



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hélder Filipe Ferreira Pereira

**Análise da Zona Administrativa de um
Edifício Industrial à luz do RECS**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Hélder Filipe Ferreira Pereira

**Análise da Zona Administrativa de um
Edifício Industrial à luz do RECS**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica

Área de especialização em Tecnologias Energéticas e

Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor Doutor Pedro Alexandre Moreira Lobarinhas

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-NãoComercial

CC BY-NC

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

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Pedro Lobarinhas, pela disponibilidade, sugestões e partilha de conhecimentos que foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

À empresa Tykhe, pela oportunidade dada para realizar este projeto nas suas instalações e pela disponibilização de todos os meios e condições para a sua elaboração.

Aos meus colegas de estágio, ao Gonçalo e ao Sérgio, por toda a ajuda e companheirismo.

À minha família, especialmente aos meus pais, por todos os sacrifícios, apoio e confiança depositada em mim.

A todos os meus colegas que me auxiliaram ao longo do meu percurso académico.

Por fim, um especial agradecimento à minha namorada, pelo amor, apoio e paciência ao longo desta jornada. Foste o meu pilar na fase mais desafiante da minha vida, onde a tua presença me deu força para seguir em frente.

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

O setor dos edifícios é responsável por uma parcela significativa do consumo total de energia da Europa e, em resultado da crescente sensibilização para as questões ambientais, a União Europeia estabeleceu ambiciosas metas energéticas que exigem que os edifícios melhorem progressivamente a sua eficiência energética, adotem fontes de energia renovável e implementem tecnologias inovadoras.

Foi neste contexto que surgiu a oportunidade de desenvolver esta dissertação, cujo principal objetivo é a análise da zona administrativa de uma carpintaria à luz do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), bem como estudo do seu comportamento térmico, com o intuito de identificar possíveis medidas de melhoria que conduzam a uma redução do consumo de energia, dos custos operacionais e do impacto ambiental associado ao funcionamento do edifício. Este projeto foi realizado em parceria com a Tykhe, uma empresa especializada na prestação de serviços de engenharia, que disponibilizou um caso de estudo e auxiliou na execução do projeto.

Em primeiro lugar, procedeu-se à descrição do edifício e avaliou-se a conformidade regulamentar das soluções construtivas e dos sistemas técnicos à luz do RECS. De seguida, através do *software* HAP (*Hourly Analysis Program*), realizou-se uma simulação dinâmica multizona que permitiu obter as cargas térmicas críticas e dimensionar das unidades interiores e exteriores de climatização. Posteriormente, com base nas características dos equipamentos de climatização previstos, conduziu-se uma nova simulação dinâmica multizona para determinar os consumos de energia do edifício, resultando num consumo total de 58793,77 kWh/ano. Constatou-se que os três maiores consumidores anuais de energia são os equipamentos elétricos internos (38,7%), seguidos pelos sistemas de iluminação (21,6%) e pelas unidades de climatização do tipo VRF (17,5%). A classe energética alcançada foi a classe C, inferior à classe mínima obrigatória (B) para edifícios de comércio e serviços novos.

Por fim, de forma a melhorar o desempenho energético do edifício, foram analisadas três medidas de melhoria: a utilização de vãos envidraçados mais eficientes, a instalação de um sistema de produção fotovoltaica e a implementação de sistemas de ventilação que possibilitem o *free cooling*. Concluiu-se que, sobretudo as duas primeiras medidas, têm um impacto significativo na redução dos consumos de energia e na melhoria no desempenho energético do edifício, obtendo-se uma classe energética B através da aplicação conjunta das três medidas de melhoria.

Palavras-Chave

RECS; Cargas térmicas; Consumo de energia; Classe energética; Medidas de melhoria

ABSTRACT

The building sector is responsible for a significant portion of Europe's total energy consumption, and because of the growing awareness of environmental issues, the European Union has set ambitious energy targets that require buildings to progressively improve their energy efficiency, adopt renewable energy sources, and implement innovative technologies.

