do horizonte é o sombreamento provocado por obstruções existentes num ângulo de  $120^\circ$ ,  $60^\circ$  para cada lado do vão envidraçado, sendo contabilizados a partir do centro, conforme mostra a figura a seguir.

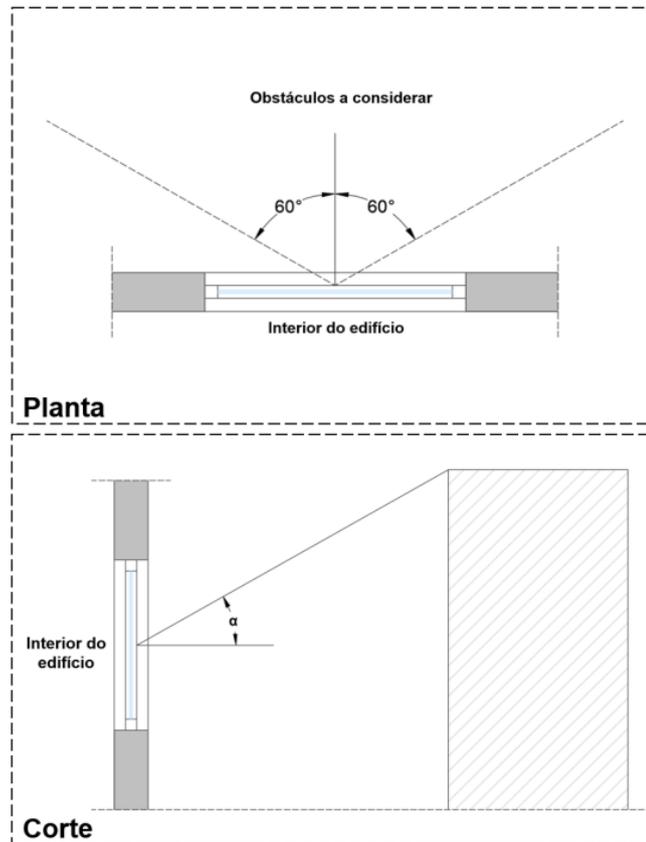


Figura 3.3 - Obstruções no horizonte (ADENE & DGEG, 2021).

O sombreamento do elemento opaco horizontal é a medição do ângulo entre a paralela ao vão envidraçado e a linha que une o centro deste e a extremidade do elemento de sombreamento, conforme mostra a figura a seguir.

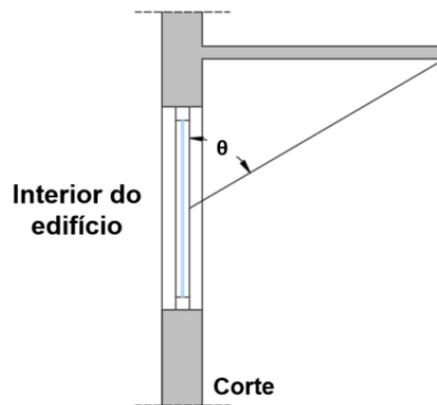


Figura 3.4 - Ângulo por elementos horizontais (ADENE & DGEG, 2021).

O sombreamento do elemento opaco vertical é contabilizado a partir da posição do elemento de sombreamento, à direita ou à esquerda, sendo que considerado a vista do interior para o exterior do edifício, conforme mostra a figura a seguir.

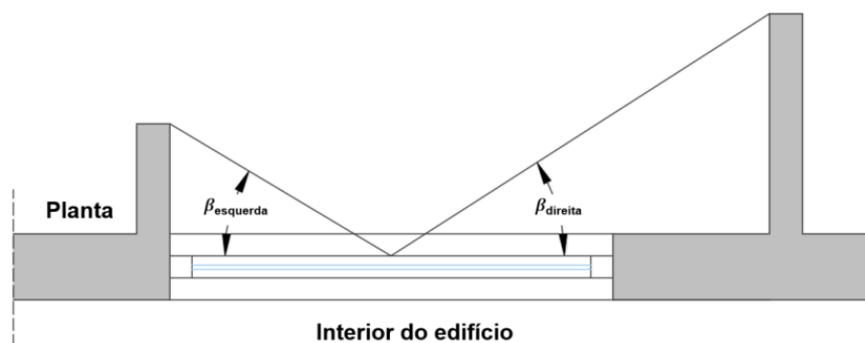


Figura 3.5 - Ângulos por elementos verticais (ADENE & DGEG, 2021).

### 3.1.5 Ventilação

Os sistemas de ventilação no âmbito da avaliação do desempenho energético dos edifícios podem ser classificados em três tipos de sistemas:

- Sistema de ventilação natural;
- Sistema mecânico;
- Sistema misto.

O sistema de ventilação natural pode ser constituídos por aberturas, condutas e passagens de ar interiores. Estas permitem que ocorra a renovação do ar pela diferença de temperatura e ação do vento. Essas renovações podem ocorrer por efeito de gradiente térmico e efeito da ação do vento.

O efeito de gradiente térmico ocorre quando existe uma variação de temperatura entre o ar interior e o exterior. O ar quente é menos denso que o ar frio, sendo assim, em uma situação em que o ar interior é mais quente que o exterior, o ar interior tende a sair pelas aberturas mais elevadas da habitação, enquanto o ar exterior entra pelas aberturas inferiores. Já o efeito da ação do vento ocorre devido a incidência do vento nas fachadas do edifício, originando um campo de pressões, positivas ou negativas, consoante a orientação do vento e das próprias fachadas. Sendo que as diferenças de pressão dão origem a caudais de ventilação, através de diferentes aberturas na fachada ocorre a entrada e saída do ar.

O sistema mecânico pode ser constituídos por sistemas e equipamentos que realizam extração e/ou insuflação de ar para promover a renovação de ar interior. Existem diferentes formas de utilização desses equipamentos, sendo que os mais correntes são a insuflação mecânica, extração mecânica e sistema balanceado.

A insuflação mecânica consiste em insuflar ar em diferentes pontos da habitação, através de uma rede de condutas associadas a um ventilador. Dessa maneira o ventilador força a entrada de ar e faz com que a pressão no interior do edifício aumente e conseqüentemente, obriga o ar a sair pelas janelas por exemplo. A extração mecânica o ar é forçado a sair por uma rede de condutas ligadas a um dispositivo de extração mecânica. Já o sistema balanceado combina-se a insuflação e a extração mecânicas, que pode ser controlada de forma a manter o edifício em ligeira depressão, insuflando acima de 90% do caudal extraído.

O sistema misto é a junção do sistema de ventilação natural e o sistema mecânico. Um exemplo deste sistema são os extractores individuais das instalações sanitárias, em que seu funcionamento pode ser controlado ou de forma automática.

No âmbito do desempenho energético do edifício, a ventilação deve assegurar uma adequada qualidade do ar interior, uma vez que permite renovar o ar de uma habitação para diminuir possíveis problemas como o excesso de humidade. Neste contexto, os edifícios novos e sujeitos a grande intervenção devem cumprir uma taxa nominal de renovação do ar interior ( $R_{ph}$ ) de 0,50. O valor da taxa nominal de renovação do ar na estação de aquecimento  $R_{ph,i}$  tem de ser igual ou superior a 0,50 renovações por hora. No caso dos edifícios existentes, caso o valor seja inferior a 0,40 renovações por hora, para efeitos de cálculo dever-se-á utilizar o valor mínimo exigido.

#### • **Permeabilidade ao ar**

Segundo (ADENE & DGEG, 2021) a permeabilidade ao ar pode ser descrita pelo grau de infiltrações de ar, definida em função da diferença de pressão entre os ambientes ou meios que a envolvente separa, e do grau de resistência à passagem do ar através da caixilharia e caixas de estore.

A permeabilidade ao ar da envolvente pode ser obtida através de um ensaio de pressurização de acordo com a Norma EN 13829. Caso seja necessário esse ensaio, deverá obter um valor máximo para o caudal de ar por infiltrações ( $n_{50}$ ), levando em consideração as especificações da caixilharia e caixa de estores.

Para os casos que não seja realizado o ensaio de pressurização, deve-se considerar que a infiltração vem dos elementos da envolvente, designadamente, caixilharia e caixa de estores. A classe de permeabilidade ao ar da janela relaciona-se diretamente com o coeficiente de classe de permeabilidade ao ar ( $W$ ), conforme mostra a tabela a seguir. Sendo determinada pelas Normas EN 1026, EN 12207, EN 14351-1+A2 e EN 14351-2 e por outras informações como a ficha técnica e Etiqueta marcação CE.

Tabela 3.14 - Coeficiente de classe de permeabilidade ao ar (ADENE & DGEG, 2021).

Classe de permeabilidade	$W$ [m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )]
0 (*)	100
1	50
2	27
3	9
4	3

(\*) Sem classificação

#### • Abertura da envolvente

Na análise do desempenho energético dos edifícios é necessário identificar os tipos de aberturas para a ventilação para a verificação dos requisitos mínimos. Um tipo de abertura na envolvente pode ser de secção autorreguláveis, estas são definidas por elementos sensíveis a ação do vento com um caudal de ar sensivelmente constante. Outro tipo de abertura na envolvente é a de secção fixa, sendo definida de acordo com a sua área livre de abertura, como mostra a figura a seguir. Para além disso, na tabela a seguir são definidos os procedimentos a adotar por cada tipo de abertura.

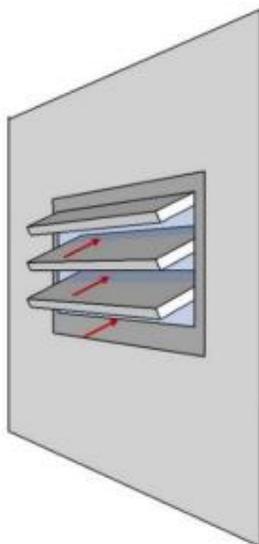


Figura 3.6 - Exemplo de grelha com seção fixa [adaptado] (ADENE & DGEG, 2021).

Tabela 3.15 - Procedimentos a adotar na caracterização de aberturas na envolvente (ADENE & DGEG, 2021).

Tipo de abertura	Procedimento
Abertura de seção fixa	Observação e medição no local da área livre de aberturas fixas
Abertura autorregulável – sem resultados de ensaios	Adotar abertura fixa, com a área livre medida pelo interior
Abertura autorregulável com resultados de ensaios	Informação dos caudais e da pressão de autorregulação nas aberturas autorreguláveis (catálogo do fabricante e relatórios de ensaio)

• **Conduitas de ventilação natural**

Para os cálculos do caudal de renovação de ar deve ser considerado o escoamento do ar através das conduitas de ventilação natural, sendo necessário contabilizar as perdas de cargas. Uma alternativa de contabilizar essas perdas é através da razão entre a área livre e a área da conduta, em função do diâmetro da conduta ( $D_c$ ), conforme mostra a tabela e figura a seguir.

Tabela 3.16 - Classe de perda de carga [adaptado] (ADENE & DGEG, 2021).

Classe de perda de carga	Conduta
Baixa	$D_c \geq 200 \text{ mm}$ e $A_{livre}/A_{conduta} \geq 70\%$
Média	$125 \text{ mm} \leq D_c < 200 \text{ mm}$ e $A_{livre}/A_{conduta} \geq 70\%$
Alta	$10\% \leq A_{livre}/A_{conduta} < 70\%$

$D_c$  – Diâmetro da conduta, em unidade de mm

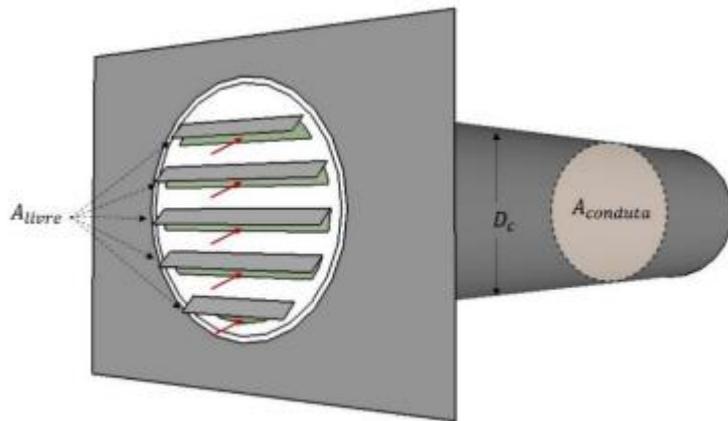


Figura 3.7 - Determinação de perda de carga na conduta de ventilação (ADENE & DGEG, 2021).

#### • Ventiladores

Na análise do desempenho energético dos edifícios os ventiladores são considerados apenas em casos de funcionamento contínuo ou em que o funcionamento seja automático. Os ventiladores novos ou renovados devem cumprir os requisitos de conceção ecológica e devem estar de acordo com as Normas EN 13141-6, EN 13141-7, EN 13141-4, EN 13142, EN 13141-8 e EN 13141-11. Na equação a seguir é obtido as informações para a caracterização destes equipamentos, tendo em conta a potência específica da unidade ( $SFP$ ).

$$SFP = \frac{P_{abs}}{q_v} \quad \text{Equação 3.17}$$

Em que:

$SFP$  corresponde à potência específica da unidade de ventilação, em unidade de  $W/(m^3/h)$ ;

$P_{abs}$  corresponde à potência elétrica absorvida pela unidade de ventilação, em unidade de  $W$ ;

$q_v$  corresponde ao caudal de ar da unidade de ventilação, em unidade de  $m^3/h$ .

### 3.1.6 Climatização e água quente

Tabela 3.17 - Eficiências a considerar na avaliação do desempenho energético dos edifícios [adaptado] (ADENE & DGEG, 2021).

Função	Eficiência	Exemplos de equipamentos
Água quente sanitária	Eficiência nominal	Esquentador, caldeira, termoacumulador, recuperador de calor e salamandra
	Eficiência sazonal ou, na sua ausência, eficiência nominal (eletricidade)	Bomba de calor
Água quente de piscinas	Eficiência nominal	Esquentador, caldeira, termoacumulador, recuperador de calor e salamandra
	Eficiência sazonal ou, na sua ausência, eficiência nominal (eletricidade)	Bomba de calor
Aquecimento ambiente	Eficiência nominal	Caldeira, termoacumulador, recuperador de calor e salamandra
	Eficiência sazonal ou, na sua ausência, eficiência nominal (eletricidade)	Bomba de calor, <i>split</i> , <i>multisplit</i> , <i>VRF</i> , <i>chiller</i> e <i>rooftop</i>
	Eficiência sazonal ou, na sua ausência, eficiência nominal (combustível)	
Arrefecimento ambiente	Eficiência sazonal ou, na sua ausência, eficiência nominal (eletricidade)	<i>Split</i> , <i>multisplit</i> , <i>VRF</i> e <i>chiller</i>
	Eficiência sazonal ou, na sua ausência, eficiência nominal (combustível)	

Para fins de análise do desempenho energético dos edifícios, os sistemas de climatização e produção de água quente devem ser contabilizados de acordo com a eficiência nominal de cada equipamento ou eficiências sazonais em casos de bombas de calor, conforme mostra Tabela 3.17. Para tanto é necessário levar em consideração as necessidades energéticas do edifício, voltados para um melhor desempenho e eficiência energética.

