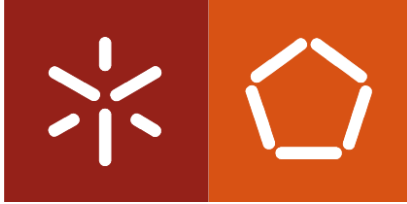




Avaliação de Soluções de Climatização aplicadas num Edifício de Comércio e Serviços para atingir Classificação nZEB





Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ana Rita da Cruz Teixeira

**Avaliação de Soluções de Climatização
aplicadas num Edifício de Comércio e
Serviços para atingir Classificação nZEB**

Dezembro de 2021



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ana Rita da Cruz Teixeira

**Avaliação de Soluções de Climatização
aplicadas num Edifício de Comércio e
Serviços para atingir Classificação nZEB**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Pedro Lobarinhas

Dezembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A realização deste projeto representa o fim de uma etapa que foi sem dúvida uma das melhores da minha vida. No entanto, esta experiência, bem como a realização deste projeto não seria possível sem o contributo de determinadas pessoas. Assim, gostaria de deixar um especial agradecimento:

À Tykhe Engenharia pela oportunidade de realizar o estágio curricular nas suas instalações, nomeadamente ao Eng.Hugo Varandas, ao Eng Tiago Pinto, ao Nuno Gouveia e ao Edgar Vieira por toda a disponibilidade, e conhecimento partilhado.

Ao Professor Pedro Lobarinhas que se mostrou sempre disponível para me orientar e guiar no decorrer deste projeto;

A todas as pessoas com quem criei laços de amizade na universidade, mas em especial à Inês, à Sofia e à Mariana pelas noites de estudo e por todas as memórias que irei sempre guardar comigo;

À minha família, em especial, aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional e pelos sacrifícios que fizeram durante estes anos;

Por fim, mas não menos importante, um especial obrigado ao João Duarte Magalhães, por me motivar, apoiar e ajudar a crescer.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Atualmente, existe uma grande sensibilização com as questões ambientais e, como tal, a procura por soluções mais sustentáveis e eficientes em todos os setores de atividade económica tem sido cada vez mais incessante. Desta forma, os edifícios tornaram-se um setor chave para estratégias europeias e nacionais, uma vez que este setor apresenta um grande impacto ambiental onde existe um elevado potencial de melhoria.

Foi neste contexto que surgiu a oportunidade de desenvolver um projeto cujo o principal objetivo é avaliar possíveis soluções de melhoria, num grande edifício de comércio e serviços com a finalidade de atingir a classificação nZEB (*nearly zero energy building*). O projeto desenvolvido teve lugar numa empresa denominada Tykhe, sediada em Braga, que desempenha variados serviços de engenharia, essencialmente, na área de AVAC.

Primeiramente, realizou-se um estudo inicial onde se analisou todas as soluções construtivas e equipamentos técnicos previstos para o edifício, bem como a zona climática onde este se insere. Seguidamente, com recurso ao software *Hourly Analysis Program* (HAP) foi possível determinar as necessidades energéticas do edifício, por forma a compreender quais os tipos de utilização com maiores consumos. Concluindo-se que os três maiores consumidores anuais são os equipamentos elétricos com 113 706 kW.h, os ventiladores de AVAC com 55 501 kW.h e os sistemas de arrefecimento com 34 791 kW.h. E, determinou-se ainda que o edifício apresenta uma classe energética de B, não sendo esta coincidente com o objetivo pretendido.

Por fim, de forma a cumprir os objetivos propostos, procedeu-se a um estudo que consistiu na aplicação de quatro medidas alternativas às atuais, a fim de compreender qual a melhor solução para reduzir as necessidades energéticas atuais, e obter, um edifício nZEB. Dentro destas, destacam-se a substituição da atual caldeira a biomassa por um sistema VRF e a implementação de sistemas fotovoltaicos, tendo-se concluído que a implementação das mesmas apresenta um impacto significativo na redução de consumos energéticos e uma melhoria no desempenho energético do edifício.

PALAVRAS-CHAVE

Classe Energética, Eficiência, HAP, Medidas de Melhoria, nZEB.

ABSTRACT

Currently, there is a high awareness of environmental issues, so the search for more sustainable and efficient solutions in all economic activity sectors has been increasingly incessant. Therefore, buildings have become a key sector for European and national strategies, since this sector presents a major environmental impact where there is a high potential for improvement.

It was in this context that emerged the opportunity to develop a project whose main objective is to evaluate possible improvement solutions in a large commercial and services building in order to achieve the nZEB (nearly zero energy building) classification. The developed project took place in a company named Tykhe, based in Braga, which provides various engineering services, mainly in the HVAC area.

Firstly, an initial study was carried out in which all the constructive solutions and technical equipment designed for the building were analysed, as well as the climatic zone where it is located. Then, using the software Hourly Analysis Program (HAP), it was possible to determine the energetic needs of the building, in order to understand which types of utilization had the highest consumption. It was concluded that the three largest consumers are the electrical equipment, the HVAC fans, the cooling systems and the interior lighting. And it was also determined that the building presents an energy class B, not being coincident with the intended objective.

At last, in order to meet the proposed goals, it was carried out a study that consisted in the application of four alternative measures to the current ones, in order to understand which is the best solution to reduce the current energetic needs and obtain an nZEB building. Within these, it was highlighted the replacement of the current biomass boiler by a VRF system and the implementation of photovoltaic systems, having been concluded that the implementation of these measures presents a significant impact in the reduction of energy consumption and an improvement in the energy performance of the building.

KEYWORDS

Energy class, Efficiency, HAP, Improvement measures, nZEB.

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas.....	xvi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xxii
Lista de Símbolos.....	xxiv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do projeto.....	2
1.2. Objetivos do projeto.....	3
1.3. Apresentação da empresa.....	4
2. Revisão Bibliográfica e Estado da Arte.....	5
2.1. Sistema de Certificação Energética	5
2.1.1. Enquadramento Legislativo.....	7
2.1.2. Âmbito de Aplicação.....	9
2.2. Requisitos RECS.....	10
2.2.1. Envolvente opaca e envidraçada.....	11
2.2.2. Fator solar dos vãos envidraçados.....	13

2.2.3.	Ventilação Mecânica.....	14
2.2.4.	Sistemas técnicos _ Requisitos Gerais	17
2.2.5.	Sistemas técnicos _ Requisitos de eficiência	18
2.2.6.	Isolamento de Tubagens, Conduatas, Acessórios e Depósitos.....	21
2.2.7.	Iluminação.....	22
2.2.8.	Sistemas de regulação, controlo e gestão técnica	24
2.2.9.	Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável.....	25
2.2.10.	Indicadores de eficiência energética	25
2.3.	Edifícios com necessidades de energia quase nulas (nZEB)	26
2.3.1.	Definição segundo a legislação europeia e portuguesa.....	26
2.3.2.	Estratégias para alcançar os nZEB	27
2.4.	Programas de simulação dinâmica.....	36
2.4.1.	Software HAP versão 5.11.....	37
3.	Caso de Estudo.....	39
3.1.	Descrição do Edifício	39
3.2.	Zoneamento climático	41
3.2.1.	Zona climática de Inverno (Aquecimento).....	42
3.2.2.	Zona climática de Verão (Arrefecimento)	44
3.3.	Enquadramento Regulamentar (PES ou GES).....	45
3.4.	Delimitação da envolvente.....	47
3.5.	Envolvente opaca	50

3.5.1.	Paredes, pavimentos, coberturas e PTP	50
3.5.2.	Elementos em contacto com o solo.....	52
3.6.	Envolvente não opaca.....	54
3.6.1.	Coeficiente de transmissão térmica.....	56
3.6.2.	Fator solar	58
3.6.3.	Fator de obstrução da radiação solar	59
3.7.	Inércia Térmica	61
3.8.	Sistemas técnicos	62
3.8.1.	Ventilação.....	62
3.8.2.	Sistemas de Climatização.....	64
3.8.3.	Preparação AQS	66
3.8.4.	Sistemas de Iluminação	69
3.8.5.	Sistemas de Regulação, controlo e Gestão técnica	70
3.8.6.	Outros equipamentos	71
3.8.7.	Elevadores.....	71
4.	Simulação Dinâmica Multizona	72
4.1.	Dados de entrada no Edifício Previsto	72
4.1.1.	Ficheiro climático	72
4.1.2.	Perfis de utilização	73
4.1.3.	Envolvente opaca: Paredes exteriores.....	75
4.1.4.	Envolvente opaca: Coberturas exteriores	76

4.1.5.	Envolvente não opaca: Envidraçados.....	76
4.1.6.	Sombreamentos.....	77
4.1.7.	Definição dos Espaços.....	78
4.1.8.	Sistemas AVAC.....	80
4.2.	Dados de entrada no Edifício Referência.....	81
4.3.	Resultados obtidos.....	82
5.	Determinação da Classe energética.....	86
5.1.	Indicadores de desempenhos energético.....	86
5.1.1.	IEE previsto, S.....	87
5.1.2.	IEE renovável.....	88
5.1.3.	IEE referência, S.....	90
5.2.	Classe energética obtida.....	91
6.	Estudo de medidas alternativas.....	92
6.1.	Implementação de uma caixilharia mais eficiente.....	92
6.2.	Implementação de uma parede com menor isolamento térmico.....	94
6.3.	Implementação de sistemas VRF para Arrefecimento.....	95
6.4.	Implementação de sistemas com recurso a fontes de energia renovável.....	98
6.5.	Resumo total das medidas de melhoria.....	99
7.	Conclusões.....	101
7.1.	Principais Conclusões Retiradas.....	101
7.2.	Trabalhos Futuros.....	102

Referências Bibliográficas	104
Apêndice 1 – Plantas e Cortes	107
Apêndice 2 – Ficha técnica do vidro	112
Apêndice 3 – Ficha técnica da Caixilharia	113
Apêndice 4 – Projeto de AVAC	114
Apêndice 5 – Ficha técnica de uma luminária	119
Anexo 1 – Delimitação da envolvente.....	121
Anexo 2 – Constituição das envoltentes opacas e respetivos $U's$	126
Anexo 3 – Verificação regulamentar dos vãos envidraçados, U_w	133
Anexo 4 – Cálculo da inércia térmica.....	137
Anexo 5 – Verificação regulamentar dos caudais de ar novo.....	138
Anexo 6 – Verificação regulamentar dos sistemas de iluminação	146
Anexo 7 – Perfis de utilização	152
Anexo 8 – Dados de entrada no campo “Roofs”	155
Anexo 9 – Medida alternativa: Sistemas VRF	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia final por setor, em 2019, em Portugal [3]	2
Figura 2 - Evolução da classe energética do parque habitacional [3]	6
Figura 3 - Evolução da classe energética do parque de comércio e serviços [3]	6
Figura 4 - Evolução do Sistema de Certificação Energética [6]	8
Figura 5 - Orientações com requisitos ao nível do fator solar nos envidraçados [8]	13
Figura 6 – Diferentes variantes (1 a 6) e posição do intervalo de rentabilidade ótima [17]	28
Figura 7 - Estratégias de colocação de isolamento na cobertura em função da utilização do espaço [22]	31
Figura 8 - Menu do HAP versão 5.11 da Carrier	38
Figura 9 - Fachada Norte e nascente do edifício em estudo	40
Figura 10 - Fachada Sul e Poente do edifício em estudo.....	40
Figura 11 - Localização do terreno, a contorno vermelho, onde se prevê que seja implantado o edifício	41
Figura 12 - Esquema da metodologia de utilização de dados do SCE [31]	42
Figura 13 - Código de cores para marcação da envolvente	47
Figura 14 – Características do envidraçado previsto para o projeto em estudo.....	55
Figura 15 – Característica da caixilharia prevista para o projeto em estudo.....	55
Figura 16 - Coeficiente de transmissão térmica do caixilho para vários tipos de caixilharia.....	56
Figura 17 – Exemplo de um sombreamento vertical e horizontal com as respetivas larguras	60
Figura 18 - UTAN 2.0 com roda térmica para o piso 0.....	63

Figura 19 - UTAN 2.1 com fluxos cruzados para o piso 1	63
Figura 20 - Caldeira a <i>pellets</i> da marca OKOFEN, com uma potência total de 162 kW.....	65
Figura 21 – Resultados obtidos pelo programa SCE.ER	68
Figura 22 - Folha de cálculo “CLIMAS–SCE” disponibilizada pelo LNEG.....	73
Figura 23 - Layout do HAP: Informações climáticas inseridas no software	73
Figura 24 - Layout do HAP: (a) Perfil de ocupação do ERPI e (b) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano	74
Figura 25 - Layout do HAP: (a) Perfil de equipamentos do ERPI e (b) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano.....	74
Figura 26 - Layout do HAP: (a) Perfil de Iluminação do ERPI e (b) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano	75
Figura 27 - Layout HAP: Introdução das Propriedades da Parede exterior, Pext1	76
Figura 28 - Layout HAP: Caracterização dos vãos envidraçados.....	77
Figura 29 - Parâmetros necessários para caracterizar os sombreamentos numa: (a) Pala horizontal e (b) Pala vertical	77
Figura 30 - Layout HAP: Caracterização dos sombreamentos	78
Figura 31 - Layout HAP: Caracterização de uma zona térmica.....	78
Figura 32 - Necessidades de climatização resultantes da simulação dinâmica para o edifício previsto	82
Figura 33 - Consumos do edifício por forma de energia.....	84
Figura 34 - Consumo de eletricidade anual do edifício previsto.....	84
Figura 35 - Resultados das necessidades de climatização em função da caixilharia: (a) $Uf=3,2 \text{ W/m}^2$. e (b) $Uf=1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	93

Figura 36 - Resultados das necessidades de climatização em função do isolamento térmico das paredes: (a) 100 mm XPS; (b) 80 mm XPS e (c) 60 mm XPS	94
Figura 37 - Dimensionamento dos sistemas VRF através do software New Design Tool	96
Figura 38 - Consumo de eletricidade anual após inserida a medida mencionada	97
Figura 39 – Impactos da aplicação da medida mencionada na energia primária (sem componente renovável): (a) Antes e (b) Depois.....	97
Figura 40 - Planta do piso -1	107
Figura 41 - Planta do Piso 0.....	108
Figura 42 - Planta do piso 1	109
Figura 43 - Planta da cobertura.....	110
Figura 44 - Cortes	111
Figura 45 - Ficha técnica do vidro	112
Figura 46 - Ficha técnica da caixilharia	113
Figura 47 - Código de cores adotado para a legenda das condutas	114
Figura 48 - Projeto de AVAC previsto para o piso -1	115
Figura 49 - Projeto de AVAC previsto para o piso 0	116
Figura 50 - Projeto de AVAC previsto para o piso 1	117
Figura 51 - Instalações de AVAC no desvão da cobertura (piso 2).....	118
Figura 52 - Projeto luminotécnico: Distribuição da iluminação no espaço cozinha	119
Figura 53 - Projeto luminotécnico: Resultados obtidos para o espaço cozinha	120
Figura 54 - Código de cores adotado para a delimitação da envolvente	121

Figura 55 - Delimitação da envolvente do piso -1	122
Figura 56 - Delimitação da envolvente do piso 0	123
Figura 57 - Delimitação da envolvente da cobertura do piso 0	124
Figura 58 - Delimitação da envolvente do piso 1	125
Figura 59 - Perfis de ocupação considerados para o CATL	152
Figura 60 - Perfis de equipamentos considerados para o CATL	152
Figura 61 - Perfis de equipamentos considerados para o CATL	152
Figura 62 - Perfil de utilização considerado para a lavandaria	153
Figura 63 - Perfil de utilização considerado para a cozinha	153
Figura 64 - Perfil de ventilação/termóstato considerado no ERPI	153
Figura 65 - Perfil de ventilação/termóstato considerado no CATL	154
Figura 66 - Perfil de ventilação/termóstato considerado para a Lavandaria	154
Figura 67 - Perfil de ventilação/termóstato considerado para a cozinha	154
Figura 68 - Layout HAP: introdução no HAP das coberturas exteriores	155
Figura 69 - Layout HAP: (a) Constituição da cobertura, Cobext2 e (b) Constituição da cobertura, Cobext3	155
Figura 70 - Layout HAP: (a) Constituição da cobertura, Cobext4 e (b) Constituição da cobertura, Cobext5	155
Figura 71 - Layout HAP: (a) Constituição da cobertura, Cobext6 e (b) Constituição da cobertura, Cobext7	156
Figura 72 - Sistemas VRF 1,2 e 3 presentes no piso 0	157
Figura 73 - Sistemas VRF 1, 4 e 5 presentes no piso 1	158

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos aplicáveis aos edifícios de comércio e serviços [8]	10
Tabela 2 - Requisitos da envolvente - Portugal Continental [8]	11
Tabela 3 - Requisitos da envolvente - Regiões autónomas [8]	11
Tabela 4 - Fator solar máximo dos vãos envidraçados por zona climática [10]	14
Tabela 5 - Caudais mínimos de extração (tabela I.06 Portaria n.º 353-A/2013) [11]	16
Tabela 6 - Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de ar condicionado (tabela I.13 da Portaria n.º 17-A/2016) [10].....	18
Tabela 7 - Requisitos mínimos de eficiência de equipamentos com permuta exterior a ar [10]	19
Tabela 8 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras (tabela I.18 da Portaria n.º 17-A/2016) [10]	19
Tabela 9 - Classe de eficiência mínima de caldeiras a combustível líquido ou gasoso [10]	19
Tabela 10 - Requisitos mínimos de eficiência da UTA´s (Tabela I.20 da Portaria n.º 17-A/2016) [10]	20
Tabela 11 - Requisitos de eficiência energética de bombas e ventiladores (Tabela I.21 da Portaria n.º 17-A/2016) [10]	20
Tabela 12 - Requisitos mínimos dos sistemas de elevação (Tabela n. I.31 ° 17-A/2016) [10]	20
Tabela 13 - Requisitos de isolamento em tubagens (Tabela n. I.22 ° 17-A/2016) [10].....	21
Tabela 14 - Requisitos de isolamento em condutas e acessórios (Tabela n. I.23 ° 17-A/2016) [10] ...	22
Tabela 15 - Requisitos de isolamento depósitos de acumulação ou inércia (Tabela n. I.24 ° 17-A/2016) [10].....	22
Tabela 16 - Requisitos de sistemas de controlo de iluminação.....	24

Tabela 17 -Requisitos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica (tabela I.30 da Portaria n.º 17-A/2016) [10]	24
Tabela 18 - Exigências para edifícios nZEB [14].....	27
Tabela 19 -Propriedades de diferentes combustíveis derivados da biomassa [4]	36
Tabela 20 – Composição por municípios e respetivos NUTS III (tabela 01 do Despacho n.º 15793-F/2013) [28].....	41
Tabela 21 - Critérios para a determinação da zona climática de Inverno (Tabela 02 do Despacho n.º 15793-F/2013) [28].....	42
Tabela 22 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude, para a estação de aquecimento (Tabela 04 do despacho n.º 15793-F/2013) [28]	43
Tabela 23 - Critérios para determinação da zona climática de Verão (Tabela 03 do Despacho n.º 15793-F/2013) [28]	44
Tabela 24 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento (Tabela 05 do despacho n.º 15793-F/2013) [28].....	44
Tabela 25 - Caracterização dos espaços para Enquadramento Regulamentar	46
Tabela 26 - Determinação dos btr dos espaços tipo B	49
Tabela 27 - Temperaturas de Inverno e de Verão dos espaços tipo B	49
Tabela 28 - Determinação do U da parede exterior (Pext1)	51
Tabela 29 - Determinação do U da ponte térmica plana na parede exterior (PTP1)	51
Tabela 30 - Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca exterior	51
Tabela 31 - Determinação do U da Pint1	52

Tabela 32 - Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca interior	52
Tabela 33 - Determinação do U _{bf} do Pav1	53
Tabela 34 - Coeficiente de transmissão térmica do Pav1 em contacto com o solo sem isolamento térmico	54
Tabela 35 - Coeficiente de transmissão térmica do Pav2 enterrado sem isolamento térmico	54
Tabela 36 - - Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas dos elementos em contacto com o solo	54
Tabela 37 - Coeficiente de transmissão térmica linear para diferentes tipos de caixilharia [13]	57
Tabela 38 - Valores de resistência térmica adicional para diferentes dispositivos de proteção solar/occlusão noturna.....	57
Tabela 39 - Tipos de vãos considerados no projeto em estudo	58
Tabela 40 - Classes de Inércia térmica	61
Tabela 41 -Potência dos ventiladores para cada UTAN	64
Tabela 42 – Características dos Sistemas VRF previstos para suprir parte das necessidades de climatização do edifício	65
Tabela 43 - Temperaturas base consideradas no cálculo das necessidades de AQS.....	66
Tabela 44 - Consumos de AQS a uma temperatura de referência de 60°C (tabela 3.1. do documento “HE Ahorro de Energía) [30].....	67
Tabela 45 - Consumos de AQS previstos para o ERPI e o CATL	67
Tabela 46 - Energia global total necessária para a preparação de AQS do presente edifício	68
Tabela 47 - Verificação da conformidade regulamentar referente à iluminância de alguns espaços presentes no edifício	69

Tabela 48 - Verificação da conformidade regulamentar referente à densidade de potência de alguns espaços presentes no edifício	70
Tabela 49 - Potência térmica determinada.....	70
Tabela 50 - Dados de entrada utilizados na simulação para o edifício de referência	81
Tabela 51 - Resultados da simulação do edifício em estudo	82
Tabela 52 - Análise dos custos anuais do edifício por forma de energia.....	84
Tabela 53 – Consumos de energia a considerar nos usos tipo S e tipo T	87
Tabela 54 - Consumos de energia primária do edifício previsto por fonte de energia e por tipo de consumo	88
Tabela 55 - Consumos de energia primária do edifício referência por fonte de energia e por tipo de consumo.....	90
Tabela 56 - Intervalo de valores de RIEE e respetiva classe energética (Tabela 03 do Despacho n.º 15793-J/2013) [34].....	91
Tabela 57 - Impacto da aplicação de uma caixilharia mais eficiente no presente edifício.....	93
Tabela 58 - Impacto da aplicação de dois tipos de isolamento térmico com menores espessuras no presente edifício.....	95
Tabela 59 - Impacto da aplicação de um sistema VRF para colmatar as necessidades de climatização	96
Tabela 60 - Estudo da viabilidade económica da aplicação da medida de melhoria.....	98
Tabela 61 - Impacto da aplicação do sistema de produção fotovoltaico autónomo em autoconsumo ..	98
Tabela 62 - Impacto da aplicação desta medida nas emissões de CO2	99
Tabela 63 - Estudo da viabilidade económica da aplicação da medida de melhoria.....	99

Tabela 64 - Impacto da aplicação do conjunto das duas medidas de melhoria: Implementação dos sistemas VRF e a instalação dos painéis fotovoltaicos.....	99
Tabela 65 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext1)	126
Tabela 66 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext2)	126
Tabela 67 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext3)	127
Tabela 68 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext4)	127
Tabela 69 - Determinação do U da ponte térmica plana 2	128
Tabela 70 - Determinação do U da ponte térmica plana 3	128
Tabela 71 - Determinação do U da parede interior 1	128
Tabela 72 - Determinação do U da cobertura interior 1	129
Tabela 73 - Determinação do U da cobertura interior 2	129
Tabela 74 - Determinação do U do pavimento interior 6	130
Tabela 75 – Constituição da Parede enterrada	130
Tabela 76 - Determinação do U da P1	130
Tabela 77 - Constituição do Pavimento em contacto com o solo 3	130
Tabela 78 - Determinação do U do Pav3.....	131
Tabela 79 - Constituição do Pavimento em contacto com o solo 4	131
Tabela 80 - Determinação do U do Pav4.....	131
Tabela 81 - Constituição do Pavimento em contacto com o solo 5	131
Tabela 82 - Determinação do U do Pav5.....	132
Tabela 83 - Verificação regulamentar do U_w para cada vão envidraçado	133

Tabela 84 - Verificação regulamentar do fator solar para cada vão envidraçado	134
Tabela 85 - Determinação dos caudais de ar novo mínimos a insuflar em cada espaço	138
Tabela 86 - Determinação dos caudais mínimos de extração de ar a assegurar nas instalações sanitárias e balneários	141
Tabela 87 - Averiguação do cumprimento dos requisitos referentes aos caudais de ar novo determinados	142
Tabela 88 - Verificação da conformidade regulamentar referente à iluminância.....	146
Tabela 89 - Verificação da conformidade regulamentar referente à densidade de potência	148
Tabela 90 - Código de cores considerado na legenda dos sistemas VRF.....	157

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ACH Air changes per hour

AQS Água quente sanitária

AVAC Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado

BIM Building Information Modeling

CATL centro de apoio à infância e juventude

DCR Declaração de conformidade regulamentar

EPBD Energy performance of buildings directive

EPS Poliestireno expandido

EPW Energy Plus Weather

ERPI Estabelecimento Residencial para idosos

ETICS External Insulation Composite Systems

GD Número de graus-dias, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento

GES Grande edifício de comércio e serviços

HAP Hourly Analysis Program

IEE Indicador de Eficiência Energética

LED Diodo emissor de luz

LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NUTS Nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos

nZEB Nearly Zero Energy Buildings

PCE Pré-certificado energético

PES Pequeno edifício de comércio e serviços

PRS Período de Retorno Simples

PTL Ponte térmica linear

PTP Ponte térmica plana RAA Região Autónoma dos Açores

QAI Qualidade do Ar Interior

RCCTE Regulamento das Características de Comportamento térmico dos Edifícios

RECS Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em edifícios

SCE Sistema de certificação energética dos edifícios

SFP Potência específica

SGT Sistemas de Gestão Técnica Centralizada

UTA Unidade de tratamento de ar

UTAN Unidade de tratamento de ar novo

VRF Variable refrigerant flow

XPS Poliestireno Extrudido

LISTA DE SÍMBOLOS

A_{env}	Soma das áreas dos vãos envidraçados do edifício ou fração em estudo, por orientação	m^2
A_{eve}	Área da envolvente vertical exterior do edifício ou da fração em estudo, por orientação	m^2
A_f	Área do caixilho	m^2
A_g	Área do vidro	m^2
A_i	Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil	m^2
A_p	Área interior útil de pavimento	m^2
A_u	Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior	m^2
B'	Dimensão característica do pavimento em contacto com o solo	m
b_{tr}	Coeficiente de redução de perdas	
C_{AQS}	Consumo anual de AQS	l/ano
E_m	Iluminância	lux
$E_{ren,i}$	Produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para consumo	kWh/ano
$E_{S,i}$	Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S	kWh/ano
F_0	Fator de sombreamento do elemento opaco horizontal	
F_f	Fator de sombreamento do elemento opaco vertical	
F_h	Fator de sombreamento do horizonte	
$F_{pu,i}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária	kWh _{EP} /kWh
$g_{\perp,vi}$	Fator solar do vidro para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado	
g_T	Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis totalmente ativados;	

g_{Tvc}	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro	
g_v	Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento	
$IEE_{pr,ren}$	Indicador de eficiência energética previsto renovável	kWh _{EP} /(m ² .ano)
$IEE_{pr,S}$	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S	kWh _{EP} /(m ² .ano)
$IEE_{ref,S}$	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S	kWh _{EP} /(m ² .ano)
L_g	Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro	m
Q_a	Energia global necessária para a preparação de AQS	kWh/ano
Q_{AN}	Caudal de ar novo	m ³ /h
Q_{ANf}	Caudal de ar novo final corrigido pela eficácia	m ³ /h
R_f	Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais	(m ² .°C)/W
R_{IEE}	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços	
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior	(m ² .°C)/W
R_{si}	Resistência térmica superficial interior	(m ² .°C)/W
R_w	Resistência térmica de todas as camadas da parede, com exclusão das resistências térmicas superficiais	(m ² .°C)/W
U_{bf}	Coefficiente de transmissão térmica de pavimentos	W/(m ² .°C)
U_f	Coefficiente de transmissão térmica do caixilho	W/(m ² .°C)
U_g	Coefficiente de transmissão térmica do vidro	W/(m ² .°C)
$U_{máx}$	Coefficiente de transmissão térmica máximo	W/(m ² .°C)
U_n	Coefficiente de transmissão térmica do vão com dispositivos de proteção solar ou oclusão noturna ativados	W/(m ² .°C)
U_w	Coefficiente de transmissão térmica da janela	W/(m ² .°C)
U_{WDN}	Coefficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite	W/(m ² .°C)
Z_{solo}	Profundidade média da parede ou do pavimento em contacto com o solo	m

ΔR	Acréscimo da resistência térmica devido ao dispositivo de proteção solar e ao espaço de ar	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
ϵ_v	Eficácia de remoção de poluentes	
θ_{enu}	Temperatura de espaço interior não útil	$^\circ C$
θ_{ext}	Temperatura do ambiente exterior	$^\circ C$
θ_{int}	Temperatura interior	$^\circ C$
Ψ_g	Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro	$W/(m \cdot ^\circ C)$

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma consciencialização muito grande com as questões ambientais e uma procura por soluções, na gestão dos recursos naturais do planeta, mais sustentáveis. Por estas razões, o paradigma do setor de construção tem vindo a mudar nos últimos anos, sendo que a comissão europeia tem vindo a implementar normas e metas temporais com o objetivo de reduzir o consumo de energia e promover o aproveitamento de energia proveniente de fontes renováveis.

Desde a época da Revolução Industrial, tem-se observado um aumento da temperatura média da terra [1]. As ações antrópicas que levam ao aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e de outros gases que contribuem para o efeito de estufa têm sido apontadas como sendo as principais causas deste fenómeno. Assim sendo, é necessário e urgente melhorar a qualidade de vida de todos nós, mas também do ambiente à nossa volta, através do incentivo ao desenvolvimento sustentável, da conservação e utilização mais prudente dos recursos naturais, e da redução da poluição ambiental.

Por conseguinte, em dezembro de 2015 foi assinado o Acordo de Paris por 195 países, que tem como principal objetivo fortalecer a resposta global à ameaça das alterações climáticas. Este acordo impõe o compromisso entre vários países para lutar contra o aumento da temperatura média do planeta e garantir que esta fique não supere em mais de 2°C os níveis pré-industriais [1].

É com este propósito que a União Europeia tem estado na vanguarda da luta mundial, para promover a eficiência energética e a mitigação das alterações climáticas, mostrando-se empenhada na aplicação de restrições e legislações que concernem à emissão de gases com efeito de estufa, a redução do consumo de energia e o aumento da utilização de fontes de energia renováveis. Nesse sentido, em 2018, a Comissão Europeia definiu determinadas metas para 2030 [2], nomeadamente:

- Redução de consumo de energia em 32,5%, em comparação com as projeções feitas em 2007;
- Redução das emissões de carbono em 55% relativamente aos níveis de 1990;
- Aumento da utilização de energias renováveis em 32% do consumo final bruto de energia.

Para se atingir estas metas ambiciosas da União Europeia é necessário agir em todos os setores de atividade económica, nomeadamente: o **setor dos edifícios**, o setor da indústria e o setor dos transportes. É neste contexto, no setor dos edifícios, que se insere o tema do presente trabalho.

Ademais, o Conselho Europeu estabeleceu no sector dos edifícios, o objetivo de reduzir em 100% as emissões de carbono até 2050, por forma a atingir a neutralidade carbónica [2].

1.1. Enquadramento do projeto

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e pela emissão de 36% dos gases de efeito estufa [2]. Em Portugal, este setor é responsável por 31,5% do consumo de energia final [3], demonstrado na Figura 1. Como efeito, os edifícios têm um grande impacto ambiental, o que faz deles um setor chave para estratégias europeias e nacionais.

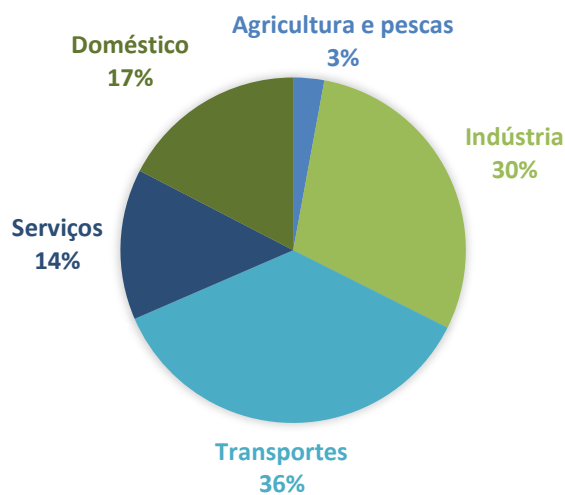


Figura 1 - Consumo de energia final por setor, em 2019, em Portugal [3]

Para fazer face a esta situação, surgiu a diretiva EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) que estabelece um conjunto de medidas para a redução do consumo de energia, através da publicação de diretivas, que são posteriormente, transpostas por cada um dos Estados-Membros para o contexto nacional. Como resultado, cada um destes estados, tem vindo a definir normas com a finalidade de promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios.

Foi neste contexto que, em 2010 foi publicada a diretiva n.º 2010/31/CE, de 19 de maio, transposta para Portugal através do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que assegura promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). O SCE integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), o qual se insere o edifício em estudo da presente dissertação. [4]

Em 2020 foi publicado o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, que apenas entrou em vigor a 1 de julho de 2021. Uma vez que, o presente estudo começou a ser elaborado em fevereiro de 2021, utilizou-se a legislação que estava em vigor nesse momento, nomeadamente, o Decreto-Lei n.º 118/2013. É neste decreto, que referem pela primeira vez em Portugal, a necessidade de construir ou converter edifícios nZEB, designadamente, “Nearly Zero-Energy Buildings”, caracterizando-se por edifícios com necessidades líquidas de energia quase nulas.

1.2. Objetivos do projeto

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar possíveis soluções de melhoria, num grande edifício de comércio e serviços com a finalidade de atingir a classificação nZEB. As soluções de melhoria energética a estudar serão no âmbito da qualidade da envolvente do edifício, das instalações técnicas e ao nível da implementação de sistemas de energia renovável. O edifício a analisar será um Estabelecimento Residencial para idosos (ERPI), que inclui um centro de apoio à infância e juventude (CATL), localizado em Meruge, distrito de Coimbra.

Pretende-se com este trabalho a obtenção e desenvolvimento dos seguintes conhecimentos:

- Do SCE e da legislação em vigor, nomeadamente, o Decreto-Lei n.º 118/2013;
- Do conceito nZEB introduzido pela diretiva 2010/31/EU, bem como dos planos nacionais com definições claras e medidas políticas para a promoção dos nZEB;
- Na elaboração de Simulação Dinâmica Multizona, através de um *software* acreditado pela norma ASHRAE 140;
- Análise energética das instalações técnicas em edifícios, com impacto nos consumos e na classe energética;
- Avaliação do consumo final do edifício, do cumprimento regulamentar e da classe energética.
- No estudo de soluções de conceção e sistemas técnicos de elevado desempenho energético, bem como no estudo de novas tecnologias construtivas da envolvente, por forma a reduzir as necessidades energéticas dos edifícios para que o conceito nZEB seja alcançado;
- Na implementação de sistemas de energia renovável (solar, eólica e biomassa) para produção de energia e recuperação/aproveitamento energético.

Em suma, a finalidade desta dissertação é compreender o comportamento do edifício para que seja possível a adoção de medidas de otimização do desempenho energético que permitam a redução do consumo de energia e o aumento do conforto térmico dos utilizadores.

1.3. Apresentação da empresa

A Tykhe é uma empresa fundada em 2020 e especializada na prestação de serviços de engenharia, em todo o tipo de edifícios, nomeadamente: Edifícios de comércio e serviços e Habitações. A prestação de serviços [5] consiste em:

- Execução de projetos nas especialidades de: Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC); Hidráulicas; Sistemas de Desenfumagem; Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGT) e Sistemas solares térmicos;
- Coordenação e fiscalização de obra;
- Consultadoria, auditorias técnicas e certificação energética;
- Planeamento, preparação e gestão de obra.

Preferencialmente utiliza-se a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) na conceção e desenvolvimento dos projetos, pois esta abordagem permite uma maior fiabilidade na execução dos mesmos e na sua coordenação.

Sendo o tema da presente dissertação relacionado com a certificação energética, este tema vai de encontro aos serviços disponibilizados pela empresa. Desta forma, a Tykhe facultou um caso de estudo real e auxiliou a execução do projeto em todas as suas fases de desenvolvimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DA ARTE

No presente capítulo apresenta-se uma contextualização de todos os assuntos e conceitos que serão abordados ao longo deste relatório. Neste seguimento, começou-se por abordar o SCE, a sua evolução legislativa ao longo dos últimos anos, e o seu âmbito de aplicação. Apresentou-se também o RECS, onde se insere o edifício em estudo e são referidos os principais requisitos neste âmbito. Seguidamente, abordou-se detalhadamente os edifícios nZEB, e as principais soluções construtivas por forma a atingir este tipo de classificação. Por fim, é apresentado o software de simulação dinâmica multizona utilizado.

2.1. Sistema de Certificação Energética

Atualmente, a União Europeia e Portugal têm objetivos exigentes no âmbito da eficiência energética do parque edificado e a certificação energética tornou-se um meio para:

- Otimizar o desempenho energético, garantindo conforto térmico;
- Fazer escolhas objetivas entre várias ofertas e avaliações de custo-benefício;
- Identificar medidas de melhoria para reduzir o consumo e a fatura da energia;
- Proporcionar um maior conforto aos utilizadores;
- Aceder a benefícios fiscais e financiamentos específicos, quando e onde disponíveis;
- Valorizar o imóvel através da melhoria da Classe Energética.

De forma sucinta, um certificado energético é um documento que classifica o desempenho energético de um determinado edifício/fração e permite identificar as medidas de melhoria a implementar, por forma, a reduzir o consumo de energia e tornar o imóvel energeticamente mais eficiente.

Segundo os dados facultados pelo Energia em Números 2021, entre 2008 e 2020 foram emitidos aproximadamente 2 milhões de certificados energéticos, dos quais 89% são referentes ao setor de habitação e os restantes 11% a edifícios do setor do comércio e serviços [3]. Como se pode observar na Figura 2, a classe energética do parque habitacional tem vindo a melhorar nos últimos anos. Em 2014 apenas 10% dos certificados correspondiam a classe B ou superior, enquanto que em 2020 esse valor foi de 35%.

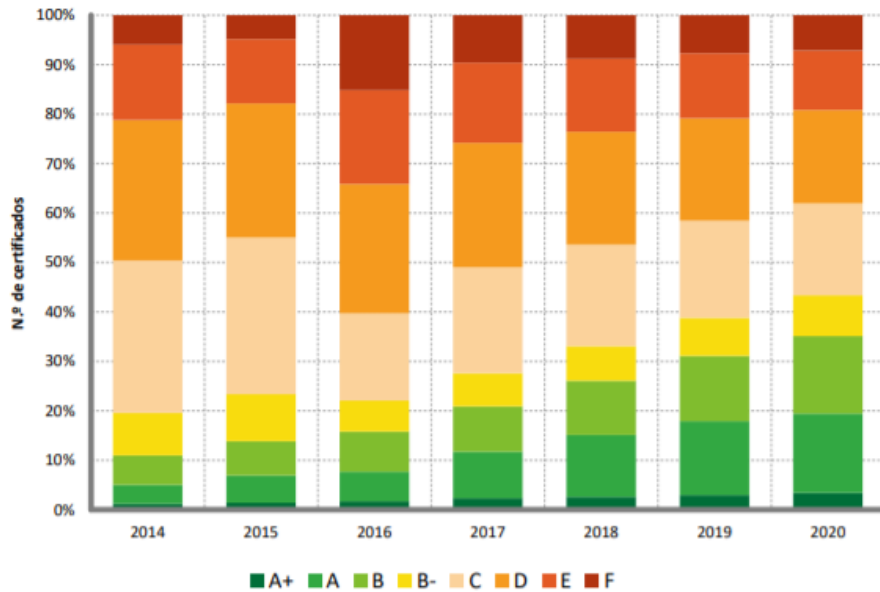


Figura 2 - Evolução da classe energética do parque habitacional [3]

Em 2020, a implementação da totalidade das medidas de melhoria propostas nos certificados de habitação conduziria a uma redução do consumo de 1 724 GWh, representando uma poupança de 60% no consumo de energia primária [3].

Relativamente ao parque de comércio e serviços, a certificação segue a mesma tendência que no parque habitacional, verificando-se um aumento significativo do número de certificados. No entanto, a respeito da classe energética, esta tem-se mantido estável desde 2014 até 2020 com cerca de 20% de certificados correspondente à classe B ou superior, pelo que existe ainda muito potencial de melhoria neste setor, como demonstrado na Figura 3.

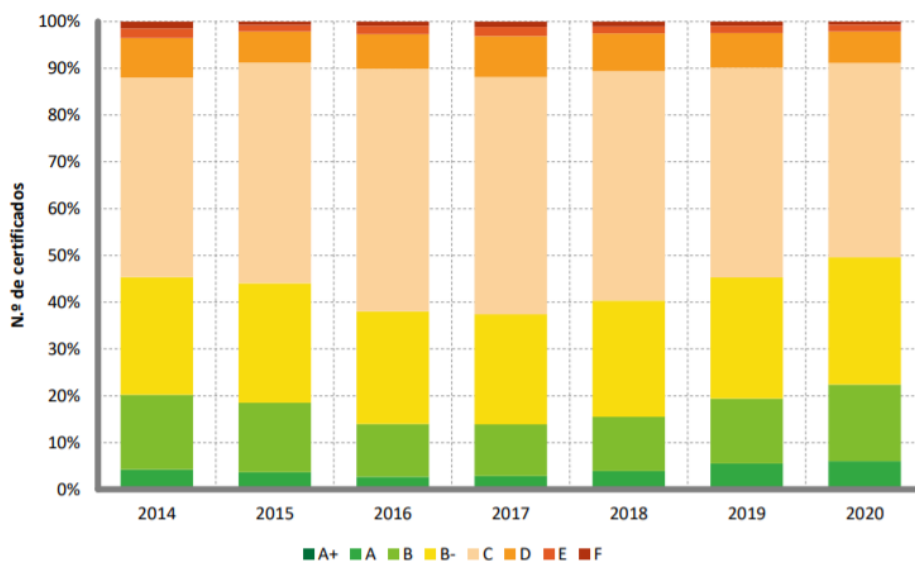


Figura 3 - Evolução da classe energética do parque de comércio e serviços [3]

Em 2020, a implementação da totalidade das medidas de melhoria propostas nos certificados de comércio e serviços, conduziria a uma redução do consumo de 136 GWh, representando uma poupança de 11% no consumo de energia primária.

De facto, a relevância do papel da certificação energética no âmbito da eficiência energética é cada vez mais evidente, porém nem sempre teve a importância que lhe deveria ter pertencido.

2.1.1. Enquadramento Legislativo

Em Portugal, até 1990 não se fazia cumprir qualquer verificação regulamentar na construção de edifícios. Apenas em fevereiro desse ano foi publicado o primeiro Decreto-Lei n.º40/1990 que se designa por Regulamento das Características de Comportamento térmico dos Edifícios (RCCTE). Este documento impôs requisitos ao projeto em edifícios novos e nas remodelações de edifícios já existentes, com o objetivo de melhorar as suas condições de conforto térmico, sem consumo excessivo de energia [6].

Em 1998 foi publicado o Decreto-Lei n.º 118/98, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), com o propósito de estabelecer regras a serem consideradas no dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios.