It was in this context that the opportunity to develop this dissertation arose, whose main objective is to analyse the administrative area of a carpentry workshop in light of the Regulation on the Energy Performance of Commercial and Services Buildings (RECS), as well as to study its thermal behaviour, with the aim of identifying possible improvement measures that lead to a reduction in energy consumption, operational costs and the environmental impact associated with the building's operation. This project was carried out in partnership with Tykhe, a company specialized in providing engineering services, which provided a case study and assisted in the project's execution.

First, the building was described, and the regulatory compliance of the construction solutions and technical systems was evaluated in accordance with RECS. Then, using the HAP (Hourly Analysis Program) software, a dynamic multizone simulation was conducted to obtain critical thermal loads and to size the indoor and outdoor air conditioning units. Subsequently, based on the characteristics of the planned air conditioning equipment, a new dynamic multizone simulation was conducted to determine the building's energy consumption, resulting in a total consumption of 58793,77 kWh/year. It was observed that the three largest annual energy consumers are internal electrical equipment (38,7%), followed by lighting systems (21,6%) and variable refrigerant flow air conditioning units (17,5%). The energy class achieved was class C, lower than the mandatory minimum class (B) for new commercial and services buildings.

Finally, to improve the building's energy performance, three improvement measures were analysed: the use of more efficient glazed openings, the installation of a photovoltaic production system, and the implementation of ventilation systems that allow for free cooling. It was concluded that, primarily the first two measures, have a significant impact on reducing energy consumption and improving the energy performance of the building, resulting in an energy class B when all three improvement measures are applied together.

Keywords

RECS; Thermal loads; Energy consumption; Energy class; Improvement measures

ÍNDICE

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Símbolos.....	xx
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos do projeto.....	2
1.2. Apresentação da empresa.....	3
1.3. Guia de leitura.....	3
2. Requisitos dos edifícios de comércio e serviços.....	5
2.1. Evolução do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.....	5
2.2. Âmbito de aplicação.....	7
2.3. Requisitos da envolvente opaca.....	8
2.4. Requisitos da envolvente envidraçada.....	9
2.4.1. Coeficiente de transmissão térmica máximo.....	9
2.4.2. Fator solar máximo.....	10
2.5. Requisitos dos sistemas de ventilação.....	11
2.5.1. Caudais mínimos de ar novo.....	12
2.5.1.1. Critério de ocupação.....	12
2.5.1.2. Critério do edifício.....	13
2.5.2. Caudais mínimos de extração.....	14
2.5.3. Equipamentos.....	15
2.6. Requisitos dos sistemas de iluminação.....	16

2.6.1.	Iluminância	16
2.6.2.	Densidade de potência	17
2.6.3.	Controlo	18
2.7.	Requisitos das instalações de elevação	18
2.8.	Requisitos das tubagens, condutas, acessórios e depósitos.....	18
2.9.	Requisitos dos indicadores de eficiência energética.....	20
3.	Caracterização do edifício.....	21
3.1.	Descrição do edifício	21
3.2.	Zoneamento climático	22
3.2.1.	Zona climática de inverno	23
3.2.2.	Zona climática de verão	24
3.3.	Caracterização dos espaços interiores	25
3.4.	Delimitação da envolvente	28
3.4.1.	Temperatura dos espaços interiores não úteis.....	30
3.5.	Envolvente opaca	31
3.5.1.	Envolvente exterior.....	32
3.5.2.	Envolvente interior	33
3.5.3.	Envolvente em contacto com o solo	36
3.5.4.	Pontes térmicas lineares.....	38
3.5.5.	Inércia térmica	39
3.6.	Envolvente envidraçada	40
3.6.1.	Coeficiente de transmissão térmica.....	41
3.6.2.	Fator solar	43
3.6.2.1.	Fatores de obstrução da radiação solar	45
3.7.	Sistemas de ventilação	47
3.8.	Sistemas de iluminação.....	52
3.9.	Instalações de elevação.....	53