## 3.2 Indicadores de desempenho energético

São definidos dois tipos de balanço de energia para análise do desempenho energético de edifícios de habitação, nomeadamente o balanço real e o balanço de referência. O balanço de energia real leva em consideração as necessidades de energia primária para aquecimento, arrefecimento, preparação de água quentes sanitárias e ventilação mecânica e ainda o contributo de sistemas renováveis. Já para o balanço de referência, o procedimento não considera a existência de sistemas renováveis e o sistema de ventilação natural é processado de forma totalmente natural, com aberturas de janelas por exemplo (ADENE & DGEG, 2020b).

Na obtenção da classe energética dos edifícios de habitação leva em consideração a relação entre os dois balanços, sendo efetuados em condições normais de temperatura entre 18 °C na estação de aquecimento e de 25 °C na estação de arrefecimento. Esses levam ainda as seguintes considerações:

- Transferência de calor pela envolvente dos edifícios: Segundo (ADENE & DGEG, 2020b), a transferência de calor pela envolvente dos edifícios “estabelece a quantidade de energia que é transferida por todos os elementos da envolvente, opacos, não opacos, exteriores, interiores e em contacto com o solo, como paredes, coberturas, pavimentos, pontes térmicas planas, pontes térmicas lineares ou vãos envidraçados”.

- Transferência de calor por renovação de ar (ventilação): Segundo (ADENE & DGEG, 2020b), a transferência de calor por renovação de ar “estabelece as transferências de calor (perdas) por ventilação (natural ou mecânica) nas habitações. Ao introduzir ar novo exterior estamos a promover uma renovação e ao mesmo tempo a contribuir para a salubridade do imóvel”.

- Ganhos térmicos: Segundo (ADENE & DGEG, 2020b), “na estação de aquecimento, uma habitação possui ganhos solares pelos vãos envidraçados e ganhos devido às cargas internas, podendo estas ser provocadas pela iluminação, pelos equipamentos e pela ocupação”.

### 3.2.1 Necessidades de aquecimento

As necessidades de energia útil para aquecimento são a quantidade de energia necessária para manter em permanência em um edifício uma temperatura interior de referência durante toda a estação de aquecimento. Segundo (ADENE & DGEG, 2020b), “estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos de calor úteis, sendo os últimos devido às fontes internas de calor e aos ganhos através dos vãos envidraçados”.

Segundo o REH, as necessidades nominais de energia útil para o aquecimento do edifício,  $N_{ic}$  [kWh/m<sup>2</sup>.ano] são calculadas através da seguinte Equação 3.18. Para simplificação de cálculo, considera-se o edifício (ou fração autónoma) como uma única zona mantida permanentemente à temperatura de referência (18°C).

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}) / A_p \quad \text{Equação 3.18}$$

Em que:

$Q_{tr,i}$  corresponde à transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, em unidade kWh;

$Q_{ve,i}$  corresponde à transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, em unidade kWh;

$Q_{gu,i}$  corresponde aos ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, em unidade kWh;

$A_p$  corresponde à área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em unidade m<sup>2</sup>.

### 3.2.2 Necessidades de arrefecimento

As necessidades de energia útil para arrefecimento são a quantidade de energia necessária para manter em permanência em um edifício uma temperatura interior de referência durante a estação de arrefecimento. Segundo (ADENE & DGEG, 2020b), “estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos térmicos, sendo os últimos devido às fontes internas de calor e aos ganhos através dos vãos envidraçados”.

Segundo o REH, as necessidades nominais de energia útil para o arrefecimento do edifício  $N_{vc}$  [kWh/m<sup>2</sup>.ano] são calculadas através da seguinte Equação 3.19. Para que este se mantenha à temperatura de referência de 25°C, cuja duração de referência no regulamento é de 2928 horas.

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v} / A_p \quad \text{Equação 3.19}$$

Em que:

$\eta_v$  corresponde ao fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{ve,i}$  corresponde aos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento;

$A_p$  corresponde à área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em unidade  $m^2$ .

### 3.2.3 Necessidades de energia primária

Segundo (ADENE & DGEG, 2021) “as necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_{tc}$ ) correspondem ao total de energia primária para satisfazer anualmente as necessidades de aquecimento e arrefecimento ambiente e de preparação de AQS”. Para além disso, são ainda contabilizadas as energias primária para o funcionamento da ventilação mecânica, caso aplicável, e ainda é retirado a parte da energia produzida a partir de energia renovável, conforme mostra a equação a seguir.

$$N_{tc} = \sum_j \cdot \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_i \cdot F_{pu,j} + \sum_j \cdot \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} +$$

$$\sum_j \cdot \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} -$$

$$\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad \text{Equação 3.20}$$

Em que:

$N_{tc}$  corresponde à necessidades nominais anuais de energia primária, em unidade de  $kWh_{ep}/(m^2 \cdot \text{ano})$ ;

$N_{ic}$  corresponde à necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, em unidade de  $kWh/(m^2 \cdot \text{ano})$ ;

$f_{i,k}$  corresponde à parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema  $k$  para a fonte de energia  $j$ ;

$N_{vc}$  corresponde à necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, em unidade de  $kWh/(m^2 \cdot \text{ano})$ ;

$f_{v,k}$  corresponde à parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema  $k$  para a fonte de energia  $j$ ;

$Q_a$  corresponde à necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS, em unidade de kWh/ano;

$f_{a,k}$  corresponde à parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS supridas pelo sistema  $k$  para a fonte de energia  $j$ ;

$\eta_k$  corresponde à eficiência do sistema  $k$  para a fonte de energia  $j$ , assume o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeração e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida. Na ausência de isolamento térmico na rede de distribuição de água quente para aquecimento ambiente ou para preparação de AQS que assegure uma resistência térmica de, pelo menos,  $0,25 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$ , a eficiência dos respetivos sistemas técnicos deve ser multiplicada por 0,9;

$W_{vm,j}$  corresponde à consumo de energia elétrica  $j$  do funcionamento do ventilador, em unidade de kWh/ano;

$E_{ren,p}$  corresponde à energia produzida a partir de fontes de origem renovável  $p$  destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, em unidade de kWh/ano;

$A_p$  corresponde à área interior útil de pavimento, em unidade de  $\text{m}^2$ ;

$\delta_i$  corresponde à fator de anulação do consumo de energia para aquecimento, igual a 0 quando a relação  $N_{ic}/N_i$  é menor ou igual a 0,6 e o produto  $g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$  é menor ou igual a 0,15 em todos os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior, excluindo desta condição os situados no quadrante norte e aqueles em que a soma da sua área por espaço é igual ou inferior a 5% da área de pavimento desse mesmo espaço, tomando um valor igual a 1 nas restantes situações;

$\delta_v$  corresponde à fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento, igual a 1, exceto quando existem condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado, isto é, quando o fator de utilização de ganhos térmicos ( $\eta_v$ ) é superior ao respetivo fator de referência ( $\eta_{vref}$ ), assumindo nesta situação o valor 0;

$F_{pu,j}$  corresponde à fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia  $j$ , incluindo renovável, em unidade de  $\text{kWh}_{ep}/\text{kWh}$ ;

$F_{pu,p}$  corresponde à fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia renovável  $p$ , em unidade de  $\text{kWh}_{ep}/\text{kWh}$ .

### 3.2.4 Energia renovável para autoconsumo

Na avaliação do desempenho energético do edifício é necessário contabilizar a quantidade de energia proveniente de sistemas que recorram a fontes de energia renovável. Essa contabilização pode ser caracterizada pela energia destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício ( $E_{ren}$ ), sendo que a metodologia de cálculo a adotar depende de cada tipo de equipamento (ADENE & DGEG, 2020b).

#### • Sistemas solares térmicos

Na análise do desempenho energético dos edifícios os sistemas solares térmicos são dimensionados com a folha de cálculo SCE.ER disponibilizada pela DGEG. Esta permite determinar a contribuição da energia destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício ( $E_{ren}$ ). Em casos de não possuir as informações necessárias para inserir no SCE.ER e que não sejam sujeitos a verificação de requisitos, este pode ser definido pela equação a seguir.

$$E_{ren} = (0,44 \cdot A_C \cdot G_h) \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \quad \text{Equação 3.21}$$

Em que:

$E_{ren}$  corresponde à energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, em unidade de kWh/ano;

$A_C$  corresponde à área total de captação dos coletores, em unidade de m<sup>2</sup>;

$G_h$  corresponde à radiação solar média anual recebida numa superfície horizontal, em unidade de kWh/(m<sup>2</sup>.ano);

$f_1$  corresponde à fator de redução relativo ao posicionamento ótimo;

$f_2$  corresponde à fator de redução relativo ao sombreamento;

$f_3$  corresponde à fator de redução relativo à idade do equipamento.

#### • Sistemas do tipo bomba de calor (aerotérmica ou geotérmica)

Na análise do desempenho energético dos edifícios os sistemas do tipo bomba de calor (aerotérmica ou geotérmica) são dimensionados em conformidade com o presente na Diretiva 2009/28/CE. A contribuição da energia destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício ( $E_{ren}$ )

pode ser definida pela equação a seguir, considerando a contribuição apenas quando  $SPF$  é superior a 2,5.

$$E_{ren} = Q_{usable} \cdot (1 - 1/SPF) \quad \text{Equação 3.22}$$

Em que:

$E_{ren}$  corresponde à energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, em unidade de kWh/ano;

$Q_{usable}$  corresponde à energia útil para o uso de aquecimento, arrefecimento ou preparação de água quente suprida por bombas de calor, em unidade de kWh/ano;

$SPF$  corresponde à fator médio de desempenho sazonal estimado.

### 3.2.5 Classe energética

A classe energética dos edifícios de habitação pode ser definida através da relação entre as necessidades nominais de energia primária previstas e de referência, apresentado na equação a seguir. Sendo que em função do rácio de classe energética é obtido uma classe energética conforme mostra a tabela a seguir (ADENE & DGEG, 2021).

$$R_{NT} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad \text{Equação 3.23}$$

Em que:

$R_{NT}$  corresponde ao rácio de classe energética em edifícios de habitação;

$N_{tc}$  corresponde à necessidades nominais anuais de energia primária, em unidade de kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup> .ano);

$N_t$  corresponde à necessidades nominais anuais de energia primária, em unidade de kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup> .ano);

Tabela 3.18 - Intervalos de valor de  $R_{NT}$  para edifícios de habitação (ADENE & DGEG, 2020b)

Classe energética	$R_{NT}$
A+	$R_{NT} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{NT} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{NT} \leq 0,75$
B -	$0,75 < R_{NT} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{NT} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{NT} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{NT} \leq 2,50$
F	$R_{NT} > 2,50$

### 3.3 Breve apresentação do software utilizado

#### 3.3.1 Folha de cálculo ITeCons

A folha de cálculo disponibilizada pela entidade ITeCons é principalmente utilizada por peritos qualificados no âmbito da Certificação Energética dos Edifícios. A entidade disponibiliza referidas ferramentas de cálculo preparadas para realizar de forma automática uma verificação de requisitos mínimos e energéticos para edifícios. Para além disso, essa ferramenta disponibiliza a opção de inserir medidas de melhoria, relatórios técnicos e a criação de ficheiros para a emissão de Certificados Energéticos (ITeCons, 2020).

Para o presente estudo, foi utilizado a folha de cálculo na sua versão 1.06 de 7 de setembro de 2021, com base no Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro, pela qual as principais alterações decorrentes da sua entrada em vigor são:

- Possibilidade de inserir a classe de inércia térmica por espaço, nas versões anteriores era inserido de forma geral por fração;
- Introdução de alterações do funcionamento da folha de calculo da ventilação, com base na nova taxa de renovação horária de 0,40 para 0,50;
- Eliminação dos limites de eficiência e introdução do fator de idade para os sistemas técnicos.

Os relatórios energéticos gerados para as diferentes simulações das soluções construtivas propostas neste trabalho, encontram-se nos Anexos I à VI do presente trabalho.

### **3.3.2 *Folha de cálculo SCE.ER***

A folha de cálculo SCE.ER foi utilizada para o dimensionamento de painéis solares térmicos no âmbito do Sistema de Certificação Energética - SCE, em seu cálculo gerado é possível obter a contribuição de energia solar para preparação de águas quentes sanitárias e/ou climatização. O software é disponibilizado pela Direção Geral de Energia e Geologia – DGEG, sendo para o presente estudo foi utilizado a versão 1.7.0. A folha de cálculo permite adicionar novos equipamentos aos bancos de dados de equipamentos do SCE.ER, sendo importante inserir a correta informação de acordo as fichas técnicas de cada equipamento. Para os equipamentos de energia solar, sendo para edifícios novos, é necessário que os equipamentos sejam certificados e que possuam certificados válidos.

As simulações dos painéis solares gerados para o sistema solar térmico proposto neste trabalho, bem como a simulação dos requisitos mínimos, encontram-se nos Anexos VII e VIII do presente trabalho.

## 4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado um caso real onde foram aplicadas diferentes práticas que levam em consideração o aumento da eficiência energética, bem como a utilização de equipamentos com fontes de energias renováveis. De maneira, serão abordados temas específicos, tais como a descrição das áreas do edifício, dados climáticos que estão inseridos, soluções construtivas das envolventes e sistemas técnicos para a produção das águas quentes sanitárias.

### 4.1 Descrição e levantamento dimensional do edifício

Para o presente estudo, foi selecionado um Edifício de Habitação Coletiva de 5 pisos + 2 pisos em cave a construir sito em Rua Cidade da Paz, Lote 17, Urbanização O Arneiro do Cuco Dabeja, Freguesia de Mina de Água, Concelho da Amadora. Para fins de análise, será considerada apenas a fração I, Figura 4.1, correspondente ao último piso.



Figura 4.1 - Fachada do edifício em estudo - Identificação da Fração I.