Apesar de existir uma preocupação nacional para uma construção mais sustentável, na União Europeia não tinham ainda sido impostas quaisquer medidas aos Estados-Membros. Contudo, face à evolução do consumo de energia final no setor dos edifícios, comprovada com estudos no final do século XX que demonstravam que este setor representava cerca de 40% do consumo de energia final na Europa. Esta preocupação conduziu à publicação, por parte da comissão europeia, da diretiva comunitária 2002/91/CE sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) que obrigava os Estados-Membros a impor os seguintes requisitos até 04/01/2006:

- Requisitos térmicos mínimos para os novos edifícios;
- Requisitos mínimos para reabilitações importantes de edifícios existentes com mais de 1000 m²;
- Introdução da Certificação obrigatória;
- Qualificação Profissional adequada aos técnicos para a Certificação.

A transposição obrigatória desta diretiva veio a acontecer em Portugal em abril de 2006, através da publicação de 3 peças legislativas, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 78/2006 que aprova o SCE e a Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI);
- Decreto-Lei n.º 79/2006 que aprova RSECE e substitui o Decreto-Lei n.º 118/98;
- Decreto-Lei n.º 80/2006 que aprova o RCCTE e que revoga o Decreto-Lei n.º 40/1990.

Nesta transposição, Portugal adotou um comportamento visionário e foi ainda mais longe, impondo a garantia de boa QAI no interior de edifícios de serviços através do RSECE (DL n.º 79/2006), apesar da diretiva EPBD apenas impor exigências sobre o desempenho energético. Ademais, pediu a verificação dos requisitos impostos pela diretiva EPBD numa fase prévia à construção, com a introdução da DCR (Declaração de Conformidade Regulamentar) através do SCE (DL n.º 78/2006), apesar da diretiva EPBD apenas impor o cumprimento dos requisitos antes da emissão da licença de utilização.

Em 2010, a comissão europeia publicou a primeira revisão da diretiva comunitária EPBD, 2010/31/UE, que surge através da reformulação da primeira versão da EPBD. Face a esta republicação, foi de novo necessário realizar a sua transposição para o direito nacional, onde resultou o Decreto-Lei n.º 118/2013, complementado através da publicação de 7 Portarias e 14 Despachos.

Em 2013 entrou em vigor o Decreto-Lei n.º 118/2013, incluindo o SCE, o REH e o RECS.

O enquadramento legislativo descrito anteriormente encontra-se sintetizado na Figura 4.

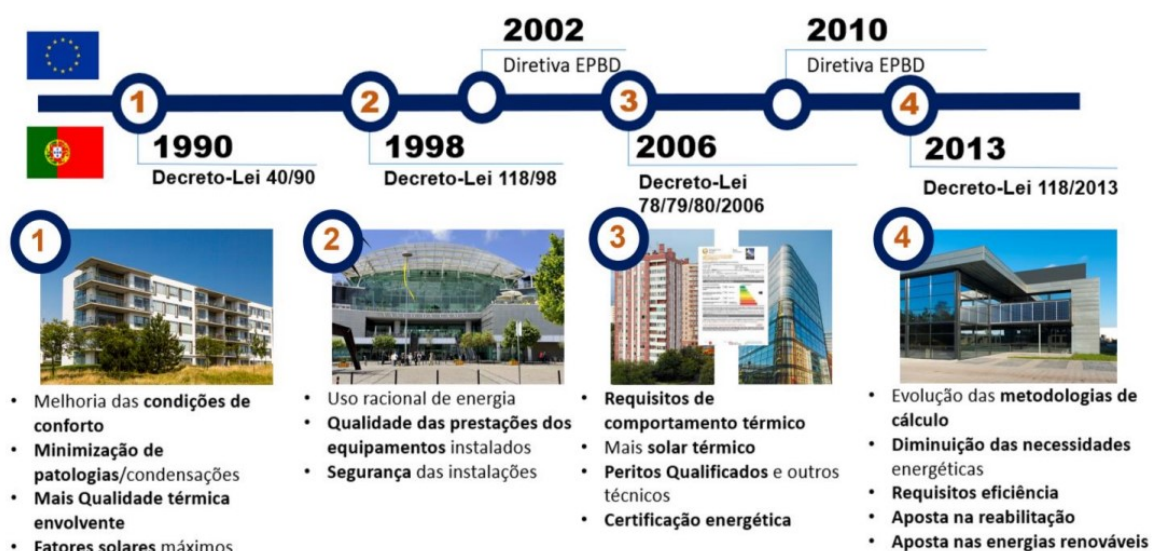


Figura 4 - Evolução do Sistema de Certificação Energética [6]

Em 2018 é publicada pela comissão europeia a nova Diretiva 2018/844/EU, que veio alterar a Diretiva 2010/31/EU, relativa ao desempenho energético dos edifícios

Em 2020 é publicado o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 transpondo a Diretiva 2018/844/EU, e parcialmente a Diretiva 2019/944/ EU. Este decreto estabelece requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação, e regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [7].

2.1.2. Âmbito de Aplicação

Neste subcapítulo clarifica-se quais os edifícios que ficam abrangidos pelo Sistema de Certificação Energética e quais os que ficam excluídos [6].

➤ Âmbito de Aplicação positivo:

São abrangidos pelo SCE os edifícios/frações nas seguintes condições:

- Edifícios novos ou edifícios sujeitos a grande intervenção;
- Edifícios ou frações de comércio e serviços existentes com uma área útil de pavimento superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- Edifícios ou frações de Comércio e Serviços existentes que sejam propriedade de uma entidade pública, ocupados por uma entidade pública, frequentemente visitados e com uma área útil superior a 500 m²;
- Todos os edifícios ou frações a partir do momento da sua venda, dação em cumprimento ou locação.

➤ Âmbito de Aplicação negativo:

São excluídos pelo SCE os edifícios/frações nas seguintes condições: [6]

- Todos os edifícios em situação de venda ou dação em cumprimento a comproprietário, a locatário, em processo executivo, a entidade expropriante ou para demolição total confirmada pela entidade licenciadora competente;
- Locação do lugar de residência habitual do senhorio por prazo inferior a quatro meses;
- Locação a quem seja já locatário da coisa locada;
- As instalações industriais, agrícolas ou pecuárias;
- Edifícios utilizados como locais de culto ou para atividades religiosas;

- ☒ Edifícios ou frações exclusivamente destinados a armazéns em que a presença humana não seja significativa, estacionamento não climatizados, oficinas e similares;
- ☒ Edifícios unifamiliares com $A_{\text{útil}} \leq 50 \text{ m}^2$;
- ☒ Edifícios de comércio e serviços devolutos, até à sua venda ou locação depois da entrada em vigor do presente diploma;
- ☒ Edifícios em ruínas;
- ☒ Infraestruturas militares e os edifícios afetos aos sistemas de informações ou a forças e serviços de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e de confidencialidade;
- ☒ Os monumentos e os edifícios individualmente classificados ou em vias de classificação;
- ☒ Edifícios integrados em conjuntos ou sítios classificados ou em vias de classificação;
- ☒ Edifícios de comércio e serviços inseridos em instalações sujeitos ao regime aprovado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, alterado pela Lei n.º 7/2013, de 22 de janeiro.

É importante esclarecer que, entende-se por presença humana significativa quando existe uma ocupação superior a 2 horas/dia e uma densidade superior a 0,025 pessoas/m².

2.2. Requisitos RECS

Uma vez que o edifício em estudo se enquadra no âmbito do RECS, este regulamento será alvo de análise no presente subcapítulo, onde serão abordados os principais requisitos impostos ao edifício estudado. Os requisitos podem ser agrupados em cinco principais categorias, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos aplicáveis aos edifícios de comércio e serviços [8]

Tipo de Requisitos	Parâmetros	Obrigatório em
Qualidade térmica da envolvente	- $U_{\text{máx}}$ da envolvente opaca - $U_{\text{w(máx)}}$ da envolvente envidraçada - $g_{\text{T(máx)}}$ do vidro	Edifícios novos
		Intervenções
Qualidade do ar interior	- Caudais mínimos de ar novo e Caudais de extração	Edifícios novos
		Grandes intervenções
Sistemas	- Eficiências dos sistemas; Isolamento acumulação e distribuição; Bombas e ventiladores; Iluminação; Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes; Controlo, regulação e monitorização; Solar térmico e Outros.	Edifícios novos
		Intervenções
Manutenção	- Técnicos de Instalação e Manutenção - Plano de Manutenção - Plano de Racionalização Energética	Edifícios novos e existentes, caso aplicável
Energéticos	- R_{EE} , IEEpr,S e IEEren	Edifícios nZEB
	- R_{EE} , IEEpr,S, IEEpr	Edifícios novos
	- R_{EE}	Grandes intervenções

2.2.1. Envoltente opaca e envidraçada

A Portaria n.º 17-A/2016, revisão da portaria n.º 349-D/2013, estabelece requisitos na envoltente térmica opaca e envidraçada, em contacto com o exterior. Estes requisitos têm sofrido alterações ao longo dos anos, tornando-se cada vez mais exigentes, uma vez que soluções construtivas com elevado grau de eficiência garantem um melhor desempenho energético do edifício. Conseguindo-se assim, reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento, e conseqüentemente, os consumos de energia.

Posto isto, consoante a zona climática de inverno, existem valores limites tabelados do coeficiente de transmissão térmica para a envoltente opaca exterior e para os vãos envidraçados. Sendo que, quanto mais extrema for a estação de aquecimento, melhor terá que ser a solução construtiva implementada.

No âmbito RECS, os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envoltente exterior de um edifício não poderão ser superiores aos valores indicados na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Requisitos da envoltente - Portugal Continental [8]

$U_{m\acute{a}x}[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envoltente		A partir de 31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3
Envoltente em contacto com o exterior	Elementos opacos verticais	0,70	0,60	0,50
	Elementos opacos horizontais	0,50	0,45	0,40
Vãos envidraçados (portas e janelas), U_w		4,30	3,30	3,30

Tabela 3 - Requisitos da envoltente - Regiões autónomas [8]

$U_{m\acute{a}x}[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$		Zona climática		
Regiões Autónomas				
Zona corrente da envoltente		A partir de 31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3
Envoltente em contacto com o exterior	Elementos opacos verticais	1,40	0,90	0,50
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,60	0,40
Vãos envidraçados (portas e janelas), U_w		4,30	4,30	3,30

Neste subcapítulo é também importante referir as pontes térmicas planas (PTP) e pontes térmicas lineares (PTL's), uma vez que estas também apresentam requisitos a nível da envolvente.

As PTP resultam numa heterogeneidade na envolvente de um edifício, podendo esta ser de ordem geométrica ou de ordem estrutural, como por exemplo: transição entre materiais com diferentes condutibilidades térmicas, alterações na espessura de um elemento ou encontros entre paredes, pavimentos e tetos.

Em termos de fenómeno físico, representam as linhas do fluxo de calor que deixam de ser retilíneas, aspecto característico de um fluxo unidirecional, passando a transmissão de calor nessas zonas a ser um processo bidimensional ou tridimensional. Este fenómeno acontece devido ao facto de o calor tender a seguir a trajetória em que a resistência térmica oferecida é menor. Em termos práticos, as pontes térmicas aumentam as trocas térmicas através da envolvente, levando a um acréscimo dos consumos energéticos do edifício, e por isso, o isolamento destas zonas é fundamental. [9]

No âmbito da certificação existem duas pontes térmicas a considerar, designadamente, as pontes térmicas planas (PTP) e as pontes térmicas lineares (PTL).

As PTP são heterogeneidades inseridas em zonas correntes da envolvente, como em caso de pilares, vigas e caixa de estores. No caso de edifícios de comércio e serviços novos a contabilização das PTP na simulação dinâmica e a verificação do cumprimento dos requisitos mínimos deve ser sempre efetuada de forma detalhada, determinando o coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana e a respetiva área. Por outro lado, no caso de edifícios existentes pode ser utilizado o método simplificado que consiste no agravamento em 35% do valor do coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores do edifício.

As PTL correspondem à concentração de fluxo de calor que ocorre nas ligações entre elementos construtivos com diferentes geometrias ou diferentes propriedades térmicas, sendo a diminuição do seu impacto relevante para evitar a ocorrência de condensações superficiais e o aparecimento de patologias no interior dos edifícios. Estas devem sempre ser consideradas para efeitos de simulação podendo, em alternativa à sua identificação e contabilização individual, ser consideradas como uma majoração global de 5% nas necessidades de aquecimento, segundo a Portaria nº17-A/2016.

2.2.2. Fator solar dos vãos envidraçados

Os vãos envidraçados horizontais e verticais possuem também requisitos ao nível do fator solar, excetuando os vãos orientados no quadrante Norte, conforme a Figura 5.

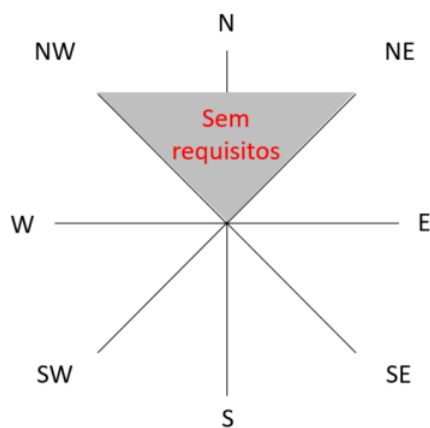


Figura 5 - Orientações com requisitos ao nível do fator solar nos envidraçados [8]

Desta forma, um vão envidraçado considera-se regulamentar se o fator solar com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados (g_T) obedecer à seguinte condição:

$$g_T \cdot F_0 \cdot F_f \leq g_{T_{m\acute{a}x}} \quad (1)$$

Onde:

g_T – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis totalmente ativados;

F_0 – Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas (estação de arrefecimento);

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo pelas verticais, outros corpos ou partes do edifício (estação de arrefecimento).

No caso particular dos Grandes Edifícios de Comércio e Serviços (GES), se a soma da área dos vãos envidraçados orientados no mesmo ponto cardinal for superior a 30% da soma da área da fachada onde estes se inserem, deverá ser verificada, em substituição da expressão anterior, a seguinte condição:

$$g_T \cdot F_0 \cdot F_f \leq g_{T_{\text{máx}}} \times \frac{0,30}{\left(\frac{A_{env}}{A_{eve}}\right)} \quad (2)$$

Em que:

A_{env} – Soma das áreas dos vãos envidraçados do edifício ou fração em estudo, por orientação [m²];

A_{eve} – Área da envolvente vertical exterior do edifício ou da fração em estudo, por orientação [m²].

O fator solar máximo dos vãos envidraçados ($g_{T_{\text{máx}}}$), referido nas condições anteriores, varia consoante a zona climática de verão, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Fator solar máximo dos vãos envidraçados por zona climática [10]

$g_{T_{\text{máx}}}$ por zona climática		
V1	V2	V3
0,56	0,56	0,50

2.2.3. Ventilação Mecânica

A portaria n.º 353-A/2013 estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços. Por forma a assegurar estes requisitos, devem ser adotadas nos edifícios soluções de ventilação, podendo esta ser feita por meio de ventilação natural, mecânica ou uma combinação de ambas (sistema misto).

No presente trabalho, a ventilação é feita por intermédio de sistemas mecânicos, pelo que este tipo de sistema será abordado em mais pormenor no presente subcapítulo, no qual serão apresentados os seus principais requisitos.

➤ **Requisitos para os Caudais mínimos de ar novo:**

O valor do caudal de ar mínimo a introduzir nos espaços, Q_{ANf} , deve ser corrigido pela eficácia de remoção de poluentes, de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{ANf} = \frac{Q_{AN}}{\varepsilon_v} \quad [m^3/h] \quad (3)$$

Em que:

Q_{ANf} – Valor do caudal de ar novo final corrigido pela eficácia, [m³/h];

Q_{AN} – Valor do caudal de ar novo, [m³/h];

ε_v – Valor de eficácia de remoção de poluentes, podendo assumir-se os valores constantes na tabela I.01 Portaria n.º 353-A/2013

O valor do caudal mínimo de ar novo, Q_{AN} , deve ser o maior dos valores determinados em função da ocupação e da área, de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{AN,mín} = máx\{Q_{AN,ocupação}; Q_{AN,área}\} \quad (4)$$

a) Determinação do $Q_{AN,ocupação}$:

O Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devido à ocupação pode ser determinado pelo método analítico ou pelo método prescritivo. Assim sendo, optou-se pelo 2º método, utilizando a seguinte equação:

$$Q_{AN,oc} = Q_{AN,tabela\ 1.04} \times n^{\circ}pessoas \quad (5)$$

Nesta situação, o valor de caudal mínimo de ar novo $Q_{AN,tabela\ 1.04}$, para a diluição da carga poluente, devida aos ocupantes deve ser os que constam na tabela I.04 da portaria n.º 353-A/2013.

b) Determinação $Q_{AN,área}$:

O Caudal mínimo de ar novo em função da área deve ser determinado utilizando a seguinte equação:

$$Q_{AN,área} = Q_{AN,tabela\ 1.05} \times Área_{espaço} \quad (6)$$

Nesta situação, o valor do caudal mínimo de ar novo $Q_{AN,tabela\ 1.05}$, para a diluição da carga poluente, devida ao próprio edifício, seus materiais e às atividades desenvolvidas no mesmo resulta da aplicação do previsto na tabela I.05 da portaria n.º 353-A/2013.

Por fim, para verificação do cumprimento do requisito, deve-se verificar que o caudal do projeto para cada espaço é superior ao caudal mínimo de ar novo determinado pela metodologia supracitada.

Segundo a portaria referida anteriormente, excluem-se do cumprimento de valores de caudal mínimo de ar novo ou da verificação de condições de adequada ventilação natural, as seguintes situações:

- Espaços: corredores, balneários, instalações sanitárias, arrumos, armazéns, copas e similares ou espaços com baixa taxa de ocupação (períodos de ocupação inferiores a 2h por dia), sendo que nestes, a ventilação pode ser assegurada por ar transferido;
- Espaços técnicos e locais sujeitos a requisitos de higiene e segurança no local de trabalho, no âmbito da respetiva atividade, com fontes poluentes específicas e nos quais são manuseados produtos químicos ou biológicos.

➤ **Requisitos para os Caudais de extração:**

Os caudais mínimos de extração de ar a assegurar nas instalações sanitárias públicas e privadas, bem como nos balneários devem ser os indicados na Tabela 5.

Tabela 5 - Caudais mínimos de extração (tabela I.06 Portaria n.º 353-A/2013) [11]

Tipo de utilização	Caudal [m³/h]
Instalação sanitária pública	$Máx(90 \times (n.º_{urinois} + n.º_{sanitas}); 10 \times A_{pav})$
Instalação sanitária privada	$Máx(45 \times (n.º_{urinois} + n.º_{sanitas}); 10 \times A_{pav})^{(a)}$ $Máx(90 \times (n.º_{urinois} + n.º_{sanitas}); 10 \times A_{pav})^{(b)}$
Balneários	$Máx(45 \times (n.º_{duche}); 10 \times A_{pav})^{(a)}$; $Máx(90 \times (n.º_{duche}); 10 \times A_{pav})^{(b)}$

(a) Quando o sistema de extração tem funcionamento contínuo.

(b) Quando o sistema de extração não está em contínuo.

É importante referir que uma instalação sanitária pública é aquela que se encontra num edifício aberto ao público e que durante o horário de funcionamento encontra-se disponível aos utilizadores do mesmo. Em oposição, uma instalação sanitária privada é aquela que se destina à utilização por apenas indivíduos internos ao edifício.

Nos locais ou instalações indicadas na Tabela 5 devem ser ainda asseguradas as seguintes condições:

- a) Os espaços de instalações sanitárias devem ser mantidos em depressão relativamente a todos os espaços adjacentes, através de redes de condutas de exaustão independentes;
- b) Devem ser identificados os locais com eventuais fontes de poluição, bem como ser previsto o respetivo sistema de extração de ar;
- c) As aberturas de extração de ar devem estar situadas por cima (junto) dos focos localizados de poluição.

Nota: Existem ainda outros requisitos referentes aos sistemas de ventilação que podem ser consultados no ponto número 3 da portaria n°353-A/2013.

2.2.4. Sistemas técnicos _ Requisitos Gerais

As soluções adotadas para climatização devem respeitar os seguintes requisitos e condições:

- a) As instalações de climatização com potência térmica nominal global superior a 25 kW devem ser objeto de elaboração de projeto de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), por projetista reconhecido para o efeito, de acordo com especificações previstas para o projeto de execução e conforme o disposto no artigo 44.º da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho;
- b) A potência elétrica para aquecimento por efeito de Joule não pode exceder 5% da potência térmica global de aquecimento até ao limite de 25 kW por fração autónoma de edifício;
- c) Nos sistemas destinados exclusivamente a arrefecimento é permitida a instalação de equipamento destinado a reaquecimento terminal, cuja potência não pode exceder 10% da potência térmica global de arrefecimento a instalar, sendo admissível o recurso a resistência elétrica dentro das condições especificadas na alínea anterior, considerando que este requisito não é aplicável caso a energia usada no reaquecimento terminal seja obtida por recuperação de calor das unidades de climatização do sistema de arrefecimento;
- d) Sempre que a soma dos caudais de ar de insuflação de todos os equipamentos seja superior a 10000 m³/h nos sistemas de climatização do tipo «tudo ar», será obrigatória a instalação de dispositivos que permitam o arrefecimento dos locais apenas com ar exterior (vulgo “free-cooling”) quando a temperatura ou a entalpia do ar exterior forem inferiores à do ar de retorno;

e) Na estação de aquecimento, será obrigatória a instalação de recuperação de energia no ar de rejeição com uma eficiência mínima de 50 % (calor sensível no caso de recuperador de placas de fluxos cruzados e calor total no caso de recuperador de roda entálpica), sempre que a soma da potência térmica de rejeição de todos os equipamentos em condições de projeto seja superior a 80 kW.

f) Nos sistemas de climatização com potência instalada de climatização superior a 100 kW, dotados de ventilação mecânica que sirvam espaços com ocupação permanente, em que a ocupação média destes, durante o período de funcionamento, é inferior a 50% da ocupação máxima, será obrigatória a instalação de um sistema de caudal de ar novo variável que permita o ajuste dos caudais em função da utilização e ocupação dos espaços, onde o controlo do sistema será feito com base num sistema de monitorização permanente de dióxido de carbono (CO₂) e/ou detetores de presença;

g) Os requisitos mencionados nas alíneas b), d), e) e f) podem não ser aplicáveis, caso o projetista justifique e fundamente a inviabilidade técnica da sua instalação.

2.2.5. Sistemas técnicos _ Requisitos de eficiência

Neste subcapítulo serão apresentados os requisitos específicos para os subsistemas de produção e distribuição de energia, referindo a classe mínima em vigor e a correspondente eficiência mínima.

➤ Equipamentos de Expansão Direta e Indireta

Os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e chillers de arrefecimento devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Portaria n.º 17-A/2016, baseados na classificação Eurovent.

Neste contexto, os sistemas VRF previstos para o edifício devem cumprir a classe de eficiência mínima exigida na Tabela 6 que corresponde às eficiências mínimas para aquecimento e arrefecimento indicadas na Tabela 7.

Tabela 6 - Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de ar condicionado (tabela I.13 da Portaria n.º 17-A/2016) [10]

Tipo de equipamentos	Classe de eficiência mínima após	
	30 nov 2013	31 dez 2015
Split, multi-split, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo Rooftop		
Unidades do tipo Chiller de compressão (Bomba de calor)		

Tabela 7 - Requisitos mínimos de eficiência de equipamentos com permuta exterior a ar [10]

Entrada em vigor	Split, Multi-split e VRF	
	Arrefecimento	Aquecimento
01/01/2016	EER > 3,00	COP > 3,40
01/12/2013	EER > 2,80	COP > 3,20

➤ Caldeiras

As caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Tabela I.18 da Portaria n.º 17-A/2016, na forma de classe de eficiência, na Tabela I.19 da mesma portaria.

Neste contexto, as caldeiras devem cumprir a classe de eficiência mínima exigida na Tabela 8, sendo que o seu rendimento, assim como o dos esquentadores a gás, deve ser superior ao disposto na Tabela 9.

Tabela 8 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras (tabela I.18 da Portaria n.º 17-A/2016) [10]

Tipo de equipamentos	Classe de eficiência mínima após	
	30 nov 2013	31 dez 2015
Caldeira	B	A

Tabela 9 - Classe de eficiência mínima de caldeiras a combustível líquido ou gasoso [10]

Entrada em vigor	Caldeira
	Rendimento nominal, η
01/01/2016	$\eta > 89 \%$
01/12/2013	$\eta > 86\%$

➤ Unidades de tratamento de ar (UTA)

As unidades de tratamento de ar (UTA's) devem pertencer a uma gama certificada pela Eurovent e obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Tabela 10, em função da sua classificação segundo a norma EN 13053.

Tabela 10 - Requisitos mínimos de eficiência da UTA 's (Tabela I.20 da Portaria n. °17-A/2016) [10]

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	30 nov 2013	31 dez 2015
Unidades de tratamento de ar	D	C

➤ **Bombas e ventiladores**

As bombas e ventiladores previstos para o edifício de comércio e serviços devem cumprir com os requisitos de eficiência previstos na Tabela 11.

Tabela 11 - Requisitos de eficiência energética de bombas e ventiladores (Tabela I.21 da Portaria n. °17-A/2016) [10]

Equipamento	Função	Potência [kW]	Motor elétrico- Classe IEC		Potência específica [W/(m³/s)]		
			01/12/2013	01/01/2016	01/12/2013	01/01/2016	
Bombas	Climatização e AQS	0,75 a 7,5	IE2	IE2	-		
		≥ 7,5		IE3			
Ventiladores	UTA e UTAN Extração e Exaustão	0,75 a 7,5		IE2	SFP5 ≥ 2000-3000	SFP4 ≥ 1250 - 2000	
		≥ 7,5		IE3			

➤ **Sistemas de elevação**

Os sistemas de elevação são constituídos por ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes. Estes sistemas devem obedecer aos requisitos mínimos de classe energética, indicados na Tabela 12.

Tabela 12 - Requisitos mínimos dos sistemas de elevação (Tabela n. I.31 ° 17-A/2016) [10]

Tipo de equipamentos	Categoria de utilização	Classe de eficiência mínima após...	
		30 nov 2013	31 dez 2015
Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes	Todas	C	B

Estes sistemas devem ainda possuir controlo de iluminação da cabine, *sleep mode* e regeneração de energia.

2.2.6. Isolamento de Tubagens, Conduatas, Acessórios e Depósitos

A Portaria n.º 17-A/2016 prevê requisitos ao nível da aplicação de isolamento térmico nas redes de transporte de fluidos térmicos, incluindo os sistemas de acumulação. A aplicação de isolamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- Ter barreira contra vapor que evite a formação de condensações superficiais e intersticiais, no caso das tubagens e conduatas onde o fluido se encontra a temperatura inferior à do ambiente;
- Os diâmetros apresentados serão exteriores sem isolamento;
- Os valores das espessuras do respetivo isolamento térmico deverão ser incrementados, no mínimo, em 10 mm, quando os componentes das redes de tubagem e/ou conduatas se encontrarem instalados no exterior, exceto no caso de tubagens de fluido frio com $D > 60$ mm em que o incremento deverá ser, no mínimo, de 20 mm;
- Os componentes das redes de tubagem e/ou conduatas que estiverem instalados à vista no interior de um espaço climatizado, desde que exclusivamente dedicados a esse mesmo espaço e nos quais não exista a possibilidade de condensação, não se incluem no âmbito de aplicação dos requisitos mencionados no número anterior.

➤ Tubagens

A Tabela 13 apresenta a espessura mínima de isolamento a aplicar em tubagens, variando esta com o diâmetro e com a temperatura do fluido.

Tabela 13 - Requisitos de espessura mínima a aplicar em tubagens (Tabela n. I.22 ° 17-A/2016) [10]

Diâmetro [mm]	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido [°C]				Temperatura do fluido [°C]			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
$D \leq 35$	20	20	30	40	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50	60	50	40	30
$90 < D \leq 140$	30	40	50	60	60	50	40	30

➤ **Condutas e Acessórios**

A Tabela 14 apresenta a espessura de isolamento a aplicar em condutas e acessórios, variando esta com o tipo de ar em circulação (quente ou frio).

Tabela 14 - Requisitos de isolamento em condutas e acessórios (Tabela n. I.23 ° 17-A/2016) [10]

	Condutas e acessórios	
	Ar Quente	Ar Frio
Espessura [mm]	20	30

➤ **Equipamentos e Depósitos**

A Tabela 15 da Portaria n.º 349-D/2013 apresenta a espessura de isolamento a aplicar em equipamentos e depósitos de acumulação ou inércia

Tabela 15 - Requisitos de isolamento depósitos de acumulação ou inércia (Tabela n. I.24 ° 17-A/2016) [10]

	Equipamentos e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de climatização e AQS	
	Superfície ≤ 2 m²	Superfície > 2 m²
Espessura [mm]	50	80

É importante referir que as espessuras apresentadas nas tabelas supracitadas são para uma condutibilidade de 0,040 W/(m.°C), devendo-se corrigir as mesmas, de acordo com a resistência térmica exigida pelo requisito, no caso de valores de condutibilidade diferentes.

2.2.7. Iluminação

Os sistemas de iluminação a instalar em edifícios de comércio e serviços devem cumprir requisitos gerais e específicos para os parâmetros de iluminação, de acordo com as normas europeias EN 12464-1 e EN 15193, bem como requisitos para a densidade de potência e requisitos de controlo, de regulação de fluxo e de monitorização e gestão.

➤ **Iluminância**

Os valores máximos admissíveis de iluminância para cada espaço não poderão exceder em mais de 30% os valores presentes no ponto 5.3. “Requisitos de iluminação para espaços interiores, tarefas e atividades” da EN 12464-1. Assim, para o espaço encontrar-se regulamentar é necessário que:

$$E_{m,projeto} \leq E_{m,máximo} \quad (7)$$

Sendo que:

$$E_{m,m\acute{a}ximo} = E_{m_{EN\ 12464-1}} \times 1,30 \text{ [lux]} \quad (8)$$

➤ Densidade de Potência

As potências dos sistemas de iluminação a instalar nos edifícios de comércio e serviços não podem exceder os valores indicados pela tabela I.28 da Portaria n.º 17-A/2016, na qual são também indicados os valores dos fatores de correção a utilizar pela existência de sistemas de controlo. Assim:

$$(DPI/100lux)_{instalado} \leq (DPI/100lux)_{tabela\ I.28} \quad (9)$$

Os valores tabelados na tabela I.28 apresentam-se em $[(W/m^2)/100lux]$, pelo que é necessário converter a densidade de potência, DPI, geralmente em $[W/m^2]$, por forma a verificar a conformidade regulamentar deste critério. A sua conversão deverá ser feita utilizando a seguinte metodologia:

$$i) \quad DPI = \frac{(P_n \cdot F_0 \cdot F_d) + P_c}{A} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (10)$$

Em que:

$DPI_{instalado}$ – Densidade de potência de iluminação instalada no espaço $[W/m^2]$;

P_n – Potência nominal total dos sistemas de iluminação fixa do espaço $[W]$;

F_0 – Fator de ocupação do espaço;

F_D – Fator de disponibilidade de luz natural do espaço;

P_c – Potência nominal total dos sistemas de controlo do espaço $[W]$;

A – Área de pavimento do espaço $[m^2]$

$$ii) \quad \frac{DPI}{100lux} = \frac{DPI}{E_m} \cdot 100 \text{ [(W/m}^2\text{)/100lux]} \quad (11)$$

- ❖ A verificação destes 2 critérios para cada espaço é um processo cumulativo, pelo que, se algum destes critérios não se encontrar regulamentar, conseqüentemente, o espaço não se encontrará regulamentar.

➤ **Sistemas de controlo**

A adoção de funções de controlo nos sistemas de iluminação é obrigatória e deve estar de acordo com a Tabela 16, variando com o tipo de edifício (PES ou GES) e com o seu enquadramento (novos ou sujeitos a grande intervenção).

Tabela 16 - Requisitos de sistemas de controlo de iluminação

Tipo de sistema	Edifícios Novos		Edifícios sujeitos a Grande Intervenção	
	GES	PES	GES	PES
Deteção de presença (1)	X	X	X	X
Comutação por luz natural (2)			X	
Regulação por luz natural (2)	X			
Controlo horário	X	X	X	
Comando por interface	X		X	
Gestão operacional	X		X	

(1) Deve ser complementada com temporização ajustável, para evitar a desativação da iluminação na ausência de movimento nesse período.

(2) Os valores de referência definidos para o plano de trabalho serão fixados mecanicamente ou com recurso a software.

Nota: Existem ainda outros requisitos referentes aos sistemas de iluminação que podem ser consultados no ponto número 9 da portaria n.º 17-A/2016.

2.2.8. Sistemas de regulação, controlo e gestão técnica

A aplicação de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica é obrigatória consoante a potência térmica nominal no edifício, de acordo com o disposto na Tabela 17.

Tabela 17 - Requisitos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica (tabela I.30 da Portaria n.º17-A/2016) [10]

Potência (kW)	Tipo de sistema
Inferior a 100	Sistemas autónomos de regulação e controlo
Entre 100 e 250	Sistema de Gestão Técnica
Igual ou superior a 250	Sistema de Gestão Técnica Centralizada

No caso de ser aplicado um Sistema de Gestão Técnica, este deve assegurar, para além das funções de regulação e controlo autónomos dos aparelhos, o funcionamento dos sistemas técnicos como iluminação, ventilação, climatização, produção de AQS, entre outros. [12]

2.2.9. Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável

A energia produzida por sistemas solares (térmicos ou fotovoltaicos) deve ser determinada com recurso à ferramenta SCE.ER, cuja metodologia utilizada está devidamente validada por uma entidade competente para o efeito.

➤ Solar Térmico

As instalações para aproveitamento de energia solar térmica devem cumprir os requisitos presentes no Decreto-lei n.º 118/2013, designadamente:

- Os sistemas e os coletores devem ser certificados de acordo com as Normas EN 12976 ou 12975, respetivamente.
- Instalações com área de captação superior a 20 m² devem dispor de projeto de execução elaborado de acordo com o especificado na Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho.
- Sistemas solares dotados de resistência de apoio elétrico dentro do depósito de armazenamento, devem incluir na instalação um relógio programável e acessível, para atuação da resistência.

Nota: Existem ainda outros requisitos referentes aos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis que podem ser consultados no ponto número 8 da portaria n.º 17A/2016.

2.2.10. Indicadores de eficiência energética

O Decreto-Lei n.º 118/2013 define requisitos para os edifícios de comércio e serviços, ao nível dos indicadores de eficiência energética. Sendo o principal objetivo da presente dissertação alcançar um edifício com necessidades quase nulas de energia, os requisitos a cumprir são os seguintes:

- $IEE_S \leq 75\% IEE_{S,ref}$
- $R_{IEE} \leq 0,50$, ou seja, uma classe energética mínima de A.

Exclusivamente para efeitos de verificação do requisito para a primeira condição referida, não deve ser considerada a parcela de consumo associado à Aerotermia e geotermia das bombas de calor no cálculo

do IEE_S . No entanto, mantém-se a necessidade de contabilização desta parcela na determinação do R_{IEE} . [13]

2.3. Edifícios com necessidades de energia quase nulas (nZEB)

Neste subcapítulo será abordado uma das temáticas mais importantes da presente dissertação, nomeadamente os edifícios com necessidades de energia quase nulas (nZEB), explicando o significado deste conceito e qual o seu papel na legislação num contexto europeu, bem como num contexto nacional. Abordou-se ainda as principais soluções construtivas por forma a atingir este tipo de edifício.

2.3.1. Definição segundo a legislação europeia e portuguesa

A Diretiva n.º 2010/31/EU (EPBD,2010) introduziu o conceito nZEB, “*Nearly zero energy building*”. Segundo esta diretiva, nZEB define-se por um edifício com um desempenho energético muito elevado e com necessidades de energia quase nulas, supridas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, seja produzida no local ou nas proximidades. Esta Diretiva exige que todos os edifícios novos, licenciados após 31 de dezembro de 2020, apresentem necessidades quase nulas de energia e o mesmo se deve aplicar em todos os novos edifícios ocupados e detidos por entidades públicas, licenciados após 31 de dezembro de 2018.

Apesar da EPBD 2010 introduzir este conceito, não foram estabelecidas medidas precisas e como devem os Estados-Membros atuar, por forma a reduzir os consumos energéticos do edifício. Por esse motivo, cabe a cada um destes estados interpretar a EPBD e, consoante as políticas desenvolvidas e aplicadas em cada país, criar leis e regulamentos para que a diretiva seja cumprida.

Em Portugal, a Diretiva n.º 2010/31/EU traduziu-se no Decreto-lei n.º 118/2013, no qual é mencionado pela primeira vez na legislação portuguesa o conceito de nZEB. Por forma a clarificar e quantificar este conceito, em 2019, foram publicadas duas portarias, designadamente, a Portaria n.º 42/2019, de 30 de janeiro [14] e a Portaria n.º 98/2019, de 02 de abril [15]. A primeira informa sobre os requisitos nZEB em edifícios de comércio e serviços e a segunda em edifícios de habitação, sendo que ambas identificam limites numéricos e requisitos quantitativos para definir o desempenho de edifícios nZEB, sintetizados na Tabela 18. [16]

Tabela 18 - Exigências para edifícios nZEB [16]

Exigências para Edifícios nZEB			
Habitação (Âmbito REH)		Comércio e Serviços (Âmbito RECS)	
Energia útil para aquecimento	$N_{ic} \leq 0,75 \times N_i$	Indicador de eficiência energética	$IEE_S \leq 0,75 IEE_{S,REF}$
Energia primária	$N_{tc} \leq 0,50 \times N_t$	Rácio da classe energética	$R_{IEE} \leq 0,50$
Classe energética mínima	A	Classe energética mínima	A
Fontes de energia renovável devem suprir usos de climatização e AQS	$\geq 50\%$		-

É ainda referido na Portaria n.º 42/2019 que os sistemas de gestão técnica centralizada deverão cumprir com os requisitos mínimos da classe B.

2.3.2. Estratégias para alcançar os nZEB

As medidas adotadas para promover a eficiência energética devem ter em consideração os níveis ótimos de rentabilidade, que visam minimizar os custos de ciclo de vida. Neste contexto, a abordagem custo-ótimo tem vindo a relevar-se uma boa forma de incentivo à eficiência energética e à promoção dos edifícios nZEB.

O nível ótimo de rentabilidade define-se como o nível de desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado, em que: [17]

- O custo mais baixo é determinado tendo em conta os custos de investimento, de manutenção e de funcionamento relacionados com a energia, incluindo os custos e poupanças de energia, a categoria do edifício em causa e as receitas resultantes da energia produzida, quando aplicável;
- O ciclo de vida económico diz respeito ao ciclo de vida estimado de um edifício ou de um componente, se os requisitos de desempenho energético forem fixados para os edifícios ou componentes, respetivamente.

Para esta análise recorre-se à quantidade de energia primária não renovável utilizada e ao custo global, associado a cada proposta de melhoria, representando-os em gráficos que descrevem, no eixo das abcissas a utilização de energia primária ($\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$) e no eixo das ordenadas os custos globais ($\text{€}/\text{m}^2$ de área útil), como se pode observar na Figura 6.

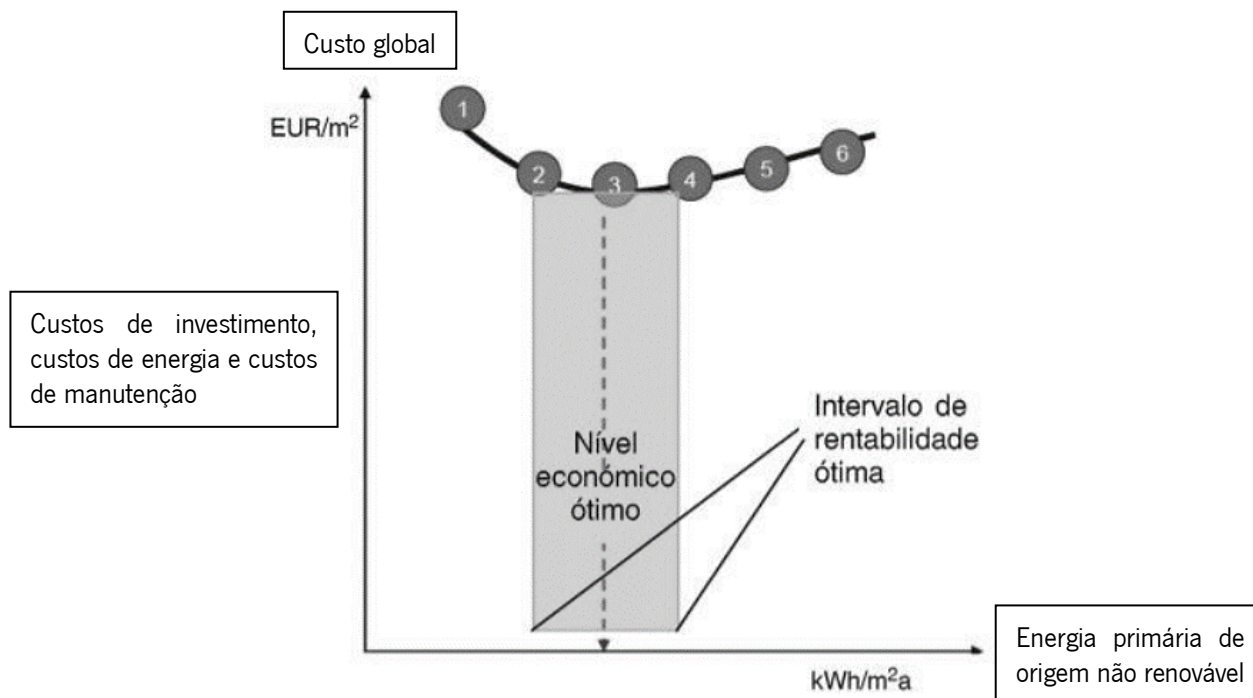


Figura 6 – Diferentes variantes (1 a 6) e posição do intervalo de rentabilidade ótima [17]

A combinação de medidas/variantes com o custo mais baixo (variante 3) indica automaticamente o nível ótimo de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético.

De um modo geral, as estratégias para alcançar o nível nZEB resumem-se a dois métodos fundamentais, que irão ser abordados detalhadamente. O primeiro tema a ser detalhado refere-se à redução dos consumos e o segundo diz respeito à importância da utilização de fontes de energia renovável.

a) A Redução dos consumos energéticos compreende um conjunto de medidas de eficiência energética, nomeadamente:

- i. Otimização da solução arquitetónica
- ii. Medidas de eficiência energética relativas à envolvente
- iii. Medidas de eficiência energética relativas aos sistemas de AVAC

A estratégia para a redução dos consumos energéticos varia consoante se trate de um edifício novo ou de um edifício existente. Efetivamente, no caso dos edifícios novos, o desafio começa numa fase inicial de projeto, mais concretamente, nas mãos do projetista de arquitetura que através dos seus conhecimentos acerca desta temática poderá contribuir para uma otimização da solução arquitetónica. Naturalmente, num edifício existente a adoção de medidas relativamente à solução arquitetónica não é

possível. No entanto através de uma análise detalhada do edifício, os projetistas poderão perceber quais as necessidades do mesmo e propor soluções mais eficientes por forma a alcançar o nível nZEB [18].

i. Otimização da solução arquitetónica

Localização e Orientação

A localização geográfica e orientação dos espaços de um edifício são características essenciais a ter em consideração numa fase inicial do projeto, pois estão relacionados com o desempenho energético do edifício.