3.10.	Sistemas de climatização.....	54
3.11.	Sistemas de preparação de AQS.....	55
4.	Simulação do desempenho térmico do edifício	56
4.1.	<i>Software</i> de simulação	56
4.2.	Determinação das cargas térmicas	57
4.2.1.	Dados climáticos	58
4.2.2.	Perfis de utilização.....	59
4.2.3.	Introdução dos dados para definir a envolvente opaca e envidraçada.....	61
4.2.4.	Dados necessários para a caracterização dos espaços	63
4.2.5.	Definição das características dos sistemas de climatização e ventilação	68
4.2.6.	Cargas térmicas obtidas	72
4.2.7.	Dimensionamento dos equipamentos de climatização	74
4.3.	Cálculo do consumo energético	75
4.3.1.	Consumos do edifício previsto.....	76
4.3.2.	Consumos do edifício de referência.....	78
4.3.3.	Consumos energéticos obtidos para os edifícios previsto e de referência	79
4.4.	Determinação da classe energética do edifício	83
4.4.1.	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S.....	84
4.4.2.	Indicador de eficiência energética previsto renovável	85
4.4.3.	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S.....	86
4.4.4.	Classe energética obtida.....	87
4.5.	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços e indicador de eficiência energética fóssil do tipo S.....	88
5.	Estudo de medidas de melhoria	90
5.1.	Alteração dos vãos envidraçados	90
5.2.	Instalação de painéis solares fotovoltaicos	94
5.3.	Utilização de sistemas de ventilação que permitam o “free cooling”	101

5.4. Implementação em conjunto das medidas de melhoria	104
6. Considerações finais	107
6.1. Conclusões	107
6.2. Trabalhos futuros	109
Referências Bibliográficas	111
Anexo 1. Funções mínimas dos sistemas de iluminação.....	115
Anexo 2. Coeficiente de redução	116
Anexo 3. Delimitação da envolvente	117
Anexo 4. Envolvente opaca	119
Anexo 5. Inércia térmica do edifício.....	128
Anexo 6. Inércia térmica dos espaços	131
Anexo 7. Fichas técnicas dos vidros	133
Anexo 8. Ficha técnica da caixilharia	135
Anexo 9. Verificação do requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo	136
Anexo 10. Verificação do requisito do fator solar máximo.....	137
Anexo 11. Caudais mínimos e de projeto de ar novo	141
Anexo 12. Caudais mínimos e de projeto de extração	144
Anexo 13. Fichas técnicas dos equipamentos de ventilação.....	147
Anexo 14. Densidade de potência de iluminação	161
Anexo 15. Ficha técnica do elevador	163
Anexo 16. Ficha técnica da bomba de calor	165
Anexo 17. Perfis de utilização	166
Anexo 18. Dimensionamento e características dos sistemas de climatização	173
Anexo 19. Consumos de energia do edifício previsto.....	176
Anexo 20. Caudais de ar novo e de extração a considerar no edifício de referência	181
Anexo 21. Consumos de energia do edifício de referência	183

Anexo 22. MM1 – Fichas técnicas dos vidros e verificação regulamentar	185
Anexo 23. Custo inicial dos sistemas fotovoltaicos	192

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [9].	7
Figura 2 – Orientações sem requisitos ao nível do fator solar dos envidraçados [13].	11
Figura 3 – Modelo 3D do edifício em estudo.	21
Figura 4 – Planta do piso 1.	22
Figura 5 – Planta do piso 2.	22
Figura 6 – Espaços interiores não úteis do piso 1.	28
Figura 7 – Espaços interiores não úteis do piso 2.	28
Figura 8 – Trama para a marcação dos pavimentos (a) e marcação das coberturas (b) [12].	29
Figura 9 – Mapa de suscetibilidade ao radão [19].	38
Figura 10 – Representação do fator solar [22].	43
Figura 11 – Exemplo de palas horizontais e verticais.	46
Figura 12 – Localização e orientação dos vãos envidraçados do piso 1.	47
Figura 13 – Localização e orientação dos vãos envidraçados do piso 2.	47
Figura 14 – Tipo de UTAN utilizada para ventilação do edifício.	50
Figura 15 – Rede de condutas e equipamentos de ventilação do piso 1.	50
Figura 16 – Rede de condutas e equipamentos de ventilação do piso 2.	51
Figura 17 – (a) VRF e (b) cassete de quatro vias utilizada para climatização do edifício.	54
Figura 18 – Interface do HAP (<i>Hourly Analysis Program</i>).	56
Figura 19 – Aspeto da folha de cálculo SCE.CLIMA_v1.0 utilizada para obter o ficheiro climático em função da localização do edifício.	58
Figura 20 – (a) Dados geográficos e climáticos para os meses críticos, (b) temperaturas mensais máximas e mínimas de bolbo seco e bolbo húmido (c) valores mensais máximos de radiação solar por orientação e (d) importação do ficheiro climático no formato <i>EnergyPlus Weather</i> .	59
Figura 21 – Zona de venda: Perfil de ocupação de (a) Segunda a Sábado e (b) Domingos e Feriados; Perfil de iluminação de (c) Segunda a Sábado e (d) Domingos e Feriados; Perfil de equipamentos de (e) Segunda a Sábado e (f) Domingos e Feriados; Perfil de climatização de (g) Segunda a Sábado e (h) Domingos e Feriados.	60
Figura 22 – Caracterização da parede exterior 1 no HAP.	61
Figura 23 – Caracterização do tipo de vão 1 no HAP.	62