Com o projeto de arquitetura é possível realizar o levantamento dimensional do edifício/fração, obtendo assim as áreas e pé-direito de cada espaço, como mostra a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Levantamento dimensional da Fração I

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m <sup>3</sup> )
Cozinha, Hall e Sala	75.70	2.60	54.5	196.82
I.S. 1	2.50	2.60	1.8	6.50
I.S. 2	5.75	2.60	4.1	14.95
I.S. quarto 3	5.50	2.60	4.0	14.30
Quarto 1	14.55	2.60	10.5	37.83
Quarto 2	14.00	2.60	10.1	36.40
Quarto 3	20.95	2.60	15.1	54.47
<b>TOTAL</b>	<b>138.950</b>	<b>2.600</b>	<b>100.0</b>	<b>361.27</b>

A Figura 4.2 mostra a marcação das envolventes das paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados. As cores adotadas vão de acordo com o espaço pelo qual a envolvente está em contacto. A cor vermelha foi utilizada para marcar envolventes em contacto com o exterior, a cor amarela para marcação de envolventes em contacto com espaços não úteis com bztu superior a 0,7, a cor azul para marcação de envolventes em contato com edifícios adjacentes e com espaços não úteis com bztu inferior ou igual a 0,7 (ADENE & DGEG, 2021).

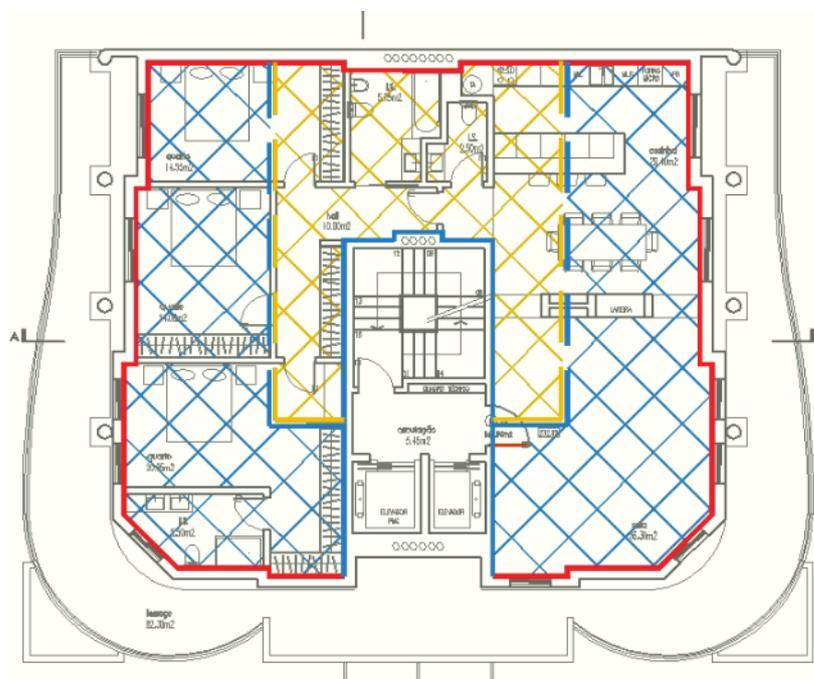


Figura 4.2 - Marcação das envolventes da Fração I

A determinação do valor do Coeficiente de redução de perdas - bztu para a designação ao espaço não útil, foi baseado na área de contato desse espaço com o espaço aquecido, pela razão da área de contato desse espaço com a área de contato com o exterior. Para além disso, foi necessário definir o seu volume e o tipo de ventilação (fracamente ou fortemente ventilado). A tabela a seguir mostra os valores encontrados para os espaços do edifício em estudo.

Tabela 4.2 - Determinação do coeficiente de redução de perdas do edifício

Designação do espaço não útil	A <sub>i</sub>	A <sub>u</sub>	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub>	Volume	Ventilação	Bztu
Parque de estacionamento	137,95	41,23	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	V > 200	Fraca	0,6
Escadas/Circulação	39,21	0,00	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	V ≤ 50	Fraca	0,3
Elevador	236,64	0,00	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	50 < V ≤ 200	Fraca	0,4
Hall entrada principal	38,51	12,58	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	V ≤ 50	Fraca	0,4
Área Técnica	13,26	8,06	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	V ≤ 50	Fraca	0,6
Arrecadação cobertura	43,25	83,63	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	50 < V ≤ 200	Fraca	0,8
Desvão cobertura	106,44	71,15	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub> ≥ 4	50 < V ≤ 200	Fraca	0,7

## 4.2 Identificação geográfica

A caracterização do local de implementação do edifício/fração, foi realizada de acordo com o seu zonamento climático, que se baseia na Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS). De acordo com o Despacho n.º 15793-F/2013, existem três zonas climáticas de Inverno (I1, I2, I3) e três zonas de Verão (V1, V2 e V3) para que se possa enquadrar o edifício. De acordo com a localização do edifício na figura a seguir, foi definido os dados de acordo com a Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Dados de implantação da Fração I

	Dados	Zona climática
Concelho	Amadora	I1, V2
Edifício	Fração habitacional	
Localização	no interior de uma zona urbana	Rugosidade I
Altitude [m]	218,00	GD = 1256°C dia Duração da Est. Aquec. 5,6 meses



Figura 4.3 - Localização do edifício

### 4.3 Envoltente opaca

Através da envoltente opaca é que ocorre a transmissão de calor por convecção, condução e radiação, como por exemplo pelas paredes e coberturas exteriores, sendo necessárias para a quantificação e análise do desempenho térmico e energético do edifício. Uma das principais características da envoltente opaca que influenciam o comportamento térmico do edifício é o coeficiente de transmissão térmica (U).

Para o presente estudo da Fração I, foram considerados os elementos da envoltente opaca existentes da fração, designadamente:

- Parede exterior;
- Parede interior;
- Cobertura interior.

## 4.3.1 Parede exterior

Tabela 4.4 - Tipo de solução da parede exterior

Tipo de parede	Descrição da parede	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
<p><b>Parede exterior 1</b> - Parede dupla de alvenaria de tijolo cerâmico furado com isolamento na caixa de ar</p>	<p>Solução de parede exterior constituída por: reboco tradicional com 1,5cm de espessura, 1800kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300W/(m°C); tijolo cerâmico com 11cm de espessura e 0,270(m<sup>2</sup>C)/W de resistência térmica; caixa de ar com 2cm de espessura e 0,130(m<sup>2</sup>C)/W de resistência térmica; poliestireno extrudido (XPS) com 5cm de espessura, 25kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037W/(m°C); tijolo cerâmico com 9cm de espessura e 0,230(m<sup>2</sup>C)/W de resistência térmica e estuque projetado com 1,5cm de espessura, 1200kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,430W/(m°C). A espessura total da solução é de 30cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,46W/(m<sup>2</sup>C).</p>	0,46
<p><b>Parede exterior 2</b> - Parede simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com sistema ETICS aplicada pelo exterior</p>	<p>Solução de parede exterior constituída por: Sistema ETICS – revestimento exterior com 0,5cm de espessura, 32kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,300W/(m°C); poliestireno expandido (EPS) com 6cm de espessura, 15kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040W/(m°C); tijolo cerâmico com 22cm de espessura e 0,520(m<sup>2</sup>C)/W de resistência térmica e estuque projetado com 1,5cm de espessura, 1200kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,430W/(m°C). A espessura total da solução é de 30cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,45W/(m<sup>2</sup>C).</p>	0,45
<p><b>Parede exterior 3</b> - Parede simples de tijolo térmico com sistema ETICS aplicada pelo exterior</p>	<p>Solução de parede exterior constituída por: Sistema ETICS – revestimento exterior com 0,5cm de espessura, 32kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,300W/(m°C); poliestireno expandido (EPS) com 4cm de espessura, 15kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040W/(m°C); tijolo térmico com 24cm de espessura e 1,070(m<sup>2</sup>C)/W de resistência térmica e estuque projetado com 1,5cm de espessura, 1200kg/m<sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,430W/(m°C). A espessura total da solução é de 30cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,44W/(m<sup>2</sup>C).</p>	0,44

Para a análise e comparação das paredes exteriores, no âmbito do desempenho energético dos edifícios foram propostas três diferentes soluções construtivas, conforme mostra a Tabela 4.4 e Tabela 4.5, com diferentes coeficientes de transmissão térmica (U). Na caracterização das soluções da envolvente levou-se em consideração, para além do REH, as tabelas incluídas em publicação do LNEC mencionadas nesse regulamento, nomeadamente o ITE50.

Tabela 4.5 - Caracterização e levantamento da parede exterior

Designação do Tipo de Solução	Áreas por orientação (m <sup>2</sup> )								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
Parede exterior 1, 2 e 3	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	96,52	0,46	0,50	0,50
	0,00	16,34	2,56	25,98	2,56	17,18	0,00	31,90				
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	5,20	0,81	0,50	0,90
	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	2,60				
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	2,80	0,81	0,50	0,90
	0,00	1,13	0,00	0,20	0,00	1,13	0,00	0,34				
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	4,02	0,43	0,50	0,90
	0,00	1,56	0,30	0,30	0,30	1,56	0,00	0,00				

• Parede com sistema ETICS

O sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems), é uma solução de isolamento térmico pelo exterior, que consiste num conjunto de revestimentos de placas de isolamento térmico fixada no exterior das fachadas por um produto de colagem e/ou fixação mecânica. Em obra estas placas recebem um revestimento exterior contínuo armado que tem como função proteger o isolamento térmico dos agentes atmosféricos, nomeadamente a rede de fibra de vidro, argamassa de regularização e primário, conforme mostra a Figura 4.4.



Figura 4.4 - Representação do sistema ETICS (Obras 360, 2021)

Este sistema pode ser aplicado em paredes de alvenaria, que é qualquer elemento construtivo unidos entre si por meio de uma argamassa e constituídas normalmente por tijolos, blocos de betão ou blocos de betão celular autoclavado. As placas de isolamento utilizadas nas construções geralmente variam entre 40 mm a 80 mm de espessura, sendo que os materiais mais comuns são o EPS (poliestireno expandido moldado), o XPS (poliestireno expandido extrudido) e o ICB (placas de aglomerado de cortiça expandida).

O desempenho energético de um edifício com a aplicação desse sistema apresenta diversas vantagens, principalmente associada a diminuição do consumo de energia residencial, dentre elas destacam-se:

- Melhoria da inércia térmica: Aumento dos ganhos internos de energia devido o aumento da massa da parede da fachada, sendo que no inverno e verão os ganhos solares aumentam devido à capacidade de regulação da temperatura interior.

- Redução das pontes térmicas lineares: O isolamento térmico sem interrupções nas zonas da estrutura reduz as pontes térmicas lineares.

- Diminuição do risco de condensações no interior da parede: O sistema é impermeável à água no estado líquido, no entanto permite a passagem do vapor de água, facilitando assim a saída da humidade acumulada no interior.

#### • Parede de alvenaria dupla

A parede dupla é um sistema composto por dois panos paralelos de alvenaria, um exterior e outro interior, entre elas geralmente existe um espaço de ar conforme mostra a Figura 4.5, que tem como

objetivo conservar a parede interior da eventual humidade. Os dois panos de alvenaria podem ser compostos por diversos tipos de materiais, como por exemplo o tijolo de barro vermelho (maciço ou furado) e blocos de betão leve.

As paredes duplas com caixa-de-ar tendem a criar problemas de humidade, por isso é importante que a caixa de ar esteja ventilada e limpa, para ser acrescida de isolamento térmico. Sendo que esse isolamento não deverá preencher totalmente a caixa de ar, de modo que exista um espaço de ar para ajudar na secagem das humidades e dissipação de calor para reduzir os ganhos solares para o interior.

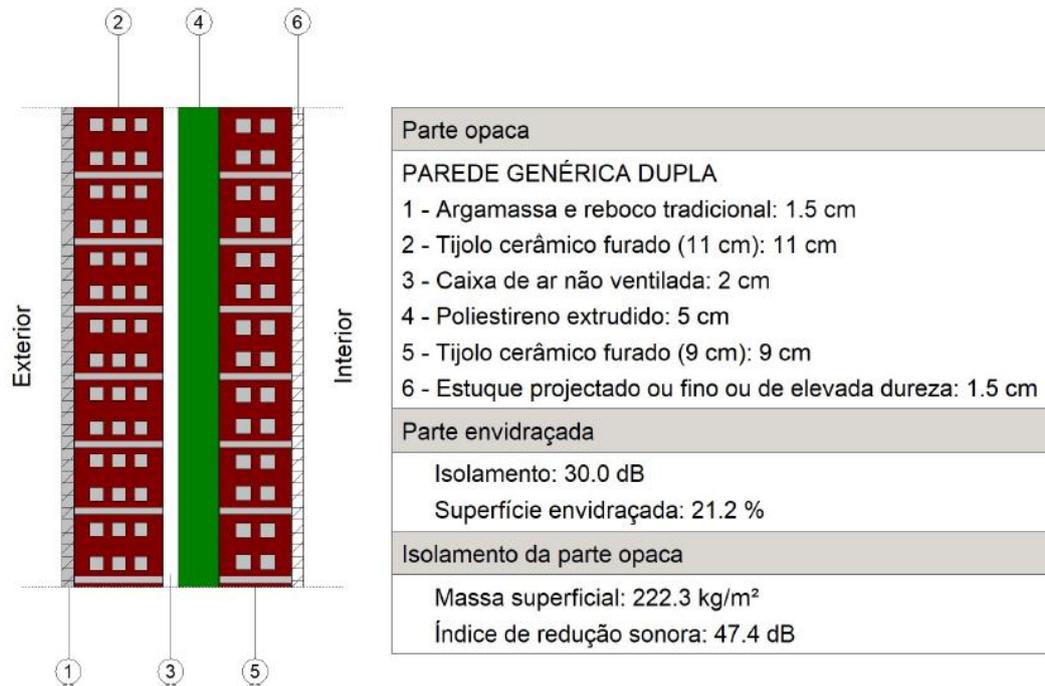


Figura 4.5 - Representação do sistema de parede dupla

#### 4.3.2 Parede interior

Para a análise das paredes interiores, no âmbito do desempenho energético dos edifícios foram propostas as soluções construtivas, conforme mostra as tabelas a seguir. Na caracterização das soluções da envolvente levou-se em consideração, para além do REH, as tabelas incluídas em publicação do LNEC mencionadas nesse regulamento, nomeadamente o ITE50. Para além disso, para a caracterização dessas paredes foi necessário definir o tipo de espaço em as paredes interiores estão em contacto, designadamente o coeficiente de redução de perdas ( $b_{zlu}$ ).