Efetivamente, Portugal apesar de ser um país relativamente pequeno, possui um território com condições climatéricas variáveis, podendo-se afirmar que a zona do Norte do país apresenta condições mais severas no inverno e amenas no verão. Por oposição, a zona Sul apresenta condições mais amenas no inverno e mais severas no verão. Deste modo, na zona Norte do país deve-se adotar estratégias que promovem os ganhos solares e reduzam as perdas de calor internas, enquanto que na zona Sul deve-se optar por estratégias que minimizem os ganhos solares durante o verão através de soluções como a colocação de sombreamentos. [19] Assim sendo, é importante conhecer a zona climática onde o edifício se insere tanto na estação de aquecimento (Inverno), como na estação de arrefecimento (Verão), por forma a compreender qual as melhores soluções para otimizar o desempenho energético do edifício.

Relativamente à orientação das fachadas é aconselhável privilegiar a orientação a Sul e reduzir as orientações a Este e Oeste, uma vez que durante a época de verão serão as fachadas mais afetadas pela radiação solar. Ademais, a orientação do edifício também deve levar em consideração as características dos ventos dominantes por forma a otimizar a ventilação natural [17].

Forma

A forma do edifício tem uma grande influência no seu desempenho energético, uma vez que, para um mesmo volume e soluções construtivas idênticas, quanto maior for a superfície da envolvente, maior serão as transferências de calor entre o interior e o exterior do edifício. Este parâmetro pode influenciar positivamente ou negativamente o desempenho energético consoante a zona climática onde o edifício se insere [20].

ii. Medidas de eficiência energética relativas à envolvente

Paredes

As envolventes opacas exteriores constituem um dos principais elementos construtivos de um edifício, na medida em que oferecem uma maior ou menor resistência à passagem de calor. Sendo o principal objetivo do presente edifício obter certificação nZEB, a adoção de elementos construtivos eficientes, é essencial para uma maior redução das necessidades de climatização, e como tal, uma maior poupança energética. Paredes pouco eficientes são responsáveis por elevadas perdas ou ganhos de calor e, em caso de falta de isolamento podem desenvolver focos de condensação, fungos e bolores, enquanto que paredes eficientes conservam o calor no interior da casa, melhorando o conforto térmico e minimizando o valor da fatura de energia.

Do ponto de vista da eficiência energética, o isolamento pelo exterior é a forma mais adequada pois garante uma aplicação uniforme, corrigindo eventuais pontes térmicas da envolvente e garantindo a inércia térmica (capacidade dos elementos construtivos em armazenar calor)[21]. No entanto, é importante referir que no âmbito RECS existem muitos edifícios com excesso de carga térmica interna durante o ano para os quais é necessário estudar qual a espessura de isolamento térmico mais adequada. Visto que, a sua aplicação desmedida poderá não ser benéfica para o edifício.

Coberturas

As coberturas são também essenciais para o conforto térmico humano e responsáveis pelas trocas térmicas com o exterior, pelo que coberturas eficientes permitem uma maior conservação da temperatura no interior, melhorando o conforto térmico da mesma e minimizando a necessidade de utilização de equipamentos de climatização. Para além disso, o isolamento térmico permite ainda reduzir os ganhos solares, atenuando o sobreaquecimento dos espaços no verão.

É importante referir que a colocação de isolamento nas coberturas inclinadas com desvão deve ter em consideração o tipo de utilização do espaço em contacto com a mesma. Em caso desse espaço ser desocupado, a aplicação do isolamento térmico deverá ser feita sobre a laje da esteira, de modo a permitir uma ventilação natural do espaço, Figura 7 (a). Caso contrário, a aplicação do isolamento deverá ser feita nas vertentes sobre a estrutura resistente, Figura 7 (b) [22].

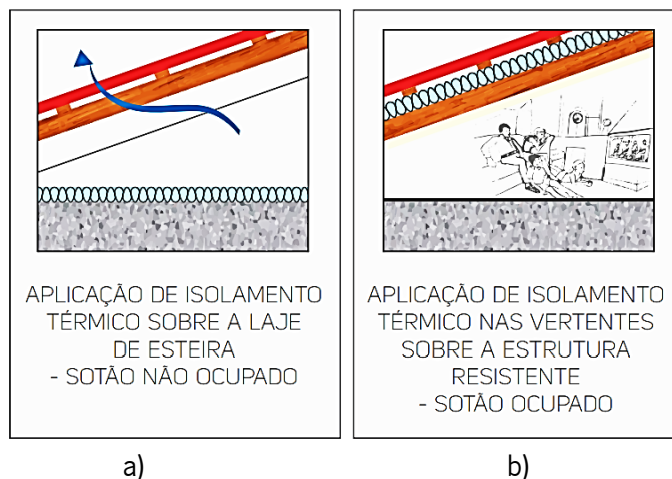


Figura 7 - Estratégias de colocação de isolamento na cobertura em função da utilização do espaço [22]

Pavimentos

Os pavimentos em contato com o exterior ou com espaços não úteis estão sujeitos a trocas térmica com o meio envolvente, correspondendo a perdas de calor no edifício. Assim sendo, a colocação de isolamento térmico é essencial para que o fluxo seja minimizado. O isolamento térmico deverá ser colocado sob a laje de modo a maximizar a inércia térmica interior [23].

Envidraçados

Os envidraçados têm como principais funções permitir a entrada de luz natural e de ar nos espaços, e como tal, o seu papel é fundamental na eficiência energética e no conforto térmico dos edifícios. Janelas eficientes contribuem para aumentar o isolamento térmico e acústico dos edifícios, contribuindo de forma favorável para a redução do valor da fatura da energia e melhoria do conforto térmico humano [24].

Relativamente a este parâmetro existem vários fatores que devem ser considerados em ordem a obter um bom comportamento térmico no edifício, nomeadamente, a orientação dos envidraçados, a constituição do vidro, a caixilharia, atenuação acústica e os dispositivos de proteção solar.

A orientação das janelas permite definir condições para que não ocorra sobreaquecimento no verão, nem perdas excessivas no inverno. Neste seguimento, caso as janelas estejam orientadas a Norte é aconselhável um baixo coeficiente de transmissão térmica (U_w), por forma a minimizar as perdas de calor para o exterior. Em contrapartida, no caso de janelas orientadas a Sul é recomendável vidros com baixo fator solar (g_v) para evitar o sobreaquecimento por radiação solar [25].

A utilização de vidros duplos ou triplos é atualmente a solução mais adotada, pois este tipo de envidraçado permite um melhor isolamento térmico e acústico da janela. Do mesmo modo, os vidros triplos também permitem uma boa capacidade de isolamento térmica e acústica. O bem-estar acústico também pode ser promovido pela aplicação de juntas de estanquidade entre as paredes e o caixilho, de forma a eliminar a transmissão marginal de ruído. [25]

É de realçar ainda a importância da caixilharia no comportamento térmico do edifício, uma vez que quanto maior for a sua capacidade de isolamento térmico, menores serão as trocas térmicas com o exterior. No caso de o material da caixilharia ser em alumínio, é importante ter incorporado corte térmico para obter melhor desempenho térmico. [25]

As proteções solares promovem o controlo de calor e de luz incidente, sendo que no inverno deve-se garantir que as proteções possam ser abertas para maximizar a entrada de ganhos solares e no verão que as mesmas consigam efetuar o controlo da entrada excessiva de radiação solar, melhorando assim o conforto e evitando o sobreaquecimento dos espaços. [25]

iii. Medidas de eficiência energética relativas aos equipamentos

Iluminação

Segundo o manual de eficiência energética [4], o consumo de energia elétrica proveniente dos sistemas de iluminação nos edifícios de comércio e serviços representa cerca de 20 a 25% do consumo total do edifício. Por essa razão, a instalação de equipamentos mais eficientes é fundamental em termos de melhoria da eficiência energética, uma vez que equivale a uma redução do consumo de energia total do edifício. Nesse sentido, é recomendável as luminárias LED, pois comparativamente às restantes tecnologias de iluminação, nomeadamente as lâmpadas incandescentes e fluorescentes, estas apresentam uma maior eficiência.

Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS)

Segundo o manual de eficiência energética, em determinadas tipologias de edifícios de serviços do estado, o consumo de energia para a produção de AQS representa entre 5 a 10% da fatura de energia destas instalações. Numa habitação, a produção de AQS representa 23,5% do consumo total de energia. [26]

Para combater esta situação, existem medidas de eficiência energética que podem ser adotadas numa instalação de AQS, nomeadamente: na produção, na distribuição e ainda no consumo de AQS.

No que diz respeito à produção de AQS, antes de se escolher o tipo de sistema é recomendável identificar as necessidades de aquecimento e verificar se a solução mais adequada poderá ser a de produção de AQS combinada com a de climatização ambiente. Por sua vez, o tipo de equipamento para satisfazer as necessidades de AQS depende do fim a que se destina, e por isso, deve-se analisar o perfil de carga, número de utilizadores e tipos de consumo do edifício, por forma a seleccionar-se o equipamento mais adequado. [4]

Relativamente à distribuição de AQS, aconselha-se que a distância do equipamento de produção aos pontos de consumo seja a mínima possível, para reduzir as perdas energéticas ao longo das tubagens, e consequentemente, o consumo de energia para voltar a aquecer a água. Além disso, o isolamento dos elementos de distribuição (tubagens) também constitui uma importante medida de redução dessas mesmas perdas. [4]

Por fim, em relação ao consumo de AQS, os aspetos comportamentais na utilização água quente, bem como a utilização de dispositivos hidricamente mais eficientes nos circuitos de água quente permitem reduzir o consumo de água e de energia, contribuindo para uma melhoria na eficiência energética do edifício. [4]

Ventilação

A ventilação é fundamental para uma boa qualidade do ar interior, uma vez que uma fraca ventilação promove o aparecimento de humidades e bolores prejudiciais aos bem-estar dos seus utilizadores. Como já referido no subcapítulo 2.2.3, para se garantir uma boa e eficiente renovação do ar pode-se optar por duas soluções: mecânica ou natural. [27]

No caso da ventilação natural, para se obter uma adequada ventilação, os edifícios devem ser projetados para o ar seguir um fluxo desde os espaços principais para os espaços de serviço. Deve existir aberturas que permitam a entrada de ar, como: grelhas autorreguláveis ou janelas, e aberturas que permitam a extração do mesmo. Como este tipo de ventilação não precisa de equipamentos mecânicos, não existem consumos de energia associados aos ventiladores, torna-se por isso uma solução adequada do ponto de vista da eficiência energética. [27] No entanto, como existem infiltrações de ar exterior não tratado e de

forma não controlada, dependendo da época do ano, este tipo de solução poderá levar a elevadas perdas térmicas, e conseqüentemente, a um maior consumo de energia por parte dos sistemas de climatização para atingirem o “set-point” pretendido. [18]

Caso contrário, se a ventilação for mecânica, é possível impor caudais de ar constantes de forma a assegurar o caudal necessário a insuflar nos espaços, podendo esse ar ser tratado, o que garante uma melhor qualidade do ar e menores consumos de energia. [18]

Sistemas de Climatização

Os sistemas de climatização são responsáveis por garantir o conforto térmico dos edifícios e a sua eficácia é influenciada, essencialmente pela seleção adequada dos equipamentos face às necessidades dos espaços e pelo elevado rendimento que os mesmos apresentam. Estes sistemas podem ser centralizados ou não. [4]

O primeiro conceito refere-se a um sistema de climatização que satisfaz as necessidades de todo o edifício ligado a uma única central de distribuição, enquanto que o segundo refere-se a várias unidades de climatização distribuídas pelo edifício.

Segundo o manual de eficiência energética, caso se pretenda apenas aquecimento ambiente aconselha-se a utilização de sistemas por via de caldeiras, preferencialmente, a biomassa. Caso se pretenda também arrefecimento, recomenda-se a utilização de sistemas centralizados com recursos a bombas de calor, pois apresentam eficiências com elevado rendimento. [4]

b) Utilização de fontes de energia renovável

A segunda estratégia referida para alcançar os edifícios nZEB diz respeito à utilização de fontes de energia renovável, uma vez que estas fontes evitam o recurso a combustíveis fósseis, como gás natural e carvão para gerar eletricidade. Desta forma, evita-se também a emissão de gases com efeito estufa, contribuindo para uma maior sustentabilidade ambiental. As fontes de energias renováveis são recursos naturais, capazes de se regenerarem num curto espaço de tempo e de um modo sustentável, tais como, a solar, hídrica, eólica, biomassa, geotérmica e a energia dos oceanos. [28]

As principais fontes de energia renovável com disponibilidade em Portugal e com viabilidade de aplicação nos edifícios e em estruturas públicas são:

- Solar térmico;
- Solar fotovoltaico;
- Biomassa.

Solar térmico

Os sistemas solares térmicos funcionam por intermédio de coletores solares que convertem a radiação solar em calor útil e o transferem, por meio de uma rede de tubagem, para depósitos de acumulação, onde será armazenado para ser utilizado nos períodos de necessidade. A eficiência destes sistemas é tipicamente entre os 40% e os 55%, podendo estes garantir até cerca de 70% das necessidades de AQS de um edifício e, por isso, geralmente necessitam de um sistema de apoio para satisfazer as restantes necessidades. [4]

Normalmente, este tipo de sistema é utilizado na produção de águas quentes sanitárias (AQS) e/ou aquecimento de águas de piscinas, podendo ainda ser utilizado para apoio a sistemas de climatização, mais especificamente, no aquecimento ambiente.

É importante referir que, em ordem ao melhor aproveitamento do sistema, o coletor deverá ser orientado a Sul e o seu ângulo de inclinação deve ser otimizado conforme a latitude do local.

Solar fotovoltaico

Os sistemas solares fotovoltaicos permitem converter a radiação solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Esse efeito refere-se ao fenómeno que acontece quando os fotões presentes na radiação solar entram em contacto com os materiais semicondutores dos painéis, e transferem a sua energia para os eletrões presentes nesses materiais, gerando uma diferença de potencial, e consequentemente, criação da corrente elétrica.

Em Portugal existe um elevado número de horas de sol, o que torna o solar fotovoltaico uma tecnologia muito interessante e com elevado potencial na produção de energia elétrica. Da mesma forma que nos sistemas solares térmicos, em ordem a ter o melhor aproveitamento dessa exposição solar, a central solar deve ser orientada, preferencialmente a sul, e o ângulo de inclinação otimizado conforme a latitude do local. Outra solução que pode aumentar a produtividade do sistema, é a utilização de um seguidor solar que orienta o sistema solar em função da direção do sol. [4]

Neste seguimento, recomenda-se que sejam tomadas medidas de controlo, como gestão periódica da produção e comparação com a produção prevista, e que se faça uma limpeza regular dos módulos, uma vez que esta garante uma maior durabilidade dos módulos solares, maximiza a produção e aumenta a rentabilidade do sistema.

Biomassa

O termo biomassa representa todas as fontes derivadas do processo de fotossíntese, a exceção dos combustíveis fósseis como o carvão, petróleo e o gás natural. Este termo engloba todo o material orgânico proveniente de atividades agrícolas ou pecuárias, da exploração florestal ou industriais afins, bem como a fração biodegradável dos resíduos. [4]

Esta forma de energia constitui uma solução cada vez mais viável para satisfazer as necessidades energéticas de um edifício e, por isso, neste ponto, apenas será abordada a componente sólida dos biocombustíveis para produção de energia térmica utilizada no aquecimento ambiente, de águas quentes sanitárias e de piscinas. A biomassa pode também ser combinada com energia solar térmica, na produção de água quente ou aquecimento ambiente.

Relativamente aos tipos de combustíveis derivados de biomassa, nomeadamente: *pellets*, lenha, briquetes ou estilhas, os *pellets* e os briquetes são os que apresentam melhores propriedades comparativamente aos outros. Uma vez que possuem maior densidade energética (elevado poder calorífico) e uma percentagem de humidade reduzida, como demonstrado na Tabela 19.

Tabela 19 -Propriedades de diferentes combustíveis derivados da biomassa [4]

	Lenha	Briquetes	Estilha	<i>Pellets</i>
Humidade (%)	20	< 10	30	< 10
Poder calorífico [kcal/kg]	3500	4000	3000	4000

2.4. Programas de simulação dinâmica

A simulação, tem um papel preponderante para a conceção de um novo edifício ou remodelação, sendo determinante para analisar o comportamento térmico do edifício ao longo dos anos, podendo contribuir para uma poupança significativa na fatura energética

As necessidades e os consumos de energia de um edifício de comércio e serviços devem ser determinados com base em simulação dinâmica multizona ou através do cálculo dinâmico simplificado (monozona), consoante o método aceite para determinação do IEE (Indicador de Eficiência Energética). Este método varia de acordo com o tipo de edifício e a sua situação, conforme tabela I.02 da Portaria n.º 17-A/2016.

Segundo esta portaria, no caso de se aplicar o método por simulação dinâmica multizona, a determinação das necessidades e consumos de energia do edifício deve ser realizada por um programa acreditado pela Norma ASHRAE 140, o qual deve ter a capacidade para modelar:

- Mais do que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário, ou menor, e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;
- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins de semana;
- A recuperação de calor do ar rejeitado;
- O efeito da massa térmica do edifício.

2.4.1. Software HAP versão 5.11

Existem vários programas acreditados pela norma ASHRAE 140 que permitem efetuar o tipo de simulação referida anteriormente, nomeadamente: HAP, TRNSYS, EnergyPlus, Design Builder, Trace 700, entre outros. Neste leque de opções, o software utilizado para realizar a simulação energética do edifício em estudo foi o *Hourly Analysis Program* (HAP), versão 5.11, da Carrier.

O HAP é uma ferramenta computacional que permite a execução de um estudo detalhado de sistemas de climatização de edifícios e comparação do consumo de energia e dos custos das alternativas de projeto em funcionamento. [29] O software é constituído por duas ferramentas, nomeadamente:

- a) HAP System Design Features que estima cargas de aquecimento e arrefecimento, a fim de dimensionar os componentes necessários ao sistema AVAC;

- b) HAP Energy Analysis Features que estima o consumo anual de energia e o custo dessa energia no mercado, quer para os componentes do sistema AVAC, como para os restantes sistemas.

O HAP não apresenta uma visualização gráfica do modelo energético, mas utiliza um explorador de acesso rápido para se definirem todos os parâmetros térmicos e energéticos que afetam o desempenho do edifício, como demonstrado na Figura 8.

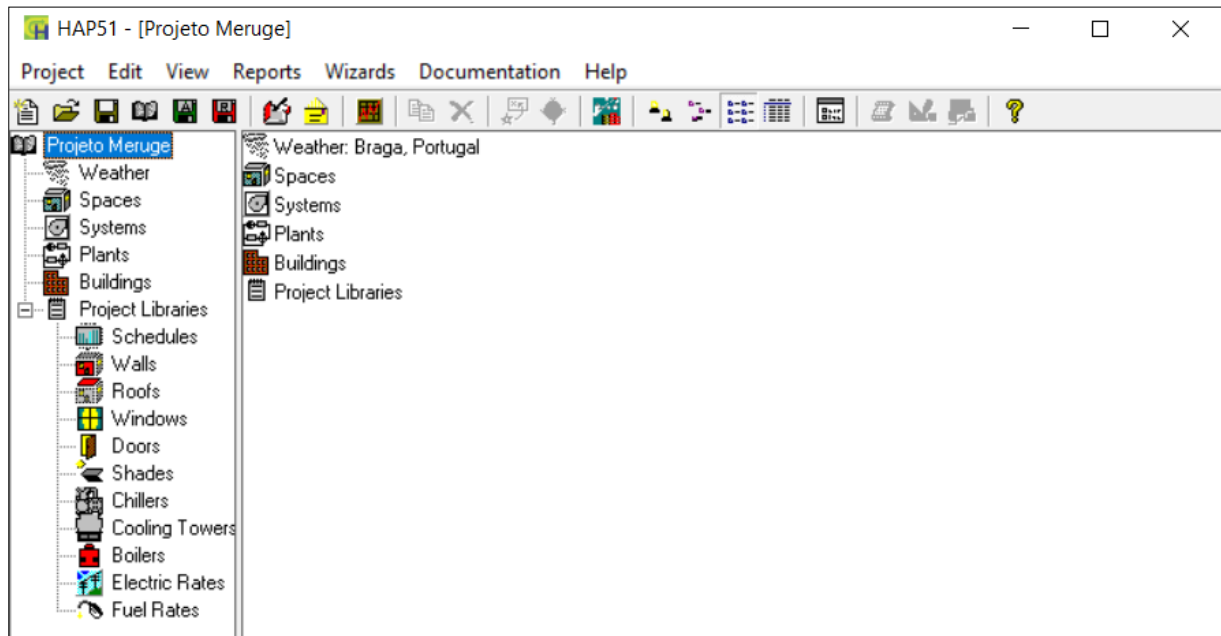


Figura 8 - Menu do HAP versão 5.11 da Carrier

3. CASO DE ESTUDO

No presente capítulo serão descritos detalhadamente todos os aspetos relevantes para a caracterização do edifício em estudo. Neste sentido, começou-se por abordar a sua localização e respetivo zoneamento climático, o enquadramento regulamentar, a caracterização da envolvente opaca e não opaca (envidraçados). E finalizou-se, numa análise a todos os sistemas técnicos inerentes ao edifício, desde os sistemas de ventilação, climatização, AQS, iluminação, bem como os sistemas de regulação e controlo, equipamentos elétricos e sistemas de elevação.

3.1. Descrição do Edifício

O projeto em estudo refere-se a um edifício de comércio e serviços novo, destinando a funcionar como uma Estrutura Residencial para Pessoas Idosas (ERPI) com um número total máximo de 49 residentes, e ainda como um centro de apoio à infância e juventude (CATL) para cerca de 20 crianças ou jovens. Pela informação disponibilizada prevê-se que o funcionamento do ERPI seja durante todo o ano e o CATL funciona de segunda a sexta-feira e encerre durante os períodos de férias escolares.

O edifício em questão ficará localizado numa zona rural, em Meruge, concelho de Oliveira do Hospital, distrito de Coimbra, implementado a uma altitude de 394 m relativamente ao nível do mar e a cerca de 84 km de distância à costa marítima. Este imóvel desenvolve-se em quatro pisos, caracterizados da seguinte forma:

- Piso -1, parcialmente enterrado, é composto essencialmente por espaços técnicos, garagem e arrumos;
- Ao nível do piso 0, agrupam-se todas as funções que exigem maior contacto com o exterior ou implicam maior movimento, tais como as zonas de refeição, de convívio e de apoio à juventude, e a maior parte dos serviços como a lavandaria e os gabinetes;
- O piso 1 é constituído pelas áreas que requerem maior privacidade, nomeadamente toda a zona de quartos do Lar, bem como o atendimento médico, e salas de estar. Os quartos organizam-se em dois núcleos e estão orientadas para sul (14 quartos), nascente (4 quartos) e poente (5 quartos);
- O piso 2, é constituído por um piso técnico com pé direito reduzido destinado às instalações de AVAC.

Na Figura 9 e Figura 10 pode-se observar diferentes fachadas do edifício em estudo.



Figura 9 - Fachada Norte e nascente do edifício em estudo



Figura 10 - Fachada Sul e Poente do edifício em estudo

No Apêndice 1 – Plantas e Cortes podem ser vistas as plantas e os cortes de todos os pisos do edifício.

3.2. Zoneamento climático

O zoneamento climático de Portugal fundamenta-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III que tem como pressuposto um sistema hierárquico de divisão do território em regiões, sendo cada uma delas classificada por níveis de severidade climática na estação de aquecimento e de arrefecimento. A composição por municípios tem por base o Decreto-Lei nº 68/2008 de 14 de abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei nº 85/2009, de 3 de abril e pela Lei nº 21/2010 de 23 de agosto, e está detalhado na Tabela 01 – NUTS III do Despacho nº 15793-F/2013.

O edifício em estudo localiza-se no Município de Oliveira do Hospital, e como tal, o NUTS III correspondente é Pinhal Interior Norte, como demonstrado na Tabela 20. Na Figura 11 apresenta-se uma imagem satélite do terreno (a contorno vermelho) onde se prevê que o edifício seja construído.

Tabela 20 – Composição por municípios e respetivos NUTS III (tabela 01 do Despacho nº15793-F/2013) [30]

NUTS III	Municípios
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia
Dão - Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansião, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã, Vila de Rei

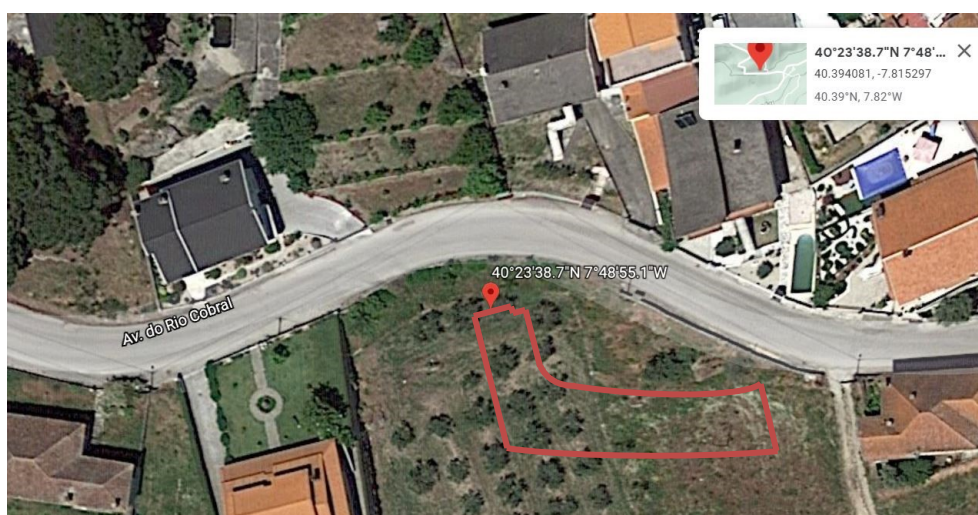


Figura 11 - Localização do terreno, a contorno vermelho, onde se prevê que seja implantado o edifício

Para aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente dos edifícios é necessário definir a zona climática de Inverno (I1, I2 e I3) e a zona climática de Verão (V1, V2 e V3), sendo estas determinadas

com base em parâmetros climáticos distintos. Os parâmetros climáticos associados a um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local, como esquematizado na Figura 12.

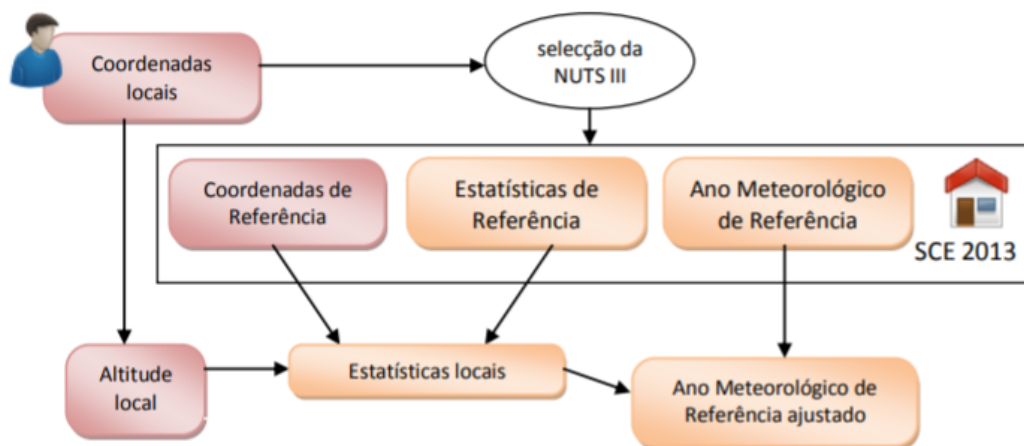


Figura 12 - Esquema da metodologia de utilização de dados do SCE [31]

3.2.1. Zona climática de Inverno (Aquecimento)

As zonas climáticas de inverno, correspondentes à estação de aquecimento, são definidas a partir do número de graus-dias acumulados da Temperatura base de 18°C (GD), conforme Tabela 21.

Tabela 21 - Critérios para a determinação da zona climática de Inverno (Tabela 02 do Despacho n.º 15793-F/2013) [30]

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Os parâmetros climáticos relevantes para o Inverno, estação de aquecimento, são o número de graus-dias na base de 18°C correspondente à estação de aquecimento (GD), a duração da estação de aquecimento (M), a temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ($\theta_{ext,i}$), e a energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a sul, [kWh/m².mês] (GSul). Os valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento estão tabelados por NUTS III, na Tabela 04 do despacho n.º 15793-F/2013, demonstrada parcialmente na Tabela 22.

Tabela 22 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude, para a estação de aquecimento (Tabela 04 do despacho n.º 15793-F/2013) [30]

	z		M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{Sul} kWh/m ² por mês
	REF m		REF meses	<i>a</i> mês/km	REF °C	<i>a</i> °C/km	REF °C	<i>a</i> °C/km	
Minho-Lima	268		7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680		7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125
Cávado	171		6,8	1	1491	1300	9,0	-6	125
Ave	426		7,2	0	1653	1500	7,8	-6	125
Grande Porto	94		6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130
Tâmega	320		6,7	0	1570	1600	7,8	-5	135
Douro	579		6,9	0	1764	1400	6,3	-4	135
Entre Douro e Vouga	298		6,9	1	1544	1400	8,4	-5	135
Baixo Vouga	50		6,3	2	1337	1100	9,5	-5	140
Baixo Mondego	67		6,3	0	1304	1000	9,7	-5	140
Beira Interior Norte	717		7,5	0	1924	1000	6,3	-3	135
Beira Interior Sul	328		5,4	1	1274	1800	9,1	-6	140
Cova da Beira	507		7,1	0	1687	1400	7,5	-5	140
Serra da Estrela	553		7,5	0	1851	1600	7,0	-5	135
Dão - Lafões	497		7,3	0	1702	1900	7,5	-6	135
Pinhal Interior Norte	361		6,8	0	1555	1600	8,3	-5	140

Recorrendo à tabela supracitada, e aplicando as seguintes equações, obteve-se os parâmetros pretendidos, nomeadamente:

- Número de graus-dias na base de 18°C correspondente à estação de aquecimento, (GD):

$$GD = GD_{ref} + a(Z - Z_{ref}) \quad (12)$$

$$GD = 1555 + 1600(0,394 - 0,361)$$

$$GD = 1607,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Duração dos meses de aquecimento, (M):

$$M = M_{ref} + a(Z - Z_{ref}) \quad (13)$$

$$M = 6,8 + 0(0,394 - 0,361)$$

$$M = 6,8 \text{ meses}$$

- Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ($\theta_{ext,i}$):

$$\theta_{ext,i} = \theta_{ext,i,ref} + a(Z - Z_{ref}) \quad (14)$$

$$\theta_{ext,i} = 8,3 + (-5)(0,394 - 0,361)$$

$$\theta_{ext,i} = 8,135 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como GD é igual a 1607,8°C, ou seja, inferior a 1800°C, mas superior a 1300°C, então verifica-se que a zona climática de Inverno é I2.

3.2.2. Zona climática de Verão (Arrefecimento)

As zonas climáticas de verão, correspondente à estação de arrefecimento, são definidas a partir da temperatura exterior média no verão ($\theta_{ext,v}$), conforme a Tabela 23.

Tabela 23 - Critérios para determinação da zona climática de Verão (Tabela 03 do Despacho n.º 15793-F/2013) [30]

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

Os parâmetros climáticos pertinentes para o Verão, estação de arrefecimento, são: a duração da estação (L_v), a temperatura exterior média ($\theta_{ext,v}$) e a Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, [kWh/m²] (I_{sol}). Os valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento estão tabelados por NUTS III na Tabela 05 do referido despacho, demonstrada parcialmente na Tabela 24.

Tabela 24 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento (Tabela 05 do despacho n.º 15793-F/2013) [30]

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		I_{sol}									
		REF °C	α °C/km	kWh/m ² acumulados de junho a setembro									
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW	
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345	
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345	
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345	
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350	
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350	
Tâmega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350	
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350	
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350	
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355	
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360	
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355	
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360	
Cova da Beira	507	22,5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360	
Serra da Estrela	553	21,0	-4	820	225	355	495	495	420	495	495	355	
Dão - Lafões	497	21,2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355	
Pinhal Interior Norte	361	21,2	-2	825	220	357	500	495	420	495	500	357	

Como se pode verificar na tabela supracitada, a temperatura exterior de referência na região de Pinhal Interior Norte é de 21,2°C e o declive para ajuste de altitude é de -2°C/km. Desta forma, pode-se aplicar a seguinte equação:

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v_{ref}} + \alpha(Z - Z_{ref}) \quad (15)$$
$$\theta_{ext,v} = 21,2 + (-2)(0,394 - 0,361)$$
$$\theta_{ext,v} = 21,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como $\theta_{ext,v}$ é igual a 21,13°C, ou seja, inferior a 22°C, mas superior a 20°C, então verifica-se que a zona climática de Verão é V2.

3.3. Enquadramento Regulamentar (PES ou GES)

A aplicabilidade do Decreto-Lei n.º 118/2013, distingue os edifícios de comércio e serviços em pequenos (PES) e grandes edifícios (GES). De modo a caracterizar cada um destes enquadramentos é essencial a compreensão de determinados conceitos, tais como: área interior útil de pavimento, espaços úteis e complementares.

O Decreto de Lei mencionado define como área interior útil de pavimento no âmbito RECS, a soma das áreas de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício, desde que haja consumos de energia elétrica ou térmica, registados no contador, independentemente da sua função e da existência de sistemas de climatização. Por sua vez, um espaço complementar é a zona térmica sem ocupação humana permanente e sem consumo de energia associado à climatização ambiente. Nesta categoria de espaços incluem-se sempre as cozinhas, lavandarias, centros de armazenamento de dados e outros espaços que assumem a mesma definição por via das suas condições específicas, nomeadamente:

- zonas térmicas destinadas a conservação/congelamento de produtos, com existência de sistema de climatização para assegurar condições específicas de temperatura e humidade necessárias para o efeito;
- Armazéns e similares, desde que não sejam climatizados para conforto humano e não tenham ocupação humana permanente.

A distinção entre PES ou GES assenta na área considerada para enquadramento, que resulta na área interior útil de pavimento descontando a área dos espaços complementares, como demonstrado na equação (16).

$$A_{\text{enquadramento}} = A_{\text{interior útil pavimento}} - A_{\text{espaços complementares}} \quad (16)$$

Assim, considera-se:

- PES se $A_{\text{enquadramento}} < 1000 \text{ m}^2$ ou $A_{\text{enquadramento}} \leq 500 \text{ m}^2$ no caso de supermercados, hipermercados, centros comerciais e piscinas cobertas;
- GES se $A_{\text{enquadramento}} \geq 1000 \text{ m}^2$ ou $500 \text{ m}^2 < A_{\text{enquadramento}} < 1000 \text{ m}^2$ no caso particular de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas.

Na Tabela 25 verifica-se a caracterização de todos os espaços integrantes do edifício em estudo, bem como o seu enquadramento regulamentar.

Tabela 25 - Caracterização dos espaços para Enquadramento Regulamentar

Espaço	Designação	Piso	Área total [m²]	Tipologia	Espaço Complementar
0.3	Caldeiras	-1	49,48	B	X
0.4	Silo	-1	10,65	B	X
0.5	Garagem	-1	81,36	B	X
0.6	Arrumos	-1	11,36	A	
0.8	Casa das máquinas	-1	8,75	B	X
0.9	Reservatório Água	-1	13,65	B	X
	Arrumos	-1	35,07	B	X
1.1	Lavandaria	0	23,29	A	X
1.10	Tubérculos	0	14,26	A	
1.11	Cozinha	0	44,99	A	X
1.12	Área congelação	0	14,25	B	X
1.13	Zona empratamento	0	9,64	A	
1.14	Zona Lavagem Loíça	0	14,20	A	
	Corredores	0	95,7	A	
1.16	Átrio	0	40,26	A	
1.17	Receção	0	9,96	A	
1.18	Sala Refeições	0	129,09	A	
1.19	Sala Pessoal	0	10,00	A	
1.2	Roupa expediente	0	9,78	A	X
	Salas de convívio/atividades	0	127,01	A	
	I.S piso 0	0	87,50	A	
1.25	Enfermagem	0	12,01	A	
	Gabinetes	0	40,71	A	
1.29	Sala Reuniões	0	12,85	A	

Arrumos		0	23,78	A	
1.35	Apartamento_1	0	44,13	A	
1.39	Apartamento_2	0	48,76	A	
Salas ATL		0	43,00	A	
1.46	Átrio ATL	0	19,20	A	
1.5	MQ Lavar	0	10,49	A	X
1.51	Polivalente	0	40,23	A	
1.56	Casacos	0	4,67	A	
1.9	Despensa do dia	0	13,86	A	
I.S piso 1		1	128,05	A	
Quartos		1	362	A	
2.17	Espaço de beleza	1	16,56	A	
Salas de estar		1	42,60	A	
2.20	Receção	1	39,57	A	
2.29	C Descanso	1	12,01	A	
2.38	Arrumos	1	9,19	A	
2.46	Corredor	1	149,27	A	
2.57	Preparação medicação	1	4,92	A	
Escadarias		-1,0,1	89,42	A	
Elevadores		0,1	13,42	A	
Área útil de pavimento, Ap		2 016,57 m ²		Enquadramento do edifício?	
Área espaços complementares		301,76 m ²		GES	
Área para enquadramento		1 714,81 m ²			

Desta forma, no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o edifício classifica-se como um GES.

3.4. Delimitação da envolvente

A envolvente define-se pelo conjunto de elementos construtivos, compreendendo pavimentos, paredes e coberturas, que separam a área interior útil de outros elementos, tais como: exterior, edifícios ou frações adjacentes, espaços não úteis e o solo. A sua delimitação tem como fundamento um código de marcação específico que, para o caso de um edifício de comércio e serviços, é feita recorrendo apenas a duas cores, representadas na Figura 13.

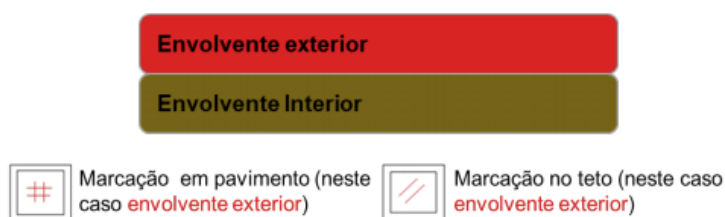


Figura 13 - Código de cores para marcação da envolvente

No âmbito RECS, apenas são previstos requisitos para a envolvente exterior, pelo que não existem requisitos para a envolvente interior. Assim para a delimitação da envolvente, definem-se dois tipos de espaços, tipo A e B.

Embora não exista uma definição destes espaços, no Decreto-Lei n.º 118/2013 foi adotado a identificação de espaço do Tipo “A” e do tipo “B” por forma a facilitar a identificação dos mesmos e, conseqüentemente, a sua análise. Os espaços tipo A são espaços cuja ocupação é permanente, isto é, superior a 2h/dia ou espaços que disponham de sistemas de climatização para conforto térmico de forma direta ou indiretamente (através do ar transferido de espaços tratados). Contrariamente, os espaços tipo B são os que não conferem as condições para ser do Tipo A.

Os espaços tipo A e B do presente projeto em estudo encontram-se identificados na Tabela 25. É de notar algumas situações particulares como o caso da lavandaria que foi considerada um espaço tipo A porque, sendo um Lar com cerca de 40 utentes, a lavandaria terá um período de ocupação superior a 2h/dia.

Contudo, apesar de não haver requisitos para a envolvente interior existem perdas de calor entre os espaços com condições de referência e os espaços tipo B. Essas trocas térmicas apenas se consideram quando a fração em estudo está em contacto com espaços tipo B em que $b_{tr} > 0,7$ ou com edifícios adjacentes, considerando o valor de $b_{tr} = 0,6$. Este parâmetro, b_{tr} , representa o coeficiente de redução de perdas e determina-se para cada espaço tipo B aplicando a seguinte expressão:

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (17)$$

Em que:

θ_{int} corresponde à temperatura interior [°C];

θ_{ext} corresponde à temperatura ambiente exterior, [°C];

θ_{enu} corresponde à temperatura do local não útil, [°C].

Na impossibilidade de conhecer com precisão as temperaturas do espaço tipo B, θ_{enu} , admite-se que b_{tr} pode ser determinado com base na tabela 22 do Despacho n.º 15793-K/2013 em função da razão A_i/A_u . Desta forma, obteve-se os resultados demonstrados na Tabela 26 para os seguintes espaços tipo B.

Tabela 26 - Determinação dos btr dos espaços tipo B

ENUS´s	Designação	A pav. [m²]	Pé-direito	Volume [m³]	A _i [m²]	A _u [m²]	A _i /A _u	f/F?	b _{tr}
ENU1	0.1 Arrumos	11,57	3	34,71	20,96	0	+∞	F	0,50
ENU2	0.2 Arrumos	23,50	3	70,50	42,76	0	+∞	F	0,80
ENU3	0.3 Caldeiras	49,48	3	148,44	52,99	29,10	1,82	F	0,90
ENU4	0.4 Silo	10,65	3	31,95	10,65	0	+∞	F	0,50
ENU5	0.5 Garagem	81,36	3	244,08	81,36	9,69	8,40	F	0,80
ENU6	0.8 Casa Máq.	8,75	3	26,25	8,75	0	+∞	F	0,50
ENU7	0,9 Reservatório	13,65	3	40,95	13,65	0	+∞	F	0,50
ENU8	1.12 Congelação	14,25	3	42,75	-	0	+∞	f	0,30
ENU9	Desvão cobertura	679,53	2,04	1386,24	-	-	-	F	1,0

Para efeitos de simulação, no HAP é necessário determinar as temperaturas no inverno e no verão dos espaços tipo B, na sua situação mais crítica. Desta forma, recorreu-se à equação (17), onde se considerou as seguintes temperaturas determinadas com recurso aos dados climáticos do local:

- Temperatura ambiente interior no Verão: 24°C;
- Temperatura máxima exterior no Verão: 35°C;
- Temperatura ambiente interior no Inverno: 22°C;
- Temperatura mínima exterior no Inverno: 0°C.

Assim, obteve-se as temperaturas para o inverno e para o verão dos espaços tipo B, θ_{enu} , representadas na Tabela 27 que serão, posteriormente, introduzidas no software de simulação HAP, uma vez que este não efetua este cálculo.

Tabela 27 - Temperaturas de Inverno e de Verão dos espaços tipo B

Espaço tipo B	btr	Temperatura Verão [°C]	Temperatura Inverno [°C]
0.1 Arrumos	0,50	29,50	11,0
0.2 Arrumos	0,80	32,80	4,40
0.3 Caldeiras	0,90	33,90	2,20
0.4 Silo	0,50	29,50	11,00
0.5 Garagem	0,80	32,80	4,40
0.8 Casa Máquinas	0,50	29,50	11,0
0.9 Reservatório	0,50	29,50	11,0
1.12 Congelação	0,30	27,30	15,40
Desvão cobertura	1,0	35	0

No Anexo 1 – Delimitação da envolvente, pode-se consultar a delimitação da envolvente do projeto em estudo.