Figura 24 – Parâmetros necessários para a caracterização de uma obstrução (a) horizontal e (b) vertical no HAP.	62
Figura 25 – Exemplo de caracterização dos sombreamentos dos vãos envidraçados no HAP.	63
Figura 26 – Parâmetros a definir na secção “General”.	63
Figura 27 – Parâmetros a definir na secção “Internals”.	64
Figura 28 – Parâmetros a definir na secção “Walls, Windows, Doors”.	65
Figura 29 – Parâmetros a definir na secção “Roofs, Skylights”.	65
Figura 30 – Parâmetros a definir na secção “Infiltration”.	66
Figura 31 – Parâmetros a definir na secção “Floors” para um pavimento (a) acima de um espaço não climatizado (ENU) e (b) em contacto com o solo.	67
Figura 32 – Parâmetros a definir na secção “Partitions”.	68
Figura 33 – Sistemas de climatização e ventilação definidos para a obtenção das cargas térmicas do edifício.	69
Figura 34 – Parâmetros a definir na secção “General”.	69
Figura 35 – Parâmetros a definir na secção “DOAS Components” relativamente (a) à eficiência de recuperação de calor, (b) ao ventilador de insuflação e (c) ao ventilador de extração.	70
Figura 36 – (a) Definição das zonas térmicas e (b) temperaturas de conforto e horário do sistema de climatização.	70
Figura 37 – Parâmetros a definir na secção “Sizing Data”.	71
Figura 38 – Parâmetros a definir na secção “Equipment”.	71
Figura 39 – Definição da potência do ventilador da cassete de quatro vias na secção “Zone Components”.	77
Figura 40 – Definição das características das unidades exteriores na secção “Equipment”.	77
Figura 41 – Necessidades de energia térmica do edifício (a) previsto e (b) de referência.	80
Figura 42 – Análise percentual da energia final consumida pelo edifício previsto para cada um dos tipos de equipamentos.	82
Figura 43 – Custo de eletricidade anual associado à utilização do edifício.	83
Figura 44 – Cobertura do edifício.	95
Figura 45 – Interface da folha de cálculo SCE.ER.	98
Figura 46 – Eficiência dos módulos fotovoltaicos ao longo dos anos [37].	99
Figura A.1 – Delimitação da envolvente ao nível das paredes do piso 1.	117
Figura A.2 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 1.	117