Tabela 4.6 - Tipo de solução da parede interior

Tipo de parede	Descrição da parede	U
		(W/m <sup>2</sup> .°C)
<b>Parede interior 1 -</b> Parede simples de tijolo cerâmico	Solução de parede interior constituída por: reboco tradicional com 1,5cm de espessura, 1800kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 1,300W/(m°C); tijolo cerâmico com 11cm de espessura e 0,270(m <sup>2</sup> C)/W de resistência térmica; caixa de ar com 2cm de espessura e 0,170(m <sup>2</sup> C)/W de resistência térmica; poliestireno extrudido (XPS) com 5cm de espessura, 25kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037W/(m°C); tijolo cerâmico com 9cm de espessura e 0,230(m <sup>2</sup> C)/W de resistência térmica e estuque projetado com 1,5cm de espessura, 1200kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,430W/(m°C). A espessura total da solução é de 30cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,43W/(m <sup>2</sup> C).	0,43
<b>Parede interior 2 -</b> Parede simples de betão armado	Solução de parede interior constituída por: estuque projetado com 2cm de espessura, 1200kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,430W/(m°C); betão armado com 20cm de espessura, 2300kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000W/(m°C); lâ de rocha com 5cm de espessura, 40kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,042W/(m°C) e placas de gesso cartonado com 1,25cm de espessura, 750kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250W/(m°C). A espessura total da solução é de 28,25cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,61W/(m <sup>2</sup> C).	0,61

Tabela 4.7 - Caracterização e levantamento da parede interior

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil em contacto	b <sub>ztu</sub>	Área por b <sub>ztu</sub> (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>Máx</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)
Parede Interior 1	Escadas/Circulação	0,30	17,16	0,43	0,80	2,00
Parede Interior 2	Elevador	0,40	10,89	0,61	0,80	2,00

## 4.3.3 Cobertura interior

Tabela 4.8 - Tipo de solução da cobertura interior

Tipo de cobertura	Descrição da cobertura	U
		(W/m <sup>2</sup> .°C)
<b>Cobertura interior 1</b> - Cobertura plana horizontal com isolamento pelo exterior	Solução de cobertura interior constituída por: revestimento ou sistema de proteção sobre betonilha de regularização com 5cm de espessura, 2300kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 1,800W/(m°C); poliestireno extrudido (XPS) com 10cm de espessura, 25kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037W/(m°C); betão armado com 20cm de espessura, 2300kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000W/(m°C); caixa de ar com 10cm de espessura e 0,220(m <sup>2</sup> °C)/W de resistência térmica e placas de gesso cartonado com 1,25cm de espessura, 750kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250W/(m°C). A espessura total da solução é de 46,25cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,30W/(m <sup>2</sup> °C).	0,30
<b>Cobertura interior 2</b> - Cobertura plana horizontal com isolamento pelo exterior	Solução de cobertura interior constituída por: revestimento ou sistema de proteção sobre betonilha de regularização com 5cm de espessura, 2300kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 1,800W/(m°C); poliestireno extrudido (XPS) com 10cm de espessura, 25kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037W/(m°C); betão armado com 20cm de espessura, 2300kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 2,000W/(m°C); caixa de ar com 10cm de espessura e 0,220(m <sup>2</sup> °C)/W de resistência térmica e placas de gesso cartonado com 1,25cm de espessura, 750kg/m <sup>3</sup> de massa volúmica e com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,250W/(m°C). A espessura total da solução é de 46,25cm e o seu coeficiente de transmissão térmica é de 0,30W/(m <sup>2</sup> °C).	0,30

Para coberturas interiores, no âmbito do desempenho energético dos edifícios foram propostas as soluções construtivas, conforme mostra a Tabela 4.8. Na caracterização das soluções da envolvente levou-se em consideração, para além do REH, as tabelas incluídas em publicação do LNEC mencionadas nesse regulamento, nomeadamente o ITE50. Para além disso, para a sua caracterização foi necessário definir o tipo de espaço em as coberturas interiores estão em contacto, designadamente o coeficiente de redução de perdas ( $b_{zti}$ ).

Tabela 4.9 - Caracterização e levantamento da cobertura interior

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil em contacto	$b_{ztu}$	Área total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)
Cobertura Interior 1	Arrecadação cobertura	0,80	46,71	0,30	0,40
Cobertura Interior 2	Desvão cobertura	0,70	96,72	0,30	0,60

#### 4.4 Envolvente envidraçada

A envolvente envidraçada refere-se aos vãos envidraçados, que englobam o vidro e a caixilharia, sendo as características dos envidraçados como o coeficiente de transmissão térmica e fator solar, os que mais influenciam os resultados do comportamento térmico (ADENE & DGEG, 2021). Para a caracterização dos envidraçados, foi necessário definir diversos parâmetros:

- Dimensões do vão envidraçado, incluindo o caixilho e o vidro;
- Dados sobre a caixilharia como a classe de permeabilidade ao ar e o tipo de material;
- Tipo de vidro, se são vidros simples, duplos ou triplos e sua composição;
- Tipos de dispositivos de proteção solar, de acordo com a tipologia presente no Despacho n.º 15793 K/2013, como por exemplo se o dispositivo está pelo exterior ou interior;
- Contabilizar os sombreamentos e verificar a sua orientação solar.

A contabilização e definição dos envidraçados da Fração I, no âmbito do desempenho energético dos edifícios, encontra-se nas tabelas a seguir. Utilizou-se o mesmo tipo de envidraçado para as diferentes simulações realizadas na folha de cálculo do IteCons.

Tabela 4.10 - Tipo de solução do vão envidraçado exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Solução de vão envidraçado exterior constituído por caixilharia metálica com corte térmico com vidro duplo (6mm+14mm de lâmina de ar+4mm), com classificação 4 quanto à permeabilidade ao ar, de acordo com a Norma EN 12207. O seu coeficiente de transmissão térmica ( $U_{wdn}$ ) é igual a 1,62W/(m <sup>2</sup> °C) e o fator solar do vidro de 0,35.	Com protecção pelo exterior	Persianas exteriores de réguas metálicas ou plásticas de cor clara.

Tabela 4.11 - Sombreamento do vão envidraçado exterior

ID vão	Obstrução do Horizonte $\alpha^0$	Pala horizontal $\alpha^0$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}^0$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}^0$
1	20	0	0	0
2	20	0	0	0
3	20	0	0	0
4	20	0	0	0
5	20	0	0	0
6	20	0	0	0
7	20	0	0	0
8	20	0	0	0
9	20	0	0	0
10	20	0	0	0
11	20	0	0	0

Tabela 4.12 - Caracterização e levantamento do vão envidraçado exterior

ID vão	Divisão	Designação do tipo de solução	Orientação	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	Permeabilidade da Caixa de Estore	$U_{WDN}$	$g_{\pm,vi}$	$g_{\pm,vi}^{Máx}$
1	Quarto 1	VE1	Sudoeste	2,88	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,42
2	Quarto 2	VE1	Sudoeste	2,88	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,41
3	Quarto 3	VE1	Sudoeste	1,80	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,46
4	Quarto 3	VE1	Sudoeste	2,00	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,46
5	I.S. quarto 3	VE1	Sul	2,00	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,23
6	Cozinha, Hall e Sala	VE1	Nordeste	3,20	Perm. Baixa	1,62	0,35	-
7	Cozinha, Hall e Sala	VE1	Nordeste	3,20	Perm. Baixa	1,62	0,35	-
8	Cozinha, Hall e Sala	VE1	Nordeste	2,00	Perm. Baixa	1,62	0,35	-
9	Cozinha, Hall e Sala	VE1	Nordeste	2,00	Perm. Baixa	1,62	0,35	-
10	Cozinha, Hall e Sala	VE1	Este	2,00	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,56
11	Cozinha, Hall e Sala	VE1	Sudeste	2,00	Perm. Baixa	1,62	0,35	0,56

## 4.5 Sistemas Técnicos

Segundo (ADENE & DGEG, 2021), define que os sistemas técnicos são “o conjunto dos equipamentos associados ao processo de climatização, incluindo o aquecimento, arrefecimento e ventilação natural, mecânica ou híbrida, a preparação de águas quentes sanitárias e a produção de energia renovável”. Para a caracterização desses sistemas, foram necessárias informações sobre os equipamentos, tais como:

- Função do equipamento: AQS, arrefecimento ou aquecimento;
- Funcionamento (perfil de consumo): Durante todo ano ou apenas fora da estação de aquecimento;
- Potência (kW) do equipamento;
- Eficiência do Equipamento Nominal/Sazonal;
- Fração servida (0 a 1): corresponde as parcelas que são afetadas por esse equipamento.

Para edifícios novos de acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, é necessário a realização de inspeções periódicas aos sistemas técnicos de aquecimento, arrefecimento ou ventilação. O edifício em estudo prevê estas inspeções em seu respetivo projeto de manutenção.

### • Equipamento AQS

Tabela 4.13 - Identificação das soluções propostas dos equipamentos para AQS

Equipamento para AQS	Características do equipamento	Produção Total de energia (kWh/ano)
<b>Painel solar térmico</b>	Sistema solar térmico, tipo Bosch FKC-2s, constituído por um coletor solar com uma área total de 2,25 m <sup>2</sup> , voltados a Sul (azimute 0°), com uma inclinação de 35°. O equipamento tem como apoio um termoacumulador com um volume do tanque de 200 litros e uma resistência elétrica interior.	1735,00
<b>Bomba de calor</b>	Bomba de calor (ar-água), tipo Haier HP250M3C, funcionando a eletricidade. O equipamento tem um volume do tanque de 240 litros.	1709,51

Para o presente estudo de caso, na escolha do equipamento utilizado para a produção de AQS e de modo a perceber as diferentes contribuições dos equipamentos para a produção de energia renováveis, foram propostas duas soluções conforme mostra a Tabela 4.13, Tabela 4.14 e Tabela 4.15.

O consumo de referência em edifícios de habitação, no que respeita às AQS é de 40 litros de água quente por ocupante a uma temperatura 35°C superior à que circula na rede sanitária. No que diz respeito a bomba de calor, foi caracterizada de acordo com as informações técnicas presentes no Anexo IX do presente trabalho.

Tabela 4.14 - Caracterização do painel solar térmico

Identificação do Sistema	Função	EREN (kWh/ano)	Parcela afecta à Função (0 a 1)	Área Total de Coletores (m <sup>2</sup> )	Produtividade (kWh/m <sup>2</sup> ) Coletores
Painel solar térmico	Águas Quentes Sanitárias	1735,00	1,00	2,25	771,11

Tabela 4.15 - Caracterização da bomba de calor

Identificação do Sistema	Função	Potência (kW)	Eficiência do Equipamento Nominal/Sazonal	Fracção servida (0 a 1)	Idade do sistema
Bomba de calor	Águas Quentes Sanitárias	2,13	3,56	1,00	idade ≤ 1 ano

#### • Ventilação

Para o sistema de ventilação esta previsto as aberturas de grelhas fixas e auto-reguláveis nas fachadas das envolventes, além disso foi considerado condutas de ventilação natural do tipo exaustão, para as áreas das instalações sanitárias, conforme mostra as tabelas a seguir.

Tabela 4.16 - Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tipo de abertura	Área livre (cm <sup>2</sup> ) / Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Designação
Fixa ou regulável manualmente	150,00	aberturas fixas em fachada
Auto-regulável a 20 Pa	360,00	aberturas auto-reguláveis

Tabela 4.17 - Conduatas de ventilação natural

Tipo de escoamento	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de conduatas semelhantes
Exaustão	Alta	Terraço, inclinada (<10°)	3

O resultado da taxa de renovação horária calculada com a ferramenta de cálculo de ventilação do IteCons foi de 0,51. Esse valor satisfaz os requisitos mínimos de 0,50 para edifícios novos.

#### • Carregamento elétrico de veículos

Para edifícios novos de acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, é necessário a instalação de infraestruturas e de pontos de carregamento de veículos elétricos. O edifício em estudo prevê esta instalação em seu respetivo projeto elétrico.

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os dados apresentados no estudo de caso, a fim de caracterizar a melhor solução adotada para o aumento da eficiência energética do edifício, tendo como base os balanços energéticos gerados de cada simulação térmica realizada com a folha de cálculo do ITeCons. Os únicos elementos que foram alterados nas simulações realizadas foram a parede exterior e o equipamento da produção da água quente sanitária, sendo que os demais elementos permaneceram inalterados.