3.5. Envolvente opaca

Neste subcapítulo serão apresentadas as metodologias de cálculo do coeficiente de transmissão térmica de elementos opacos (U), as soluções construtivas da envolvente do edifício em estudo, nomeadamente, os elementos opacos como paredes, pavimentos, coberturas e zonas de ponte térmica plana (PTP). Por fim, será verificado o cumprimento dos requisitos máximos impostos para a envolvente opaca pela Portaria n.º 17-A/2016. É importante referir que apenas serão apresentadas neste subcapítulo algumas constituições da envolvente, e respetivo cálculo do U a título de exemplo, sendo que as restantes podem ser consultadas no Anexo 2 – Constituição das envolventes opacas e respetivos U's..

Conforme já mencionado, o edifício em estudo pertence à zona climática V2, I2 e, deste modo, o coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca do edifício não poderá ser superior aos valores indicados na Tabela 2, mencionada no subcapítulo 2.2.1.

O princípio de cálculo do coeficiente de transmissão térmica de elementos opacos de componentes e elementos de edifícios, que traduz a transmissão de calor que ocorre através de um elemento construtivo, tem por base a metodologia prevista na norma europeia EN ISO 6946, sendo esta o resultado do inverso da resistência térmica total (R_{total}), como representado na equação:

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]} \quad (18)$$

A Resistência térmica total de um elemento opaco é o resultado do somatório das resistências térmicas de todas as camadas que o constituem (R_j) e das resistências térmicas superficiais, R_{si} e R_{se} (interior e exterior, respetivamente).

3.5.1. Paredes, pavimentos, coberturas e PTP

Neste subcapítulo serão apresentadas as soluções construtivas definidas para as paredes, coberturas e pavimentos da envolvente opaca exterior, interior e em contacto com o solo.

➤ Envolvente opaca exterior

Recorrendo ao ITE50, versão de 2006, publicado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil foi possível obter o valor da condutibilidade térmica de diversos materiais que juntamente com sua espessura determinou-se a resistência térmica das soluções construtivas.

A Tabela 28 e Tabela 29 apresentam duas das soluções construtiva adotadas, bem como a determinação do coeficiente de transmissão térmica (U) e o respetivo cumprimento do requisito máximo.

Tabela 28 - Determinação do U da parede exterior (Pext1)

Pext1 – Parede exterior da fachada					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,130	Pág. I.11, ITE50
Estuque gesso tradicional	0,02	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Bloco térmico	0,25	1000	-	1,075	F.T Artebel
Isolamento térmico XPS	0,10	25	0,037	2,703	Pág.I.3, ITE50
Reboco exterior	0,02	1800	1,3	0,015	Pág.I.7, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,39			4,013	
U _{obtido}	0,25 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,60 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 29 - Determinação do U da ponte térmica plana na parede exterior (PTP1)

PTP1 – Ponte térmica plana na Parede exterior (Pext1)					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,130	Pág. I.11, ITE50
Estuque gesso tradicional	0,020	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,05	25	0,037	1,35	Pág.I.3, ITE50
Viga em Betão	0,300	2300	2,0	0,15	Pág.I.5, ITE50
Reboco exterior	0,020	1800	1,3	0,015	Pág.I.7, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,390			1,735	
U _{obtido}	0,58 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,60 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

As restantes soluções construtivas para a envolvente exterior tiveram por base o mesmo método de cálculo utilizado anteriormente e os respetivos U's encontram-se presentes na Tabela 30.

Tabela 30 - Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca exterior

Envolvente opaca exterior	U_{obtido} [W/m².°C]	U_{máx.}[W/m².°C]	Cumpre?
Cobext1	0,29	0,45	Sim
Cobext2	0,31	0,45	Sim
Cobext3	0,30	0,45	Sim
Cobext4	0,30	0,45	Sim
PTP2	0,57	0,45	Não
PTP3	0,57	0,45	Não

➤ **Envolvente opaca interior**

Nos edifícios de comércio e serviços, os requisitos relativos aos valores do coeficiente de transmissão térmica são definidos somente para a envolvente exterior. No entanto, para efeitos de simulação é essencial conhecer a constituição, bem como o coeficiente de transmissão térmica (U) das envolturas opacas interiores que separam espaços Tipo A de espaços Tipo B. As trocas térmicas entre os mesmos devem ser contabilizadas, uma vez que os espaços tipo B, dependendo do seu btr, vão estar a temperaturas semelhantes do exterior.

Assim, a parede interior que separa espaços tipo A de espaços tipo B apresenta a constituição e respetivo U, presente na Tabela 31.

Tabela 31 - Determinação do U da Pint1

Pint1 – Parede de separação entre EU´s e ENU´s					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,130	Pág. I.11, ITE50
Estuque tradicional	0,020	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Tijolo Cerâmico furado	0,150	1000	-	0,390	Pág. I.12, ITE50
Estuque tradicional	0,020	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,130	Pág. I.11, ITE50
Total	0,190			0,750	
U_{obtido}	1,33 [W/m².°C]				

As restantes soluções construtivas para a envolvente interior tiveram por base o mesmo método de cálculo utilizado anteriormente e os respetivos U´s encontram-se presentes na Tabela 32.

Tabela 32 - Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca interior

Envolvente opaca interior	U_{obtido} [W/m².°C]
Pint2	1,43
Cobint1	0,30
Cobint2	0,32
Pavint6	1,61

3.5.2. Elementos em contacto com o solo

Para a determinação do coeficiente de transmissão térmica dos elementos em contacto com o solo, U_{bf} , é fundamental conhecer determinados parâmetros, nomeadamente:

- R_f - Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais;
- R_w - Resistência térmica de todas as camadas da parede, com exclusão das resistências térmicas superficiais;
- z_{solo} - Profundidade média da parede ou do pavimento em contacto com o solo
- B' - Dimensão característica do pavimento em contacto com o solo, determinado pela equação (19):

$$B' = \frac{A_{p,solo}}{0,5 \times P} \quad (19)$$

Em que:

$A_{p,solo}$ – Área interior útil de pavimento em contacto com o solo e

P – Perímetro exposto.

Conhecendo estes parâmetros e com o auxílio das tabelas 03 e 06 presentes no despacho nº15793-K/2013 torna-se possível determinar o valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos, U_{bf} , e paredes, U_{bw} , em contacto com o solo.

A título de exemplo determinou-se o U_{bf} do Pav1, pavimento “mosaico do tipo grés porcelânico” que se encontra em contacto com o solo e do Pav2 enterrado. Primeiramente, calculou-se a resistência térmica de todas as camadas do pavimento (R_f), onde se obteve os valores demonstrados na Tabela 33.

Tabela 33 - Determinação do U_{bf} do Pav1

Pav1 – Pavimento “Mosaico do tipo Grés porcelânico”					
Constituição	D [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R_f [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior				0,170	Pág. I.11, ITE50
Material cerâmico	0,010	1400	0,6	0,017	Pág. I.4, ITE50
Argamassa	0,010	1800	1,3	0,008	Pág. I.7, ITE50
Betonilha de regularização	0,045	1400	0,85	0,053	Pág. I.5, ITE50
Tela anti-gás radão	0,004	0,35	0,4	0,010	FT Rothoblas
Tela impermeabilização	0,010	1000	0,23	0,043	Pág. I.9, ITE50
Betão estrutural	0,200	2300	2	0,100	Pág. I.5, ITE50
Total	0,279			0,401	

Como o Pav1 não apresenta isolamento perimetral horizontal ou vertical, determinou-se o U_{bf} segundo a Tabela 03 do despacho nº 15793-K/2013. É de notar que para pavimentos com $z \leq 0,5m$ e resistência

térmica, R_f , inferior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,15 \times U_{(R_f=0,5)}$. Desta forma obteve-se os valores apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 - Coeficiente de transmissão térmica do Pav1 em contacto com o solo sem isolamento térmico

Térreo: $z \leq 0,5\text{m}$				
A_p [m²]	P [m]	B'	$U_{(R_f=0,5)}$ [W/m²·°C]	U_{bf} [W/m²·°C]
156,7	15	20,81	0,19	0,22

Para pavimentos com $z > 0,5\text{m}$ e resistência térmica inferior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica, R_f , corresponde a $1,10 \times U_{(R_f=0,5)}$. Na Tabela 35 observa-se os valores obtidos para o Pav2, enterrado, sem isolamento térmico e com uma profundidade de 3,14 m.

Tabela 35 - Coeficiente de transmissão térmica do Pav2 enterrado sem isolamento térmico

Enterrado: $z = 3,14 \text{ m}$				
A_p [m²]	P [m]	B'	$U_{(R_f=0,5)}$ [W/m²·°C]	U_{bf} [W/m²·°C]
244,8	66,5	7,4	0,29	0,32

Todos as restantes soluções construtivas foram determinadas segundo o método de cálculo supracitado e os respetivos valores de U_{bf} podem ser consultados na Tabela 36.

Tabela 36 - - Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas dos elementos em contacto com o solo

Elementos em contacto com o solo	U [W/m²·°C]
P1	$U_{bw} = 0,25$
Pav3	$U_{bf} = 0,39$
Pav4	$U_{bf} = 0,33$
Pav5	$U_{bf} = 0,29$

3.6. Envolvente não opaca

A envolvente não opaca é constituída pelos vãos envidraçados que apresentam uma área envidraçada igual ou superior a 25% da sua área total, pelo que se considerou todas as portas como envidraçados. A sua caracterização deve ser efetuada mediante um conjunto de parâmetros, nomeadamente:

- ✓ Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado;
- ✓ Fatores Solares;
- ✓ Fator de obstrução da radiação solar.

Neste subcapítulo serão abordados o cálculo dos parâmetros relevantes no âmbito de SCE e a verificação do cumprimento dos requisitos no que diz respeito à envolvente envidraçada.

O envidraçado foi selecionado por intermédio do *software CalumenLive* e as informações referentes à sua constituição, nomeadamente, o fator solar ($g_{L,vi}$) e coeficiente de transmissão térmica (U_g) podem ser consultadas na Figura 14 ou em mais pormenor no Apêndice 2 – Ficha técnica do vidro.

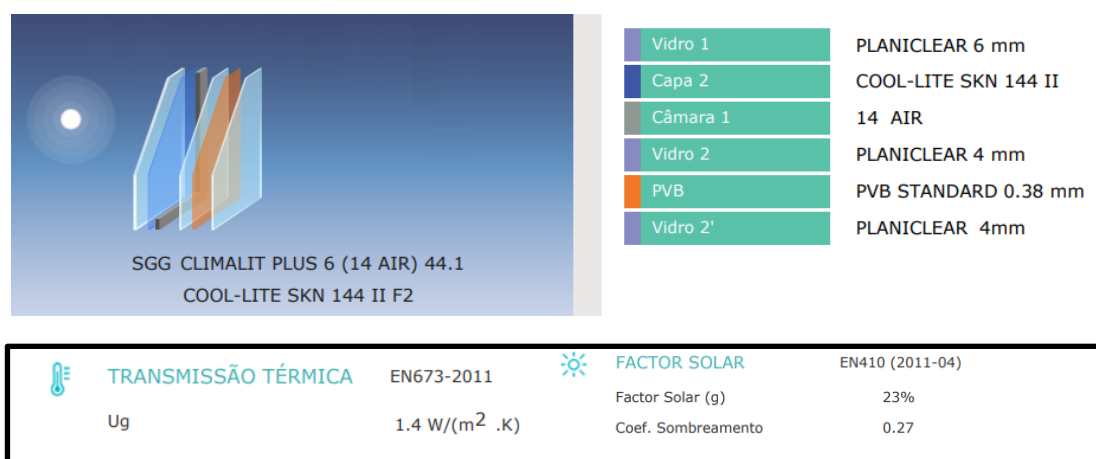


Figura 14 – Características do envidraçado previsto para o projeto em estudo

Relativamente à caixilharia, foi selecionado um sistema ST de batente de alumínio com corte térmico do grupo Sosoares, Figura 15, cuja ficha técnica encontra-se no Apêndice 3 – Ficha técnica da Caixilharia.



Figura 15 – Característica da caixilharia prevista para o projeto em estudo

3.6.1. Coeficiente de transmissão térmica

O coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados (caixilho + vidro), U_w , caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que estes separam, sendo determinado utilizando o princípio de cálculo da norma EN ISO 10077-1, conforme equação (20).

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad (20)$$

Em que:

U_w - Coeficiente de transmissão térmica da janela;

U_f - Coeficiente de transmissão térmica do caixilho;

A_f - Área do caixilho;

U_g - Coeficiente de transmissão do vidro;

A_g - Área do vidro;

Ψ_g - Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro;

L_g - Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro

Como U_f não se encontra presente na ficha técnica do caixilho selecionado, utilizou-se valores por defeito com base na norma Europeia UNE-EN ISO 10077-1 que apresenta valores de U para os materiais mais comumente utilizados nas caixilharias, tais como PVC, metal e madeira (Figura 16), sendo que se considerou 3,20 W/m².K para U_f .

Material da caixilharia	Transmitância térmica U (W/m ² K)**
Madeira	2,00 - 2,20
Metálico	5,70
Metálico con rotura de puente térmico	3,20 - 4,00
PVC con 2 cámaras	1,80 - 2,20
PVC con 3 cámaras	1,80

Figura 16 - Coeficiente de transmissão térmica do caixilho para vários tipos de caixilharia

É importante referir que dada a impossibilidade de obter valores de ensaios para a janela, conjunto vidro mais caixilho, recorreu-se a uma outra abordagem que consiste em retirar valores de Ψ_g para diferentes tipos de caixilharia e de vidros da tabela ISO 10077-1 (Tabela 37). Como se trata de uma caixilharia

metálica com corte térmico e de um vidro triplo com baixa emissividade, assumiu-se $\Psi_g = 0,11$ W/(m.°C).

Tabela 37 - Coeficiente de transmissão térmica linear para diferentes tipos de caixilharia [13]

Tipo de Caixilharia	Valor do coeficiente de transmissão térmica linear para diferentes tipos de vidro, ψ_g [W/(m.°C)]		
	Vidros duplos ou triplos não revestidos (lâmina de ar ou gás)	Vidros duplos(a) ou triplos(b) de baixa emissividade (lâmina de ar ou gás)	Vidro Simples
Madeira ou PVC	0,06	0,08	0
Metálica com corte térmico	0,08	0,11	
Metálica sem corte térmico	0,02	0,05	

(a) Um painel revestido para vidros duplos; (b) Dois painéis revestidos para vidros triplos

Sendo um edifício novo com ocupação noturna, onde os envidraçados encontram-se dotados de dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, a resistência térmica adicional destes dispositivos deve ser contabilizada no cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite, U_{wdn} , conforme previsto na norma EN ISO 10077-1. Este parâmetro corresponde à média dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com a proteção aberta, U_w , e proteção fechada, U_n , através das seguintes equações:

$$U_{wdn} = \frac{U_n + U_w}{2} \quad (21)$$

$$U_n = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad (22)$$

Na Tabela 38, encontram-se valores de resistência térmica adicional (ΔR) para algumas tipologias de dispositivos de proteção solar / oclusão noturna. Prevê-se que, na maior parte dos casos, a proteção solar será pelo exterior do tipo estores de lamelas em alumínio, assemelhando-se à persiana de régua metálicas, pelo que ΔR é igual a 0,09 m².°C/W.

Tabela 38 - Valores de resistência térmica adicional para diferentes dispositivos de proteção solar/oclusão noturna

Tipo de proteção solar/ oclusão noturna	ΔR [(m ² .°C)/W]
Persiana de régua metálicas	0.09
Persiana de régua em madeira ou plástico sem enchimento de espuma	0.12
Persiana de régua de plástico preenchida com espuma	0.13
Portadas de madeira opacas	0.14

No edifício foram considerados três tipos de vãos que se distinguem de acordo com o tipo de proteções usadas, conforme apresentado na Tabela 39.

Tabela 39 - Tipos de vãos considerados no projeto em estudo

Tipo	Vidro	Caixilho	Proteções	
			Interior	Exterior
EV1	Vidro duplo constituído por: vidro de 6 mm com capa + câmara de ar de 14mm + vidro laminado de 4 mm + PBV 0,38 mm + vidro 4 mm, marca SGG CLIMATIC PLUS 6(14 AIR) 44.1	Caixilharia com sistema de batente de 71 mm com corte térmico	Estore translucido = Cortinas ligeiramente transparentes	-
EV2			Estores tipo blackout = Cortinas opacas	Lamelas em alumínio
EV3			Não tem proteções	

Por fim, recorrendo à metodologia supracitada, determinou-se para cada um dos vãos envidraçados o U_w e a respetiva conformidade com os requisitos exigidos, na qual se verificou que todos os vãos estão regulamentares, como se pode observar no Anexo 3 – Verificação regulamentar dos vãos envidraçados, U_w

3.6.2. Fator solar

O fator solar quantifica a fração solar incidente perpendicularmente à superfície, que é transmitida para o interior do edifício através do vidro, permitindo desta forma a determinação e posterior contabilização dos ganhos térmicos solares através da envolvente envidraçada. O seu método de cálculo deve ter por base a norma EN 410, podendo-se para a maior parte dos casos, aceder a esta informação junto dos fabricantes, como foi o caso, onde se obteve o valor de 0,23 para $g_{\perp,vi}$.

Como já foi referido anteriormente, o Decreto-Lei n. °118/2013 impõe fatores solares máximos admissíveis em função zona climática. Sendo a zona climática V2, o fator solar máximo é de 0,56.

Uma vez que os vãos envidraçados apresentam dispositivos de proteção solar é necessário fazer a contabilização dessas proteções quando totalmente ativadas. Esse cálculo é feito em função do tipo de vidro, variando caso seja duplo ou simples e considerando todas os dispositivos de proteção existentes do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaco, inclusive.

Tratando-se de um vidro duplo, a equação é a seguinte:

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (23)$$

Em que:

g_{Tvc} - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme tabela 13 do despacho n° 15793-K/2013.

De acordo com a Tabela 39, existem três tipos de vão cujo o elemento diferenciador são os tipos de proteção, sendo que no caso do vão EV3 não se calculou o fator g_T porque não existem proteções solares de qualquer tipo.

- Para o vão **EV2** com proteção exterior opaca do tipo lamelas em alumínio, assemelhando-se a “estore veneziano de lâminas metálicas”, e interior do tipo estores *black-out*, determinou-se o g_T do seguinte modo:

$$g_T = g_{Tvc} = 0,09 \quad (24)$$

- Para o vão **EV1** com proteções interiores do tipo estore translucido assemelhando-se a cortinas ligeiramente transparentes, calculou-se o g_T do seguinte modo:

$$g_T = 0,23 \times \frac{0,38}{0,75} \quad (25)$$

$$g_T = 0,12$$

O cálculo dos fatores de sombreamento dos envidraçados, nomeadamente, F0. Ff foi efetuado através do software de simulação, HAP. Depois de todos os parâmetros estarem calculados, aferiu-se se todos os vãos cumpriam os requisitos, na qual se verificou que estão todos regulamentares, como se pode observar no Anexo 3 – Verificação regulamentar dos vãos envidraçados, Uw.

3.6.3. Fator de obstrução da radiação solar

O fator de obstrução dos vãos envidraçados, F_s , representa a redução na radiação solar que incide nestes devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos, podendo estes ser exteriores ou por elementos presentes no mesmo.

O valor do fator de obstrução calcula-se de acordo com a seguinte equação:

$$F_s = F_h \cdot F_0 \cdot F_f \quad (26)$$

Em que:

F_h - Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício

F_0 - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício

Dada a elevada quantidade de sombreamentos verticais e horizontais presentes no edifício, utilizou-se o software de simulação, HAP, para fazer esses cálculos e contabilizar o efeito desses sombreamentos nos respectivos vãos envidraçados. Na Figura 17, observa-se alguns dos sombreamentos previstos para o edifício em estudo

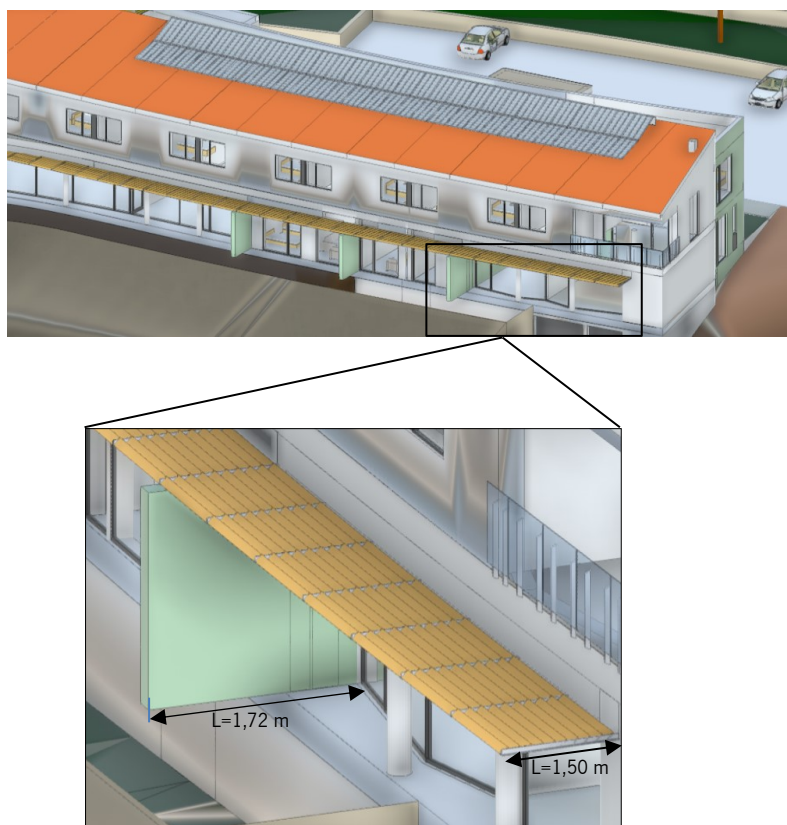


Figura 17 – Exemplo de um sombreamento vertical e horizontal com as respectivas larguras

3.7. Inércia Térmica

A inércia térmica traduz a capacidade de armazenamento de calor que os elementos construtivos de um edifício apresentam. Assim sendo, quanto maior a inércia térmica da envolvente, menor será a variação térmica verificada no seu interior. Uma vez que, elevados níveis de inércia térmica promovem várias vantagens, nomeadamente, a capacidade de autorregulação da temperatura interior, permitindo que nos períodos em que o sistema de climatização não esteja em funcionamento a temperatura interior de conforto se mantenha praticamente estável. Desta forma consegue-se uma maior eficiência energética do funcionamento do sistema, reduzindo o consumo energético do edifício.

A Inércia térmica é determinada através da seguinte equação:

$$I_t = \frac{\sum i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} [Kg/m^2] \quad (27)$$

Em que:

I_t – Massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento [kg/m^2];

M_{si} - Massa superficial útil do elemento i [kg/m^2];

r_i - Fator de redução da massa superficial útil do elemento i ;

S_i - Área da superfície interior do elemento i ;

A_p - Área interior útil de pavimento [m^2].

Para efeitos regulamentares são definidas três classes de inércia térmica: forte, média e fraca que variam em função do valor de I_t calculado conforme a Tabela 40.

Tabela 40 - Classes de Inércia térmica

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

De acordo com as características da envolvente do edifício e de acordo com o Despacho n.º 15793-K/2013 a classe de inércia do edifício, cujo cálculo se encontra detalhado no Anexo 4 – Cálculo da inércia térmica é média, uma vez que $I_t = 239,4 \text{ kg/m}^2$.

3.8. Sistemas técnicos

O conforto dos utilizadores no interior de um edifício está diretamente relacionado com determinados parâmetros como a temperatura, a humidade e a qualidade do ar interior, sendo que estes parâmetros são controlados através de equipamentos de climatização e ventilação, que dependem das cargas térmicas existentes no edifício. Neste subcapítulo serão abordados todos os sistemas técnicos previstos para o presente edifício, desde os sistemas de AVAC, que incluem ventilação e climatização, até aos sistemas de elevação. Desta forma, será possível determinar as necessidades energéticas e estimar o consumo de energia anual do edifício.

É de referir que o projeto de AVAC foi fornecido pela Tykhe engenharia e pode ser consultado no Apêndice 4 – Projeto de AVAC, por forma a compreender como será realizado o tratamento das cargas térmicas e a ventilação mecânica dos espaços interiores.

3.8.1. Ventilação

A ventilação resume-se à introdução de ar novo nos espaços destinados à ocupação humana e tem como principais objetivos a remoção dos poluentes gerados pelos próprios ocupantes, bem como dos poluentes gerados pelo próprio edifício em função dos seus materiais e das atividades desenvolvidas em cada espaço.

No que diz respeito à renovação do ar, para os espaços com ocupação permanente, foram selecionadas duas unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN 's), com módulo de recuperação de calor de roda térmica no piso 0, Figura 18, e de fluxos cruzados no piso 1, Figura 19. O ar novo será tratado nas UTAN 's e insuflado a uma temperatura neutra nos espaços, uma vez que o controlo da temperatura ambiente nos espaços será realizado pelas unidades interiores. Posteriormente, o ar tratado nas UTAN 's será transportado para os espaços através de redes aerólicas concebidas para o efeito e insuflado nos mesmos por meio de unidades terminais de difusão (grelhas e difusores).

A ventilação da cozinha será assegurada com a instalação de *hottes*, que através de redes de condutas e ventiladores localizados no piso 2 (zona técnica da cobertura) irão garantir a extração e insuflação simultânea.

Por fim, os espaços sem ocupação permanente, designadamente, corredores, instalações sanitárias, arrumos e similares ou espaços que são ocupados ocasionalmente, e por períodos inferiores a 2h por dia, o caudal de ventilação será assegurado por ar transferido.

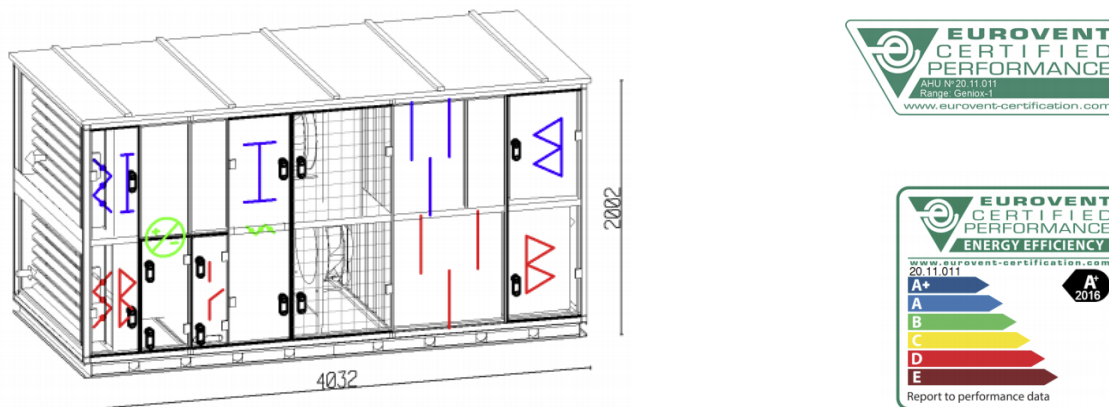


Figura 18 - UTAN 2.0 com roda térmica para o piso 0

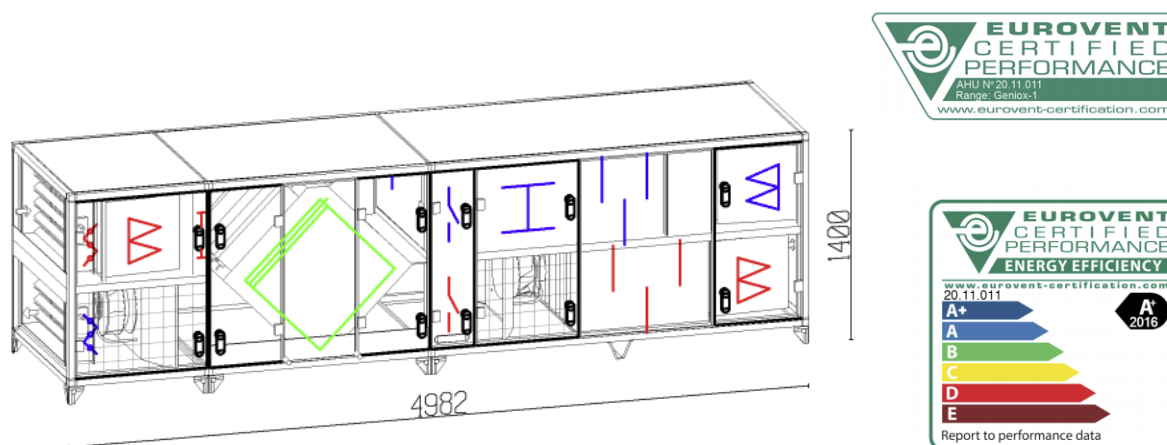


Figura 19 - UTAN 2.1 com fluxos cruzados para o piso 1

➤ Verificação dos requisitos mínimos

Para efeitos de verificação regulamentar, apenas serão demonstrados o cumprimento de alguns dos requisitos impostos na presente análise, nomeadamente, os requisitos mínimos de eficiência das unidades de tratamento de ar (UTA), os requisitos de eficiência mínima dos ventiladores (SFP) e ainda os requisitos no que respeita aos caudais mínimos de ar novo e dos caudais de extração.

Assim, segundo a Tabela 10 mencionada no subcapítulo 2.2.4, a classe de eficiência mínima para os sistemas supracitados é C. Uma vez que estes sistemas apresentam uma classe energética de A+, verifica-se que os mesmos se encontram em conformidade com a legislação.

Ademais, como mencionado na Tabela 11 do subcapítulo já referido, os ventiladores devem ter uma potência específica (SFP) igual ou superior a 1250 [W/(m³/s)]. Por forma a verificar esse requisito, determinou-se o *SFP* dos ventiladores de cada uma das UTAN tendo por base a equação (28). É de notar que todos os dados foram retirados das fichas técnicas das respetivas UTAN's.

$$SFP = \frac{P_{motor}}{Q_{insuflação} \text{ ou } Q_{retorno}} [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})] \quad (28)$$

Desta forma, obteve-se os valores apresentados na Tabela 41, onde se pode concluir que as potências específicas dos ventiladores cumprem com o requisito mínimo.

Tabela 41 -Potência dos ventiladores para cada UTAN

Tipo de UTA	SFP [kW/(m ³ /s)]	
	Insuflação	Retorno
UTAN 2.0	1,27	1,7
UTAN 2.1	1,45	1,38

Por fim, segundo o DL n°118/2013, os edifícios de comércio e serviços encontram-se ainda sujeitos ao cumprimento de requisitos no que respeita a caudais de ar novo e para os caudais de extração, descritos no subcapítulo 2.2.3. Desta forma, para verificação do cumprimento destes requisitos, determinou-se os caudais mínimos de ar novo, de extração e comparou-se estes valores com os caudais de projeto definidos para cada espaço. Esta verificação regulamentar pode ser consultada no Anexo 5 – Verificação regulamentar dos caudais de ar novo.

3.8.2. Sistemas de Climatização

O presente edifício em estudo dispõe de climatização via radiadores na zona dos quartos, sendo a geração de água aquecida e arrefecida para este efeito garantida por um conjunto modular de três caldeiras a biomassa ligadas em cascata para a combustão de *pellets*. A caldeira referida é da marca OKOFEN, apresentando uma potência térmica total nominal de 162 kW (80-60°C) composta por três unidades de 54 kW cada e uma eficiência nominal de 95,4%, representada na Figura 20.



**Pellet burner
PELLEMATIC PE64**

Figura 20 - Caldeira a *pellets* da marca OKOFEN, com uma potência total de 162 kW

Nos restantes espaços orientados a sul, nomeadamente: Polivalente, sala de refeições, sala de ATL, Salas de convívio e atividades e ainda salas de estar do piso 1, a climatização é assegurada por sistemas do tipo VRF (Variable Refrigerant Flow) com funcionamento inverter, arrefecido a ar, utilizando refrigerante ecológico. Para tratamento das cargas térmicas e controlo das temperaturas interiores dos espaços, prevê-se a instalação de unidades interiores do tipo Cassete e/ou mural.

O sistema VRF, caracteriza-se por fornecer a energia térmica de forma proporcional e progressiva às necessidades da zona a tratar, simultaneamente vai adequando o ciclo de trabalho do compressor e do ventilador, ambos inverter (velocidade variável), em função da potência necessária. O fluxo do fluido refrigerante ajusta-se automaticamente às necessidades, variando a velocidade do motor do compressor (Inverter). Para as zonas anteriormente mencionadas prevê-se

a instalação de dois sistemas VRF, cujas características são apresentadas na Tabela 42.

Tabela 42 – Características dos Sistemas VRF previstos para suprir parte das necessidades de climatização do edifício

Sistema	Marca	Modelo	Tubos	Arrefecimento nominal			Aquecimento nominal			Fluido Frigorígeno
				Potência térmica	SEER	EER	Potência térmica	SCOP	COP	
Sistema 1	<i>Mitsubishi</i>	P500YSN W-A1	2	56 kW	7,0	3,80	63 kW	4,08	4,23	R410a
Sistema 2	<i>Mitsubishi</i>	P250YNW -A1	3	28 kW	7,0	3,92	31,5 kW	4,21	4,65	R410a

➤ **Verificação dos requisitos mínimos**

Para efeitos de verificação regulamentar, apenas serão demonstrados o cumprimento de alguns dos requisitos impostos na presente análise, nomeadamente os requisitos mínimos de eficiência dos sistemas de climatização com permuta exterior a ar.

Segundo a Tabela 7 (subcapítulo 2.2.5), os sistemas VRF devem apresentar uma eficiência mínima para aquecimento (COP) de 3,4 e para arrefecimento (EER) de 3,0. Assim, e de acordo com os valores apresentados na Tabela 42, verifica-se que os sistemas VRF estão regulamentares.

3.8.3. Preparação AQS

Designam-se por “Águas Quentes Sanitárias” (AQS), as águas quentes utilizadas nos banhos, nas cozinhas e nas instalações sanitárias.

Uma temperatura entre os 30°C e os 40°C é suficiente para obter uma sensação de conforto na utilização de água quente na higiene pessoal. No entanto, a temperatura deverá ser ajustada de modo a obter em qualquer ponto da rede de aquecimento e distribuição, uma temperatura mínima de 50°C, como método de prevenção de desenvolvimento de bactérias como a Legionella. De um modo geral, pode considerar-se que a temperatura requerida para a maioria das utilizações das AQS se situa entre os 50 e os 60°C.[4]

Levando em consideração a informação supracitada, para efeitos de cálculo das necessidades energéticas e de consumo, relativas à produção de AQS, consideram-se as temperaturas base presentes na Tabela 43.

Tabela 43 - Temperaturas base consideradas no cálculo das necessidades de AQS

Temperatura de acumulação	Temperatura de consumo	Temperatura de água da rede
60°C	40°C	12°C

Neste seguimento, considerou-se a tabela retirada do documento básico “HE Ahorro de Energía”, representada na Tabela 44 que fornece os consumos de AQS em função do tipo de utilização.

Tabela 44 - Consumos de AQS a uma temperatura de referência de 60°C (tabela 3.1. do documento "HE Ahorro de Energía) [32]

Critério de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Assim, retirou-se os consumos de água quente sanitário a 60°C para o ERPI e para o CATL representados na Tabela 45.

Tabela 45 - Consumos de AQS previstos para o ERPI e o CATL

Consumo diario em função do tipo de utilização	
ERPI	CATL
55 litros a 60°C/cama	3 litros a 60°C/aluno

Segundo a portaria nº17-A/2016 as necessidades anuais de energia relativas à preparação de AQS são calculadas pela seguinte equação:

$$Q_a = \frac{(C_{aqs} \cdot 4,187 \cdot \Delta T)}{3600} [\text{kWh/ano}] \quad (29)$$

Em que:

Q_a - Energia global necessária para a preparação de AQS, [kWh/ano]

C_{aqs} - Consumo anual de AQS, [l/ano]

ΔT - Aumento de temperatura necessário à preparação de AQS, [°C]

Mediante este procedimento, obteve-se a energia global necessária para a preparação de AQS, em função do tipo de uso e total (Tabela 46).

Tabela 46 - Energia global total necessária para a preparação de AQS do presente edifício

Local	Quantidade [pessoas]	Consumo AQS [l/dia]	Nºdias	Consumo anual AQS (C_{aqs}) [l/ano]	ΔT [°C]	Qa [kWh/ano]
ERPI	49	2 695	365	983 675	48	54 915,3
ATL	40	120	261	31 320	48	1 748,49
Total						56 663,8

O sistema de produção de AQS será constituído por quatro depósitos, três com 1.500 litros de capacidade cada e o restante com 2.500 litros de capacidade. O aquecimento destas águas sanitárias será prioritariamente realizado por um sistema de painéis solares térmicos e com apoio assegurado pelas caldeiras a Biomassa já mencionadas anteriormente. Estes equipamentos permitirão também fazer o tratamento por choque térmico anti-legionela nos depósitos de acumulação, elevando em períodos pré-determinados e de reduzido consumo, a temperatura da água a 70°C.

Segundo a Tabela 46, a energia necessária para satisfazer as necessidades anuais de AQS é então de 56 664 kWh. Dessa totalidade, foi necessário verificar quais dessas necessidades serão supridas pelo sistema solar e as restantes pelo sistema de apoio. Para esse feito utilizou-se o programa SCE.ER, sendo este um software informático de definição de requisitos mínimos e de verificação regulamentar, para sistemas de aproveitamento de fontes de energia renováveis.

Depois de definidos todos os inputs necessários, tais como: configuração do tipo de sistema solar e definição das necessidades de água quente em função do mês, obteve-se os resultados globais dos quais 30 469,8 kWh são fornecidos pelo sistema solar e os restantes 17 475,2 kWh são garantidos pelo sistema de apoio. Correspondendo assim a uma percentagem de 64% de fornecimento de energia de fração solar e de 36% de energia fornecida pelo sistema de apoio, como se pode verificar pela Figura 21.

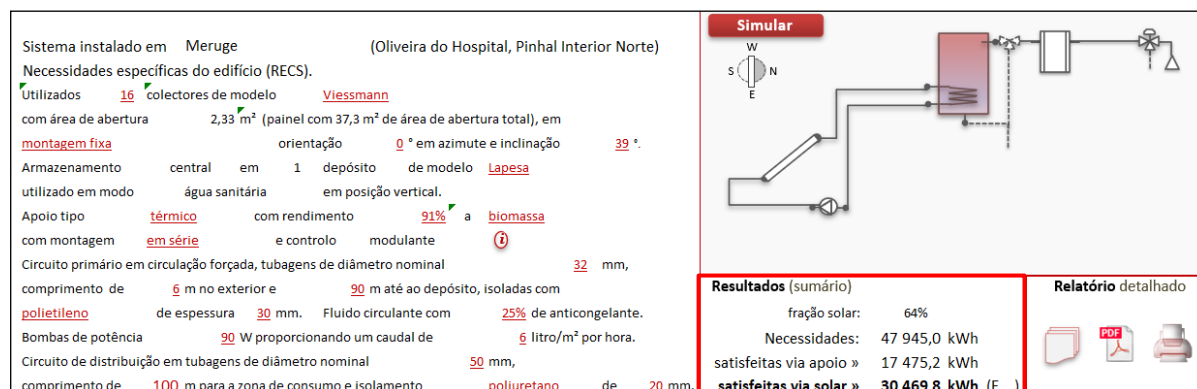


Figura 21 – Resultados obtidos pelo programa SCE.ER

3.8.4. Sistemas de Iluminação

O estudo dos sistemas de iluminação é um subcapítulo fundamental num projeto de RECS. Devendo-se ao facto dos seus consumos terem um impacto significativo no consumo total do edifício, e também pelos requisitos gerais e específicos a serem verificados relativamente aos parâmetros de iluminação. Nesse sentido, é necessário fazer a verificação da densidade de potência em cada um dos espaços, bem como dos seus níveis de iluminância, por forma a verificar se estão em conformidade regulamentar com as condições dispostas na portaria 17-A/2016.

De acordo com o estudo luminotécnico fornecido pela Tykhe, todas as luminárias serão do tipo LED, sendo que no Apêndice 5 – Ficha técnica de uma luminária, pode ser consultada a ficha técnica de uma das luminárias utilizadas para o presente estudo a título de exemplo.

➤ Iluminância

Para efeitos de aplicação do presente regulamento, os valores máximos admissíveis de iluminância não podem exceder em mais de 30% os valores presentes no ponto 5.3 da EN 12464-1, ou seja:

$$\text{Iluminância projeto} \leq 30\% \text{ da Iluminância norma (EN 12464-1)}$$

Na Tabela 47 está apresentada a verificação da informação supracitada para alguns dos espaços presentes no edifício, sendo que a informação relativa aos restantes espaços pode ser consultada no Anexo 6 – Verificação regulamentar dos sistemas de iluminação.

Tabela 47 - Verificação da conformidade regulamentar referente à iluminância de alguns espaços presentes no edifício

Local	Piso	Área [m²]	Em [lux]	Iluminância EN 12464-1 [lux]	Referência EN 12464-1 [lux]	Máximo [lux]	Cumpre?
1.1 Lavandaria	0	23,29	383	300	5.16.3	390	Ok
1.10 Tubérculos	0	14,26	466	500	5.29.2	650	Ok
1.11 Cozinha	0	44,99	564	500	5.29.2	650	Ok
...
2.7 Quarto Individual	1	10,14	126	100	5.2.2	130	Ok
2.8 Quarto Duplo	1	16,08	88	100	5.2.2	130	Ok
2.9 I.S.	1	6,18	211	200	5.2.4	260	Ok

➤ Densidade de potência de iluminação

No que diz respeito à densidade de potência dos sistemas de iluminação, nos edifícios de comércio e serviços não podem exceder os valores indicados pela tabela I.28, conforme mencionado no subcapítulo 2.2.7.

Na Tabela 48 encontra-se apresentada a verificação da conformidade regulamentar para alguns dos espaços presentes no edifício, sendo que a informação relativa aos restantes espaços pode ser consultada no Anexo 6 – Verificação regulamentar dos sistemas de iluminação.

Tabela 48 - Verificação da conformidade regulamentar referente à densidade de potência de alguns espaços presentes no edifício

Local	Piso	Área [m ²]	Potência Total [W]	DPI [W/m ²]	DPI/100lux [(W/m ²)/100 lux]	DPI máx (Tabela I.28) [(W/m ²)/100 lux]	Cumpre?
			P _n				
1.1 Lavandaria	0	23,29	102	3,94	1,03	3,40	Ok
1.10 Tubérculos	0	14,26	99,4	6,27	1,35	3,40	Ok
...
2.8 Quarto Duplo	1	16,08	20	0,90	1,02	3,80	Ok
2.9 I.S.	1	6,18	33,70	3,93	1,86	3,80	Ok

3.8.5. Sistemas de Regulação, controlo e Gestão técnica

De acordo com o previsto na portaria n^o17-A/2016, a adoção de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica é obrigatória consoante a potência térmica nominal do edifício, tal como já foi referido na Tabela 17 presente no subcapítulo 2.2.8.

A potência térmica nominal representa a potência nominal dos equipamentos de climatização para aquecimento ou arrefecimento, dependendo do que apresentar o valor mais crítico, sendo neste caso, o sistema de aquecimento. Na Tabela 49 pode-se observar o valor obtido para a potência térmica total.

Tabela 49 - Potência térmica nominal determinada para os equipamentos de aquecimento

Potência térmica			
Tipo de Sistema	Caldeira a biomassa	VRF	
		Sistema 1	Sistema 2
Potência [kW]	162	56	28
Total [kW]	246		

Tendo em conta que a potência térmica instalada é superior a 100 kW e inferior a 250 kW, prevê-se a instalação de um sistema de Gestão Técnica (SGT) para funções de regulação e controlo autónomos dos

aparelhos. Para além destas funções, um SGT assegura ainda a gestão das instalações de AVAC, iluminação, produção de AQS, assim como os restantes sistemas energéticos existentes no edifício.

3.8.6. Outros equipamentos

Como se trata de um edifício novo, não foi facultada nenhuma informação relativamente aos equipamentos elétricos interiores. Posto isto, foi necessário recorrer ao Decreto-Lei nº79/2006 (RCCTE), de onde se retirou os valores padrão de densidade de potência em função do tipo de utilização, nomeadamente:

- Para o CALT considerou-se uma densidade de equipamentos de 5W/m²;
- Para o ERPI considerou-se uma densidade de equipamentos de 10 W/m²;
- Para a Lavandaria considerou-se uma densidade de equipamentos de 500 W/m²;
- Para a Cozinha considerou-se uma densidade de equipamentos de 250 W/m².

Estas potências serão posteriormente consideradas na simulação dinâmica para cada um dos diferentes espaços.

3.8.7. Elevadores

Prevê-se a instalação de um elevador da marca OTIS Genesis, com capacidade para 13 pessoas e carga útil de 1000 kg. Destina-se ao transporte de pessoas, com acesso aos pisos 0 e 1, curso de 7 m aproximadamente e velocidade nominal de 1,0 m/s.

Segundo a norma ISO 25745, a classe energética será no mínimo B.

4. SIMULAÇÃO DINÂMICA MULTIZONA

Neste capítulo será feita a avaliação do desempenho energético do edifício em estudo, que assenta na determinação das necessidades energéticas obtidas pelo software de simulação dinâmica, *Hourly Analysis Program* (HAP), associadas ao edifício previsto e de referência.

A classe energética é posteriormente determinada em função da relação entre os indicadores de eficiência energética, do edifício previsto e do edifício de referência, respetivamente, IEE_{pr} e IEE_{ref} , que serão abordados mais detalhadamente no capítulo 5, pelo que é necessário fazer duas simulações para cada um destes indicadores, onde devem ser respeitadas condições específicas.

Segundo a tabela I.02 da Portaria n.º 17-A/2016, para qualquer tipo de edifício novo, aquando do licenciamento, a simulação dinâmica multizona constitui o método base de cálculo, sendo que no caso de um GES, como é o caso, não existe outro método alternativo. Este método de cálculo permite simular todos os espaços presentes no edifício, em simultâneo, combinando todos os resultados para avaliar o desempenho energético do complexo.

4.1. Dados de entrada no Edifício Previsto

4.1.1. Ficheiro climático

O ficheiro climático utilizado para a realização do estudo do edifício foi obtido através da folha de cálculo “CLIMAS–SCE”, disponibilizada pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Introduzindo neste software o município e a altitude do local onde o edifício se encontra, ver Figura 22, obtêm-se as estatísticas climáticas e o ano meteorológico de referência, que incluem diversas informações horárias de várias grandezas, pertinentes para a simulação do comportamento térmico do edifício. Tais como: temperatura exterior de bolbo seco e bolbo húmido, humidade relativa exterior, radiação solar direta e radiação solar difusa, tendo estes valores sido obtidos com base em dados dos últimos 30 anos. [33]

A partir desta folha de cálculo, pode obter-se dois tipos de ficheiro, nomeadamente, o ficheiro EPW (*Energy Plus Weather Data File*) e o SCE (formato para calculo simplificado).

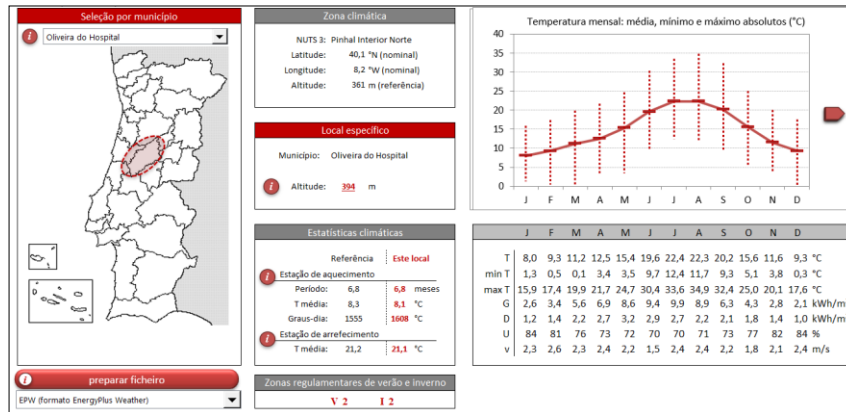


Figura 22 - Folha de cálculo “CLIMAS–SCE” disponibilizada pelo LNEG

Para esta análise é necessário inserir o ficheiro EPW, obtido através da folha de cálculo, no campo “*Import a Weather file*”, como demonstrado na Figura 23. É importante nesta fase introduzir os dados climáticos no campo “*Design Parameters*”, relativos às temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, para os dias mais críticos do ano. Desta forma, considera-se o pico das necessidades de aquecimento e arrefecimento no dimensionamento do sistema AVAC previsto para o edifício em estudo, que posteriormente irão ser contabilizadas nos consumos energéticos.

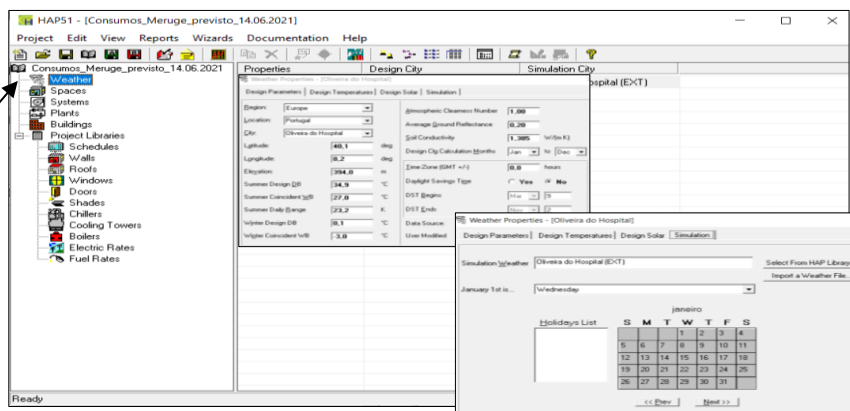


Figura 23 - Layout do HAP: Informações climáticas inseridas no software

4.1.2. Perfis de utilização

Os perfis de utilização são definidos no campo “*Schedules*” e caracterizam o comportamento diário e horário de vários elementos de um espaço, incluindo os equipamentos presentes no mesmo. No HAP os perfis com maior relevância são os fracionários e os de ventilação/termóstato, sendo que os primeiros definem o horário e a variação diária de cada hora, em percentagem. Enquanto que, os segundos, definem o período de funcionamento dos equipamentos de climatização, atribuindo a cada hora a opção ligado ou desligado. [29]

Dado que se trata de um edifício novo, utilizou-se as informações fornecidas pela Tykhe sobre o funcionamento do edifício e, com recurso ao Decreto-Lei n.º 79/2006, conseguiu-se definir os perfis de ocupação, iluminação e equipamentos para cada um dos tipos de utilização, nomeadamente para o ERPI e o CATL. Seguidamente, atribui-se esse horário aos dias da semana e aos meses do ano, como demonstrado na Figura 24, Figura 25 e Figura 26.

➤ **Perfil de Ocupação (ERPI)**

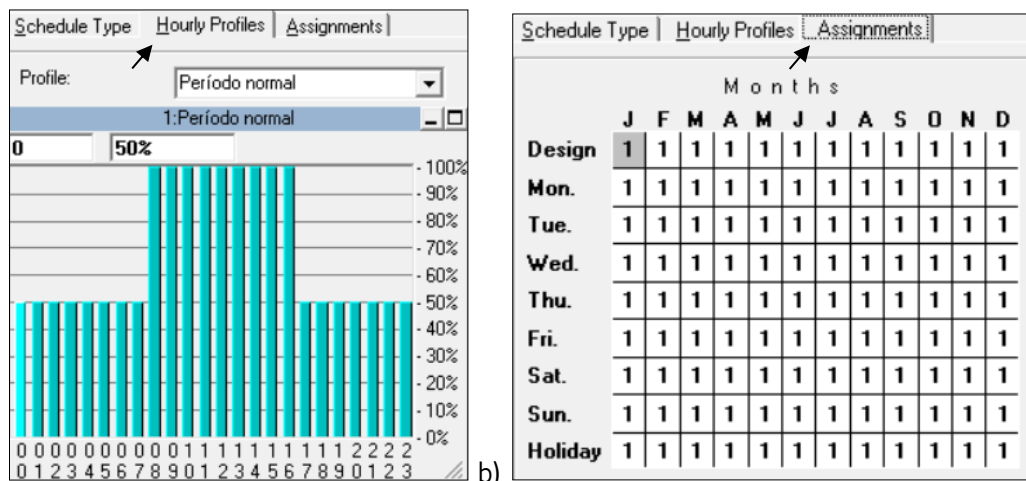


Figura 24 - Layout do HAP: (a) Perfil de ocupação do ERPI e (b) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano

➤ **Perfil de Equipamentos**

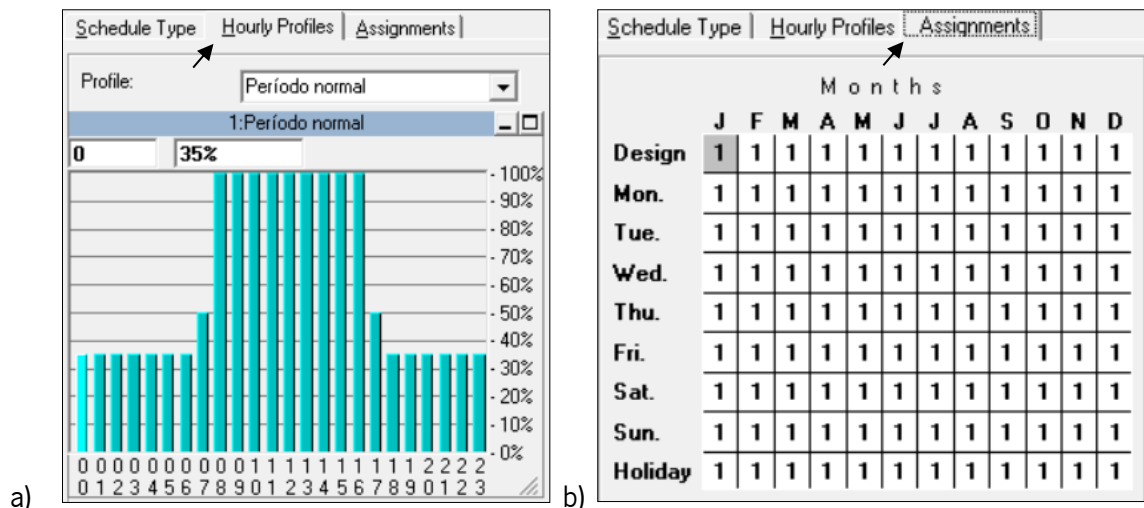


Figura 25 - Layout do HAP: (a) Perfil de equipamentos do ERPI e (b) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano

➤ Perfil de Iluminação

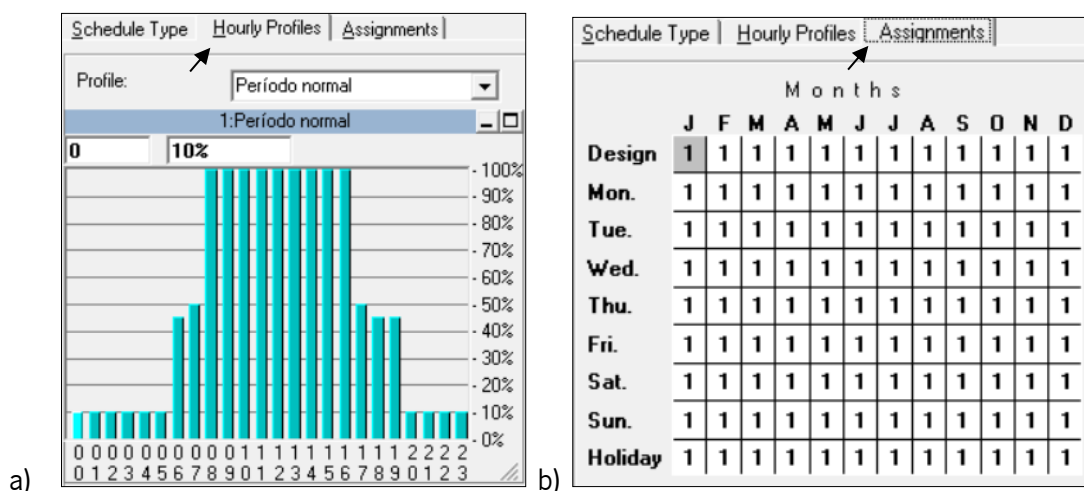


Figura 26 - Layout do HAP: (a) Perfil de Iluminação do ERPI e (b) Atribuição do perfil aos dias da semana e meses do ano

E importante ainda referir que foram definidos diferentes perfis para dois espaços, nomeadamente, o espaço da lavandaria e da cozinha, devido ao facto de os mesmos apresentarem características específicas em consequência dos equipamentos presentes e do número de horas de funcionamento. Para estes espaços foram adotados perfis constantes, segundo o Decreto-Lei n.º 79/2006, para o tipo de utilização “Estabelecimentos de saúde com internamento”.

No Anexo 7 – Perfis de utilização, pode-se consultar os perfis de utilização considerados para o CATL, para os espaços lavandaria e cozinha e, ainda, para os perfis ventilação/termóstato, referentes aos sistemas de climatização. Todos estes perfis tiveram por base a mesma metodologia considerado anteriormente.

4.1.3. Envolvente opaca: Paredes exteriores

Os elementos da parede e/ou cobertura, referem-se às superfícies opacas de um espaço e são definidas por um conjunto de materiais com propriedades físicas associadas. As propriedades de cada material presente nestes elementos caracterizam-se pela sua espessura, massa volúmica, calor específico e resistência térmica.[29]

Desta forma, no campo “Walls” introduziu-se as propriedades supracitadas, considerando os valores referidos na Tabela 28, no subcapítulo 3.5.1 referentes à parede exterior da fachada (Pext1) como representado na Figura 27.

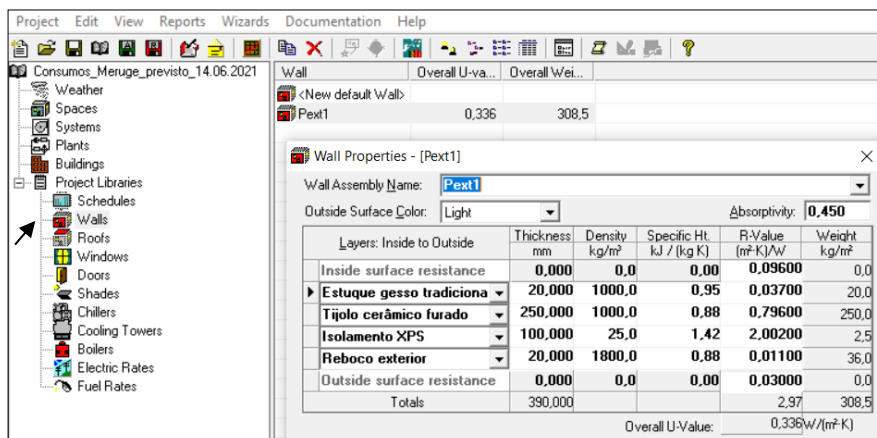


Figura 27 - Layout HAP: Introdução das Propriedades da Parede exterior, Pext1

4.1.4. Envoltente opaca: Coberturas exteriores

Utilizando o mesmo procedimento considerado para as paredes exteriores, introduziu-se no campo “Roofs” os valores referidos na Tabela 30, do subcapítulo 3.5.1, referentes às coberturas exteriores, que podem ser consultadas mais em pormenor no Anexo 8 – Dados de entrada no campo “Roofs”.

4.1.5. Envoltente não opaca: Envidraçados

No HAP, os vãos envidraçados podem ser definidos no campo “Windows”, de modos distintos consoante a informação disponibilizada sobre os mesmos. Para esta situação, uma vez que o coeficiente de transmissão térmica da janela, U_w , é conhecido optou-se por definir pelo método “janela simples”. Desta forma, para caracterizar as janelas, apenas foi necessário introduzir as dimensões do vão, o U_w e o coeficiente de sombreamento, que corresponde à razão entre o fator solar do vidro e um painel de vidro de referência com um fator solar de 0.87. [29] Todas estas informações já foram alvo de análise e podem ser consultadas no subcapítulo 3.6.

Na Figura 28 encontra-se um exemplo de como se procedeu à introdução dos dados no *software* relativamente aos vãos envidraçados, sendo que para os restantes envidraçados utilizou-se a mesma metodologia.

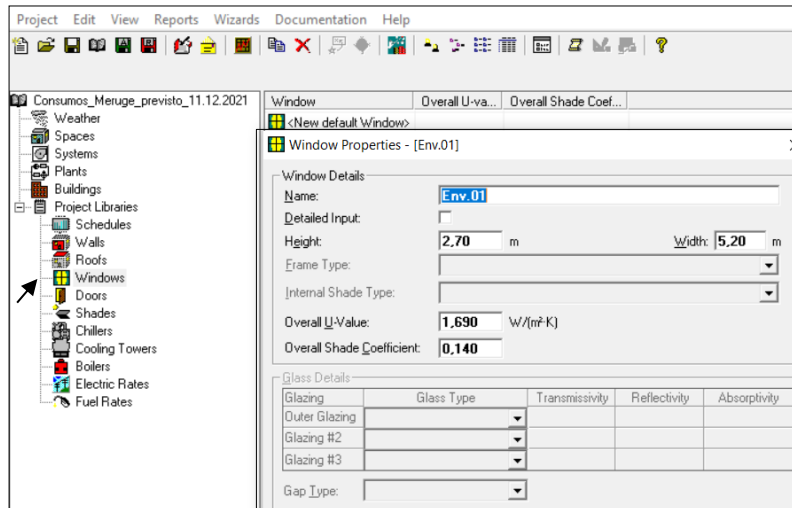


Figura 28 - Layout HAP: Caracterização dos vãos envidraçados

4.1.6. Sombreamentos

No HAP, para definir os sombreamentos é necessário caracterizar diversos parâmetros, sendo que estes se encontram identificados na Figura 29. Estes parâmetros são, posteriormente, cruzados com os dados relativos à posição solar do próprio *software*, a fim de determinar a fração do vão envidraçado sombreada. Desta forma, o programa afeta os ganhos por radiação solar nos vãos envidraçados-. [29]

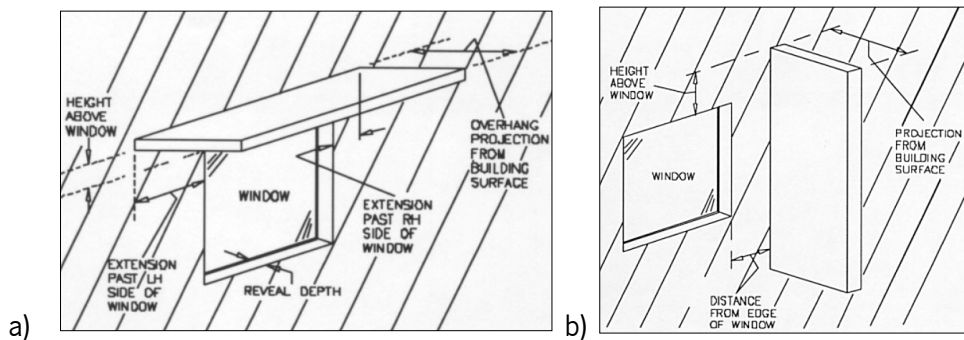


Figura 29 - Parâmetros necessários para caracterizar os sombreamentos numa: (a) Pala horizontal e (b) Pala vertical

Na Figura 30 é apresentado um exemplo de como se procedeu à introdução dos dados de sombreamento no software, sendo que para os restantes sombreamentos utilizou-se a mesma metodologia.

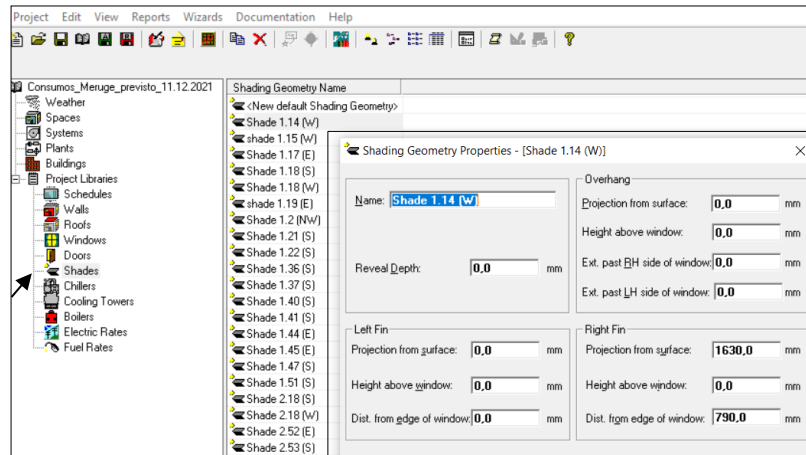


Figura 30 - Layout HAP: Caracterização dos sombreamentos

4.1.7. Definição dos Espaços

Depois de introduzir o ficheiro climático e de definir a biblioteca de materiais que incluiu também os perfis de funcionamento, é necessário caracterizar cada zona térmica, designada por “*spaces*” e associar todos os elementos definidos até ao momento. Desta forma, em ordem a caracterizar uma zona térmica, existe um conjunto de parâmetros a serem definidos, apresentados na Figura 31.

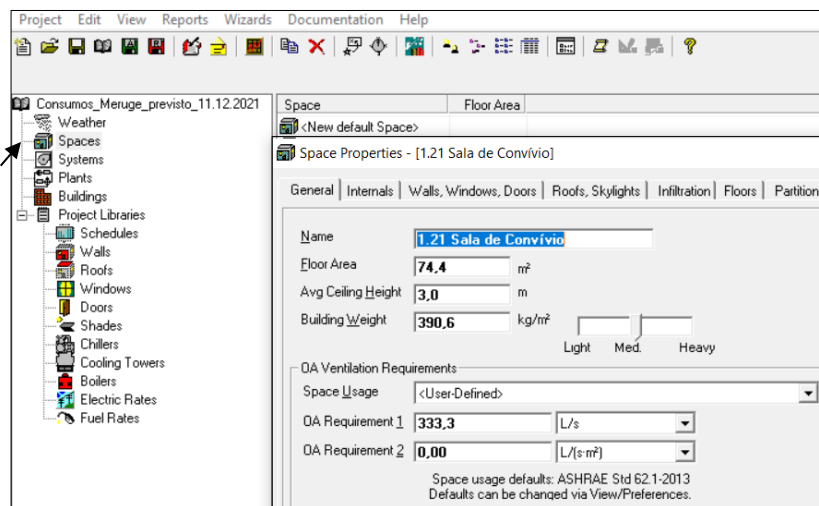


Figura 31 - Layout HAP: Caracterização de uma zona térmica

Assim, segue-se o procedimento adotado para cada um desses parâmetros.

No parâmetro Geral encontram-se as características geométricas da zona térmica a ser definida, nomeadamente a área, o pé direito da mesma e a inércia térmica. É também necessário introduzir o

caudal de ar novo previsto para as zonas térmicas com os valores mencionados na Tabela 85 do Anexo 5 – Verificação regulamentar dos caudais de ar novo.

Nas Cargas internas introduziu-se informações relativas às fontes internas de calor para o espaço, tais como, a iluminação, os equipamentos elétricos, os ocupantes e fontes diversas associadas a ganhos de calor sensível e latente, sendo que a cada um destes foram associados os perfis de utilização já definidos. Para a iluminação aplicou-se os valores da Tabela 48 e para os equipamentos elétricos efetuou-se os pressupostos mencionados no 3.8.6.

No que diz respeito aos parâmetros Paredes, janelas e portas, e Coberturas e claraboias, uma vez que já foram definidas numa fase inicial, associou-se cada um destes, incluindo os sombreamentos, à zona térmica em análise, juntamente com as respetivas dimensões.

As Infiltrações são um parâmetro relevante, pois permitem considerar os fluxos de ar entre o ambiente exterior e o ambiente interior, que resultam de pequenas aberturas existentes nas portas e janelas. Posteriormente, estes cálculos serão considerados no dimensionamento dos equipamentos e na simulação energética. Neste parâmetro considerou-se um valor de 0,4 ACH, que corresponde a 0,4 renovações por hora, apenas quando o ventilador se encontrar desligado.

Relativamente aos Pavimentos, este parâmetro contém informações sobre as transferências de calor, através do mesmo, entre o espaço a ser analisado e o espaço imediatamente adjacente. Os dados solicitados alteram consoante o tipo de espaço em contacto com o pavimento. Caso o espaço adjacente seja climatizado não são consideradas trocas térmicas entre os dois espaços, uma vez que a temperatura entre ambos é semelhante. Por sua vez, caso o espaço não seja climatizado, é necessário introduzir determinados dados como o coeficiente de transmissão de calor (Tabela 32) e as temperaturas máximas e mínimas para o espaço não útil (Tabela 27) e para o ambiente exterior. No caso do pavimento se encontrar ao nível do solo ou enterrado é necessário introduzir os elementos mencionados no subcapítulo 3.5.2 para que o programa determine o, U_{bf} .

Por fim, as partições contêm informações sobre a transferência de calor através de paredes e coberturas adjacentes a espaços não úteis, sendo que o seu fluxo depende das propriedades destes elementos. Assim, é necessário introduzir os coeficientes de transmissão térmicas dessas paredes e/ou coberturas (Tabela 32), bem como as temperaturas máximas e mínimas para o espaço não útil (Tabela 27) e para o ambiente exterior.

4.1.8. Sistemas AVAC

Os sistemas de climatização têm de ser definidos no software de simulação HAP, de modo a avaliar as necessidades de aquecimento e arrefecimento provenientes das variações de temperatura, face às temperaturas estipuladas, ao longo do tempo. [34] Cada sistema serve uma ou mais zonas térmicas, sendo que cada zona é um grupo de um ou mais espaços com um único controlo termostático.

Inicialmente, definiu-se os tipos de sistemas previstos para o edifício em análise, o número de zonas térmicas associadas a cada um desses sistemas e a forma de como o ar será introduzido nessas zonas. Conforme já foi mencionado no subcapítulo 3.8.2, o edifício prevê a instalação de dois sistemas do tipo VRF e três caldeiras a biomassa para satisfazer as necessidades de AQS e de aquecimento na zona dos quartos.

Seguidamente, caracterizou-se o sistema de ventilação implementado, onde são introduzidos dados como, a eficiência de recuperação de calor e a potência dos ventiladores de insuflação e extração das UTAN 's implementadas. Todos estes dados foram retirados das fichas técnicas das respetivas UTAN 's que, como já mencionado no subcapítulo 3.8.1, consistem numa UTAN com roda térmica (a ser aplicada no piso 0) e numa UTAN de fluxos cruzados (a ser aplicada no piso 1).

Após a definição do sistema de ventilação, é necessário associar as zonas térmicas já caracterizadas ao sistema respetivo e definir os set-points de temperatura nos espaços interiores. De acordo com a Portaria n. ° 17-A/2016, quando se efetua a simulação dinâmica multizona, deve-se considerar uma temperatura interior compreendida no intervalo de 20°C a 25°C, inclusive. Assim sendo, todas as zonas térmicas do edifício foram simuladas como se estivessem a uma temperatura do ar interior de 22°C para a estação de aquecimento e de 24°C para a estação de arrefecimento.

4.2. Dados de entrada no Edifício Referência

Seguidamente, foi necessário efetuar o mesmo procedimento descrito anteriormente para o edifício de referência, utilizando os dados referidos na Tabela 50, obtidos de acordo com a tabela I.07 da Portaria n.º 17-A/2016

Tabela 50 - Dados de entrada utilizados na simulação para o edifício de referência

Tipo de elemento	Soluções de referência a considerar	Valor			Ref.
Envoltivo	Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de <u>elementos opacos</u> e <u>envidraçados</u>	I2			Tab. I.09
		$U_{vertical}$	$U_{horizontal}$	$U_{envidraçado}$	
		0,60	0,45	3,30	
	Área de vão envidraçado/ Área fachada	30 % e 0% nas coberturas			Tab. I.07
	Fator solar dos vãos envidraçados	V2 g=0,20			Tab. I.10
Coeficiente de absorção da radiação solar na <u>envoltivo opaca</u>	$\alpha=0,4$			Tab. I.07	
Sombreamentos	Não se considera			Tab. I.07	
Aquecimento/ e ou Arrefecimento	Produção de <u>aquecimento</u> c/recurso a <u>bomba de calor</u>	Bomba de calor tipo chiller de compressão c/ permuta exterior de ar: COP = 3,0			Tab. I.07
	Produção de <u>aquecimento</u> c/recurso a <u>caldeira</u>	$\eta=0,89$			Tab. I.19
	Produção de <u>arrefecimento</u>	Chiller de compressão c/permuta exterior de ar: EER = 2,9			Tab. I.07
	Caso não exista <u>aquecimento e arrefecimento</u>	Aplica-se COP = 3,0 e EER = 2,9			Tab. I.07
Ventilação	Valores de caudais de ar novo por espaço determinado por método prescritivo e eficácia de ventilação de 0,8				Tab. I.07
	Ventiladores de <u>extração e insuflação</u>	SFP=1250 [W/(m³/s)]			Tab. I.21
AQS	Sistema solar térmico	$[\eta \text{ (AQS solar)}] \text{ ref} = [\eta \text{ (AQS apoio biomassa)}] \text{ pr}; \eta \text{ (AQS apoio biomassa)} = 0,89$			Tab. I.07; Tab. I.19
Iluminação	Densidade de potência	DPI varia em função do espaço			Tab. I.28
	Iluminância	Iluminância > Iluminância norma até 30%	Iluminância norma		Tab. I.07
	Iluminância < Iluminância norma	Iluminância projeto			
Renovável	Inexistência de qualquer sistema de energias renováveis				Tab. I.07

4.3. Resultados obtidos

No presente subcapítulo procedeu-se à análise dos resultados obtidos na simulação dinâmica multizona, que compreendem as necessidades de aquecimento e de arrefecimento previstas para o edifício. Assim como outros consumos energéticos, que incluem os sistemas de iluminação, de elevação, de bombagens, os ventiladores de AVAC e os equipamentos elétricos.

Na Tabela 51 apresentam-se os resultados obtidos na simulação dinâmica do edifício por intermédio do HAP, tendo em vista os consumos anteriormente referidos.

Tabela 51 - Resultados da simulação do edifício em estudo

Edifício	Energia térmica/Necessidades [kWh/ano]			Energia Final [kWh/ano]				
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Bombas AVAC e AQS	Ventiladores AVAC	Iluminação interior	Elevadores	Outros equipamentos
Previsto	36 987,3	161 162	56 663,8	6 797,4	806,6	23 666	740,1	113 706
Referência	130 708,2	121 107	56 663,8	6 797,4	1 038	44 523	740,1	113 706

No que se refere às necessidades de climatização, pela análise dos gráficos representados na Figura 32, verifica-se que as necessidades de arrefecimento no edifício previsto são de 161 162 kWh/ano, valor muito superior quando comparado com as necessidades de aquecimento, que são de apenas 36 987 kWh/ano.

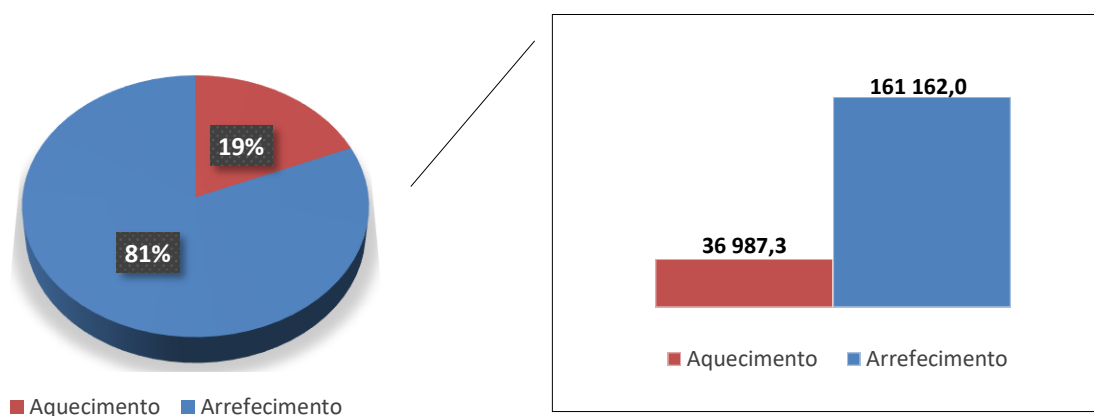


Figura 32 - Necessidades de climatização resultantes da simulação dinâmica para o edifício previsto

Existem diferentes fatores que podem contribuir para esta diferença.

O edifício em estudo caracteriza-se por possuir cargas térmicas internas excessivas resultantes da elevada ocupação e densidade de equipamentos elétricos consideradas, especialmente nos espaços utilizados para serviços de: lavandaria, sala de refeições, salas de estar e polivalentes. Simultaneamente, o edifício apresenta soluções eficientes em todos os elementos da envolvente opaca, como coberturas e paredes, apresentando um isolamento térmico de 100 mm de poliestireno extrudido (XPS). Apesar de um bom isolamento ser uma vantagem relativamente às necessidades de aquecimento, contribuindo para a diminuição das mesmas, estes dois fatores combinados contribuem para um aumento excessivo das necessidades de arrefecimento. Uma vez que impossibilitam a transferência de calor durante os períodos de menor calor, como por exemplo, durante a noite.

Além dos motivos supracitados, a área significativamente elevada de envidraçados orientados a sul contribui também para o aumento destas necessidades, pois permite ganhos por radiação solar por intermédio dos mesmos.

Por sua vez, a reduzida percentagem de necessidades de aquecimento deve-se essencialmente à existência de recuperação de calor, que possibilita que em estações de aquecimento, como no inverno, o calor do ar de extração seja transferido para o ar insuflado.

Para além das necessidades de climatização mencionadas, existem ainda necessidades referentes a outros consumos que devem ser consideradas neste estudo, nomeadamente: o sistema de bombagem que é constituído por seis bombas, responsáveis pela circulação de água e pelas bombas que estão acopladas às caldeiras presentes nas instalações técnicas; os ventiladores de AVAC e de extração das instalações sanitárias; o sistema de iluminação que é constituído pelos dispositivos de iluminação interiores para espaços úteis e espaços não úteis; o elevador e, por fim, os equipamentos elétricos considerados em cada espaço segundo os padrões de referência de utilização dos edifícios do Decreto-Lei nº79/2006.

Desta forma, através da simulação energética e do rendimento dos equipamentos, foi possível determinar a energia final do edifício, que corresponde à energia consumida pelos sistemas técnicos. Na Figura 33 pode-se observar quais os consumos por forma de energia obtidos e na Tabela 52 a respetiva análise de custo.

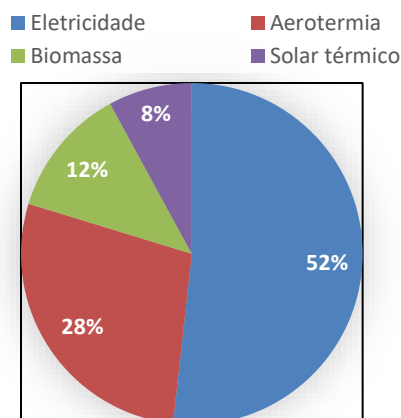


Figura 33 - Consumos do edifício por forma de energia

Tabela 52 - Análise dos custos anuais do edifício por forma de energia

Forma energia	Custo [€/kWh]	Consumo de energia [kWh]	Custo total [€]
Eletricidade	0,17	236 502,18	40 205,4
Biomassa	0,046	56 338,38	2 591,6
Total			42 797 €

Pela análise do gráfico, a forma de energia com maiores consumos associados diz respeito à eletricidade, sendo esta também a tipologia que acarreta um maior custo anual ao edifício, prevendo-se um custo total anual de cerca de 43 000 euros para satisfazer-se as necessidades energéticas do mesmo. De forma, a se compreender melhor quais os consumos associados à eletricidade, decompôs-se esta parcela, e obteve-se o gráfico representado na Figura 34, que apresenta os consumos de eletricidade em kW.h/ano.

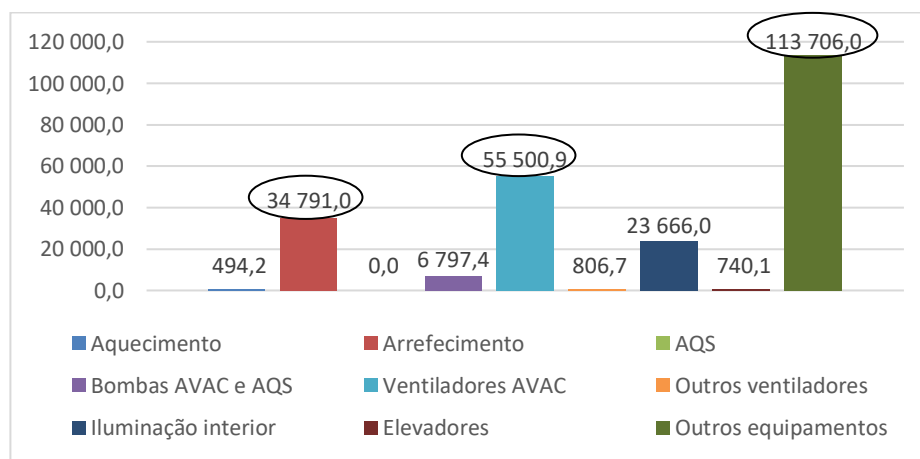


Figura 34 - Consumo de eletricidade anual do edifício previsto

Repara-se que os três maiores consumidores de eletricidade são, em primeiro lugar, os equipamentos elétricos, seguidamente os ventiladores de AVAC, e em último, os sistemas de arrefecimento. Relativamente aos equipamentos elétricos, como já foi referido, os valores considerados foram por defeito e tiveram por base o Decreto-Lei nº79/2006, que considera equipamentos de elevada densidade de potência com muito tempo de utilização para cozinhas e lavandarias, o que justifica o facto deste parâmetro ser o maior consumidor.

5. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA

Para finalizar a análise do desempenho energético do edifício, determinou-se a sua classe energética. Como se trata de um edifício de comércio e serviços, o cálculo é efetuado em função da razão entre o indicador de eficiência energética previsto $IEE_{pr,S}$ e o de referência $IEE_{ref,S}$. Estes parâmetros apenas contabilizam os consumos tipo S, sendo que no indicador referente ao edifício previsto não é contabilizado o contributo de fontes de energia renovável, traduzido pelo $IEE_{pr,ren}$. Posto isto, a determinação do R_{IEE} deve ser feita conforme a equação seguinte:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (30)$$

Em que:

R_{IEE} - Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços;

$IEE_{pr,S}$ - Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$];

$IEE_{pr,ren}$ - Indicador de eficiência energética previsto renovável [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$]

$IEE_{ref,S}$ - Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})$].

O valor obtido da equação (30) é classificado segundo uma escala pré-definida de oito classes (A+, A, B, B-, C, D, E e F), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe F corresponde a um edifício com pior desempenho energético. Uma vez que, o objetivo fundamental desta dissertação se prende na obtenção de uma classificação nZEB, a classe energética para o presente edifício terá de ter um R_{IEE} igual ou inferior a 0,50, o que significa que o edifício terá de ter uma classe energética mínima de A.

5.1. Indicadores de desempenhos energético

Os consumos resultantes da simulação dinâmica do edifício previsto e de referência, como indicado no capítulo 4, devem ser divididos em dois tipos de consumo, tipo S e tipo T. Para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício apenas são contabilizados os consumos de energia tipo S.

Na Tabela 53 pode-se consultar a distinção considerada para estes dois tipos de consumos que tiveram como referência a portaria nº17-A/2016. É importante referir que os consumos dos sistemas de elevação e iluminação exterior apenas passaram a ser do tipo S a partir 1 de janeiro de 2016.

Tabela 53 – Consumos de energia a considerar nos usos tipo S e tipo T

Consumos tipo S	Consumos tipo T
- Aquecimento e Arrefecimento ambiente	- Outros ventiladores não associados ao controlo de carga térmica
- Aquecimento de água sanitárias (AQS)	- Outros equipamentos
- Bombagem em sistemas de climatização	
- Ventiladores em sistemas de climatização	
- Iluminação interior	
- Iluminação exterior	
- Elevador	

5.1.1. IEE previsto, S

O $IEE_{pr,S}$ representa os consumos de energia Tipo S que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício previsto e determina-se pela equação seguinte:

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) = \frac{1}{A_p} \cdot \sum E_{primária} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (31)$$

Em que:

$E_{S,i}$ – Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S, [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento, [m²]

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária [kWhEP/kWh].

Utilizando a equação supracitada, procedeu-se ao cálculo da energia primária efetuando a multiplicação entre a energia final, E_{Final} , e o fator de conversão referido no despacho n°15793-D/2013, F_{pu} . Este fator, consoante a fonte de energia, apresenta diferentes valores a utilizar na conversão para energia primária, nomeadamente:

- No caso de eletricidade, independentemente de ser de origem renovável ou não renovável:

$$F_{pu} = 2,5 kWh_{EP}/KWh;$$

- Para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis e no caso de energia térmica de origem renovável: $F_{pu} = 1 kWh_{EP}/KWh$.

É de notar que na legislação existem pressupostos a serem considerados na determinação do IEE_{pr} referentes aos sistemas de climatização. Posto isto, uma vez que não está previsto a instalação de sistemas de arrefecimento nos quartos do piso 1, considerou-se um sistema do tipo chiller de

compressão com permuta exterior para a função de arrefecimento e com rendimentos iguais aos de referência, SEER=2,90.

Recorrendo a esta metodologia de cálculo, obteve-se os valores apresentados na Tabela 54, que representam os consumos de energia primária no edifício previsto, em função da fonte de energia e do tipo de consumo.

Tabela 54 - Consumos de energia primária do edifício previsto por fonte de energia e por tipo de consumo

Sistemas	Fontes de energia [kWhEP/ano]			
	Eletricidade		Renovável	
	Tipo S	Tipo T	Tipo S	Tipo T
Aquecimento (Biomassa)	-	-	34 865,79	-
Aquecimento (Sistema 1 – VRF)	274,6	-	375,66	-
Aquecimento (Sistema 2 – VRF)	960,8	-	1 233,68	-
Arrefecimento (por defeito)	58 299,57	-	44 307,67	-
Arrefecimento (Sistema 1 -VRF)	22 214,73	-	66 377,61	-
Arrefecimento (Sistema 2 – VRF)	6 463,22	-	15 511,7	-
AQS (Solar térmico)	-	-	36 264,82	-
AQS (apoio biomassa)	-	-	21 472,59	-
Bombas (AVAC e AQS)	16 933,5	-	-	-
Ventiladores (AVAC)	138 752,15	-	-	-
Outros ventiladores	-	2 016,63	-	-
Iluminação interior	59 165	-	-	-
Iluminação exterior	0	-	-	-
Elevador	1 850,25	-	-	-
Outros equipamentos	-	284 265	-	-
Total	304 913,82	286 281,63	220 409,52	

A energia primária do edifício previsto resulta então da soma dos consumos tipo S para ambas as fontes de energia (eletricidade e renovável), e tendo, por fim, calculado este parâmetro determinou-se o $IEE_{pr,S}$.