### 5.1 Comparação das paredes exteriores

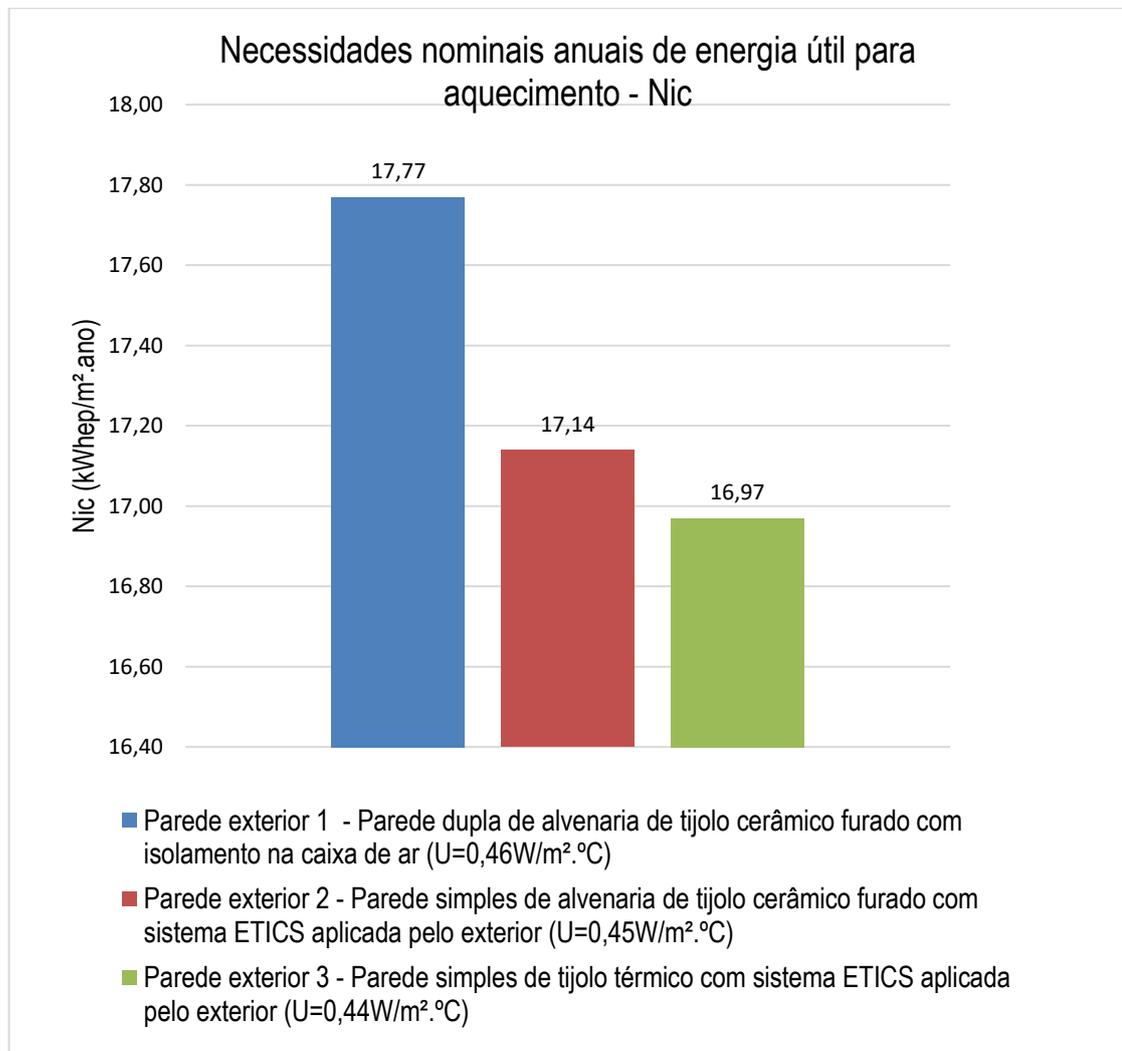


Figura 5.1 - Variação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento

Para a comparação das diferentes paredes exteriores propostas para a Fração I, foram realizadas simulações para cada tipo de parede exterior. O objetivo foi perceber a influência do coeficiente de transmissão térmica (U) da solução para com as necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento da fração.

Em análise pode-se observar que na estação de aquecimento obtemos menores valores das necessidades nominais anuais de energia útil quanto menor for o coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, conforme mostra a Figura 5.1. Nesse sentido, quando se tem menos transferência de calor pelas paredes, as perdas térmicas pelas mesmas são inferiores.

Um maior valor de necessidades de aquecimento reflete-se em mais horas de utilização de energia para esse efeito, em que o coeficiente de transmissão térmica das envolventes exteriores influenciam diretamente as necessidades para satisfazer o conforto pelos ocupantes.

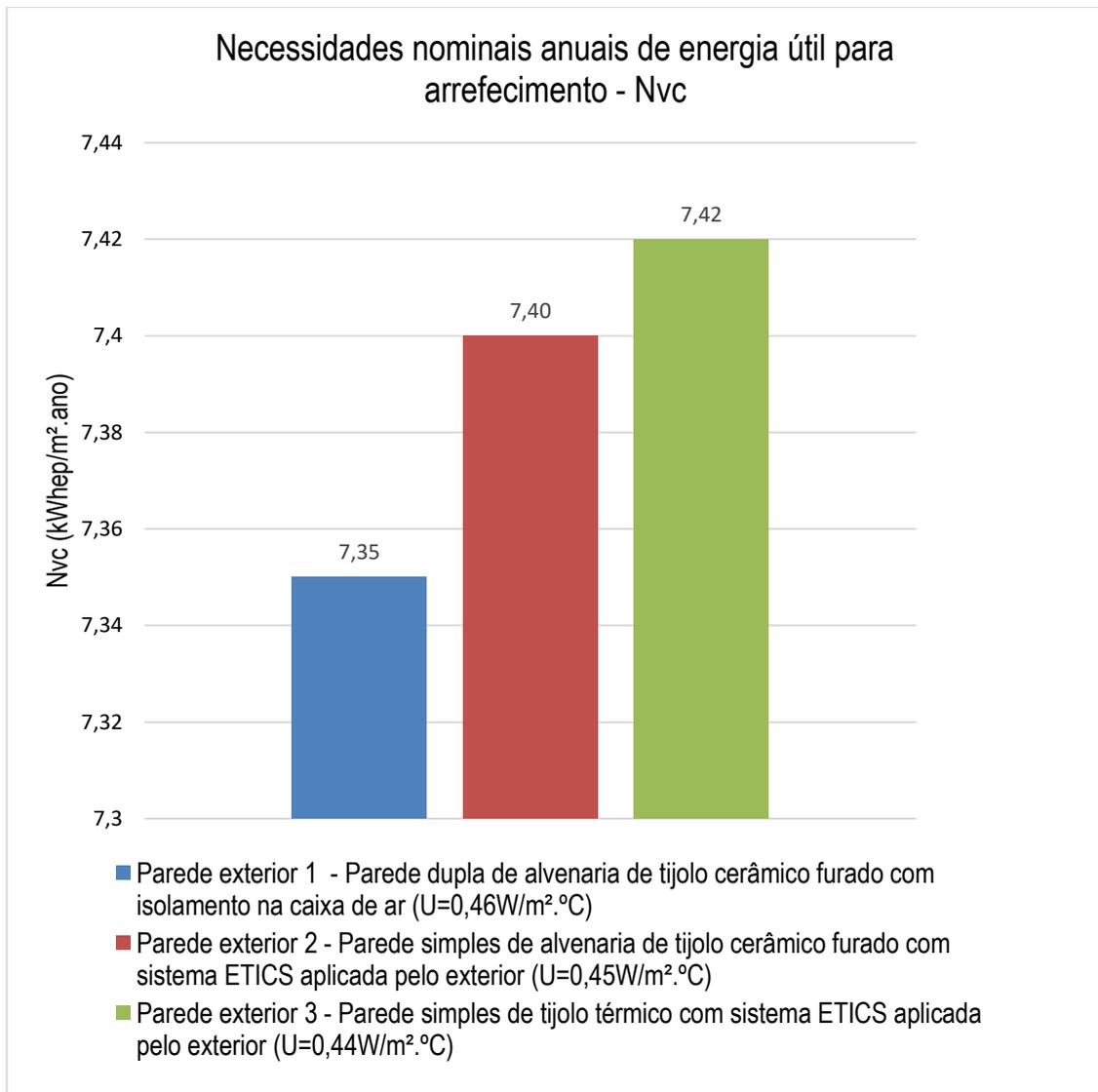


Figura 5.2 - Variação necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento

Para a estação de arrefecimento, obtemos maiores valores das necessidades nominais anuais de energia útil quanto menor for o coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores, conforme mostra a

Figura 5.2. Sendo necessárias maiores quantidades de energia para arrefecer a casa devido ao efeito da inércia térmica dessas paredes.

Podemos ainda observar que houve pouca variação dos valores obtidos das necessidades de energia para arrefecer. Sendo assim, é aconselhável optar por um menor valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes, uma vez que reflete em menos perdas térmicas para o exterior.

## 5.2 Comparação dos equipamentos de AQS

Para a comparação dos diferentes equipamentos para a produção das águas quentes sanitárias propostas para a Fração I, foram realizadas simulações para cada tipo de equipamento. O objetivo foi perceber a influência de cada equipamento para com a contribuição da quantidade total de energia produzida.

Tendo em conta a análise energética realizada com o auxílio da folha de cálculo do IteCons, é possível verificar que os coletores solares produzem maior quantidade de energia renovável conforme mostra a

Figura 5.3.

Em consonância em projetos estudados, tornou-se evidente que, apesar dos elevados custos económicos que teriam de ser suportados para a aquisição e manutenção dos sistemas solares, esta opção é benéfica sobretudo de médio a longo prazo. As bombas de calor também apresentam diversas vantagens, como os altos rendimentos e a utilização de calor do ar como energia renovável, não exigindo portanto o recurso a energia fóssil. Além disso, são recomendadas quando não há área suficiente de cobertura para a implantação dos colectores solares.

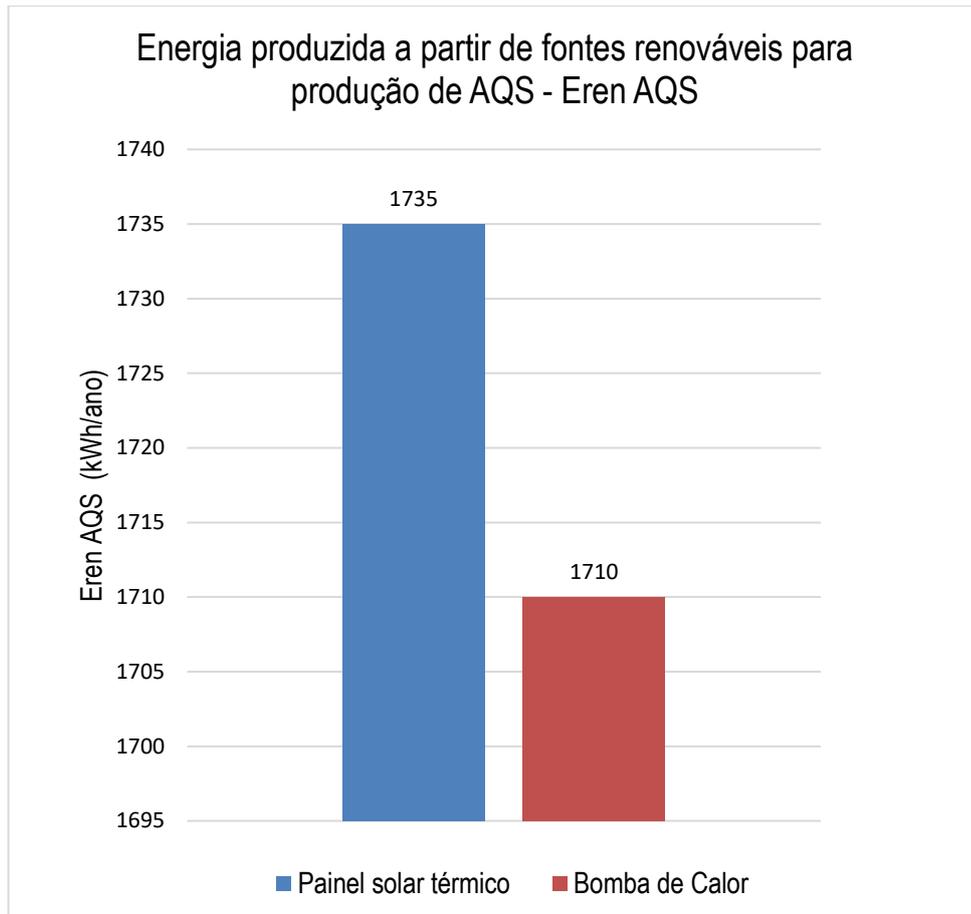


Figura 5.3 - Variação da energia produzida a partir de fontes renováveis

### 5.3 Comparação do balanço de energia

Analisando os dados obtidos para as soluções construtivas propostas na Tabela 5.1, optou-se por sintetizar as necessidades de energia através do balanço entre as perdas e os ganhos térmicos totais da habitação. O valor das necessidades nominais anuais globais de energia primária - Ntc vêm, deste modo, associados a cada solução conforme mostra a Figura 5.4.

Tabela 5.1 - Identificação das soluções construtivas propostas para análise

	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4	Solução 5	Solução 6
<b>Envoltivo opaca - Parede exterior</b>	Parede dupla de alvenaria de tijolo cerâmico furado com isolamento na caixa de ar	Parede dupla de alvenaria de tijolo cerâmico furado com isolamento na caixa de ar	Parede simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com sistema ETICS aplicada pelo exterior	Parede simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com sistema ETICS aplicada pelo exterior	Parede simples de tijolo térmico com sistema ETICS aplicada pelo exterior	Parede simples de tijolo térmico com sistema ETICS aplicada pelo exterior
<b>Equipamento para produção das Águas quentes sanitárias</b>	Painel solar térmico	Bomba de calor	Painel solar térmico	Bomba de calor	Painel solar térmico	Bomba de calor

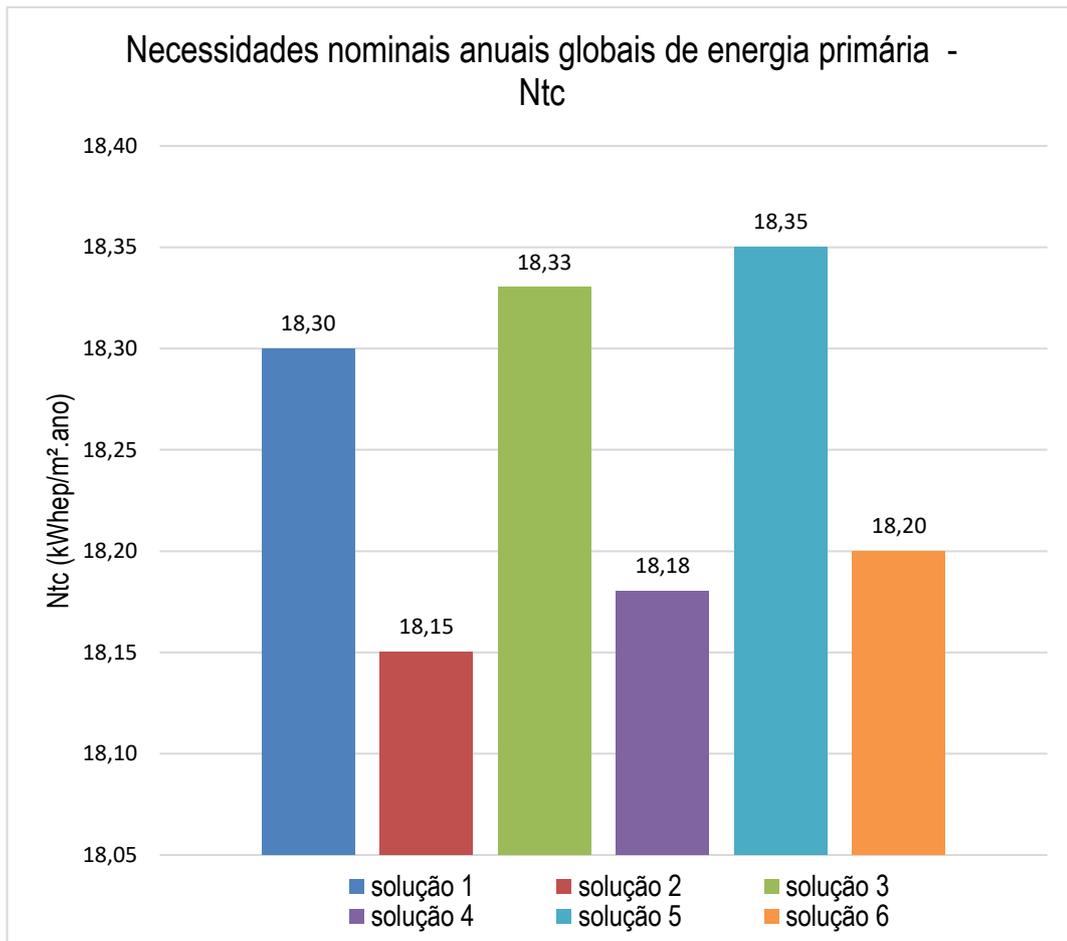


Figura 5.4 - Necessidades nominais anuais globais de energia primária para as diferentes soluções

Ao analisar os valores das necessidades energéticas das diferentes soluções, verifica-se que para certos casos os valores são aproximados, nos casos 1, 3 e 5 e nos casos 2, 4 e 6, sendo que de forma geral os valores apresentam alguma discrepância. Os casos em que os valores são aproximados, deve-se pelo fato de possuírem o mesmo tipo de equipamento para a produção das águas quentes sanitárias.