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{2016,57} \cdot 525\,323,34 = 260,5 \quad kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

5.1.2. IEE renovável

O IEE_{ren} caracteriza a produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis, $E_{ren,i}$. Para efeitos de cálculo apenas serão contabilizadas a energia elétrica destinada a autoconsumo,

a energia térmica destinada aos usos regulados do edifício, e a energia renovável obtida através das bombas de calor. O cálculo deste indicador é efetuado de acordo com a seguinte equação:

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) = \frac{1}{A_p} \cdot \sum E_{primária,ren} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (32)$$

Em que:

$E_{ren,i}$ – Produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para consumo, calculada de acordo com as regras aplicáveis previstas para o efeito em Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia, [kWh/ano];

Relativamente à obtenção da energia primária renovável, $E_{primária,ren}$, procedeu-se à metodologia de cálculo utilizada para determinar o $IEE_{pr,S}$ cujos valores se encontram na Tabela 54.

É importante referir que foram utilizados sistemas do tipo bombas de calor para aquecimento e arrefecimento, como é o caso do sistema VRF 1 e 2, sendo, portanto, necessário considerar o contributo da energia renovável derivada dos mesmos, designada por aerotermia. Este é um tipo de energia renovável que faz o aproveitamento da energia térmica contida no ar ambiente para oferecer aquecimento, arrefecimento ou aquecimento de águas quentes sanitárias, em função das necessidades de conforto do edifício.[35]

O contributo da parcela renovável da bomba de calor foi calculado pela expressão (33) consoante o tipo de climatização, nomeadamente, aquecimento ou arrefecimento. Os valores obtidos podem ser consultados na Tabela 54 nos respetivos sistemas técnicos.

$$E_{REN} = Q_{útil} \times \left(1 - \frac{1}{SFP}\right) [kWh/ano] \quad (33)$$

Por fim, determinou-se o IEE_{ren} da seguinte forma:

$$IEE_{ren} = \frac{1}{2016,57} \cdot 220\,409,52 = 109,3 [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (34)$$

5.1.3. IEE referência, S

O $IEE_{ref,S}$ representa os consumos tipo S de energia primária do edifício de referência. A metodologia de cálculo é a mesma que foi utilizada no $IEE_{pr,S}$, à exceção das fontes de energia renováveis que não são consideradas.

Uma vez que não se considera a existência de sistemas de energias renováveis, no cálculo do indicador de referência não se considerou a energia aerotérmica proveniente dos sistemas tipo bomba de calor. Ademais, para determinar a energia primária do sistema de AQS na referência, visto que existe contribuição renovável por parte de um sistema solar térmico, a parcela garantida pelo solar será afetada pelo rendimento real do sistema de apoio existente enquanto a restante parcela pelo rendimento de referência (0,89).

Recorrendo a esta metodologia de cálculo, obteve-se os valores apresentados na Tabela 55, que representam os consumos de energia primária do edifício de referência em função da fonte de energia e do tipo de consumo.

Tabela 55 - Consumos de energia primária do edifício referência por fonte de energia e por tipo de consumo

Sistemas	Fontes de energia [kWhEP/ano]					
	Eletricidade		Gás natural		Renovável	
	Tipo S	Tipo T	Tipo S	Tipo T	Tipo S	Tipo T
Aquecimento (Biomassa)	-	-	112 244,38	-	-	-
Aquecimento (Sistema 1 – VRF)	11 564,58	-	-	-	-	-
Aquecimento (Sistema 2 – VRF)	8 924,17	-	-	-	-	-
Arrefecimento (por defeito)	49 242,24	-	-	-	-	-
Arrefecimento (Sistema 1 -VRF)	46 293,1	-	-	-	-	-
Arrefecimento (Sistema 2 – VRF)	8 867,24	-	-	-	-	-
AQS (Solar térmico)	-	-	39 764,06	-	-	-
AQS (apoio biomassa)	-	-	22 920,18	-	-	-
Bombas (AVAC e AQS)	16 993,50	-	-	-	-	-
Ventiladores (AVAC)	132 084,02	-	-	-	-	-
Outros ventiladores	-	2 594,92	-	-	-	-
Iluminação interior	111 307,50	-	-	-	-	-
Iluminação exterior	0	-	-	-	-	-
Elevador	1 850,25	-	-	-	-	-
Outros equipamentos	-	288 025	-	-	-	-
Total	387 126,6	290 619,92	174 928,62			

A energia primária do edifício de referência resulta então da soma dos consumos tipo S para ambas as fontes de energia (eletricidade e gás natural), e tendo, por fim, calculado este parâmetro determinou-se o $IEE_{ref,S}$.

$$IEE_{ref,S} = \frac{1}{2016,57} \cdot 562\,055,22 = 278,72 \quad kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$$

5.2. Classe energética obtida

Depois de calculados todos os indicadores de eficiência necessários, foi possível determinar a classe energética do edifício utilizando a expressão (30):

$$R_{IEE} = \frac{260,5 - 109,3}{278,72} = 0,54$$

Segundo a Tabela 56, um R_{IEE} de 0,54 representa uma Classe Energética B.

Tabela 56 - Intervalo de valores de RIEE e respetiva classe energética (Tabela 03 do Despacho n.º 15793-J/2013) [36]

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

Sendo o objetivo desta dissertação obter uma classificação energética nZEB, a classe obtida não vai de encontro ao pretendido, pelo que no próximo capítulo serão estudadas soluções que permitam alcançar esta finalidade.

6. ESTUDO DE MEDIDAS ALTERNATIVAS

Por fim, após concluir a análise energética do edifício e obter a classe energética respetiva, procedeu-se ao estudo de medidas que visam reduzir os consumos de energia final do edifício e, conseqüentemente, reduzir os seus custos de exploração. Neste sentido, no presente subcapítulo realizou-se o estudo de quatro medidas alternativas, nomeadamente:

- Implementação de uma caixilharia mais eficiente;
- Implementação de uma parede com menor isolamento térmico;
- Implementação de sistemas VRF em substituição às atuais caldeiras a biomassa;
- Implementação sistema de produção fotovoltaico.

Caso a aplicação dessas alternativas resultar em melhorias significativas no desempenho energético do edifício, prosseguir-se-á para o estudo da sua viabilidade económica através do cálculo do período de retorno simples (PRS).

O PRS do investimento traduz-se pela relação entre o custo da totalidade do investimento (C), em €, e a poupança anual (P), em €/ano, resultante da aplicação da medida de melhoria, sendo o seu cálculo efetuado pela equação seguinte: [37]

$$PRS = \frac{C}{P} \text{ [anos]} \quad (35)$$

É importante referir que no âmbito da certificação energética, a análise do PRS não é um fator de exclusão, isto é, caso uma medida contribua para o aumento do conforto térmico e/ou melhoria da qualidade do ar, mesmo que o seu período de retorno seja elevado, deve-se considerar a viabilidade da sua aplicação.

6.1. Implementação de uma caixilharia mais eficiente

Na caracterização do edifício, considerou-se um valor para o coeficiente de transmissão térmica da caixilharia de 3,20 W/m².K, dado que não se conhecia o seu valor real. Ainda que o vidro considerado apresentasse uma boa eficiência, uma vez que o balanço na simulação é o conjunto do vidro com a caixilharia, pretende-se analisar qual o impacto de uma caixilharia mais eficiente no comportamento do

vão envidraçado, e conseqüentemente, no edifício. Neste sentido, selecionou-se uma caixilharia da Gealan, certificada para Casa Passiva com um valor de $U_f=1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Assim, procedeu-se ao estudo do vão, efetuando uma nova simulação dinâmica multizona no HAP, onde se obteve a variação das necessidades de climatização do edifício representadas na Figura 35.

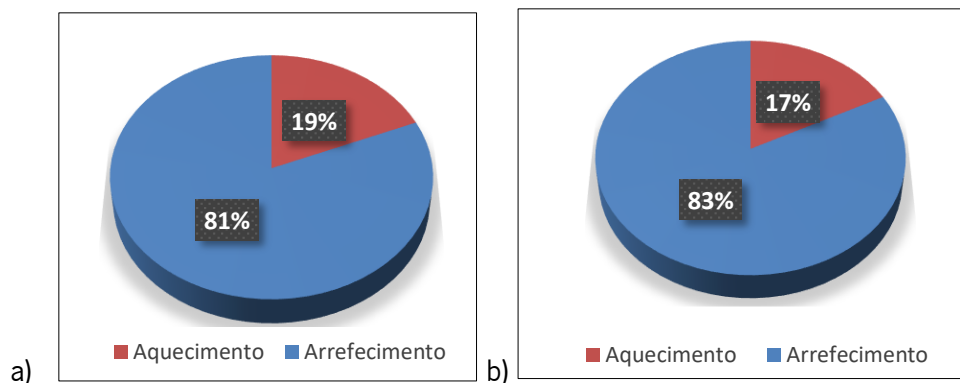


Figura 35 - Resultados das necessidades de climatização em função da caixilharia: (a) $U_f=3,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e (b) $U_f=1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Como se pode observar pelos dois gráficos, e de acordo com o previsto, as necessidades de arrefecimento aumentaram com a aplicação da caixilharia mais eficiente. Conseqüentemente, no âmbito da certificação energética, obteve-se os resultados presentes na Tabela 57.

Tabela 57 - Impacto da aplicação de uma caixilharia mais eficiente no presente edifício

	Resultados		
	$U_f=3,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$U_f=1,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	
	Antes	Depois	Balanço
Consumo de eletricidade [kWh/ano]	236 502,18	237 375,69	+ 873,51
$IEE_{pr,S}$	260,53	262,99	-
IEE_{ren}	109,30	110,67	-
R_{IEE}	0,54	0,55	-
Classe energética	B	B	-

Pela análise da Tabela 57, verifica-se que a aplicação desta medida, resulta num aumento do consumo de eletricidade. Esta situação pode justificar-se pelo facto de uma caixilharia mais eficiente levar a um maior isolamento térmico e, portanto, a uma redução das trocas térmicas entre o exterior e o interior. Por conseguinte, as necessidades de arrefecimento aumentam, e sendo estas satisfeitas por intermédio de sistemas VRF, onde existe um consumo elétrico associado, resulta em um aumento desta componente

face à situação anterior. Como resultado, apesar de pouco significativo, a classe energética do edifício piorou, sendo que a aplicação desta medida veio reforçar as conclusões retiradas na análise dos resultados obtidos.

6.2. Implementação de uma parede com menor isolamento térmico

Segundo os resultados obtidos pela análise energética do edifício, concluiu-se que o 3º maior consumo associado ao mesmo corresponde aos sistemas de arrefecimento. Como já referido, a razão pela qual esta situação se sucede depreende-se nas elevadas cargas internas em conjunto com um bom isolamento térmico na envolvente opaca. Neste seguimento, procedeu-se ao estudo de medidas que compreendem reduzir o isolamento térmico das paredes, por forma a verificar se as necessidades de arrefecimento reduzem, e consequentemente, os consumos associados a estes sistemas.

Assim, na Figura 36 pode-se verificar a variação das necessidades de climatização do edifício consoante o tipo de isolamento aplicado.

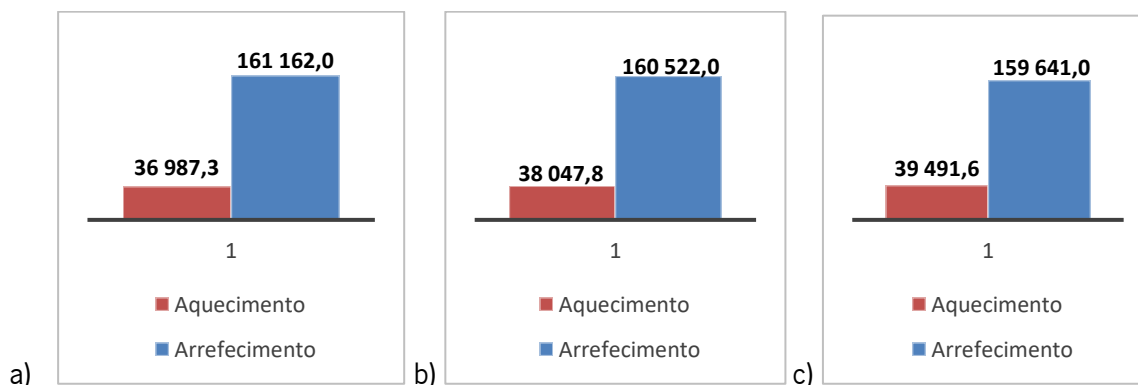


Figura 36 - Resultados das necessidades de climatização em função do isolamento térmico das paredes: (a) 100 mm XPS; (b) 80 mm XPS e (c) 60 mm XPS

Como se pode observar pelos três gráficos da Figura 36, as necessidades de climatização praticamente não variam com a redução da espessura de isolamento de 100 mm de XPS para 80 mm, começando a notar-se uma ligeira diferença com a aplicação de isolamento de 60 mm. Na Tabela 58, pode-se observar o impacto resultante da aplicação destas medidas no âmbito da certificação energética.

Tabela 58 - Impacto da aplicação de dois tipos de isolamento térmico com menores espessuras no presente edifício

	Resultados				
	100 mm XPS	80 mm XPS		60 mm XPS	
	Antes	Depois	Balanço	Depois	Balanço
Consumo de eletricidade [kWh/ano]	236 502,18	236 387,93	- 114,25	236 198,39	- 303,79
IEE_{pr,S}	260,53	260,74	-	260,88	-
IEE_{ren}	109,30	109,65	-	110,02	-
R_{IEE}	0,54	0,54	-	0,54	-
Classe energética	B	B	-	B	-

Em jeito de conclusão, apesar das necessidades de arrefecimento se reduzirem ligeiramente com a aplicação do isolamento de 60 mm XPS, e conseqüentemente os seus consumos elétricos, a sua redução foi muito pouco significativa. Assim, a alteração do isolamento das paredes não é um parâmetro relevante no edifício em estudo.

6.3. Implementação de sistemas VRF para Arrefecimento

O edifício em estudo localiza-se numa zona climática I2, onde é possível atingir temperaturas de 35°C nos períodos de maior calor. De modo a suprir estas necessidades, o edifício dispõe de dois sistemas VRF, no entanto a grande maioria dos espaços não possui qualquer sistema de arrefecimento, como é o caso da lavandaria, por exemplo. No âmbito da certificação energética, para estes espaços, foi necessário considerar um sistema por defeito que se assemelha ao edifício de referência com o qual estamos a comparar o nosso edifício. Conseqüentemente, devido à baixa eficiência desses sistemas em comparação com os sistemas adotados, os consumos elétricos do edifício e a classe energética do mesmo são prejudicados à luz da legislação.

Com isto em mente, neste subcapítulo proceder-se-á ao estudo da viabilidade de instalação de sistemas VRF nos espaços que não dispõem de qualquer sistema de arrefecimento, de modo a colmatar as suas necessidades, com eficiências mais elevadas. Neste seguimento, através do software *New Design Tool* da Mitsubishi selecionou-se três sistemas do tipo VRF, como indicado na Figura 37, do modelo PUHY - P200YNW (A1) com um SEER de 7,50 e um SCOP de 4,39.

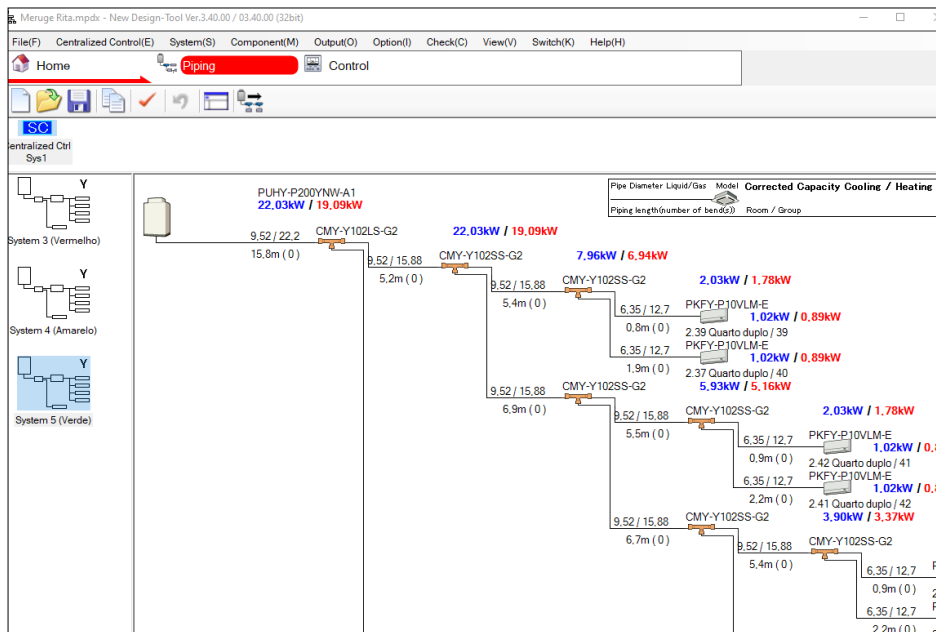


Figura 37 - Dimensionamento dos sistemas VRF através do software New Design Tool

No Anexo 9 – Medida alternativa: Sistemas VRF, pode-se consultar mais em pormenor quais os espaços satisfeitos por cada um dos sistemas mencionados.

Como na simulação dinâmica obteve-se a energia térmica de cada espaço, ou seja, a energia necessária para satisfazer as necessidades de acordo com os set-points estabelecidos, substituiu-se a eficiência pela dos atuais sistemas, e desta forma, obteve-se os resultados obtidos na Tabela 59.

Tabela 59 - Impacto da aplicação de um sistema VRF para colmatar as necessidades de climatização

Resultados	Antes	Depois	Balanco
Consumo de eletricidade [kWh/ano]	236 502,18	229 424,38	- 7 077,8
IEE_{pr,S}	260,53	254,12	-
IEE_{ren}	109,30	111,66	-
R_{IEE}	0,54	0,51	-
Classe energética	B	B	-

Pela análise da tabela, o consumo de eletricidade diminuiu cerca de 7 077,8 kWh/ano, o que permite uma redução de 1 203 € anualmente. Na Figura 38 observa-se que todos os consumos mantiveram-se praticamente iguais, à exceção do arrefecimento que teve um decréscimo de 34 791 para 20 735,2 kWh, uma vez que as necessidades de arrefecimento por defeito passaram a ser supridas por sistemas de climatização com um alto desempenho energético.

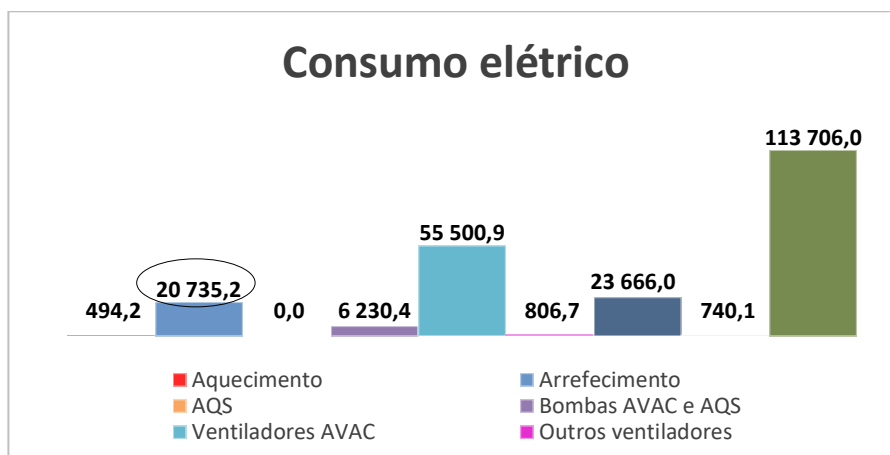


Figura 38 - Consumo de eletricidade anual após inserida a medida mencionada

A aplicação desta medida resulta numa redução da energia primária dos sistemas de arrefecimento, como demonstrado na Figura 39 e, por conseguinte, a classe energética melhorou para um valor de R_{IEE} muito próximo da classe A.

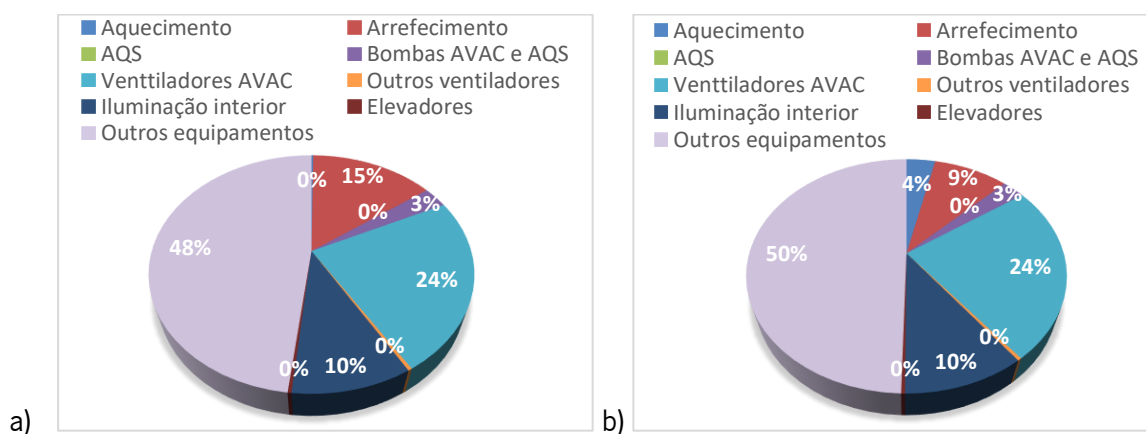


Figura 39 – Impactos da aplicação da medida mencionada na energia primária (sem componente renovável): (a) Antes e (b) Depois

É importante referir que a aplicação desta medida implica seleccionar um novo sistema para satisfazer as necessidades de AQS, visto que deixará de haver uma caldeira a pellets para funcionar como sistema de apoio do solar térmico, e por isso, um novo sistema de apoio ou então uma bomba de calor seria algo interessante a estudar. Assim, conclui-se que a aplicação desta medida seria vantajosa para o edifício em estudo, e por isso, procedeu-se ao estudo da sua viabilidade económica, sendo que na Tabela 60, apresenta-se a análise ao período de retorno simples correspondente à aplicação desta medida.

Tabela 60 - Estudo da viabilidade económica da aplicação da medida de melhoria

Viabilidade Financeira	
Investimento [€]	36 110,20
Poupança [€/ano]	1 203,23
PRS [anos]	30

6.4. Implementação de sistemas com recurso a fontes de energia renovável

Segundo as estratégias para alcançar nZEB, mencionadas no estado da arte, a utilização de fontes de energia renovável, é uma medida bastante viável para satisfazer as necessidades energéticas do edifício, uma vez que dispensa a utilização de combustíveis fósseis e reduz a emissão de gases com efeito estufa.

De facto, tendo em conta os elevados consumos elétricos associados ao presente edifício, procedeu-se ao estudo da instalação de um sistema de produção fotovoltaico autónomo em autoconsumo. Esta medida tem como objetivo o aproveitamento da energia solar para colmatar as necessidades de energia elétrica do edifício para consumos do tipo S, nomeadamente, climatização, bombagem e ventilação AVAC, iluminação, produção de AQS, e elevadores. Desta forma, é possível reduzir as emissões de CO₂ e a utilização da energia proveniente da rede, reduzindo consequentemente os custos de exploração do edifício. Assim, propõe-se a instalação de um sistema constituído por 70 módulos fotovoltaicos de 550 Wp, com uma potência total instalada de módulos fotovoltaicos de 38.5 kWp e uma produção anual estimada de 39 375 kWh/ano. Na Tabela 61 podem ser consultados os resultados obtidos após o estudo da implementação da medida de melhoria referida.

Tabela 61 - Impacto da aplicação do sistema de produção fotovoltaico autónomo em autoconsumo

Resultados	Antes	Depois	Balanço
Consumo de eletricidade [kWh/ano]	236 502,18	197 127,18	- 39 375
RIEE	0,54	0,37	-
Classe energética	B	A	-

No presente caso, face aos resultados apresentados, verifica-se que a produção de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos, resulta em reduções significativas do consumo anual de eletricidade proveniente da rede e também nas emissões anuais de CO₂, como demonstrado na Tabela 62.

Tabela 62 - Impacto da aplicação desta medida nas emissões de CO2

	Antes	Depois	Balanço
Consumo de eletricidade [kWh/ano]	236 502,18	197 127,18	- 39 375
Fator de conversão [kgCO₂/kW.h]	0,144	0,144	-
Emissões de CO2/ano [tonCO₂/kWh]	34,06	28,39	- 5,67

Assim, conclui-se que a aplicação desta medida seria vantajosa para o edifício em estudo, uma vez que resulta numa melhoria significativa da classe energética, passando de B a A, sendo este o principal objetivo do presente trabalho. Na Tabela 63, apresenta-se a análise ao período de retorno simples correspondente à aplicação da medida estudada, onde se pode observar que o retorno do investimento é de cerca de 5 anos e 6 meses.

Tabela 63 - Estudo da viabilidade económica da aplicação da medida de melhoria

Viabilidade Financeira	
Investimento [€]	36 944,44
Poupança [€/ano]	6 693,75
PRS [anos]	5,52

6.5. Resumo total das medidas de melhoria

Por fim, para finalizar a análise da presente dissertação procedeu-se ao estudo da aplicação do conjunto das medidas cujo o impacto foi considerado significativo em relação aos consumos do edifício, designadamente, a implementação dos sistemas VRF e a instalação dos painéis fotovoltaicos.

Neste seguimento, procedeu-se à respetiva simulação, onde se obteve os resultados demonstrados na Tabela 64.

Tabela 64 - Impacto da aplicação do conjunto das duas medidas de melhoria: Implementação dos sistemas VRF e a instalação dos painéis fotovoltaicos

Resultados	Antes	Depois	Balanço
Consumo de eletricidade [kWh/ano]	236 502,18	190 049,38	- 46 452,8
IEE_{pr,S}	260,53	254,12	-
IEE_{ren}	109,30	160,48	-
R_{IEE}	0,54	0,34	-
Classe energética	B	A	-

Pela observação da tabela supracita, concluiu-se que com a aplicação deste conjunto de medidas prevê-se uma redução anual de 46 453 kWh do consumo de eletricidade. Ademais, permitem também reduzir o consumo de energia primária nos consumos do tipo S do edifício, e conseqüentemente, alcançar uma classe energética de A.

Seguidamente, procedeu-se à verificação da classificação nZEB, segundo o disposto no DL n.º 118/2013 que impõe dois requisitos para a obtenção deste tipo de edifício, como já mencionado no subcapítulo 2.2.10. Assim, verificou-se as condições referidas para o presente edifício:

- $R_{IEE} \leq 0,50 \Rightarrow 0,34 < 0,50$ VERDADEIRO

Para efeitos de verificação da condição seguinte, não deve ser considerada a parcela de consumo associado à aerotermia e geotermia das bombas de calor no cálculo do IEE_S . Assim sendo:

- $IEE_S \leq 75\%IEE_{S,ref} \Rightarrow 171,091 < 208,512$ VERDADEIRO

Para terminar, foi possível atingir o objetivo de alcançar um edifício nZEB com as medidas de melhoria estudadas, concluindo que a análise desta classificação tem um potencial elevado para edifícios novos, uma vez que me permite estudar a integração de vários tipos de soluções numa fase de projeto inicial, anterior à sua conceção. Desta forma, é possível averiguar qual o tipo de solução mais adequada com base nas características e condições individuais de cada edifício.

7. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho permitiu consolidar uma grande parte dos conceitos lecionados ao longo do curso e em especial na especialização do mestrado na área de Energias e Ambiente. Ao longo deste projeto foi possível reunir um conjunto de observações que devidamente conciliadas permitem comprovar a importância de conhecer a utilização final da energia consumida por um edifício. Efetivamente, só desta forma é possível verificar qual o peso de cada sector no consumo global, e por conseguinte, sobre que sectores devem ser aplicadas medidas de melhoria na eficiência energética.

O sistema de certificação energética tem assumido um papel de grande importância na redução das emissões de CO₂ e na melhoria da eficiência energética do parque edificado, com a emissão de aproximadamente 2 milhões de certificados energéticos, entre 2008 e 2020. Foi neste âmbito que surgiu pela primeira vez o conceito nZEB, cujo o objetivo é promover edifícios com alto desempenho energético através de estratégias que se resumem a dois métodos fundamentais, nomeadamente, a redução dos consumos energéticos e/ou utilização de fontes de energia renovável.

Depois de caracterizado todo o edifício, efetuou-se uma simulação dinâmica multizona no software HAP, onde se verificou a forma de energia com maiores consumos associados no edifício diz respeito à eletricidade, sendo esta também a tipologia que acarreta um maior custo anual.

7.1. Principais Conclusões Retiradas

No que concerne a este parâmetro, os seus quatro maiores consumidores são os equipamentos elétricos, os ventiladores de AVAC, os sistemas de arrefecimento e a iluminação interior. Relativamente aos equipamentos elétricos, os valores considerados tiveram por base o Decreto-Lei nº79/2006, que considera equipamentos de elevada potência com muito tempo de utilização para cozinhas e lavandarias, o que justifica o facto deste parâmetro ser o maior consumidor. A energia resultante destes equipamentos é considerada um consumo tipo T, e como tal, não interfere com a classe energética do edifício, uma vez que não entra no seu cálculo.

No que diz respeito aos ventiladores de AVAC, a instalação de UTA's com ventiladores mais eficientes poderia ser uma hipótese viável a fim de reduzir o impacto destes consumos. No entanto, para tal é necessário introduzir uma menor perda de carga através do aumento da área de secção da UTA, por forma a reduzir a velocidade de movimentação no interior da mesma. O aumento da área não é possível,

devido à existência de limitações de espaço no desvão da cobertura, onde se prevê que as UTAS sejam instaladas.

Posteriormente, procedeu-se a um estudo de medidas alternativas para obter um edifício nZEB, tendo por base os consumos mencionados anteriormente. No primeiro estudo alterou-se a caixilharia do edifício previsto por uma mais eficiente, resultando numa redução da classe energética do edifício, o que levou a concluir que, dependendo das características e condições do edifício, nem sempre soluções que levam a um maior isolamento térmico podem ser benéficas para o mesmo. No segundo estudo substituiu-se as paredes com uma camada de isolamento térmico de menor espessura, sendo que a classe energética se manteve a mesma, o que leva a concluir que, neste edifício, o contributo das paredes não é significativo, ao contrário do contributo dos envidraçados.

Seguidamente, estudou-se a viabilidade da substituição da caldeira a biomassa atual por três sistemas VRF para satisfazer as necessidades de climatização dos espaços que não dispõem de qualquer sistema de arrefecimento. Como resultado a energia primária dos sistemas de arrefecimento reduziu significativamente, devido ao alto desempenho energético dos sistemas de climatização adotados.

Por conseguinte, a classe energética melhorou para um valor de R_{JEE} muito próximo da classe A. Por fim, a implementação de sistemas fotovoltaicos mostrou-se uma medida bastante viável para satisfazer as necessidades energéticas do edifício, uma vez que dispensa a utilização de combustíveis fósseis e reduz a emissão de gases com efeito estufa. Ademais, a aplicação desta medida permite obter a classe energética pretendida e apresenta um retorno de investimento inferior a 6 anos.

7.2. Trabalhos Futuros

De modo a dar continuidade ao tema abordado na presente dissertação, propõe-se o desenvolvimento do estudo de vários trabalhos futuros, nomeadamente:

- Fazer o mesmo procedimento de cálculo da classe energética, nas mesmas condições, para a nova legislação que entrou em vigor no dia 1 de julho de 2021, por forma a perceber o impacto no edifício e as diferenças da mesma;
- Analisar o nível ótimo de rentabilidade das medidas aplicadas neste edifício, visto que não se teve em conta essa análise;

- Efetuar o mesmo estudo utilizando outros programas de simulação, como o Energyplus, Trace 700 ou o DesignBuilder, uma vez que as diferentes opções de cada software podem influenciar o resultado final;
- Efetuar um estudo para uma UTA com desumificação, uma vez que a humidade exterior é bastante elevada na zona onde o edifício se insere. Verificou-se que a temperatura de bolbo húmido interfere, significativamente, com as necessidades de arrefecimento do edifício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Alterações climáticas - Nações Unidas - ONU Portugal.” <https://unric.org/pt/mundo-espera-solucao-para-alteracoes-climaticas-diz-ban-ki-moon-7> (accessed Dec. 07, 2021).
- [2] M. Almeida, “Enquadramento Europeu.”
- [3] Observatório da Energia, DGEG, and ADENE, “Energia em Números - Edição 2021,” 2021.
- [4] E. R. Onainor, “Manual de Eficiência Energética,” vol. 1, 2019, pp. 105–112.
- [5] Tykhe, “Brochura tykhe,”
- [6] ADENE, “Guia SCE – Certificação Energética dos Edifícios,” 2020.
- [7] DRE, “Decreto-Lei n.º 101-D/2020.” <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/101-d-2020-150570704> (accessed Dec. 08, 2021).
- [8] ADENE, “Guia SCE – Avaliação de Requisitos (RECS),” 2020.
- [9] J. Gustavo, M. Alface, and P. Val, “Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes Jorge Gustavo Marques Alface Pereira Valério Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil Júri Agradecimentos,” 2007.
- [10] “Portaria n.º 17-A/2016,” *Diário da República*, no. 2, pp. 1–55, 2016, [Online]. Available: <https://data.dre.pt/eli/port/17-a/2016/02/04/p/dre/pt/html>
- [11] “Portaria n. 353-A/2013,” *Diário da República*, vol. 1.ª série, no. N.º 235, pp. 6644-(2)-6644-(9), 2013.
- [12] P&R - ADENE, “Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) - Perguntas & Respostas,” *Adene*, p. 91, 2019, [Online]. Available: https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2019/11/Perguntas_e_respostas_SCE-V4.Out_.2019.pdf
- [13] “Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) Perguntas & Respostas”.

- [14] Diário da República, “Portaria nº 42/2019,” *Diário da República, 1.ª série – N.º 21 – 30 de janeiro de 2019*, 2019.
- [15] Diário da República, “Portaria nº 98/2019,” *Diário da República, 1.ª série – N.º 65 – 2 de abril de 2019*.
- [16] DGEG, “Desempenho energético de edifícios.” <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/desempenho-energetico-de-edificios/> (accessed Dec. 08, 2021).
- [17] A. Macedo, “Edifícios de energia quase nula no contexto do regulamento português : um estudo de caso,” 2018.
- [18] iep, “A importância dos edifícios nZEB na transformação do edificado existente e nos novos edifícios - IEP.” <https://www.iep.pt/a-importancia-dos-edificios-nzeb-na-transformacao-do-edificado-existente-e-nos-novos-edificios/> (accessed Dec. 08, 2021).
- [19] J. Fernandes, C. Pimenta, R. Mateus, S. M. Silva, and L. Bragança, “Contribution of Portuguese vernacular building strategies to indoor thermal comfort and occupants’ perception,” *Buildings*, vol. 5, no. 4, pp. 1242–1264, 2015, doi: 10.3390/buildings5041242.
- [20] F. M. G. Brajal, “Edifícios de emissão quase zero - Guia de requisitos para a construção,” 2012.
- [21] ADENE, “Isolamento de Paredes.”
- [22] ADENE, “Isolamento de Coberturas.”
- [23] P. A. C. dos Santos, “NZEB: Nearly Zero Energy Building : metodologias para implementação NZEB : aplicação a edifício unifamiliar novo,” p. 228, 2017, [Online]. Available: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/18518>
- [24] ADENE, “Janelas Eficientes,” *10 Soluções de Eficiência Energética*, p. 8, 2016.
- [25] ADENE, “Guia Técnico para Janelas Eficientes.” Accessed: Dec. 08, 2021. [Online]. Available: <https://www.classemais.pt/classemais/conhecer/guia-tecnico-para-janelas-eficientes-pdf/>
- [26] APREN, “Energias Renováveis.”

- [27] ADENE, “Sistemas de Ventilação,” 2016.
- [28] “APREN - Destaques.” <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques> (accessed Dec. 09, 2021).
- [29] C. Corporation, “Hourly Analysis Program,” pp. 1–144, 2016, [Online]. Available: http://www.energoplus.si/uploads/9/0/0/6/90062089/e20s-hap50_manual.pdf
- [30] “Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013,” *Diário da República*, vol. 2.ª série, no. 234, pp. 26–31, 2013.
- [31] R. Aguiar, “Climatologia e Anos Meteorológicos de Referência para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios,” *Relatório para ADENE – Agência de Energia. Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Lisboa*, no. versão, p. 55, 2013.
- [32] Ministerio de Fomento, “Documento Básico HE Ahorro de energía”.
- [33] J. D. T. Brás, “SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS EM ENERGYPLUS E REVIT E DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA,” 2019. [Online]. Available: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/63761><http://repositorium.sdum.uminho.pt/>
- [34] V. Alves de Sousa, “Reabilitação Energética da Piscina Coberta da Academia Militar de Lisboa,” 2016.
- [35] Baxi, “O que é a Aerotermia? Energias Renováveis.” <https://www.baxi.pt/ajuda-e-conselhos/energias-renovaveis/o-que-e-a-aerotermia> (accessed Nov. 08, 2021).
- [36] “Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013,” *Diário da República*, no. 55, pp. 1–3, 2013, [Online]. Available: <https://dre.pt/application/conteudo/2975223>
- [37] adene, “Guia SCE – Medidas de Melhoria (RECS),” 2013.



Figura 42 - Planta do piso 1

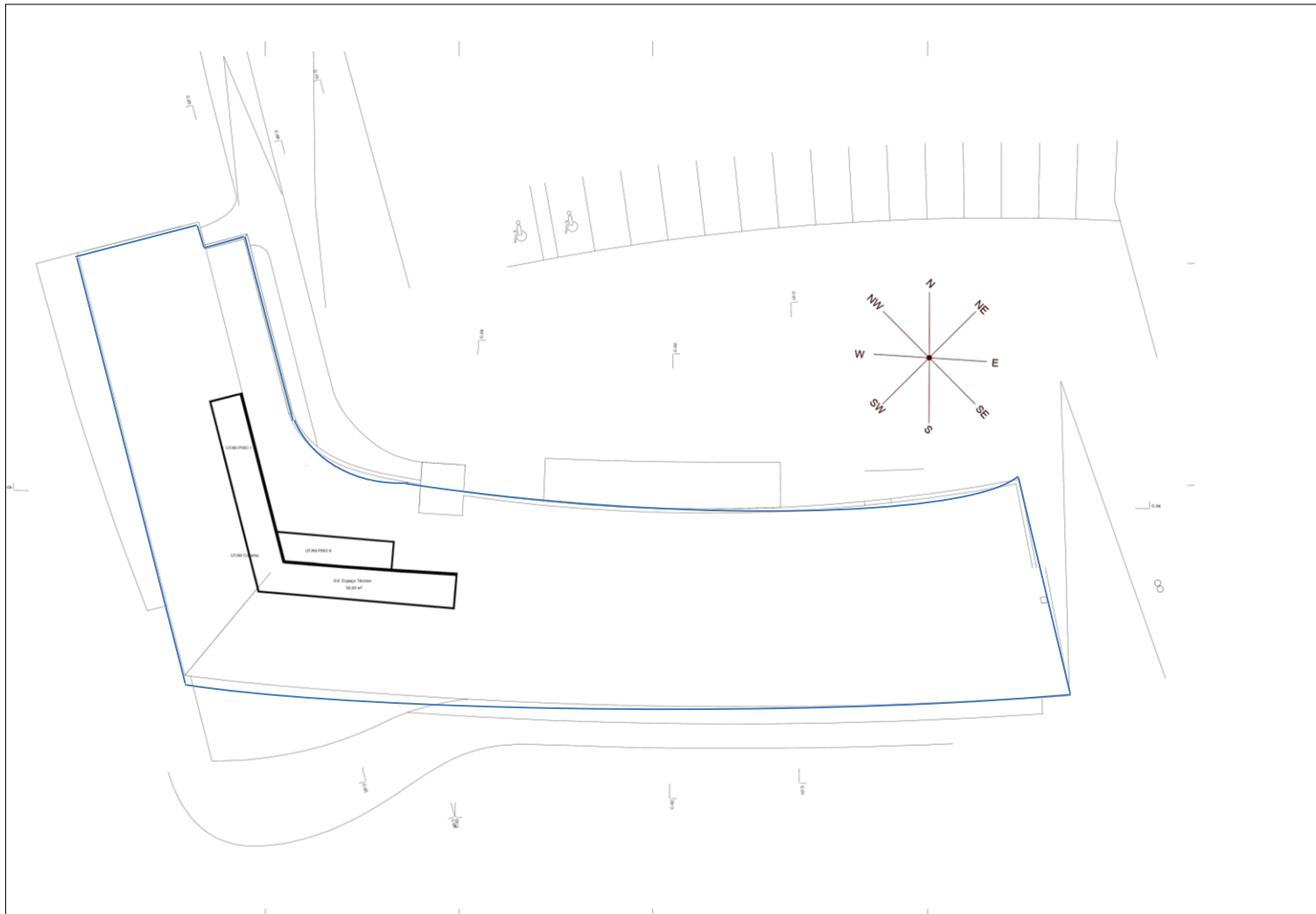






























Figura 43 - Planta da cobertura



Figura 44 - Cortes

APÊNDICE 2 – FICHA TÉCNICA DO VIDRO

 <p>SGG CLIMALIT PLUS 6 (14 AIR) 44.1 COOL-LITE SKN 144 II F2</p>	<table border="1"> <tr><td>Vidro 1</td><td>PLANICLEAR 6 mm</td></tr> <tr><td>Capa 2</td><td>COOL-LITE SKN 144 II</td></tr> <tr><td>Câmara 1</td><td>14 AIR</td></tr> <tr><td>Vidro 2</td><td>PLANICLEAR 4 mm</td></tr> <tr><td>PVB</td><td>PVB STANDARD 0.38 mm</td></tr> <tr><td>Vidro 2'</td><td>PLANICLEAR 4mm</td></tr> </table>	Vidro 1	PLANICLEAR 6 mm	Capa 2	COOL-LITE SKN 144 II	Câmara 1	14 AIR	Vidro 2	PLANICLEAR 4 mm	PVB	PVB STANDARD 0.38 mm	Vidro 2'	PLANICLEAR 4mm																																																																											
Vidro 1	PLANICLEAR 6 mm																																																																																							
Capa 2	COOL-LITE SKN 144 II																																																																																							
Câmara 1	14 AIR																																																																																							
Vidro 2	PLANICLEAR 4 mm																																																																																							
PVB	PVB STANDARD 0.38 mm																																																																																							
Vidro 2'	PLANICLEAR 4mm																																																																																							
<p>Nome : Fábio Batista País : Portugal</p>	<p>Notas: Vidro Meruge</p>																																																																																							
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>FACTORES LUMINOSOS</td> <td>EN410 (2011-04)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Transmissão Luminosa (TL)</td> <td>41%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Reflexão Exterior (RLe)</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Reflexão Interior (RLi)</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TRANSMISSÃO TÉRMICA</td> <td>EN673-2011</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ug</td> <td>1.4 W/(m² .K)</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">0° em Relação à Vertical</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DIMENSÕES DE FABRICO</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Espessura Nominal</td> <td>28.38 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Peso</td> <td>35 kg/m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FATOR UV</td> <td>EN410 (2011-04)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TUV</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CLASSE DE SEGURANÇA</td> <td>EN 12600</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Resistência ao Ensaio do Pêndulo</td> <td>NPD/2B2</td> </tr> </table>		FACTORES LUMINOSOS	EN410 (2011-04)		Transmissão Luminosa (TL)	41%		Reflexão Exterior (RLe)	20%		Reflexão Interior (RLi)	15%		TRANSMISSÃO TÉRMICA	EN673-2011		Ug	1.4 W/(m ² .K)		0° em Relação à Vertical			DIMENSÕES DE FABRICO			Espessura Nominal	28.38 mm		Peso	35 kg/m ²		FATOR UV	EN410 (2011-04)		TUV	1%		CLASSE DE SEGURANÇA	EN 12600		Resistência ao Ensaio do Pêndulo	NPD/2B2	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>FACTORES ENERGÉTICOS</td> <td>EN410 (2011-04)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Transmissão Directa (TE)</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Reflexão Exterior (Ree)</td> <td>31%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Reflexão Interior (REi)</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Absorção A1(AE1)</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Absorção A2</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Absorção A3</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>FACTOR SOLAR</td> <td>EN410 (2011-04)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor Solar (g)</td> <td>23%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Coef. Sombreamento</td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td></td> <td>RENDIMENTO DE COR</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ra Transmissão Luminosa</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ra Reflexão Exterior</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ANTI-INTRUSÃO</td> <td>EN356</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Resistência ao Ataque Manual</td> <td>NPD</td> </tr> </table>		FACTORES ENERGÉTICOS	EN410 (2011-04)		Transmissão Directa (TE)	19%		Reflexão Exterior (Ree)	31%		Reflexão Interior (REi)	29%		Absorção A1(AE1)	48%		Absorção A2	2%		Absorção A3			FACTOR SOLAR	EN410 (2011-04)		Factor Solar (g)	23%		Coef. Sombreamento	0.27		RENDIMENTO DE COR			Ra Transmissão Luminosa	87		Ra Reflexão Exterior	89		ANTI-INTRUSÃO	EN356		Resistência ao Ataque Manual	NPD
	FACTORES LUMINOSOS	EN410 (2011-04)																																																																																						
	Transmissão Luminosa (TL)	41%																																																																																						
	Reflexão Exterior (RLe)	20%																																																																																						
	Reflexão Interior (RLi)	15%																																																																																						
	TRANSMISSÃO TÉRMICA	EN673-2011																																																																																						
	Ug	1.4 W/(m ² .K)																																																																																						
	0° em Relação à Vertical																																																																																							
	DIMENSÕES DE FABRICO																																																																																							
	Espessura Nominal	28.38 mm																																																																																						
	Peso	35 kg/m ²																																																																																						
	FATOR UV	EN410 (2011-04)																																																																																						
	TUV	1%																																																																																						
	CLASSE DE SEGURANÇA	EN 12600																																																																																						
	Resistência ao Ensaio do Pêndulo	NPD/2B2																																																																																						
	FACTORES ENERGÉTICOS	EN410 (2011-04)																																																																																						
	Transmissão Directa (TE)	19%																																																																																						
	Reflexão Exterior (Ree)	31%																																																																																						
	Reflexão Interior (REi)	29%																																																																																						
	Absorção A1(AE1)	48%																																																																																						
	Absorção A2	2%																																																																																						
	Absorção A3																																																																																							
	FACTOR SOLAR	EN410 (2011-04)																																																																																						
	Factor Solar (g)	23%																																																																																						
	Coef. Sombreamento	0.27																																																																																						
	RENDIMENTO DE COR																																																																																							
	Ra Transmissão Luminosa	87																																																																																						
	Ra Reflexão Exterior	89																																																																																						
	ANTI-INTRUSÃO	EN356																																																																																						
	Resistência ao Ataque Manual	NPD																																																																																						

Estes valores são calculados de acordo com as normas europeias EN410 (2011-04) e EN673-2011, a norma internacional ISO 9050, a norma japonesa JIS R 3106/3107, a norma coreana KS L 2514/2525 e a norma NFRC-2010. No que diz respeito às normas europeias as tolerâncias são definidas de acordo com as normas EN1096-4 ou ISO9050-2003. No entanto, o utilizador deve confirmar a viabilidade dos produtos, em particular no que diz respeito à espessura e cor. Além disso é da responsabilidade do utilizador confirmar que a combinação de vidros seleccionada cumpre os requisitos normativos e legais a nível nacional, local ou regional. Os valores calculados com a norma NFRC-2010 são indicativos. Por favor use softwares certificados NFRC para obter valores certificados. As regras de cálculo e os resultados do Calumen Live de acordo com as normas EN410 (2011-04), EN673-2011, ISO 9050 (2003) m1.5 and ISO 9050 (1990) m1.0 fazem uso do programa de cálculo Calumen 1.2.4 e foram validados pelo Relatório de Qualidade TUV Rheinland Quality 11923R-11-33705. Os valores de Ug são calculados de acordo com a Regulamentação Térmica Francesa 2012 (RT2012). Os Índices Acústicos são representativos de performances testadas em condições laboratoriais de um Vidro de Dimensões 1,23x1,48 m (EN ISO 10140-3 e EN 12758). Medições no Local da Instalação poderão variar de acordo com as dimensões do Vidro, o ambiente, a qualidade da estrutura da janela, a qualidade da instalação, a fonte sonora, etc. A precisão dos Índices fornecidos encontra-se no intervalo de +/- 1dB (EN 12758). Todas as imagens dos Vidros são ilustrativas.



Figura 45 - Ficha técnica do vidro

APÊNDICE 3 – FICHA TÉCNICA DA CAIXILHARIA

SISTEMA **ST**
System | Système

DESEMPENHO DO SISTEMA

system performance | performance du système

<p>Marcação CE CE MARKING Marquage CE NP EN 14351-1</p>	<p>Janela 2 folhas com 1,80 x 2,24 m (L x H) - Vidro: 5 + 14 + 4 + 14 + 5 (1 folha batente e 1 folha oscilo-batente) 2 leaves window 1,80x 2,24 m (W x H) - Glass: 5 + 14 + 4 + 14 + 5 (1 casement leaf and 1 tilt and turn leaf) Fenêtre 2 vantaux 1,80 x 2,24 m (L x H) - Verre: 5 + 14 + 4 + 14 + 5 (1 vantail battant et 1 vantail oscilo-battant)</p>
<p>Permeabilidade ao AR AIR Permeability Permeabilité à l'AIR EN 12 207:2000</p>	4
<p>Estanquidade à ÁGUA WATER Tightness Étanchéité à l'EAU EN 12 208:2000</p>	E1350
<p>Resistência ao VENTO WIND Resistance Résistance au VENT EN 12 210:2000</p>	C5
<p>Coef. Transm. TÉRMICA THERMAL Transmittance Coef. Transm. THERMIQUE UNE-ISO 13947:2005</p>	<p>Uw = 0,99 W/m²K Vidro triplo com triple glazing with vitrage triple avec Ug = 0,50 W/m²K Janela de 2 folhas com 2 leaves window fenêtre 2 vantaux 1,6m x 2,10m (LxH)</p> <p>Uw = 1,38 W/m²K Vidro duplo com double glazing with vitrage double avec Ug = 1,00 W/m²K Janela de 2 folhas com 2 leaves window fenêtre 2 vantaux 1,6m x 2,10m (LxH)</p>
<p>Isolamento ACÚSTICO ACOUSTIC Insulation Isolation ACOUSTIQUE NP EN 14351-1:2008 - Anexo B</p>	<p>Rw = 38dB Rw (IGU) = 40dB, área ≤ 2,70m² area aire</p>

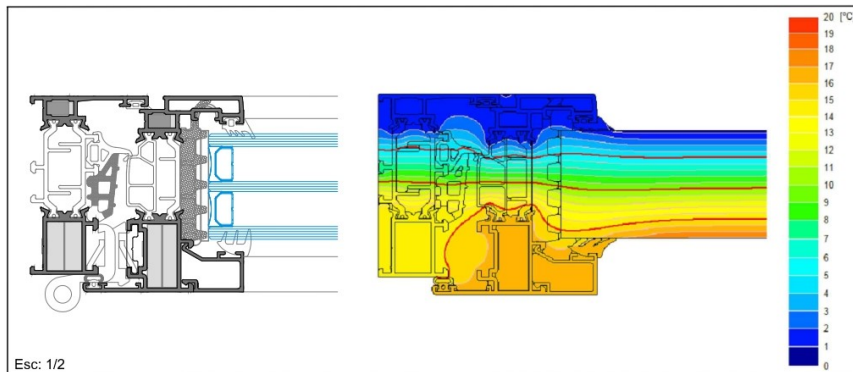


Figura 46 - Ficha técnica da caixilharia

APÊNDICE 4 – PROJETO DE AVAC

No presente apêndice será apresentado o projeto de AVAC executado e disponibilizado pela TYKHE Engenharia. O código de cores adotado rege-se pela Figura 47.





Legenda de Conduitas:	
	Ar Novo
	Extração Instalações Sanitárias
	Extração Geral
	Extração Hotte
	Insuflação
	Retomo
	Pressurização

Figura 47 - Código de cores adotado para a legenda das condutas



Figura 48 - Projeto de AVAC previsto para o piso -1



Figura 49 - Projeto de AVAC previsto para o piso 0



Figura 50 - Projeto de AVAC previsto para o piso 1

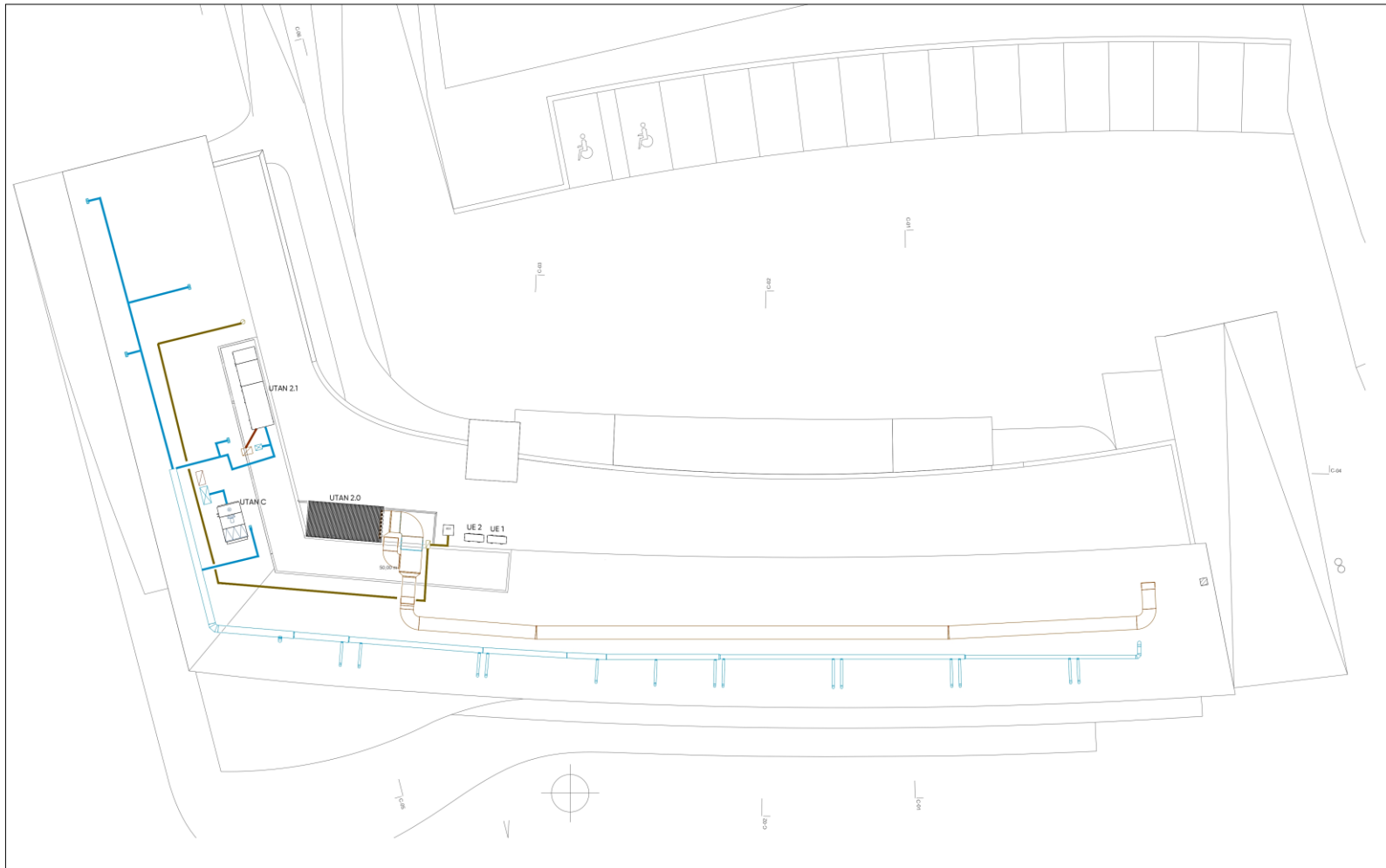


Figura 51 - Instalações de AVAC no desvão da cobertura (piso 2)

Edifício 1 · Andar 0 · 1.11 Cozinha

Resumo

Resultados

	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Plano de uso	Ê	564 lx	≥ 500 lx	✓
	g ₁	0.54	-	-
Dimensões de consumo	Consumo	1150 kWh/a	máx. 1600 kWh/a	✓
Potência de ligação específica	Sala	6.63 W/m ²	-	-
		1.18 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de utilização: Áreas públicas - Restaurantes e hotéis, Cozinhas

Lista de luminárias

Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
6	Disano	960 Hydro LED - Money Saving	Disano 960 46w CLD CELL cinzento	49.7 W	6786 lm	136.5 lm/W

Figura 53 - Projeto luminotécnico: Resultados obtidos para o espaço cozinha

ANEXO 1 – DELIMITAÇÃO DA ENVOLVENTE

No presente anexo será apresentado a delimitação da envolvente do edifício em estudo com a utilização do código de cores seguinte:



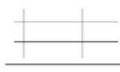

	Envolvente com requisitos de exterior
	Envolvente sem requisitos
	Marcação em pavimento
	Marcação em cobertura

Figura 54 - Código de cores adotado para a delimitação da envolvente

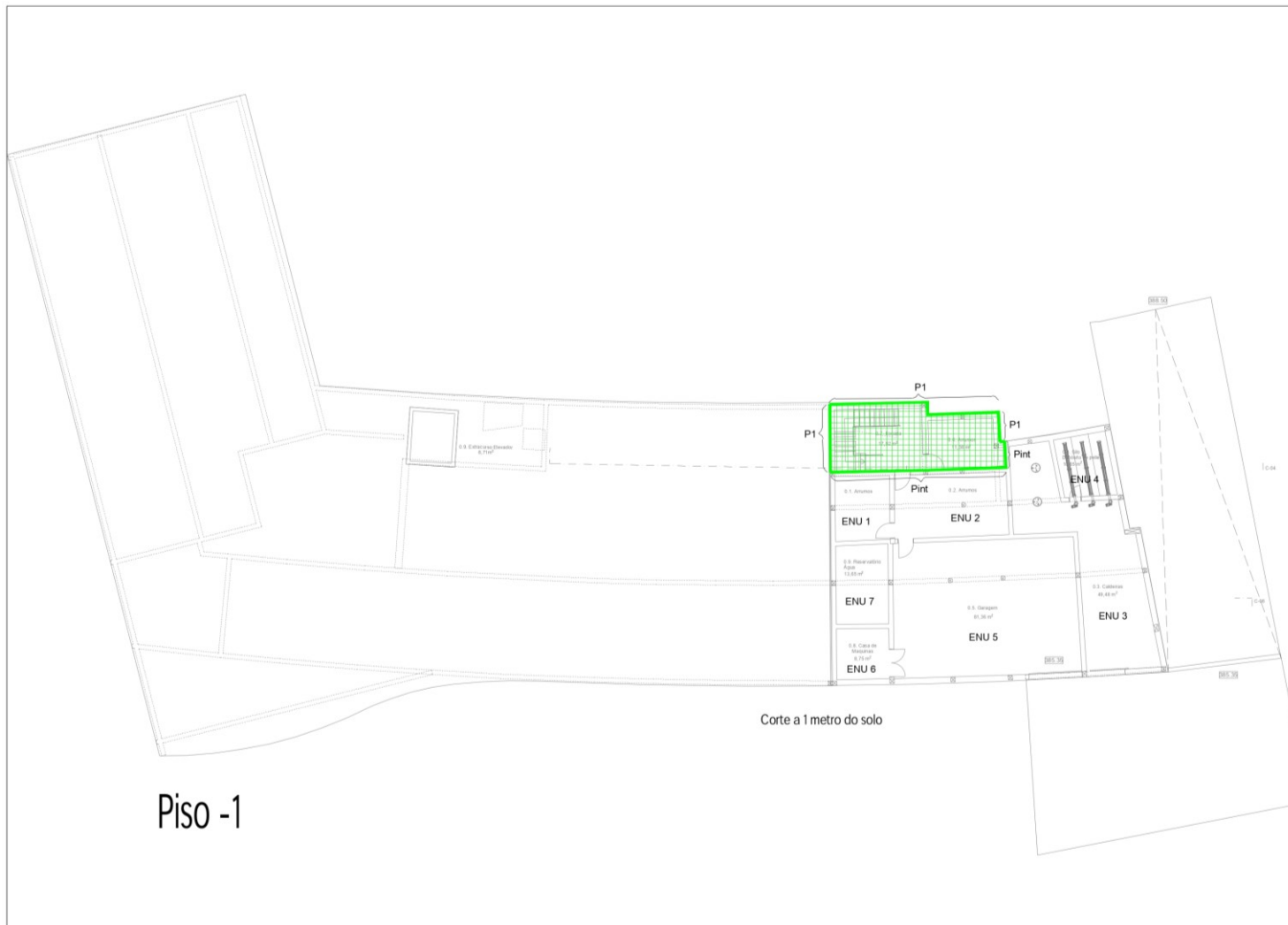


Figura 55 - Delimitação da envolvente do piso -1



Figura 56 - Delimitação da envolvente do piso 0



Figura 57 - Delimitação da envolvente da cobertura do piso 0



Figura 58 - Delimitação da envolvente do piso 1

ANEXO 2 – CONSTITUIÇÃO DAS ENVOLVENTES OPACAS E RESPECTIVOS U´S

Tabela 65 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext1)

Cobext1 – Cobertura exterior plana não acessível c/ teto falso					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m. °C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,015	750	0,25	0,060	Pág. I.7, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,300	1,20	-	0,180	Pág. I.11, ITE50
Laje de betão	0,250	2300	2	0,125	Pág.I.5, ITE50
Tela asfáltica	0,010	1000	0,23	0,043	Pág.I.9, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,100	25	0,037	2,703	Pág. I.3, ITE50
Seixos do rio	0,040	1700	2	0,180	Pág.I.9, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,715			3,431	
U _{obtido}	0,29 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 66 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext2)

Cobext2 – Cobertura exterior plana não acessível s/ teto falso					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m. °C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Estuque de gesso tradicional	0,020	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Laje de betão	0,250	2300	2	0,125	Pág.I.5, ITE50
Tela asfáltica	0,010	1000	0,23	0,043	Pág.I.9, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,100	25	0,037	2,703	Pág. I.3, ITE50
Seixos do rio	0,040	1700	2	0,180	Pág.I.9, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,420			3,241	
U _{obtido}	0,31 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 67 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext3)

Cobext3 – Cobertura exterior plana acessível ao piso 1 c/ teto falso					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m. °C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,015	750	0,25	0,060	Pág. I.7, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,300	1,20	-	0,180	Pág.I.11, ITE50
Laje de betão	0,250	2300	2	0,125	Pág.I.5, ITE50
Tela asfáltica	0,010	1000	0,23	0,043	Pág.I.9, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,100	25	0,037	2,703	Pág. I.3, ITE50
Betão leve	0,060	1400	0,85	0,071	Pág.I.5, ITE50
Laje de granito	0,030	2500	2,80	0,011	Pág. I.4, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,765			3,332	
U _{obtido}	0,30 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 68 - Determinação do U da cobertura exterior (Cobext4)

Cobext4 – Cobertura exterior plana acessível lado Sul c/ teto falso					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m. °C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,015	750	0,25	0,060	Pág. I.7, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,300	1,20	-	0,180	Pág.I.11, ITE50
Laje de betão	0,250	2300	2	0,125	Pág.I.5, ITE50
Tela asfáltica	0,010	1000	0,23	0,043	Pág.I.9, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,100	25	0,037	2,703	Pág. I.3, ITE50
Betão leve	0,060	1400	0,85	0,071	Pág.I.5, ITE50
Material cerâmico	0,010	1400	0,6	0,017	Pág. I.4, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,745			3,338	
U _{obtido}	0,30 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 69 - Determinação do U da ponte térmica plana 2

PTP2 – Ponte térmica plana (Viga)					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,015	750	0,25	0,060	Pág. I.7, ITE50
Viga em Betão	0,250	2300	2,0	0,15	Pág.I.5, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,050	25	0,037	1,35	Pág.I.3, ITE50
Betão leve	0,060	1400	0,85	0,071	Pág.I.5, ITE50
Laje de granito	0,030	2500	2,80	0,011	Pág. I.4, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,405			1,758	
U _{obtido}	0,57 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Não cumpre				

Tabela 70 - Determinação do U da ponte térmica plana 3

PTP3 – Ponte térmica plana (Viga)					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,015	750	0,25	0,060	Pág. I.7, ITE50
Viga em Betão	0,250	2300	2,0	0,15	Pág.I.5, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,050	25	0,037	1,35	Pág.I.3, ITE50
Betão leve	0,060	1400	0,85	0,071	Pág.I.5, ITE50
Material Cerâmico	0,010	1400	0,6	0,017	Pág. I.4, ITE50
Resistência térmica exterior (Rse)	-	-	-	0,040	Pág.I.11, ITE50
Total	0,385			1,764	
U _{obtido}	0,57 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Não cumpre				

Tabela 71 - Determinação do U da parede interior 1

Pint2 – Parede interior					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,130	Pág. I.11, ITE50
Estuque tradicional	0,020	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Tijolo Cerâmico furado	0,150	1000	-	0,390	Pág. I.12, ITE50
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,130	Pág.I.11, ITE50
Total	0,170			0,700	
U _{obtido}	1,43 [W/m².°C]				

Tabela 72 - Determinação do U da cobertura interior 1

Cobint1 – Cobertura interior c/ teto falso em contacto com o ENU do desvão					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m. °C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,015	750	0,25	0,060	Pág. I.7, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,300	1,20	-	0,180	Pág.I.11, ITE50
Laje de betão	0,250	2300	2	0,125	Pág.I.5, ITE50
Tela asfáltica	0,010	1000	0,23	0,043	Pág.I.9, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,100	25	0,037	2,703	Pág. I.3, ITE50
Telha cerâmica	A telha cerâmica não entra no cálculo do U, uma vez que se considera o espaço de ar entre as telhas e a cobertura horizontal como um espaço fortemente ventilado.				
Resistência térmica exterior (Rse=Rsi)	-	-	-	0,100	Pág.I.11, ITE50
Total	0,675			3,311	
U _{obtido}	0,30 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 73 - Determinação do U da cobertura interior 2

Cobint2 – Cobertura interior s/ teto falso em contacto com o ENU do desvão					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m. °C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,100	Pág. I.11, ITE50
Estuque gesso tradicional	0,020	1000	0,4	0,050	Pág. I.6, ITE50
Laje de betão	0,250	2300	2	0,125	Pág.I.5, ITE50
Tela asfáltica	0,010	1000	0,23	0,043	Pág.I.9, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,100	25	0,037	2,703	Pág. I.3, ITE50
Telha cerâmica	A telha cerâmica não entra no cálculo do U, uma vez que se considera o espaço de ar entre as telhas e a cobertura horizontal como um espaço fortemente ventilado.				
Resistência térmica exterior (Rse=Rsi)	-	-	-	0,100	Pág.I.11, ITE50
Total	0,380			3,121	
U _{obtido}	0,32 [W/m².°C]				
U _{máx.}	0,45 [W/m².°C]				
Cumpre?	Sim				

Tabela 74 - Determinação do U do pavimento interior 6

Pavint6 – Pavimento interior “Vinílico do tipo homogéneo”					
Constituição	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)	-	-	-	0,170	Pág. I.11. ITE50
Pavimento vinílico	0,015	1000	0,2	0,075	Pág. I.10. ITE50
Lâmina de material resiliente	0,012	1000	0,23	0,052	Pág. I.9. ITE50
Betonilha de regularização	0,045	1400	0,85	0,053	Pág. I.5. ITE50
Betão estrutural	0,200	2300	2,0	0,100	Pág. I.5. ITE50
Resistência térmica exterior (Rse=Rsi)	-	-	-	0,170	Pág. I.11, ITE50
Total	0,286			0,28	
U _{obtido}	1,61 [W/m².°C]				

Tabela 75 – Constituição da Parede enterrada

P1 – Parede enterrada					
Constituição	D [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R_f [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)				0,170	Pág. I.4, ITE50
Isolamento térmico XPS	0,080	25	0,037	2,162	Pág. I.3, ITE50
Tela anti-gás radão	0,004	0,35	0,4	0,010	FT Rothoblas
Tela impermeabilização	0,010	1000	0,23	0,043	Pág. I.9, ITE50
Tela anti-gás radão	0,004	0,35	0,4	0,010	FT Rothoblas
Betão estrutural	0,250	2300	2	0,125	Pág. I.5, ITE50
Gesso projetado	0,020	900	0,43	0,047	Pág. I.6, ITE50
Total	0,364			2,56	

Tabela 76 - Determinação do U da P1

Enterrado: z = 2,85 m		
z [m]	R_w [m².°C/W]	U_{bw} [W/m².°C]
2,85	2,56	0,25

Tabela 77 - Constituição do Pavimento em contacto com o solo 3

Pav3 – Pavimento “Parquet de carvalho”					
Constituição	D [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/m.°C]	R_f [m².°C/W]	Referências
Resistência térmica interior (Rsi)				0,170	Pág. I.4. ITE50
Soalho flutuante	0,012	800	0,18	0,067	Pág. I.8. ITE50
Lâmina de material resiliente	0,012	1000	0,23	0,052	Pág. I.9. ITE50
Betonilha de regularização	0,045	1400	0,85	0,053	Pág. I.5. ITE50
Tela anti-gás radão	0,004	0,35	0,4	0,010	FT Rothoblas
Tela impermeabilização	0,010	1000	0,23	0,043	Pág. I.9. ITE50
Betão estrutural	0,200	2300	2	0,100	Pág. I.5. ITE50
Total	0,283			0,495	

Tabela 78 - Determinação do U do Pav3

Térreo: $z \leq 0,5m$				
A_p [m ²]	P [m]	B'	$U_{(Rf=0,5)}$ [W/m ² .°C]	U_{bf} [W/m ² .°C]
310,96	57,32	10,85	0,34	0,39

Tabela 79 - Constituição do Pavimento em contacto com o solo 4

Pav4 – Pavimento Autonivelante					
Constituição	D [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/m.°C]	R_f [m ² .°C/W]	Referências
Resistência térmica interior				0,170	Pág. I.4, ITE50
Material cerâmico antiderrapante	0,010	1400	0,6	0,017	Pág. I.4, ITE50
Argamassa	0,010	1800	1,3	0,008	Pág. I.7, ITE50
Betonilha de regularização	0,045	1400	0,85	0,053	Pág. I.5, ITE50
Tela anti-gás radão	0,004	0,35	0,4	0,010	FT Rothoblas
Tela impermeabilização	0,010	1000	0,23	0,043	Pág. I.9, ITE50
Betão estrutural	0,200	2300	2	0,100	Pág. I.5, ITE50
Total	0,279			0,231	

Tabela 80 - Determinação do U do Pav4

Térreo: $z \leq 0,5m$				
A_p [m ²]	P [m]	B'	$U_{(Rf=0,5)}$ [W/m ² .°C]	U_{bf} [W/m ² .°C]
264,49	38,45	13,76	0,29	0,33

Tabela 81 - Constituição do Pavimento em contacto com o solo 5

Pav5 – Pavimento “Vinílico do tipo homogéneo”					
Constituição	D [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/m.°C]	R_f [m ² .°C/W]	Referências
Resistência térmica interior				0,170	Pág. I.4, ITE50
Pavimento vinílico	0,015	1000	0,2	0,075	Pág. I.10, ITE50
Lâmina de material resiliente	0,012	1000	0,23	0,052	Pág. I.9, ITE50
Betonilha de regularização	0,045	1400	0,85	0,053	Pág. I.5, ITE50
Tela anti-gás radão	0,004	0,35	0,4	0,010	FT Rothoblas
Tela impermeabilização	0,010	1000	0,23	0,043	Pág. I.9, ITE50
Betão estrutural	0,200	2300	2	0,100	Pág. I.5, ITE50
Total	0,286			0,334	

Tabela 82 - Determinação do U do Pav5

Térreo: $z \leq 0,5m$				
A_p [m²]	P [m]	B'	$U_{(Rf=0,5)}$ [W/m². °C]	U_{bf} [W/m². °C]
62,84	7,63	16,47	0,26	0,29

ANEXO 3 – VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS, Uw

Na Tabela 83 e Tabela 84 apresenta-se a verificação regulamentar dos coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados, Uw e dos seus fatores solares para o edifício em estudo.

Tabela 83 - Verificação regulamentar do Uw para cada vão envidraçado

Vão		U's			Cumpre?
Tipo	ID	Uw	Uwdn	Uw(máx.)	
EV1	Vext 01	1,69	-	3,30	Cumpre
	Vext 02	1,78	-		Cumpre
	Vext 07	1,68	-		Cumpre
	Vext 08	1,66	-		Cumpre
	Vext 09	1,63	-		Cumpre
	Vext 10	1,83	-		Cumpre
	Vext 11	2,21	-		Cumpre
	Vext 12	2,04	-		Cumpre
	Vext 13	2,21	-		Cumpre
	Vext 14	2,21	-		Cumpre
	Vext 15	2,22	-		Cumpre
	Vext 16	2,21	-		Cumpre
	Vext 17	2,06	-		Cumpre
	Vext 19	1,97	-		Cumpre
	Vext 20	2,26	-		Cumpre
	Vext 21	2,30	-		Cumpre
	Vext 31	2,30	-		Cumpre
	Vext 33	2,53	-		Cumpre
	Vext 34	2,10	-		Cumpre
	Vext 35	1,99	-		Cumpre
	Vext 1.01	1,72	-		Cumpre
	Vext 1.16	1,72	-		Cumpre
	Vext 1.17	1,79	-		Cumpre
	Vext 1.19	2,82	-		Cumpre
	Vext 1.21	2,82	-		Cumpre
	Vext 1.24	2,82	-		Cumpre
Vext 1.27	2,82	-	Cumpre		
Vext 1.29	2,82	-	Cumpre		
Vext 1.31	2,62	-	Cumpre		
Vext 1.43	2,25	-	Cumpre		
Vext 1.44	2,04	-	Cumpre		
EV2	Vext 03	2,02	1,86	Cumpre	
	Vext 04	1,83	1,70	Cumpre	
	Vext 05	1,83	1,70	Cumpre	
	Vext 06	1,83	1,70	Cumpre	
	Vext 1.02	2,06	1,90	Cumpre	
	Vext 1.03	2,06	1,90	Cumpre	
	Vext 1.04	2,06	1,90	Cumpre	
	Vext 1.05	2,06	1,90	Cumpre	
	Vext 1.06	2,06	1,90	Cumpre	
	Vext 1.07	2,06	1,90	Cumpre	
Vext 1.08	2,06	1,90	Cumpre		

	Vext 1.09	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.10	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.11	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.12	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.13	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.14	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.15	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.18	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.20	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.22	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.23	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.25	2,06	1,90		Cumpre
	Vext 1.26	2,39	2,18		Cumpre
	Vext 1.28	2,39	2,18		Cumpre
	Vext 1.30	2,39	2,18		Cumpre
	Vext 1.42	2,03	1,88		Cumpre
EV3	Vext 18	2,02	-	3,30	Cumpre
	Vext 22	1,79	-		Cumpre
	Vext 23	2,25	-		Cumpre
	Vext 24	2,06	-		Cumpre
	Vext 25	2,06	-		Cumpre
	Vext 26	2,06	-		Cumpre
	Vext 27	2,06	-		Cumpre
	Vext 28	2,06	-		Cumpre
	Vext 29	2,24	-		Cumpre
	Vext 30	1,99	-		Cumpre
	Vext 1.32	2,10	-		Cumpre
	Vext 1.33	1,76	-		Cumpre
	Vext 1.34	2,13	-		Cumpre
	Vext 1.35	2,06	-		Cumpre
	Vext 1.36	2,62	-		Cumpre
	Vext 1.37	2,06	-		Cumpre
Vext 1.38	2,06	-	Cumpre		
Vext 1.39	2,13	-	Cumpre		
Vext 1.40	1,97	-	Cumpre		
Vext 1.41	2,62	-	Cumpre		

Tabela 84 - Verificação regulamentar do fator solar para cada vão envidraçado

Características do Vão				Verificação Regulamentar		
Tipo de vão	ID vão	Área	Orientação	gt.verificação	gT máx	Cumpre
EV1	Vext 01	14,01	S	0,11	0,35	Cumpre
	Vext 02	11,88	S	0,11	0,35	Cumpre
	Vext 07	22,14	S	0,11	0,35	Cumpre
	Vext 08	27,54	S	0,11	0,35	Cumpre
	Vext 09	36,72	S	0,11	0,35	Cumpre
	Vext 10	9,12	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 11	2,40	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 12	3,90	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 13	2,40	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 14	2,40	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 15	1,80	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 16	2,40	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 17	2,55	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext19	4,42	W	0,11	0,56	Cumpre

	Vext 20	2,40	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 21	1,92	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 31	2,00	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 33	1,08	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 34	3,38	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 35	4,16	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.01	11,07	S	0,11	0,35	Cumpre
	Vext 1.16	11,44	S	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.17	7,80	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.19	0,60	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.21	0,60	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.24	0,60	W	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.27	0,60	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.29	0,60	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.31	0,60	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.43	2,16	E	0,11	0,56	Cumpre
	Vext 1.44	4,59	E	0,11	0,56	Cumpre
EV2	Vext 03	4,05	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 04	6,75	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 05	6,75	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 06	6,75	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.02	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.03	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.04	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.05	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.06	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.07	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.08	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.09	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.10	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.11	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.12	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.13	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.14	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.15	2,55	S	0,08	0,35	Cumpre
	Vext 1.18	2,55	W	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.20	2,55	W	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.22	2,55	W	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.23	2,55	W	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.25	2,55	W	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.26	2,55	E	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.28	2,25	E	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.30	2,25	E	0,08	0,56	Cumpre
	Vext 1.42	6,240	E	0,08	0,56	Cumpre
	EV3	Vext 18	3,90	NW	-	-
Vext 22		11,89	N	-	-	NA
Vext 23		2,16	N	-	-	NA
Vext 24		2,55	N	-	-	NA

Vext 25	2,55	N	-	-	NA
Vext 26	2,55	N	-	-	NA
Vext 27	2,55	N	-	-	NA
Vext 28	2,55	N	-	-	NA
Vext 29	2,25	N	-	-	NA
Vext 30	3,42	N	-	-	NA
Vext 1.32	3,75	NW	-	-	NA
Vext 1.33	13,06	N	-	-	NA
Vext 1.34	3,06	N	-	-	NA
Vext 1.35	2,55	N	-	-	NA
Vext 1.36	0,90	N	-	-	NA
Vext 1.37	2,55	N	-	-	NA
Vext 1.38	2,55	N	-	-	NA
Vext 1.39	3,06	N	-	-	NA
Vext 1.40	4,42	N	-	-	NA
Vext 1.41	0,90	N	-	-	NA

ANEXO 4 – CÁLCULO DA INÉRCIA TÉRMICA

Solução construtiva	Área (A) [m ²]	Massa total [kg/m ²]	Massa superficial útil do elemento (Msi) [kg/m ²]	Fator de redução da massa superficial útil de um elemento (r)	A.Msi.r [kg]	Área interior útil de pavimento (Ap) [kg]	Inércia térmica (It) [kg/m ²]
Pext1	726,97	270	150	1	109045,50	2 016,57	239,4
Cobext1	171,60	11,25	11,25	1	1930,50		
Cobext2	150,72	605	150	1	22608		
Cobext3	154,94	11,25	11,25	1	1743,08		
Cobext4	58,73	11,25	11,25	1	660,71		
Pint1	27,48	190	150	1	4122		
Pint2	638	170	150	1	95700		
Pvint6	204,79	560	150	1	30718,50		
Cobint1	276,53	11,25	11,25	1	3110,96		
Cobint2	349,60	605	150	1	52440,00		
P1	31,41	605	150	1	4711,50		
Pav1	156,68	565	150	1	23502		
Pav2	244,78	565	150	1	36717		
Pav3	310,96	554,60	150	1	46644		
Pav4	264,49	565	150	1	39673,50		
Pav5	62,84	560	150	1	9426		

ANEXO 5 – VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR DOS CAUDAIS DE AR NOVO

No presente anexo apresenta-se a verificação regulamentar dos caudais de ar novo, bem como o procedimento adotado para o efeito. Na Tabela 85 começou-se por determinar os caudais de ar novo mínimos a insuflar em cada espaço segundo o método de cálculo prescritivo. Seguidamente na Tabela 86 determinou-se os caudais mínimos de extração de ar a assegurar nas instalações sanitárias públicas e privadas, bem como nos balneários, de acordo com a portaria n.º 353-A/213. Por fim, para averiguar o cumprimento do requisito, verificou-se se o caudal do projeto para cada espaço é superior ao caudal determinado pelo método prescritivo, que corresponde ao caudal mínimo de ar novo necessário a insuflar em cada espaço, como demonstrado na Tabela 87.