Em uma simples análise, recorre-se aos valores obtidos das necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento das soluções construtivas propostas e quais causaram uma redução das necessidades nominais anuais globais de energia primária da fração em estudo. Ao observar os resultados da Figura 5.4, as soluções construtivas 2, 4 e 6 são as que apresentam um menor valor das necessidades de energia primária, o que esta reflete numa maior poupança de energia no desempenho térmico do edifício.

Por fim, com este estudo chega-se a conclusão de que o consumo energético do edifício pode apresentar variações significativas de acordo com os seguintes fatores:

- Condições climáticas do local: temperatura, radiação solar, humidade e velocidade do vento;
- Geometria e características da fração: número de janelas, orientação e sombreamentos;
- Soluções construtivas: condutibilidade térmica dos materiais;
- Sistemas técnicos: equipamentos com diferentes fontes de energia renovável.

## 6 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 6.1 Conclusões

Com a realização do presente trabalho, foi possível consolidar os conhecimentos na área da eficiência energética. Esta etapa ainda consistiu em estruturar e realizar o embasamento teórico, bem como num contexto político e legal. É possível perceber que existe a necessidade de aplicação de noções teóricas, métodos e ferramentas na elaboração de estudos do comportamento térmico, para que estes sejam executados de forma eficiente e acima de tudo, que sejam coerentes com os métodos construtivos aplicados atualmente.

Ficou evidente que há uma preocupação a nível europeu, para a promoção de melhorias no que diz respeito as fontes de energia provenientes de recursos energéticos não renováveis. Portugal ainda possui uma grande dependência energética de origem fóssil, ficando assim sujeita às constantes variações dos preços, uma vez que esses recursos se encontram na natureza em quantidades cada vez mais limitadas.

Dado que, são implementadas políticas energéticas em que são desenvolvidos e incentivados a utilização de energias renováveis e de eficiência energética como a certificação energética, é de se esperar a sensibilização e o aumento da implantação desses recursos.

O trabalho executado compreendeu ainda a comparação e análise de diferentes soluções construtivas, aplicada no âmbito do desempenho energético dos edifícios. Para tanto, observou-se que ao recorrer a soluções energéticas mais eficientes, isso causará um significativo impacto na redução do consumo de energia e conseqüentemente na emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE). Sendo a envolvente exterior do edifício e o equipamento de AQS um dos principais responsáveis pelo resultado do balanço energético do edifício.

Dentre as outras intervenção no edifício de habitação, onde se destacam a intervenção na envolvente envidraçada e climatização, pode-se verificar com os estudos realizados, que essas também contribuem para o aumento da eficiência energética e conseqüentemente pode gerar uma redução da fatura energética da habitação. Assim torna-se necessário a utilização de equipamentos que realizem o autoconsumo, a fim de diminuir a demanda por energia elétrica por exemplo.

Nesta fase do estudo, recomenda-se a solução 4, que é constituída por parede simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com sistema ETICS aplicada pelo exterior e bomba de calor, sendo essa uma das soluções que apresentaram um menor valor nas necessidades nominais anuais globais de energia primária. A solução da parede exterior com isolamento térmico pelo exterior diminui as pontes térmicas planas, reduzindo as trocas de calor entre o exterior e o interior. Além de contribuir de forma

significativa para o não aparecimento de bolores e humidades tão prejudiciais à saúde. A solução de bomba de calor para a produção de AQS justifica-se pelo fato de que o edifício em estudo não possui área de cobertura suficiente para instalação dos colectores solares. Assim, não foi possível aumentar a contribuição dos colectores solares para o aquecimento.

Uma das dificuldades encontradas, é em relação a dados referentes a quantificação necessária para a produção de energia elétrica de um edifício a partir dos painéis fotovoltaicos.

Finalmente, o trabalho previu as características necessárias para garantir os requisitos da qualidade térmica, bem como uma construção sustentável e mais próxima da realidade.

## 6.2 Desenvolvimentos futuros

Como sugestão para desenvolvimentos futuros, este tema poderá passar pela análise de custo dos materiais e equipamentos definidos no âmbito do desempenho energéticos dos edifícios. Sendo que para a construção do edifício, este poderá ser voltado para seleção e adequação dos materiais de construção com uma vida útil prolongada e compatível com a eficiência energética.

A segunda proposta é sobre a realização de uma avaliação de desempenho acústico do edifício, com diferentes elementos construtivos e com análises em diferentes compartimentos. Para isso deve-se considerar o estudo de um maior número de simulações, de forma a apresentar técnicas construtivas e as condicionantes que são mais agravantes no âmbito do desempenho acústico.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE & DGEG. (2020a). *Guia SCE – Conceitos e Definições*. 55. [https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.1-Guia-SCE-Conceitos-e-Definições-REH\\_V1-1.pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.1-Guia-SCE-Conceitos-e-Definições-REH_V1-1.pdf)
- ADENE & DGEG. (2020b). *Guia SCE – Indicadores de Desempenho Energético (REH)*. *Adene*, 50. [https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.4-Guia-SCE-Indicadores-de-desempenho-REH\\_V1-1.pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.4-Guia-SCE-Indicadores-de-desempenho-REH_V1-1.pdf)
- ADENE & DGEG. (2021). *Manual SCE*. Manual Técnico para Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios. 252. <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2021/07/Manual-SCE.pdf>
- ADENE, DGEG & Observatório da Energia. (2021). *Energia em Números - Edição 2021*. <https://www.dgeg.gov.pt/media/32skj5iv/dgeg-aen-2021e.pdf>
- Decreto-Lei n.º 78/2006. (2006). *Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril: Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*. *Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04, páginas 2411 - 2415*. <https://dre.pt/Dre/Detail/Decreto-Lei/78-2006-672458>.
- Decreto-Lei n.º 79/2006. (2006). *Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril: Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*. *Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04*. <https://files.dre.pt/1s/2006/04/067a00/24112415.pdf>.
- Decreto-lei n.º 80/2006. (2006). *Decreto-lei 80/2006, de 4 de Abril: Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*. *Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04*. <https://dre.tretas.org/dre/196705/Decreto-Lei-80-2006-de-4-de-Abril>.
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020. (2020). *Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro: Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o SCE de Edifícios*. *Diário da República n.º 237/2020, 1º Suplemento, Série I de 2020-12-07, páginas 21-45*. <https://dre.pt/Dre/Detail/Decreto-Lei/101-d-2020-150570704>.
- Decreto-Lei n.º 118/2013. (2018). *Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto: Aprova o SCE dos Edifícios, o Reg. de Desempenho Energético dos Edif. de Habitação e o Reg. de Desemp. Energ. dos Edif. de Comércio e Serviços*. *Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20, p.4988-5005*. <https://dre.pt/Dre/Detail/Decreto-Lei/118-2013-499237>.
- DGEG. (2021). *Energias*. Acedido 10/02, 2022. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/>
- Diogo, J. M. N. (2019). *Projeto da melhoria da eficiência energética do edifício VIII (DEMI) da FCT / UNL* [Dissertação]. Universidade Nova de Lisboa.

- Diretiva 2002/91/CE. (2002). *DIRETIVA 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 16 de Dezembro relativa ao desempenho energético dos edifícios. Jornal Oficial da União Europeia.* <https://www.sce.pt/Wp-Content/uploads/2021/07/EPBD2002.Pdf>.
- Diretiva 2010/31/EU. (2010). *DIRETIVA 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 19 de Maio relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=RO>.
- Diretiva 2018/844/EU. (2018). *DIRETIVA (UE) 2018/844 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética. Jornal Oficial da União Europeia.* <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>.
- Energias Madeira. (2022). *O que é um sistema solar fotovoltaico.* Acedido 15/03, 2022. <https://energiasmadeira.pt/como-funciona/#Kits>
- Energias Renováveis. (2021). *Energia Solar Térmica.* Acedido 15/03, 2022. <https://apenergiasrenovaveis.wordpress.com/solar/energia-solar-termica/%0A%0A>
- EUROSTAT. (2017). *How much electricity is produced by wind?* Acedido 20/04, 2022. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20170619-1?inheritRedirect=true%3E>.
- IEA. (2021). *World Energy Outlook 2021.* [www.iea.org/weo](http://www.iea.org/weo)
- INE. (2011). *Inquérito ao consumo de energia no setor doméstico.* [https://www.ine.pt/ngt\\_server/attachfileu.jsp?look\\_parentBoui=127228533&att\\_display=n&att\\_download=y](https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=127228533&att_display=n&att_download=y)
- INE, & LNEC. (2013). *O Parque Habitacional e a sua Reabilitação - Análise e Evolução 2001-2011.*
- ITeCons. (2020). *Ferramentas de cálculo DL 101-D/2020.* Acedido 08/05, 2022. <http://www.itecons.uc.pt/p3e/index.php>
- Martins, R. M. D. R. de S. (2014). *Aumento da eficiência e desempenho energético no processo de reabilitação de edifícios de habitação.* [Dissertação]. Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Obras 360. (2021). *Sistema ETICS.* Acedido 07/06, 2022. <https://www.obras360.pt/etics-lp>
- PER. (2019). *Estado em Portugal - Actualidade: Solar Térmico.* Acedido 15/02, 2022. [http://www.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID\\_conteudo=47&ID\\_area=8&ID\\_sub\\_area=27](http://www.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27)
- SCE. (2022). *Legislação.* Acedido 08/02, 2022. <https://www.sce.pt/legislacao/>
- SOLARGIS. (2020). *Irradiação Horizontal Global.* Acedido 20/02, 2022. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/portugal>
- Torgal, F.; Jalali, S. (2010). *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção.* In TecMinho (Ed.), *CM Materials.*

## **8 ANEXOS**

ANEXO I - Folhas de cálculo das necessidades  
de aquecimento, arrefecimento e energia  
primária da solução 1

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 225,69 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 4\,606,55 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 279,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 6\,230,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="6804,82"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,69"/>
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,92"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4336,07"/> kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="4820,24"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	<input type="text" value="4606,55"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4336,07"/> kWh/ano
	=
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="2468,75"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{ic}$	<input type="text" value="17,77"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	<input type="text" value="6230,78"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5536,91"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	<input type="text" value="39,85"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 226,48 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,963,84 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 947,32 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	<input type="text" value="3587,50"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	<input type="text" value="2911,16"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_v$	<input type="text" value="1,23"/>
parâmetro $av$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_v$	<input type="text" value="0,72"/>

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

	<input type="text" value="0,28"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	<input type="text" value="3587,50"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{vc}$	<input type="text" value="7,35"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

	<input type="text" value="0,15"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v REF}$	<input type="text" value="7602,23"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_v$	<input type="text" value="8,46"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{i,ref}$	$f_{i,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,ref}$	Factor de Conversão $F_{pui,ref}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{i,ref} \cdot N_{i,ref} \cdot F_{pui,ref} / \eta_{i,ref}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	99,62
						TOTAL	0,00	0,00						TOTAL	99,62

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pov} / \eta_v$	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,ref}$	$f_{v,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{pov,ref}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{v,ref} \cdot N_{v,ref} \cdot F_{pov,ref} / \eta_{v,ref}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	340,28	6,12	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,05
						TOTAL	340,28	6,12						TOTAL	7,05

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS	
consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ [160] l		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ [160] l		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ [160] l		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ [160] l	
nº de ocupantes de cada fracção n	40	aumento de temperatura $\Delta T$ [35] °C	nº de dias de consumo [365] dias	nº convencional de ocupantes de cada fracção n	40	nº de dias de consumo [365] dias	nº convencional de ocupantes de cada fracção n
	x				x		
	4				4		
	ocupantes				ocupantes		
factor de eficiência hídrica	1	factor de eficiência hídrica	1	factor de eficiência hídrica	1	factor de eficiência hídrica	1
	=		=				
sumo médio diário de referência MAQS	160	sumo médio diário de referência MAQS	160	sumo médio diário de referência MAQS	160	sumo médio diário de referência MAQS	160
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$ [17,11] kWh/m <sup>2</sup> .ano		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$ [17,11] kWh/m <sup>2</sup> .ano		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$ [17,11] kWh/m <sup>2</sup> .ano		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$ [17,11] kWh/m <sup>2</sup> .ano	

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,ref} / A_p$	$f_{a,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,ref}$	Factor de Conversão $F_{pua,ref}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{a,ref} \cdot \delta \cdot Q_{u,ref} \cdot F_{pua,ref} / \eta_{a,ref}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	17,11	0,73	1	1,00	1	1735,00	12,49	Sistema por defeito	Electricidade	17,11	1,00	0,95	2,5	45,02
Sistema por defeito	Electricidade		0,27		0,95		676,09	12,16							45,02
						TOTAL	2411,09	24,65						TOTAL	45,02

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0
Área útil de Pavimento $A_p$	138,95
Factor de Conversão $F_{pv}$	2,5
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$	Factor de Conversão $F_{pov}$	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pov}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	12,49	1	12,49
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00
			TOTAL	12,49

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	6,12	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQ5	24,65	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,49	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>1</sub>	18,29	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	99,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	7,05	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQ5	45,02	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>2</sub>	151,69	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

ANEXO II - Folhas de cálculo das necessidades  
de aquecimento, arrefecimento e energia  
primária da solução 2

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 225,69 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 4\,606,55 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 279,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 6\,230,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/>	kWh/ano
	÷	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="6804,82"/>	kWh/ano
	=	
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,69"/>	
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/>	W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,92"/>	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/>	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4336,07"/>	kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="4820,24"/>	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/>	kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	<input type="text" value="4606,55"/>	kWh/ano
	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	<input type="text" value="2198,27"/>	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4336,07"/>	kWh/ano
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="2468,75"/>	kWh/ano
	÷	
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/>	m <sup>2</sup>
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{ic}$	<input type="text" value="17,77"/>	kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	<input type="text" value="6230,78"/>	kWh/ano
	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$	<input type="text" value="2198,27"/>	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/>	kWh/ano
	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5536,91"/>	kWh/ano
	÷	
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/>	m <sup>2</sup>
	=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	<input type="text" value="39,85"/>	kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 226,48 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 152,78 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,963,84 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 947,32 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	<input type="text" value="3587,50"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	<input type="text" value="2911,16"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_v$	<input type="text" value="1,23"/>
parâmetro $av$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_v$	<input type="text" value="0,72"/>

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

	<input type="text" value="0,28"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	<input type="text" value="3587,50"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{vc}$	<input type="text" value="7,35"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

	<input type="text" value="0,15"/>
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v REF}$	<input type="text" value="7602,23"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_v$	<input type="text" value="8,46"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{i,ref}$	$f_{i,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,ref}$	Factor de Conversão $F_{pui,ref}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{i,ref} \cdot N_{i,ref} \cdot F_{pui,ref} / \eta_{i,ref}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	99,62
TOTAL									TOTAL						
0,00									0,00						

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pov} / \eta_v$	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,ref}$	$f_{v,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{pov,ref}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{v,ref} \cdot N_{v,ref} \cdot F_{pov,ref} / \eta_{v,ref}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	340,28	6,12	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,05
TOTAL									TOTAL						
340,28									6,12						
6,12									7,05						

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS									
consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$									
40	x	160	l	40	x	160	l								
nº de ocupantes de cada fracção n	x	4187	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção n	x	4187	ocupantes								
factor de eficiência hídrica	x	35	°C	factor de eficiência hídrica	x	35	°C								
sumo médio diário de referência MAQS	=	365	dias	sumo médio diário de referência MAQS	=	365	dias								
		3600000				3600000									
		138,95	m <sup>2</sup>			138,95	m <sup>2</sup>								
		=				=									
		17,11	kWh/m <sup>2</sup> .ano			17,11	kWh/m <sup>2</sup> .ano								
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,ref}/A_p$	$f_{a,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,ref}$	Factor de Conversão $F_{pua,ref}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{a,ref} \cdot \delta \cdot Q_{u,ref} \cdot F_{pua,ref} / \eta_{a,ref}$
Sistema 1	Electricidade	17,11	1,00	1	3,56	2,5	667,78	12,01	Sistema 1	Electricidade	17,11	1,00	2,8	2,5	15,28
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00
TOTAL									TOTAL						
667,78									12,01						
12,01									15,28						

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	=	0	kWh/ano
	+		
Área útil de Pavimento $A_v$	x	138,95	m <sup>2</sup>
	x		
Factor de Conversão $F_{pv}$	=	2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
	=		
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	=	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pui}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Bombas de Calor	Renovável Térmica	12,30	1	12,30
TOTAL				
12,30				

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	6,12	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	12,01	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>g</sub>	18,14	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	99,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	7,05	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	15,28	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>g</sub>	121,94	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

ANEXO III - Folhas de cálculo das  
necessidades de aquecimento,  
arrefecimento e energia primária da  
solução 3

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 222,29 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 4\,503,98 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 279,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 6\,230,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="6702,25"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,70"/>
	=
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
	=
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,92"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4320,27"/> kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="4820,24"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	<input type="text" value="4503,98"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4320,27"/> kWh/ano
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="2381,99"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{ic}$	<input type="text" value="17,14"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	<input type="text" value="6230,78"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5536,91"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	<input type="text" value="39,85"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 223,08 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,920,12 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 947,32 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$   kWh/ano

=

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $av$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{vc}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_{v REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v REF}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_v$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{i,ref}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_{i,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,ref}$	Factor de Conversão $F_{pui,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{i,ref} \cdot N_{i,ref} \cdot F_{pui,ref} / \eta_{i,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	99,62	
TOTAL									0,00	0,00	TOTAL					99,62

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,ref}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_{v,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{pov,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{v,ref} \cdot N_{v,ref} \cdot F_{pov,ref} / \eta_{v,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	342,92	6,17	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,05	
TOTAL									342,92	6,17	TOTAL					7,05

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS	
Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	160	Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	160	Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	160	Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	160
nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$	40	nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$	40	nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$	40	nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$	40
factor de eficiência hídrica	1						
Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160
aumento de temperatura $\Delta T$	35						
nº de dias de consumo	365						
Área útil de Pavimento $A_p$	138,95						
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$	17,11	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$	17,11	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$	17,11	Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$	17,11

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_{u,A_p}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,A_p} / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,A_p} \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,A_p,ref}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_{a,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,ref}$	Factor de Conversão $F_{pua,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{a,ref} \cdot \delta \cdot Q_{u,A_p,ref} \cdot F_{pua,ref} / \eta_{a,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema 1	Renovável Térmica	17,11	0,73	1	1,00	1	1735,00	12,49	Sistema por defeito	Electricidade	17,11	1,00	0,95	2,5	45,02	
Sistema por defeito	Electricidade		0,27		0,95		676,09	12,16	Sistema por defeito	Electricidade					45,02	
TOTAL									2411,09	24,65	TOTAL					45,02

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0
Área útil de Pavimento $A_p$	138,95
Factor de Conversão $F_{pv}$	2,5
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	12,49	1	12,49
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00
TOTAL				12,49

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	6,17	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	24,65	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,49	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>1</sub>	18,33	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	99,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	7,05	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	45,02	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>2</sub>	151,69	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

ANEXO IV - Folhas de cálculo das  
necessidades de aquecimento,  
arrefecimento e energia primária da  
solução 4

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 222,29 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 4\,503,98 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 279,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 6\,230,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="6702,25"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,70"/>
	=
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
	=
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,92"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4320,27"/> kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="4820,24"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	<input type="text" value="4503,98"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4320,27"/> kWh/ano
	=
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="2381,99"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{ic}$	<input type="text" value="17,14"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	<input type="text" value="6230,78"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5536,91"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	<input type="text" value="39,85"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 223,08 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 149,38 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,920,12 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 947,32 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$   kWh/ano

=

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $av$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{vc}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_{v REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v REF}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_v$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,ref}$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	99,62
							TOTAL	0,00							99,62

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pov} / \eta_v$	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{pov}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pov} / \eta_v$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	342,92	6,17	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,05
							TOTAL	6,17							7,05

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS	
consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	
40	x	160	l	40	x	160	l
nº de ocupantes de cada fracção n	x	4187		nº convencional de ocupantes de cada fracção n	x	4187	
factor de eficiência hídrica	x	aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C	factor de eficiência hídrica	x	aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C
sumo médio diário de referência MAQS	160	nº de dias de consumo	365 dias	sumo médio diário de referência MAQS	160	nº de dias de consumo	365 dias
			3600000				3600000
		$A_p$	138,95 m <sup>2</sup>			$A_p$	138,95 m <sup>2</sup>
		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$	17,11 kWh/m <sup>2</sup> .ano			Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$	17,11 kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_u/A_p$	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,ref}$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			kWh/m <sup>2</sup> .ano			kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade	17,11	1,00	1	3,56	2,5	667,78	12,01	Sistema 1	Electricidade	17,11	1,00	2,8	2,5	15,28
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00
							TOTAL	667,78							15,28

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0 kWh/ano
Área útil de Pavimento $A_v$	138,95 m <sup>2</sup>
Factor de Conversão $F_{pv}$	2,5 kWh <sub>EP</sub> /kWh
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$	Factor de Conversão $F_{pov}$	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pov}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Bombas de Calor	Renovável Térmica	12,30	1	12,30
			TOTAL	12,30

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	6,17	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQ5	12,01	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
-		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>1</sub>	18,18	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	99,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	7,05	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQ5	15,28	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>2</sub>	121,94	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

ANEXO V - Folhas de cálculo das necessidades  
de aquecimento, arrefecimento e energia  
primária da solução 5

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 148,41 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 221,32 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 148,41 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 4\,474,88 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 279,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 6\,230,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/>	kWh/ano
	÷	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="6673,15"/>	kWh/ano
	=	
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,70"/>	
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/>	W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,92"/>	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/>	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4315,64"/>	kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="4820,24"/>	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/>	kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	<input type="text" value="4474,88"/>	kWh/ano
	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	<input type="text" value="2198,27"/>	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4315,64"/>	kWh/ano
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="2357,51"/>	kWh/ano
	÷	
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/>	m <sup>2</sup>
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{ic}$	<input type="text" value="16,97"/>	kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	<input type="text" value="6230,78"/>	kWh/ano
	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$	<input type="text" value="2198,27"/>	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/>	kWh/ano
	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5536,91"/>	kWh/ano
	÷	
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/>	m <sup>2</sup>
	=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	<input type="text" value="39,85"/>	kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{148,41} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{73,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad \boxed{222,11} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{148,41} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{4} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad \boxed{1\,907,71} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{73,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{4} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad \boxed{947,32} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$   kWh/ano

=

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $av$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{vc}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_{v REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v REF}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_v$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{i,ref}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_{i,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,ref}$	Factor de Conversão $F_{pui,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{i,ref} \cdot N_{i,ref} \cdot F_{pui,ref} / \eta_{i,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	99,62	
TOTAL									0,00	0,00	TOTAL					99,62

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,ref}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_{v,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão $F_{pov,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{v,ref} \cdot N_{v,ref} \cdot F_{pov,ref} / \eta_{v,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	343,67	6,18	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,05	
TOTAL									343,67	6,18	TOTAL					7,05

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS	
Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160
nº convencional de ocupantes de cada fracção n	4	nº convencional de ocupantes de cada fracção n	4	nº convencional de ocupantes de cada fracção n	4	nº convencional de ocupantes de cada fracção n	4
factor de eficiência hídrica	1						
Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160	Consumo médio diário de referência MAQS	160
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_{u,A}$	
17,11 kWh/m <sup>2</sup> .ano		17,11 kWh/m <sup>2</sup> .ano		17,11 kWh/m <sup>2</sup> .ano		17,11 kWh/m <sup>2</sup> .ano	

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_{u,A_p}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,A_p} / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_{u,A_p} \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,A_p,ref}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_{a,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,ref}$	Factor de Conversão $F_{pua,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{a,ref} \cdot \delta \cdot Q_{u,A_p,ref} \cdot F_{pua,ref} / \eta_{a,ref}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano			
Sistema 1	Renovável Térmica	17,11	0,73	1	1,00	1	1735,00	12,49	Sistema por defeito	Electricidade	17,11	1,00	0,95	2,5	45,02			
Sistema por defeito	Electricidade		0,27		0,95		676,09	12,16	TOTAL							2411,09	24,65	45,02

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0
Área útil de Pavimento $A_v$	138,95
Factor de Conversão $F_{pv}$	2,5
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	12,49	1	12,49
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00
TOTAL				12,49

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	6,18	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQ5	24,65	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
-		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,49	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>1</sub>	18,35	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	99,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	7,05	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQ5	45,02	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>2</sub>	151,69	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

ANEXO VI - Folhas de cálculo das  
necessidades de aquecimento,  
arrefecimento e energia primária da  
solução 6

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 148,41 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 221,32 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 148,41 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 4\,474,88 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 279,56 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 206,65 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 6\,230,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,256 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 72,91 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 2\,198,27 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="6673,15"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,70"/>
	=
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
	=
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,92"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="4694,08"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4315,64"/> kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="4820,24"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	<input type="text" value="4474,88"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="4315,64"/> kWh/ano
	=
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="2357,51"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{ic}$	<input type="text" value="16,97"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	<input type="text" value="6230,78"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i,REF}$	<input type="text" value="2198,27"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="2892,14"/> kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="5536,91"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	<input type="text" value="39,85"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 148,41 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 222,11 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 148,41 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,907,71 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 73,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 947,32 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$   kWh/ano

=

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $av$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{vc}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_{v REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v REF}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_v$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	99,62	
TOTAL									0,00	0,00	TOTAL					99,62

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	343,67	6,18	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	7,05	
TOTAL									343,67	6,18	TOTAL					7,05

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ <input type="text" value="160"/>				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ <input type="text" value="160"/>				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ <input type="text" value="160"/>				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$ <input type="text" value="160"/>				
nº de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="40"/>				nº convencional de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="40"/>				nº de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="40"/>				nº convencional de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="40"/>				
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>				aumento de temperatura $\Delta T$ <input type="text" value="35"/> °C				factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>				aumento de temperatura $\Delta T$ <input type="text" value="35"/> °C				
sumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="160"/>				nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/> dias				sumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="160"/>				nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/> dias				
				Ap <input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>								Ap <input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>				
				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$ <input type="text" value="17,11"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano								Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$ <input type="text" value="17,11"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano				
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema 1	Electricidade	17,11	1,00	1	3,56	2,5	667,78	12,01	Sistema 1	Electricidade	17,11	1,00	2,8	2,5	15,28	
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00	
TOTAL									667,78	12,01	TOTAL					15,28

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$ <input type="text" value="0"/> kWh/ano
Área útil de Pavimento $A_v$ <input type="text" value="138,95"/> m <sup>2</sup>
Factor de Conversão $F_{pv}$ <input type="text" value="2,5"/> kWh <sub>EP</sub> /kWh
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação <input type="text" value="0,00"/> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Bombas de Calor	Renovável Térmica	12,30	1	12,30
TOTAL				12,30

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	6,18	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQ5	12,01	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
-		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>1</sub>	18,20	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA**

Energia primária para aquecimento	99,62	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	7,05	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQ5	15,28	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>2</sub>	121,94	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