Tabela 85 - Determinação dos caudais de ar novo mínimos a insuflar em cada espaço

Designação do espaço	Piso	Área	Ocupação	Caudais unitários		Caudais totais		Caudal total máximo	Eficácia de Ventilação	Caudal mínimo a insuflar
				por ocupante	por área	por ocupante	por área			
				[m ³ /(h.ocupante)]	[m ³ /(h.m ²)]	[m ³ /h]	[m ³ /h]			
0.1 Arrumos	-1	11,57			2,00		23,14	23,14	0,80	28,93
0.2 Arrumos	-1	23,50			2,00		47,00	47,00	0,80	58,75
03 Caldeiras	-1	49,48			5,00		247,40	247,40	0,80	309,25
05 Garagem	-1	81,36			2,00		162,72	162,72	0,80	203,40
0.6 Arrumos	-1	11,36			2,00		22,72	22,72	0,80	28,40
0.8 Casa de Máquinas	-1	8,75			2,00		17,50	17,50		118,13
0.9 Reservatório Água	-1	13,65								184,28
1.46 Átrio ATL	0	19,20			2,00		38,40	38,40	0,80	48,00
1.44 Gabinete Diretor ATL	0	10,71	1,00	24,00	3,00	24,00	32,13	32,13	0,80	40,16
1.56 Casacos	0	4,67			2,00		9,34	9,34	0,80	11,68
1.45 Sala ATL	0	20,59	22,00	24,00	3,00	528,00	61,77	528,00	0,80	660,00
1.47 Sala ATL	0	22,41	22,00	24,00	3,00	528,00	67,23	528,00	0,80	660,00
1.51 Polivalente	0	40,23	40,00	24,00	3,00	960,00	120,69	960,00	0,80	1200,00

1.39 Apartamento_2	0	10,61			3,00		31,83	31,83	0,80	39,79
1.40 Sala_A2	0	1,40	2,00	20,00	3,00	40,00	4,20	40,00	0,80	50,00
1.41 Quarto_A2	0	16,07	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
1.35 Apartamento_1	0	6,14			3,00		18,42	18,42	0,80	23,03
1.37 Sala_A1	0	17,06	2,00	20,00	3,00	40,00	51,18	51,18	0,80	63,98
1.36 Quarto_A1	0	16,06	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
1.60 Corredor de Serviço	0	56,08			2,00		112,16	112,16	0,80	140,20
1.29 Sala de Reuniões	0	12,85	6,00	24,00	3,00	144,00	38,55	144,00	0,80	180,00
1.25 Enfermagem ERPI e Cdia	0	12,04	3,00	24,00	5,00	72,00	60,20	72,00	0,80	90,00
1.26 Gabinete Direção	0	10,00	3,00	24,00	3,00	72,00	30,00	72,00	0,80	90,00
1.28 Gabinete de Administração	0	10,00	3,00	24,00	3,00	72,00	30,00	72,00	0,80	90,00
1.27 Gabinete diretor Técnico	0	10,00	3,00	24,00	3,00	72,00	30,00	72,00	0,80	90,00
1.22 Sala de Convívio/Atividades	0	52,59	30,00	24,00	3,00	720,00	157,77	720,00	0,80	900,00
1.21 Sala de Convívio/Atividades	0	74,42	50,00	24,00	3,00	1200,00	223,26	1200,00	0,80	1500,00
1.16 Átrio/Zona de Espera	0	40,26	3,00	20,00	3,00	60,00	120,78	120,78	0,80	150,98
1.18 Sala de Refeições	0	129,09	88,00	24,00	3,00	2112,00	387,27	2112,00	0,80	2640,00
1.17 Receção	0	9,96	2,00	24,00	3,00	48,00	29,88	48,00	0,80	60,00
1.15 Corredor	0	39,62			2,00		79,24	79,24	0,80	99,05
1.13 Zona Empratamento	0	9,64			2,00		19,28	19,28	0,80	24,10
1.14 Zona de lavagem de Louça	0	14,20			2,00		28,40	28,40	0,80	35,50
1.12 Área de Congelação	0	14,25			2,00		28,50	28,50	0,80	35,63
1.11 Cozinha	0	44,99			2,00		89,98	89,98	0,80	112,48
1.10 Tubérculos	0	14,26			2,00		28,52	28,52	0,80	35,65
1,9 Despensa do dia	0	13,86			2,00		27,72	27,72	0,80	34,65
1.3 Arrumos Geral	0	18,80			5,00		94,00	94,00	0,80	117,50
1.19 Pessoal	0	10,00	4,00	24,00	3,00	96,00	30,00	96,00	0,80	120,00
1.2 Roupa Expediente	0	9,78			2,00		19,56	19,56	0,80	24,45
1.1 Lavandaria	0	23,29			5,00		116,45	116,45	0,80	145,56
165 Arr. Limpezas	0	4,98			5,00		24,90	24,90	0,80	31,13
2.52 Sala de Estar	1	20,78	10,00	24,00	3,00	240,00	62,34	240,00	0,80	300,00
2.46 Circulação	1	149,27			2,00		298,54	298,54	0,80	373,18
2.51 Quarto triplo	1	22,87	3,00	16,00		48,00		48,00	0,80	60,00
2.48 Quarto Duplo	1	16,06	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.47 Quarto Duplo	1	16,05	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.42 Quarto Duplo	1	16,04	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00

2.41 Quarto Duplo	1	16,04	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.39 Quarto Duplo	1	16,51	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.37 Quarto Duplo	1	16,01	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.36 Quarto Duplo	1	16,00	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.32 Quarto Duplo	1	16,01	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.31 Quarto Duplo	1	16,01	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.26 Quarto Duplo	1	16,00	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.24 Quarto Duplo	1	16,01	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.23 Quarto Duplo	1	16,03	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.22 Quarto Individual	1	11,11	1,00	16,00		16,00		16,00	0,80	20,00
2.19 Quarto Duplo	1	17,09	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.18 Sala de Estar	1	21,82	10,00	24,00	3,00	240,00	65,46	240,00	0,80	300,00
2.38 Arrumos	1	9,19			2,00		18,38	18,38	0,80	22,98
2.57 Preparação Medicação ERPI	1	4,92			5,00		24,60	24,60	0,80	30,75
2.29 Descanso C.Dia	1	12,01	2,00	20,00	3,00	40,00	36,03	40,00	0,80	50,00
2.2 Recepção	1	39,57	3,00	20,00	3,00	60,00	118,71	118,71	0,80	148,39
2.17 Espaço de Beleza	1	16,34	4,00	24,00	5,00	96,00	81,70	96,00	0,80	120,00
2.16 Quarto Duplo	1	16,02	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.12 Quarto Individual de casal	1	13,74	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.8 Quarto Duplo	1	16,08	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.4 Quarto Individual de casal	1	13,73	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.2 Quarto Duplo	1	16,01	2,00	16,00		32,00		32,00	0,80	40,00
2.6 Quarto Individual	1	10,38	1,00	16,00		16,00		16,00	0,80	20,00
2.7 Quarto Individual	1	10,14	1,00	16,00		16,00		16,00	0,80	20,00
2.13 Quarto triplo	1	22,06	3,00	16,00		48,00		48,00	0,80	60,00

Tabela 86 - Determinação dos caudais mínimos de extração de ar a assegurar nas instalações sanitárias e balneários

Designação do espaço	Piso	Instalações Sanitárias				Balneários			Extração I.S. + Baln. [m3/h]
		Tipo I.S.? Funcionamento?	n.º urinóis	n.º sanitas	Caudal	Funcionamento?	n.º duches	Caudal	
			un	un	[m3/h]		un	[m3/h]	
1.55 I.S.	0	Privada / Contínuo		1,00	45,00				45,00
1.48 I.S. Masc	0	Privada / Contínuo		2,00	90,00				90,00
1.50 I.S. Fem	0	Privada / Contínuo		2,00	90,00				90,00
1.54 I.S.	0	Privada / Contínuo			77,90	Contínuo	1,00	77,90	155,80
1.57 I.S. Pessoal	0	Privada / Contínuo		1,00	45,00				45,00
1.38 I.S.	0	Privada / Contínuo		1,00	53,10	Contínuo	1,00	53,10	106,20
1.30 I.S Administração	0	Privada / Contínuo		1,00	50,60				50,60
1.34 I.S.	0	Privada / Contínuo		1,00	48,70	Contínuo	1,00	48,70	97,40
1.23 I.S. Fem	0	Privada / Contínuo		4,00	180,00				180,00
1.24 I.S. Masc	0	Privada / Contínuo	1,00	3,00	180,00				180,00
1.31 I.S. Def	0	Pública		1,00	90,00	Contínuo	1,00	45,00	135,00
1.32 I.S. Def	0	Pública		1,00	90,00	Contínuo	1,00	45,00	135,00
1.8 Vestiários/Balneários Masc	0	Privada / Contínuo	1,00	1,00	90,00	Contínuo	1,00	75,40	165,40
1.7 Vestiários/Balneários Fem	0	Privada / Contínuo		2,00	113,80	Contínuo	2,00	113,80	227,60
I.S.	0	Privada / Contínuo		1,00	50,00	Contínuo	1,00	50,00	100,00
2.50 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	70,80	Contínuo	1,00	70,80	141,60
2.44 Sujos	1					Contínuo	1,00	61,20	61,20
2.49 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	68,40	Contínuo	1,00	68,40	136,80
2.43 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	68,40	Contínuo	1,00	68,40	136,80
2.40 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	68,40	Contínuo	1,00	68,40	136,80
2.34 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	68,40	Contínuo	1,00	68,40	136,80
2.30 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	68,40	Contínuo	1,00	68,40	136,80
2.25 I.S	1	Privada / Contínuo		1,00	68,40	Contínuo	1,00	68,40	136,80
2.21 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	52,80	Contínuo	1,00	52,80	105,60
2.35 Banhos de Ajudados I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	115,60	Contínuo	1,00	115,60	231,20
2.33 I.S.	1					Contínuo	1,00	62,40	62,40
2.56 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	45,00				45,00
2.55 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	58,50	Contínuo	1,00	58,50	117,00

2.14 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	48,30	Contínuo	1,00	48,30	96,60
2.15 Sujos	1					Contínuo	1,00	45,00	45,00
2.11 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	52,80	Contínuo	1,00	52,80	105,60
2.10 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	51,70	Contínuo	1,00	51,70	103,40
2.1 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	52,20	Contínuo	1,00	52,20	104,40
2.3 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	52,30	Contínuo	1,00	52,30	104,60
2.5 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	71,60	Contínuo	1,00	71,60	143,20
2.9 I.S.	1	Privada / Contínuo		1,00	61,80	Contínuo	1,00	61,80	123,60

Tabela 87 - Averiguação do cumprimento dos requisitos referentes aos caudais de ar novo determinados

Projeto				
Designação do espaço	Ar Novo [m3/h]	Ar Extração [m3/h]	Ref.^a Equip.	Cumpre?
0.1 Arrumos		30,00	VE -1.1	
0.2 Arrumos		60,00	VE -1.1	
03 Caldeiras		320,00	VE -1.1	
04 Silo Depósito de pellets				
05 Garagem	600,00	205,00	GE / GI	Ok
0.6 Arrumos		30,00	VE -1.1	
0.7 Escada				
0.8 Casa de Maquinas		120,00	VE -1.1	
0.9 Reservatório Água		190,00	VE -1.1	
1.46 Átrio ATL	50,00		UTAN 2.0	Ok
1.44 Gabinete Director ATL	50,00		UTAN 2.0	Ok
1.56 Casacos				
1.55 I.S.		50,00	VE IS 2.1	
1.45 Sala ATL	660,00	580,00	UTAN 2.0	Ok
1.47 Sala ATL	660,00	580,00	UTAN 2.0	Ok
1.51 Polivalente	1 200,00	1 150,00	UTAN 2.0	Ok
1.48 I.S. Masc		90,00	VE IS 2.1	
1.50 I.S. Fem		90,00	VE IS 2.1	
1.54 I.S.		80,00	VE IS 2.1	
1.57 I.S. Pessoal		45,00	VE IS 2.1	
1.38 I.S.		145,00	VE IS 2.1	

1.39 Apartamento_2	40,00		UTAN 2.0	Ok
1.40 Sala_A2	65,00		UTAN 2.0	Ok
1.41 Quarto_A2	40,00		UTAN 2.0	Ok
1.30 I.S Administração		55,00	VE IS 2.1	
1.35 Apartamento_1	45,00		UTAN 2.0	Ok
1.34 I.S.		150,00	VE IS 2.1	
1.37 Sala_A1	65,00		UTAN 2.0	Ok
1.36 Quarto_A1	40,00		UTAN 2.0	Ok
1.60 Corredor de Serviço		95,00	UTAN 2.0	
1.42 Escada				
1.29 Sala de Reuniões	180,00		UTAN 2.0	Ok
1.23 I.S. Fem		180,00	VE IS 2.1	
1.24 I.S. Masc		180,00	VE IS 2.1	
1.31 I.S. Def		135,00	VE IS 2.1	
1.32 I.S. Def		135,00	VE IS 2.1	
1.25 Enfermagem ERPI e Cdia	90,00		UTAN 2.0	Ok
1.26 Gabinete Direção	90,00		UTAN 2.0	Ok
1.28 Gabinete de Administração	90,00		UTAN 2.0	Ok
1.27 Gabinete diretor Técnico	90,00		UTAN 2.0	Ok
1.20 Elevador				
1.22 Sala de Convívio/Atividades	900,00	900,00	UTAN 2.0	Ok
1.21 Sala de Convívio/Atividades	1 500,00	1 500,00	UTAN 2.0	Ok
1.43 Escada de Evacuação				
1.16 Átrio/Zona de Espera	155,00		UTAN 2.0	Ok
1.18 Sala de Refeições	2 650,00	2 650,00	UTAN 2.0	Ok
1.17 Recepção	60,00	50,00	UTAN 2.0	Ok
1.15 Corredor	820,00		UTAN 2.0	Ok
1.13 Zona Empratamento			COZ	
1.14 Zona de lavagem de Loiça			COZ	
1.12 Área de Congelação			COZ	
1.11 Cozinha			COZ	
1.10 Tubérculos			COZ	
1,9 Despensa do dia			COZ	
1.8 Vestiários/Balneários Masc		170,00	VE IS 2.1	
1.7 Vestiários/Balneários Fem		230,00	VE IS 2.1	

I.S.		100,00	VE IS 2.1	
1.3 Arrumos Geral		120,00	VE 1.1	
1.19 Pessoal	120,00		UTAN 2.0	Ok
1.2 Roupas Expediente				
1.1 Lavandaria		150,00	VE 1.1	
1.5 MQ Lavar				
165 Arr. Limpezas e Produtos Químicos		50,00	VE 1.1	
1.45 Escada				
2.52 Sala de Estar	300,00	300,00	UTAN 2.1	Ok
2.46 Circulação	685,00		UTAN 2.1	Ok
2.51 Quarto triplo	60,00		UTAN 2.1	Ok
2.50 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.44 Sujos		80,00	UTAN 2.1	
2.49 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.43 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.40 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.34 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.30 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.25 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.48 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.47 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.42 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.41 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.39 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.37 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.36 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.32 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.31 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.26 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.24 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.23 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.21 I.S.		110,00	UTAN 2.1	
2.22 Quarto Individual	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.19 Quarto Duplo	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.18 Sala de Estar	300,00	300,00	UTAN 2.1	Ok

Circulação				
2.38 Arrumos		50,00	UTAN 2.1	
2.57 Preparação Medicação ERPI	50,00	50,00	UTAN 2.1	
2.35 Banhos de Ajudados I.S.		240,00	UTAN 2.1	
2.33 I.S.		75,00	UTAN 2.1	
2.29 Descanso C.Dia	50,00		UTAN 2.1	Ok
2.56 I.S.		45,00	UTAN 2.1	
2.28 Escadas de Evacuação				
2.27 Elevador				
2.2 Recepção	200,00		UTAN 2.1	Ok
2.55 I.S.		120,00	UTAN 2.1	
2.17 Espaço de Beleza	120,00		UTAN 2.1	Ok
2.16 Quarto Duplo	100,00		UTAN 2.1	Ok
2.14 I.S.		100,00	UTAN 2.1	
2.15 Sujos		45,00	UTAN 2.1	
2.12 Quarto Individual de casal	110,00		UTAN 2.1	Ok
2.11 I.S.		110,00	UTAN 2.1	
2.8 Quarto Duplo	105,00		UTAN 2.1	Ok
2.10 I.S.		105,00	UTAN 2.1	
2.4 Quarto Individual de casal	105,00		UTAN 2.1	Ok
2.1 I.S.		105,00	UTAN 2.1	
2.3 I.S.		105,00	UTAN 2.1	
2.2 Quarto Duplo	105,00		UTAN 2.1	Ok
2.6 Quarto Individual	75,00		UTAN 2.1	Ok
2.5 I.S.		150,00	UTAN 2.1	
2.7 Quarto Individual	75,00		UTAN 2.1	Ok
2.9 I.S.		125,00	UTAN 2.1	
2.13 Quarto triplo	125,00		UTAN 2.1	Ok

ANEXO 6 – VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Tabela 88 - Verificação da conformidade regulamentar referente à iluminação

Local	Piso	Área	Iluminância Projeto (Em)	Iluminância EN 12464-1	Ref. ^a EN 12464-1	Máximo	Cumpre?
0.1 Arrumos	-1	11,57	110,00	100,00	5.4.1	130,00	Ok
0.2 Arrumos	-1	23.50	130.00	100.00	5.4.1	130.00	Ok
0.6 Arrumos	-1	11.36	117.00	100.00	5.4.1	130.00	Ok
0.7 Escada	-1	17.92	110.00	100.00	5.1.2	130.00	Ok
0.8 Casa de Máquinas	-1	8.75	120.00	200.00	5.3.1	260.00	Ok
03 Caldeiras	-1	49.48	123.00	200.00	5.3.1	260.00	Ok
05 Garagem	-1	81.36	59.10	75.00	5.34.4	97.50	Ok
1.9 Despensa do dia	0	13.86	96.20	100.00	5.4.1	130.00	Ok
1.1 Lavandaria	0	23.29	383.00	300.00	5.16.3	390.00	Ok
1.10 Tubérculos	0	14.26	466.00	500.00	5.29.2	650.00	Ok
1.11 Cozinha	0	44.99	564.00	500.00	5.29.2	650.00	Ok
1.12 Área de Congelamento	0	14.25	94.80	100.00	5.4.1	130.00	Ok
1.13 Zona Empratamento	0	9.64	461.00	500.00	5.29.2	650.00	Ok
1.14 Zona de lavagem de	0	14.20	473.00	500.00	5.29.2	650.00	Ok
1.15 Corredor zona limpa	0	39.62	116.00	100.00	5.1.1	130.00	Ok
1.16 Átrio/Zona de Espera	0	40.26	257.00	200.00	5.37.5	260.00	Ok
1.17 Receção	0	12.99	314.00	300.00	5.26.6	390.00	Ok
1.18 Sala de Refeições	0	129.09	204.00	200.00	5.2.1	260.00	Ok
1.19 Pessoal	0	10.00	210.00	300.00	5.38.2	390.00	Ok
1.2 Roupa Exediente	0	9.78	330.00	300.00	5.16.2	390.00	Ok
1.21 Sala de	0	74.42	200.00	200.00	5.37.6	260.00	Ok
1.22 Sala de	0	52.59	222.00	200.00	5.37.6	260.00	Ok
1.23 I.S. Fem	0	14.72	260.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.24 I.S. Masc	0	11.74	245.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.25 Enfermagem ERPI e	0	12.04	471.00	500.00	5.2.6	650.00	Ok
1.26 Gabinete Direção	0	10.00	474.00	500.00	5.38.1	650.00	Ok
1.27 Gabinete diretor	0	10.00	473.00	500.00	5.38.1	650.00	Ok
1.28 Gabinete de	0	10.00	473.00	500.00	5.38.1	650.00	Ok
1.29 Sala de Reuniões	0	12.85	566.00	500.00	5.26.5	650.00	Ok
1.3 Arrumos Geral	0	18.80	130.00	100.00	5.4.1	130.00	Ok
1.30 I.S. Administração	0	5.06	214.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.31 I.S. Def	0	2.71	178.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.32 I.S. Def	0	2.70	260.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.34 I.S.	0	4.87	236.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.37 Apartamento 1	0	23.20	213.00	200.00	5.37.6	260.00	Ok
1.36 Quarto A1	0	16.06	85.80	100.00	5.2.2	130.00	Ok
1.38 I.S.	0	5.31	231.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.39 Apartamento 2	0	27.38	203.00	200.00	5.37.6	260.00	Ok
1.41 Quarto A2	0	16.07	84.60	100.00	5.2.2	130.00	Ok
1.44 Gabinete Diretor ATI	0	10.71	477.00	500.00	5.38.1	650.00	Ok
Escadaria 2 (2.45)	1	17.74	125.00	100.00	5.1.2	130.00	Ok
Escadas (1.42)	1	17.68	99.60	100.00	5.1.2	130.00	Ok
1.45 Sala ATI	0	20.59	249.00	300.00	5.35.1	390.00	Ok
1.46 Átrio ATI	0	19.20	119.00	100.00	5.28.1	130.00	Ok
1.47 Sala ATI	0	22.41	222.00	300.00	5.35.1	390.00	Ok
1.48 I.S. Masc	0	5.38	195.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.5 MO Lavar	0	10.49	316.00	300.00	5.16.2	390.00	Ok
1.50 I.S. Fem	0	5.22	195.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.51 Polivalente	0	40.23	260.00	300.00	5.35.1	390.00	Ok
1.54 I.S.	0	7.79	228.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.55 I.S.	0	4.39	202.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.56 Casacos	0	4.67	196.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.57 I.S. Pessoal	0	3.69	226.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.60 Corredor de Serviço	0	56.08	119.00	100.00	5.1.1	130.00	Ok

1.7 Vestiários/Balneários	0	11.38	256.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.8 Vestiários/Balneários	0	7.54	171.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
I.S.1	0	1.58	238.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
I.S.2	0	1.53	255.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
I.S.3	0	1.57	256.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
1.6 Arr. Limpezas e Produtos	0	4.98	118.00	100.00	5.4.1	130.00	Ok
2.1 I.S.	1	5.22	227.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.10 I.S.	1	5.17	230.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.11 I.S.	1	5.28	227.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.12 Quarto Individual de	1	13.74	98.50	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.13 Quarto triplo	1	22.06	127.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.14 I.S.	1	4.83	227.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.15 Suícos	1	3.51	80.70	100.00	5.4.1	130.00	Ok
2.16 Quarto Duplo	1	16.02	93.80	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.17 Espaço de Beleza	1	16.34	390.00	500.00	5.14.1	650.00	Ok
2.18 Sala de Estar	1	21.82	245.00	300.00	5.38.2	390.00	Ok
2.19 Quarto Duplo	1	17.09	86.10	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.2 Quarto Duplo	1	16.01	88.30	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.20 Recepção	1	39.57	236.00	200.00	5.37.1	260.00	Ok
2.21 I.S.	1	5.28	228.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.22 Quarto Individual	1	11.11	122.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.23 Quarto Duplo	1	16.03	85.70	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.24 Quarto Duplo	1	16.01	85.90	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.25 I.S.	1	6.84	197.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.26 Quarto Duplo	1	16.00	85.60	100.00	5.2.2	130.00	Ok
Escadaria 1 (2.28)	1	17.92	121.00	100.00	5.1.2	130.00	Ok
Escada de evacuação (1.43)	1	17.93	122.00	100.00	5.1.2	130.00	Ok
2.29 Descanso C. Dia	1	15.25	189.00	200.00	5.37.6	260.00	Ok
2.3 I.S.	1	5.23	228.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.30 I.S.	1	6.84	196.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.31 Quarto Duplo	1	16.01	86.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.32 Quarto Duplo	1	16.01	86.20	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.33 I.S.	1	6.24	228.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.34 I.S.	1	6.84	195.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.35 Banhos de Ajudados	1	11.56	300.00	300.00	5.45.5	390.00	Ok
2.36 Quarto Duplo	1	16.00	86.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.37 Quarto Duplo	1	16.01	86.40	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.38 Arrumos	1	9.19	129.00	100.00	5.4.1	130.00	Ok
2.39 Quarto Duplo	1	16.00	84.50	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.4 Quarto Individual de	1	13.73	99.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.40 I.S.	1	6.84	196.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.41 Quarto Duplo	1	16.04	86.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.42 Quarto Duplo	1	16.04	85.90	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.43 I.S.	1	6.84	198.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.44 Suícos	1	6.12	113.00	100.00	5.4.1	130.00	Ok
2.46 Circulação	1	149.27	93.80	100.00	5.1.1	130.00	Ok
2.47 Quarto Duplo	1	16.05	86.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.48 Quarto Duplo	1	16.06	85.80	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.49 I.S.	1	6.84	216.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.5 I.S.	1	7.16	188.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.50 I.S.	1	7.08	217.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.51 Quarto triplo	1	22.87	123.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.52 Sala de Estar	1	20.78	254.00	300.00	5.38.2	390.00	Ok
2.55 I.S.	1	5.85	213.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.56 I.S.	1	2.30	223.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok
2.57 Preparação Medicção	1	4.92	458.00	500.00	5.49.1	650.00	Ok
2.6 Quarto Individual	1	10.38	124.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.7 Quarto Individual	1	10.14	126.00	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.8 Quarto Duplo	1	16.08	88.20	100.00	5.2.2	130.00	Ok
2.9 I.S.	1	6.18	211.00	200.00	5.2.4	260.00	Ok

Tabela 89 - Verificação da conformidade regulamentar referente à densidade de potência

Local	Piso	DPI (máx.) [(W/m ²)/100lux]	Ref. ^a Tabela I.28 17-A/2016	Pot. Total Instalada	DPI [W/m ²]	DPI/ Em*100	Cumpre?
0.1 Arrumos	-1	3,40	Armazéns	23,20	1,80	1,64	Ok
0.2 Arrumos	-1	3,40	Armazéns	34,00	1,30	1,00	Ok
0.6 Arrumos	-1	3,40	Armazéns	23,20	1,84	1,57	Ok
0.7 Escada	-1	3,80	Escadas	36,00	1,45	1,31	Ok
0.8 Casa de Máquinas	-1	3,40	Salas técnicas (centros de dados fotocópias e similares)	23,20	2,39	1,99	Ok
03 Caldeiras	-1	3,40	Salas técnicas (centros de dados fotocópias e similares)	68,00	1,24	1,01	Ok
05 Garagem	-1	3,40	Parques de estacionamento interiores	49,70	0,55	0,93	Ok
1.9 Despensa do dia	0	3,40	Armazéns	23,20	1,51	1,57	Ok
1.1 Lavandaria	0	3,40	Salas técnicas (centros de dados fotocópias e similares)	102,00	3,94	1,03	Ok
1.10 Tubérculos	0	3,40	Cozinhas	99,40	6,27	1,35	Ok
1.11 Cozinha	0	3,40	Cozinhas	298,20	5,97	1,06	Ok
1.12 Área de Congelamento	0	3,40	Armazéns	23,20	1,47	1,55	Ok
1.13 Zona Empratamento	0	3,40	Cozinhas	68,00	6,35	1,38	Ok
1.14 Zona de lavagem de Loiça	0	3,40	Cozinhas	99,40	6,30	1,33	Ok
1.15 Corredor	0	3,80	Corredores	110,00	2,00	1,72	Ok
1.16 Átrio/Zona de Espera	0	3,80	Hall/Entradas	133,00	2,38	0,93	Ok
1.17 Recepção	0	2,40	Escritório individual 1-6 pessoas	78,00	4,86	1,55	Ok
1.18 Sala de Refeições	0	3,80	Salas de refeições (exceto restaurantes)	312,00	1,74	0,85	Ok
1.19 Pessoal	0	2,40	Escritório individual 1-6 pessoas	39,00	3,16	1,50	Ok
1.2 Roupas Expediente	0	3,40	Salas técnicas (centros de dados fotocópias e similares)	49,70	4,57	1,39	Ok
1.21 Sala de Convívio/Atividades	0	2,40	Salas de reuniões/conferências/auditórios	195,00	1,89	0,94	Ok
1.22 Sala de Convívio/Atividades	0	2,40	Salas de reuniões/conferências/auditórios	156,00	2,14	0,96	Ok
1.23 I.S. Fem	0	3,80	Instalações sanitárias	84,00	4,11	1,58	Ok
1.24 I.S. Masc	0	3,80	Instalações sanitárias	56,00	3,43	1,40	Ok

1.25 Enfermagem ERPI e Cdia	0	2,40	Salas de exames/tratamento (1)	94,00	7,81	1,66	Ok
1.26 Gabinete Direção	0	2,40	Escritório individual 1-6 pessoas	94,00	7,61	1,61	Ok
1.27 Gabinete diretor Técnico	0	2,40	Escritório individual 1-6 pessoas	94,00	7,61	1,61	Ok
1.28 Gabinete de Administração	0	2,40	Escritório individual 1-6 pessoas	94,00	7,61	1,61	Ok
1.29 Sala de Reuniões	0	2,40	Salas de reuniões/conferências/auditórios	156,00	8,74	1,54	Ok
1.3 Arrumos Geral	0	3,40	Armazéns	46,40	2,22	1,71	Ok
1.30 I.S Administração	0	3,80	Instalações sanitárias	28,00	3,98	1,86	Ok
1.31 I.S. Def	0	3,80	Instalações sanitárias	14,00	3,72	2,09	Ok
1.32 I.S. Def	0	3,80	Instalações sanitárias	25,00	6,67	2,56	Ok
1.34 I.S.	0	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,98	2,11	Ok
1.37 Apartamento_1	0	2,40	Salas de leitura	96,00	2,98	1,40	Ok
1.36 Quarto_A1	0	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
1.38 I.S.	0	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,57	1,98	Ok
1.39 Apartamento_2	0	2,40	Salas de leitura	96,00	2,52	1,24	Ok
1.41 Quarto_A2	0	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,06	Ok
1.44 Gabinete Dir,ATL	0	2,40	Escritório individual 1-6 pessoas	94,00	7,11	1,49	Ok
Escadaria 2 (2.45)	1	3,80	Escadas	36,00	1,46	1,17	Ok
Escadas (1.42)	1	3,80	Escadas	36,00	1,47	1,47	Ok
1.45 Sala ATL	0	2,40	Salas de aula	78,00	2,73	1,10	Ok
1.46 Átrio ATL	0	3,80	Salas de espera	55,00	2,06	1,73	Ok
1.47 Sala ATL	0	2,40	Salas de aula	78,00	2,51	1,13	Ok
1.48 I.S. Masc	0	3,80	Instalações sanitárias	25,00	3,35	1,72	Ok
1.5 MQ Lavar	0	3,40	Salas técnicas (centros de dados fotocópias e similares)	49,70	4,26	1,35	Ok
1.50 I.S. Fem	0	3,80	Instalações sanitárias	25,00	3,45	1,77	Ok
1.51 Polivalente	0	2,40	Salas de aula	156,00	2,79	1,07	Ok
1.54 I.S.	0	3,80	Instalações sanitárias	38,00	3,51	1,54	Ok
1.55 I.S.	0	3,80	Instalações sanitárias	19,00	3,34	1,66	Ok
1.56 Casacos	0	3,40	Armazéns	19,00	3,66	1,87	Ok
1.57 I.S. Pessoal	0	3,80	Instalações sanitárias	25,00	4,88	2,16	Ok
1.60 Corredor de Serviço	0	3,40	Armazéns	165,00	2,65	2,23	Ok
1.7 Balneários Fem	0	3,80	Instalações sanitárias	48,00	3,04	1,19	Ok
1.8 Balneários Masc	0	3,80	Instalações sanitárias	24,00	2,29	1,34	Ok

I.S 1	0	3,80	Instalações sanitárias	14,00	6,38	2,68	Ok
I.S 2	0	3,80	Instalações sanitárias	14,00	6,59	2,58	Ok
I.S 3	0	3,80	Instalações sanitárias	14,00	6,42	2,51	Ok
1.6 Arr. Limpezas	0	3,40	Armazéns	14,00	2,53	2,14	Ok
2.1 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,65	2,05	Ok
2.10 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,69	2,04	Ok
2.11 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,60	2,02	Ok
2.12 Quarto Individual de casal	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	1,05	1,06	Ok
2.13 Quarto triplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	40,00	1,31	1,03	Ok
2.14 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	5,02	2,21	Ok
2.15 Sujos	1	3,80	Instalações sanitárias	11,00	2,26	2,80	Ok
2.16 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	0,96	Ok
2.17 Espaço de Beleza	1	2,40	Salas de exames/tratamento (1)	103,20	6,32	1,62	Ok
2.18 Sala de Estar	1	2,40	Salas de leitura	68,80	2,27	0,93	Ok
2.19 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,84	0,98	Ok
2.2 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,02	Ok
2.20 Recepção	1	3,80	Salas de espera	137,60	2,50	1,06	Ok
2.21 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,60	2,02	Ok
2.22 Quarto Individual	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	1,30	1,06	Ok
2.23 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
2.24 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
2.25 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,55	1,80	Ok
2.26 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
Escadaria 1 (2.28)	1	3,80	Escadas	36,00	1,45	1,20	Ok
Escada de evacuação (1.43)	1	3,80	Escadas	54,00	2,17	1,78	Ok
2.29 Descanso C.Dia	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	47,00	2,22	1,17	Ok
2.3 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,64	2,03	Ok
2.30 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,55	1,81	Ok
2.31 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
2.32 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,04	Ok
2.33 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,89	1,71	Ok
2.34 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,55	1,82	Ok

2.35 Banhos de Ajudados I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	58,70	3,66	1,22	Ok
2.36 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
2.37 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,04	Ok
2.38 Arrumos	1	3,40	Armazéns	23,20	2,27	1,76	Ok
2.39 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,07	Ok
2.4 Quarto Individual de casal	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	1,05	1,06	Ok
2.40 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,55	1,81	Ok
2.41 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,04	Ok
2.42 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
2.43 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,55	1,79	Ok
2.44 Sujos	1	3,80	Instalações sanitárias	18,00	2,12	1,87	Ok
2.46 Circulação	1	3,80	Corredores	99,00	0,48	0,51	Ok
2.47 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,04	Ok
2.48 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,05	Ok
2.49 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,55	1,64	Ok
2.5 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,39	1,80	Ok
2.50 I.S	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,43	1,58	Ok
2.51 Quarto triplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	40,00	1,26	1,02	Ok
2.52 Sala de Estar	1	2,40	Salas de leitura	96,00	3,33	1,31	Ok
2.55 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	4,15	1,95	Ok
2.56 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	19,00	5,95	2,67	Ok
2.57 Preparação Medicação ERPI	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	48,00	7,02	1,53	Ok
2.6 Quarto Individual	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	1,39	1,12	Ok
2.7 Quarto Individual	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	1,42	1,13	Ok
2.8 Quarto Duplo	1	3,80	Enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais (3)	20,00	0,90	1,02	Ok
2.9 I.S.	1	3,80	Instalações sanitárias	33,70	3,93	1,86	Ok

ANEXO 7 – PERFIS DE UTILIZAÇÃO

Perfis de utilização CATL

➤ Perfil de Ocupação

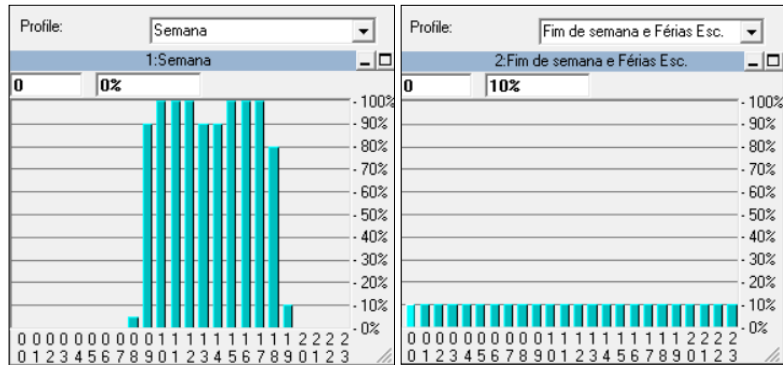


Figura 59 - Perfis de ocupação considerados para o CATL

➤ Perfil de Equipamentos

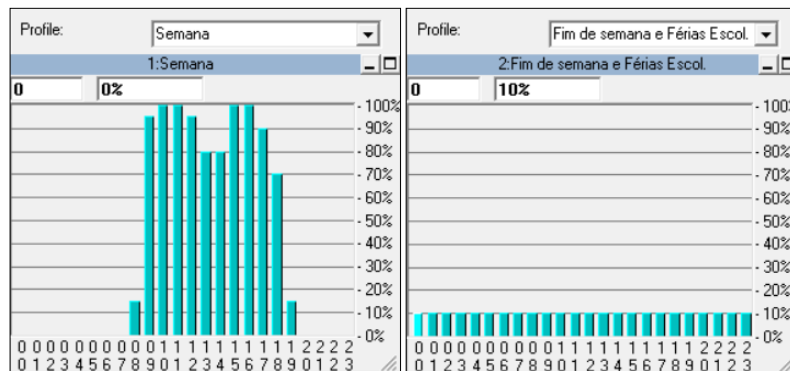


Figura 60 - Perfis de equipamentos considerados para o CATL

➤ Perfil de Iluminação

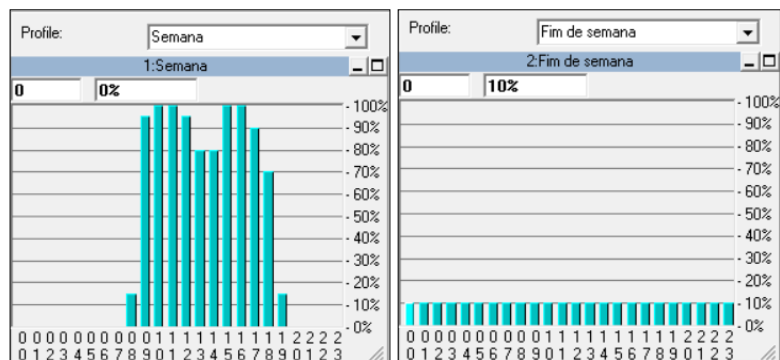


Figura 61 - Perfis de equipamentos considerados para o CATL

Perfis de utilização

➤ Lavandaria

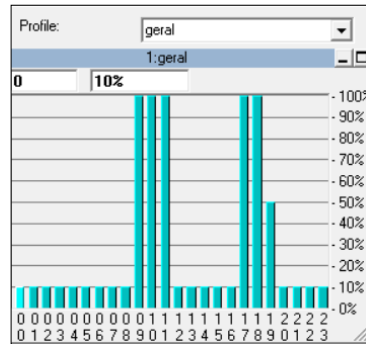


Figura 62 - Perfil de utilização considerado para a lavandaria

➤ Cozinha

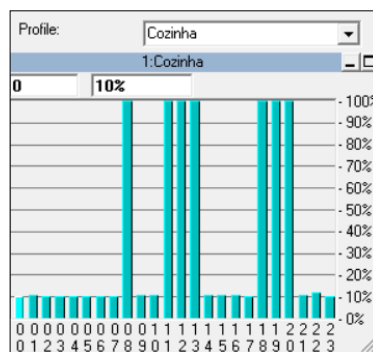


Figura 63 - Perfil de utilização considerado para a cozinha

Perfis ventilação/termóstato

➤ ERPI

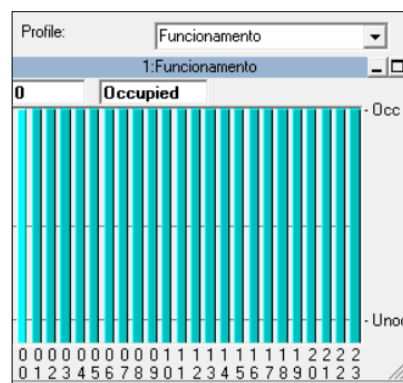


Figura 64 - Perfil de ventilação/termóstato considerado no ERPI

ANEXO 8 – DADOS DE ENTRADA NO CAMPO “ROOFS”

HAP51 - [Consumos_Meruge_previsto_14.06.2021]

Project Edit View Reports Wizards Documentation Help

Consumos_Meruge_previsto_14.06.2021

Roof Overall U-va... Overall Wei...

Roof	Overall U-va...	Overall Wei...
<New default Roof>		
Cobext1	0.291	667.1
Cobext2	0.309	675.5
Cobext3	0.300	757.8
Cobext4	0.318	766.5
Cobext5	0.299	697.1
Cobext6	0.302	599.1
Cobext7	0.433	607.5

Roof Properties - [Cobext1]

Roof Assembly Name: Cobext1

Outside Surface Color: Medium

Absorptivity: 0.675

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²K)/W	Weight kg/m²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,10000	0,0
Placa de gesso cartonad	15,000	750,0	0,86	0,06000	11,3
Caixa de ar	300,000	1,2	1,00	0,18000	0,4
Laje de betão	250,000	2300,0	1,00	0,12500	575,0
Tela asfáltica	10,000	1000,0	0,92	0,04300	10,0
Isolamento XPS	100,000	25,0	1,42	2,70300	2,5
Seixos do rio	40,000	1700,0	0,80	0,18000	68,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,04000	0,0
Totals	715,000			3,43	667,1

Overall U-Value: 0.291W/(m²K)

Figura 68 - Layout HAP: introdução no HAP das coberturas exteriores

a) Roof Properties - [Cobext2]

Roof Assembly Name: Cobext2

Outside Surface Color: Medium

Absorptivity: 0.675

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²K)/W	Weight kg/m²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,10000	0,0
Estuque gesso tradicional	20,000	1000,0	0,88	0,05000	20,0
Laje de betão	250,000	2300,0	1,00	0,12500	575,0
Tela asfáltica	10,000	1000,0	0,92	0,04300	10,0
Isolamento XPS	100,000	25,0	1,42	2,70300	2,5
Seixos do rio/granito	40,000	1700,0	0,80	0,18000	68,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,04000	0,0
Totals	420,000			3,24	675,5

Overall U-Value: 0.309W/(m²K)

b) Roof Properties - [Cobext3]

Roof Assembly Name: Cobext3

Outside Surface Color: Medium

Absorptivity: 0.675

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²K)/W	Weight kg/m²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,10000	0,0
placa de gesso cartonad	15,000	750,0	0,88	0,06000	11,3
Air space	300,000	0,0	1,00	0,18000	0,0
Laje de betão	250,000	2300,0	1,00	0,12500	575,0
Tela asfáltica	10,000	1000,0	0,92	0,04300	10,0
Isolamento XPS	100,000	25,0	1,42	2,70300	2,5
Betão leve	60,000	1400,0	1,00	0,07100	84,0
Laje de granito	30,000	2500,0	0,84	0,01100	75,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,04000	0,0
Totals	765,000			3,33	757,8

Overall U-Value: 0.300W/(m²K)

Figura 69 - Layout HAP: (a) Constituição da cobertura, Cobext2 e (b) Constituição da cobertura, Cobext3

a) Roof Properties - [Cobext4]

Roof Assembly Name: Cobext4

Outside Surface Color: Medium

Absorptivity: 0.675

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²K)/W	Weight kg/m²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,10000	0,0
Etuque gesso tradicional	20,000	1000,0	0,95	0,05000	20,0
Laje de betão	250,000	2300,0	0,84	0,12500	575,0
Tela asfáltica	10,000	1000,0	0,92	0,04300	10,0
Isolamento XPS	100,000	25,0	1,42	2,70300	2,5
Betão leve	60,000	1400,0	0,84	0,07100	84,0
Laje granito	30,000	2500,0	0,84	0,01100	75,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,04000	0,0
Totals	470,000			3,14	766,5

Overall U-Value: 0.318W/(m²K)

b) Roof Properties - [Cobext5]

Roof Assembly Name: Cobext5

Outside Surface Color: Medium

Absorptivity: 0.675

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m²K)/W	Weight kg/m²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,10000	0,0
Placa de gesso cartonad	15,000	750,0	0,95	0,06000	11,3
Caixa de ar	300,000	1,2	1,00	0,18000	0,4
Laje de betão	250,000	2300,0	0,84	0,12500	575,0
Tela asfáltica	10,000	1000,0	0,92	0,04300	10,0
Isolamento XPS	100,000	25,0	1,42	2,70300	2,5
Betão leve	60,000	1400,0	0,84	0,07100	84,0
Material cerâmico	10,000	1400,0	0,92	0,01700	14,0
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,04000	0,0
Totals	745,000			3,34	697,1

Overall U-Value: 0.299W/(m²K)

Figura 70 - Layout HAP: (a) Constituição da cobertura, Cobext4 e (b) Constituição da cobertura, Cobext5

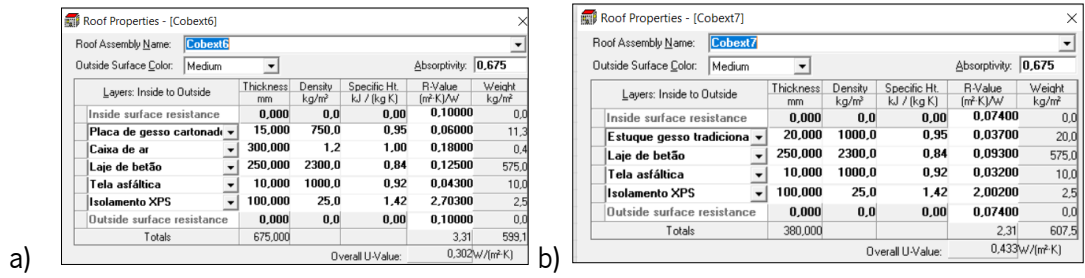


Figura 71 - Layout HAP: (a) Constituição da cobertura, Cobext6 e (b) Constituição da cobertura, Cobext7

ANEXO 9 – MEDIDA ALTERNATIVA: SISTEMAS VRF

No presente anexo, apresentam-se todos os sistemas VRF previstos na implementação desta medida, bem como o respetivo código de cores, representado na Tabela 90.

Tabela 90 - Código de cores considerado na legenda dos sistemas VRF

	Legenda	Código de cores
Sistema 1	Salas de convívio piso 0 + salas de estar piso 1	Azul
Sistema 2	ATL	Rosa
Sistema 3	Espaços do piso 0	Vermelho
Sistema 4	Espaços piso 1	Laranja
Sistema 5	Espaços piso 1	Verde

Piso 0:



Figura 72 - Sistemas VRF 1,2 e 3 presentes no piso 0

Piso 1:

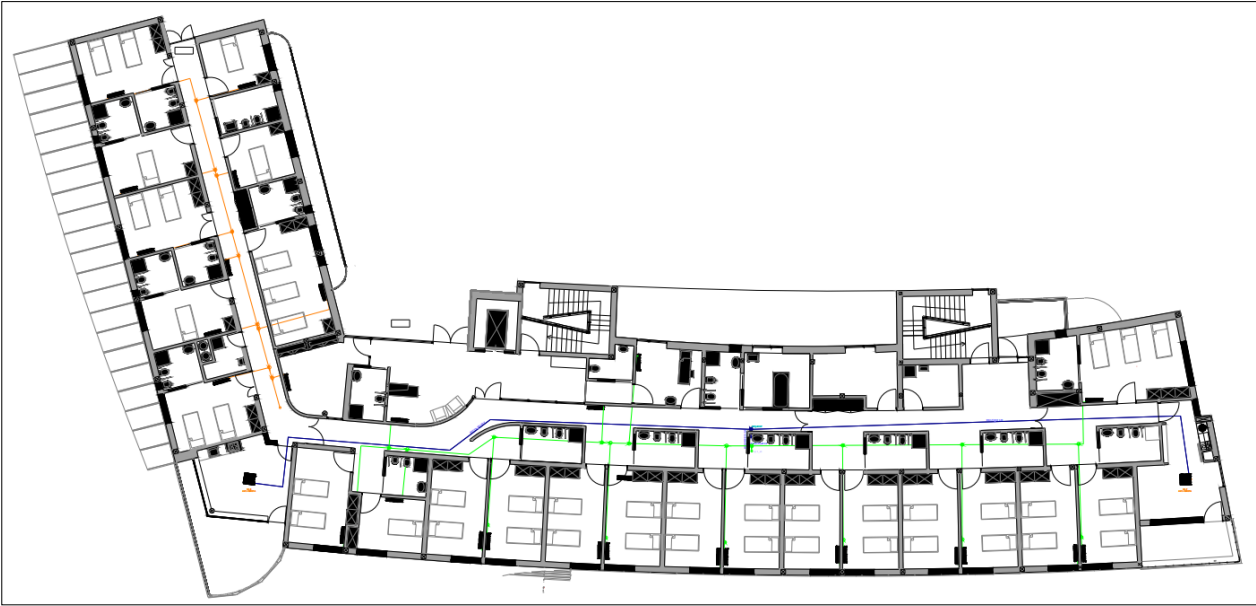


Figura 73 - Sistemas VRF 1, 4 e 5 presentes no piso 1