# ANEXO VII - Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico



m

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico													1/2																																																																																																									
<b>Sumário</b>																																																																																																																						
Instalação em Amadora (Amadora) 1 coletores Bosch FKC-2s » painel de 2,25 m <sup>2</sup> (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 196 l, modelo WST 200-5 C B			Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 2 376 kWh - satisfeitas por origem solar <b>1 735 kWh</b> 73% - satisfeitas pelo apoio 640 kWh 27%					Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 44% produtividade: 771 kWh/m <sup>2</sup> perdas: 19%																																																																																																														
<b>Local e clima</b>																																																																																																																						
NUTS III: Grande Lisboa			Município: Amadora			Local: Amadora			elevação: 218 m		albedo: 20%																																																																																																											
<i>obstruções do horizonte</i>																																																																																																																						
azimute:		E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S																																																																																																																				
altura angular:		.....																																																																																																																				
azimute:		S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W																																																																																																																				
altura angular:		.....																																																																																																																				
<b>Configuração do sistema solar</b>																																																																																																																						
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,3 m <sup>2</sup> de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 196 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																																																																																																																						
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em polietileno com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m <sup>3</sup> por hora, fluido circulante com 43% de anticongelante.																																																																																																																						
1 coletores Bosch FKC-2s - certificado 011-752243F de DIN CERTCO (DE), dados inseridos por (válido até). Área de abertura 2,25 m <sup>2</sup> , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,22 W/m <sup>2</sup> K e a2 = 0,015 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , rendimento óptico = 77%.																																																																																																																						
1 depósito de modelo WST 200-5 C B, com capacidade 196 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 1,7 W/K, paredes em ESMALTADO, temperatura máxima de operação 95°C.																																																																																																																						
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																																																																																																																						
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																																						
<b>Necessidades de energia</b>																																																																																																																						
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																																																																																																						
<b>edifício:</b>		<u>Residências</u>										<u>T3</u>																																																																																																										
		nº fracções desta tipologia										1																																																																																																										
		nº ocupantes por fracção										4																																																																																																										
		consumo diário por ocupante (litros)										40																																																																																																										
<b>temperaturas</b>																																																																																																																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>pretendida no consumo</td> <td>51</td> </tr> </tbody> </table>													jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	19	18	18	17	15	14	pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	°C																																																																	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																										
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	19	18	18	17	15	14																																																																																																										
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51																																																																																																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>7,0</td> <td>7,0</td> <td>6,8</td> <td>6,7</td> <td>6,5</td> <td>6,2</td> <td>6,0</td> <td>5,9</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,7</td> <td>6,9</td> </tr> </tbody> </table>													jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	segunda-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	terça-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	quarta-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	quinta-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	sexta-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	sábado	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	domingo	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9	kWh
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																										
segunda-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
terça-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
quarta-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
quinta-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
sexta-feira	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
sábado	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
domingo	7,0	7,0	6,8	6,7	6,5	6,2	6,0	5,9	6,1	6,4	6,7	6,9																																																																																																										
<b>perfil de consumo</b>																																																																																																																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>5%</td> <td>5%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>													hora	(período diurno)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																													
	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora																																																																																																										
(período diurno)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																										
	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																																																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>													hora	(período nocturno)	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6		15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.																																																																													
	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora	hora																																																																																																										
(período nocturno)	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																																										
	15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.																																																																																																										



## Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação

2/2

## Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)		1,3	1,8	2,7	3,9	4,4	5,3	6,0	4,8	3,8	2,1	1,6	0,9	3,2 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos colectores		2,5	3,0	3,5	4,3	4,1	4,6	5,3	4,9	4,6	3,1	2,9	1,9	3,7 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos colectores		2,4	2,8	3,3	4,0	3,6	4,0	4,5	4,5	4,4	3,0	2,7	1,8	3,4 kWh/m <sup>2</sup> .dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera		4,5	5,9	7,9	9,8	11,1	11,6	11,3	10,2	8,5	6,6	4,8	4,0	8,0 kWh/m <sup>2</sup> .dia
na horizontal (à superfície)		2,2	3,1	4,5	5,8	6,8	7,6	7,9	6,7	5,4	3,6	2,5	1,8	4,8 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos colectores		3,7	4,5	5,5	6,2	6,5	6,9	7,3	6,9	6,4	4,9	4,1	2,9	5,5 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos colectores		3,2	3,9	4,7	5,3	5,3	5,5	5,9	5,9	5,6	4,2	3,5	2,5	4,6 kWh/m <sup>2</sup> .dia

## Desempenho energético

temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente		10	11	13	14	16	19	22	22	21	17	14	11	16 °C
abastecimento de água		13	13	14	15	16	18	19	19	18	17	15	14	16 °C
base do armazenamento		26	29	33	37	38	42	47	47	45	34	29	24	36 °C
topo do armazenamento		48	49	51	55	55	57	63	63	62	51	49	47	54 °C
pretendida no consumo		51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia
extraída do armazenamento		158	155	150	140	142	134	117	118	122	152	155	159	142 litros/dia
nota: adicionada		2	5	10	20	18	26	43	42	38	8	5	1	18 litros/dia
balanços de energia		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
<b>- sistema solar</b>														
nota: radiação solar na horizontal		156	197	311	390	476	514	550	468	363	252	169	123	3 970 kWh
energia primária (radiação solar incidente)		259	285	383	421	456	466	509	484	432	343	274	203	4 514 kWh
energia solar captada		140	149	198	217	224	231	255	252	228	186	151	111	2 343 kWh
perdas térmicas no circuito primário		4	4	6	7	7	7	8	9	8	5	4	3	71 kWh
perdas térmicas no armazenamento		20	21	28	32	34	37	45	45	42	28	22	17	370 kWh
consumos eléctricos parasíticos		5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	4	60 kWh
energia final (calor de origem solar)		116	125	168	184	192	199	220	216	195	158	127	91	1 992 kWh
<b>- sistema de apoio</b>														
energia primária (eletricidade via SEP)		291	213	167	118	98	50	17	27	44	159	234	339	1 757 kWh
energia final (calor)		116	85	67	47	39	20	7	11	18	64	94	136	703 kWh
<b>- circuito de distribuição</b>														
perdas térmicas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 kWh
<b>- fornecimento de água quente</b>														
necessidades (consumo de energia útil)		218	195	211	201	201	185	185	184	182	198	202	215	2 376 kWh
energia de origem solar (útil)		109	116	151	160	167	168	179	175	166	141	116	86	1 735 kWh
energia com origem no apoio (útil)		109	79	60	41	34	17	5	9	15	57	86	128	640 kWh

## Desempenho global do sistema

fracção solar	73% em termos de energia útil	
produtividade	771 kWh/m <sup>2</sup> de colector	
i.e.	55% da produtividade limite dos colectores, 1401 kWh/m <sup>2</sup>	
rendimento - definição física	44% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	44% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	21% da energia solar captada	

(\*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

ANEXO VIII - Relatório de simulação de  
desempenho de sistema solar térmico:  
requisitos mínimos REH



## Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH

1/2

## Sumário

Instalação em Amadora (Amadora)

4 coletores Padrão REH

» painel com  $\xi$  2.6 m<sup>2</sup> (inclinação 35° e azimute 0°)

» depósito de 200 l, modelo típico (200 L)

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 2,376 kWh

- satisfeitas por origem solar 1,521 kWh 64% de fração solar

- satisfeitas pelo apoio 855 kWh 36%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 40%

produtividade: 585 kWh/m<sup>2</sup>

perdas: 37%

## Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Amadora

Local: Amadora

elevação: 218 m

albedo: 20%

## obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: .....

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: .....

## Configuração do sistema solar

Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2.6 m<sup>2</sup> de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.

Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.

Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m<sup>2</sup> por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

4 coletores de modelo Padrão REH.

Características principais: área de abertura 0.65 m<sup>2</sup>, coeficientes de perdas térmicas a1 = 4.12 W/m<sup>2</sup>K e a2 = 0.014 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>, rendimento óptico = 73%.

1 depósito de modelo típico (200 L), com capacidade 200 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 4.6 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.

Apoio energético fornecido por sistema elétrico () com eficiência nominal 100%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por 20 com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.

## Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências

T3

nº fracções desta tipologia 1

nº ocupantes por fracção 4

consumo diário por ocupante (litros) 40

## temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	19	19	18	17	15	14
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

## energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
segunda-feira	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9
terça-feira	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9
quarta-feira	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9
quinta-feira	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9
sexta-feira	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9
sábado	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9
domingo	7	7	6.8	6.7	6.5	6.2	6	5.9	6.1	6.4	6.7	6.9

## perfil de consumo

	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)		15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%
	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)		15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.



## Relatório de simulação de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH - continuação

2/2

## Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	1.3	1.8	2.7	3.9	4.4	5.3	6.0	4.8	3.8	2.1	1.6	0.9	3.2 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos colectores	2.5	3.0	3.5	4.3	4.1	4.6	5.3	4.9	4.6	3.1	2.9	1.9	3.7 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos colectores	2.4	2.8	3.3	4.0	3.6	4.0	4.6	4.6	4.4	3.0	2.8	1.8	3.4 kWh/m <sup>2</sup> .dia
<b>radiação solar global</b>	<b>média</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>	<b>anual</b>
no topo da atmosfera	4.5	5.9	7.9	9.8	11.1	11.6	11.3	10.2	8.5	6.6	4.8	4.0	8.0 kWh/m <sup>2</sup> .dia
na horizontal (à superfície)	2.2	3.1	4.5	5.8	6.8	7.6	7.9	6.7	5.4	3.6	2.5	1.8	4.8 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos colectores	3.7	4.5	5.5	6.2	6.5	6.9	7.3	6.9	6.4	4.9	4.1	2.9	5.5 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos colectores	3.2	3.9	4.7	5.3	5.3	5.5	5.9	5.9	5.6	4.2	3.6	2.5	4.6 kWh/m <sup>2</sup> .dia

## Desempenho energético

temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente	10	11	13	14	16	19	22	22	21	17	14	11	16 °C	
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	19	19	18	17	15	14	16 °C	
base do armazenamento	25	28	31	33	34	37	40	40	39	32	28	23	32 °C	
topo do armazenamento	46	47	49	51	50	52	55	55	54	48	47	46	50 °C	
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C	
<b>massas</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>	<b>anual</b>	
pretendida no consumo	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia	
extraída do armazenamento	159	158	155	150	151	147	140	140	142	156	158	160	151 litros/dia	
nota: adicionada	1	2	5	10	9	13	20	20	18	4	2	0	9 litros/dia	
<b>balanços de energia</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>	<b>anual</b>	
<b>- sistema solar</b>	<b>nota: radiação solar na horizontal</b>	180	227	359	451	550	594	636	541	419	292	195	142	4,588 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	299	329	442	486	527	539	588	559	499	396	317	234	5,216 kWh	
energia solar captada	140	150	202	224	232	242	275	271	245	191	153	111	2,435 kWh	
perdas térmicas no circuito primário	3	3	4	5	5	5	6	6	5	4	3	2	52 kWh	
perdas térmicas no armazenamento	49	51	66	73	77	82	96	96	88	67	54	44	843 kWh	
consumos eléctricos parasíticos	6	7	8	8	8	7	7	8	8	8	6	6	86 kWh	
energia final (calor de origem solar)	116	127	172	192	199	210	240	235	213	163	129	92	2,087 kWh	
<b>- sistema de apoio</b>	<b>energia primária ( )</b>	147	116	104	82	78	58	41	43	51	101	125	164	1,111 kWh
energia final (calor)	147	116	104	82	78	58	41	43	51	101	125	164	1,111 kWh	
<b>- circuito de distribuição</b>	<b>perdas térmicas</b>	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	4 kWh	
<b>- fornecimento de água quente</b>	<b>necessidades (consumo de energia útil)</b>	218	195	211	201	201	185	185	184	182	198	202	215	2,376 kWh
energia de origem solar (útil)	97	102	131	140	144	145	158	156	146	122	102	77	1,521 kWh	
energia com origem no apoio (útil)	122	93	79	60	57	40	27	29	35	76	99	138	855 kWh	

## Desempenho global do sistema

fracção solar	64% em termos de energia útil	
produtividade	585 kWh/m <sup>2</sup> de colector	
i.e.	43% da produtividade limite dos colectores, 1356 kWh/m <sup>2</sup>	
rendimento - definição física	40% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	33% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	40% da energia solar captada	

(\*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

## ANEXO IX - Ficha técnica da Bomba de calor

# BOMBAS DE CALOR

HP200M3 | HP250M3 | HP250M3C



Ligação a Conduta



Micro-Canal



ECO



Combinação com Sistemas Solares



Aquecimento Rápido

**A+**  
Energy Class



Model	HP200M3	HP250M3	HP250M3C
<b>Tanque</b>			
Volume do tanque (L)	195	240	240
Alimentação eléctrica (V/Hz)	230V/50Hz	230V/50Hz	230V/50Hz
Pressão nominal do tanque (bar)	7	7	7
Design de permutador extra	Não	Não	1m <sup>2</sup>
À prova de corrosão	Ánodo de magnésio	Ánodo de magnésio	Ánodo de magnésio
<b>Desempenho</b>			
Tipo de extração	Ambiente/ Exterior	Ambiente/ Exterior	Ambiente/ Exterior
COP@7°C [EN16147]	3.04	3.02	3.10
COP@15°C [EN16147]	3.39	3.41	3.56
Tapping cycle [EN16147]	L	L	L
Energia eléctrica de reserva (W)	1500	1500	1500
Entrada média de potência - Bomba de calor (W)	495	495	495
Entrada máxima de potência - Bomba de calor (W)	625	625	625
Entrada máxima de potência (W)	2125	2125	2125
Entrada de energia em standby (W)	27	27	27
Vmax	224	311	332
Tempo de aquecimento (h) - 7°C	5h30	7h21	6h55
Tempo de aquecimento (h) - 15°C	4h41	6h10	6h
Temperatura pré-definida (°C)	55	55	55
Amplitude da temperatura com aquecedor (°C)	35-75	35-75	35-75
Amplitude da temperatura apenas com bomba de calor (°C)	35-65	35-65	35-65aa
Refrigerante / Peso (kg)	R134a / 0.9	R134a / 0.9	R134a / 0.9
Nível de ruído db (A)	57	58	59
Temperatura de funcionamento - Sistema (°C)	-7-35	-7-35	-7-35
<b>Dimensões e conexões</b>			
Dimensões do produto (LxPxA mm) - Tanque	600*629*1692	600*629*1987	600*629*1987
Dimensões da embalagem (LxPxA mm) - Tanque	736*695*1940	736*695*2250	736*695*2250
Peso Bruto (kg) - Tanque/ Unidade externa	103	116	132
Peso Líquido (kg) - Tanque/ Unidade externa	91	102	119
Quantidade de carga 40HQ	51	51	51



Férias Inteligentes



Boost Inteligente



Eco-Confort



Condensador Micro Canal



À prova de Fuga Eléctrica



Anticongelante



À prova de geada



À prova de Legionella



CLIMASUN

Distribuidor Oficial da Haier Ar Condicionado Portugal