Figura A.3 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso 1.	117
Figura A.4 – Delimitação da envolvente ao nível das paredes do piso 2.	117
Figura A.5 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 2.	118
Figura A.6 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso 2.	118
Figura A.7 – Delimitação da envolvente no corte longitudinal.....	118
Figura A.8 – Delimitação da envolvente no corte transversal.....	118
Figura A.9 – Ficha técnica do vidro do vão envidraçado tipo 1 [41].....	133
Figura A.10 – Ficha técnica do vidro dos vãos envidraçados tipos 2 a 6 [41].	134
Figura A.11 – Ficha técnica da caixilharia dos vãos envidraçados [42].....	135
Figura A.12 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do auditório, durante o funcionamento no inverno.	147
Figura A.13 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do auditório, durante o funcionamento no verão.	148
Figura A.14 – Ficha técnica da UTAN de ventilação geral, durante o funcionamento no inverno.	149
Figura A.15 – Ficha técnica da UTAN de ventilação geral, durante o funcionamento no verão.	150
Figura A.16 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do refeitório, durante o funcionamento no inverno.	151
Figura A.17 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do refeitório, durante o funcionamento no verão.	152
Figura A.18 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do showroom, durante o funcionamento no inverno.	153
Figura A.19 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do showroom, durante o funcionamento no verão.	154
Figura A.20 – Ficha técnica do ventilador das I.S./Balneários.	155
Figura A.21 – Ficha técnica do ventilador das I.S. da zona de venda.	157
Figura A.22 – Ficha técnica do ventilador do WC privado.....	159
Figura A.23 – Ficha técnica do elevador [24].	163
Figura A.24 – Ficha técnica da bomba de calor [26].	165
Figura A.25 – Zona de escritórios: Perfil de ocupação de (a) segunda, (b) terça a sexta e (c) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (d) segunda, (e) terça a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (g) segunda, (h) terça a sexta e (i) fins de semana e feriados; Perfil de climatização de (j) segunda a sexta e (k) fins de semana e feriados.	166

Figura A.26 – Salas de reuniões: Perfil de ocupação de (a) segunda a sexta e (b) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (c) segunda a sexta e (d) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados.	167
Figura A.27 – Salas de reuniões: Perfil de ocupação de (a) segunda, (b) terça a sexta e (c) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (d) segunda, (e) terça a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (g) segunda, (h) terça a sexta e (i) fins de semana e feriados	168
Figura A.28 – Sala de conferências: Perfil de ocupação de (a) segunda a sexta e (b) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (c) segunda a sexta e (d) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de climatização de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados.	169
Figura A.29 – Sala de conferências: Perfil de ocupação de (a) segunda e (b) restantes dias da semana; Perfil de iluminação de (c) segunda e (d) restantes dias da semana; Perfil de equipamentos de (e) segunda e (f) restantes dias da semana; Perfil de climatização de (e) segunda e (f) restantes dias da semana.....	170
Figura A.30 – Refeitório: Perfil de ocupação de (a) segunda a sexta e (b) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (c) segunda a sexta e (d) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de climatização de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados.	171
Figura A.31 – Zona de convívio: Perfil de ocupação de (a) segunda, (b) terça a sexta e (c) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (d) segunda, (e) terça a sexta e (f) fins de semana e feriados.....	172
Figura A.32 – Características das máquinas exteriores de climatização.	175
Figura A.33 – Características das máquinas interiores de climatização.....	175
Figura A.34 – Temperatura da rede de abastecimento de água, retirada do <i>software</i> SCE.ER.	177
Figura A.35 – Ficha técnica do novo vidro para o vão envidraçado tipo 1 e 2 [41].....	185
Figura A.36 – Ficha técnica do novo vidro para o vão envidraçado tipo 3,4 e 5 [41].	186
Figura A.37 – Ficha técnica do novo vidro para o vão envidraçado tipo 6 [41].	187

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços, $U_{máx}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] [10].	8
Tabela 2 – Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de comércio e serviços, $U_w, máx$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] [10].	9
Tabela 3 – Fatores solares máximos admissíveis para vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares [10].	11
Tabela 4 – Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [10].	13
Tabela 5 – Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [10].	14
Tabela 6 – Caudais mínimos de extração de ar a assegurar para locais e instalações específicas [10].	15
Tabela 7 – Requisitos mínimos de eficiência para instalações de elevação [10].	18
Tabela 8 – Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [mm] [10].	19
Tabela 9 – Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios [mm] [10].	19
Tabela 10 – Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos [mm] [10].	19
Tabela 11 – Requisitos dos edifícios de comércio e serviços novos [14].	20
Tabela 12 – Zona climática de inverno [12].	23
Tabela 13 – Zona climática de verão [12].	23
Tabela 14 – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento no Grande Porto [12].	24
Tabela 15 – Parâmetros climáticos da estação de aquecimento corrigidos.	24
Tabela 16 – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento no Grande Porto [12].	25
Tabela 17 – Identificação e caracterização dos espaços para enquadramento regulamentar.	26
Tabela 18 – Cores para marcação da envolvente [12].	29
Tabela 19 – Coeficiente de redução dos ENU.	30
Tabela 20 – Temperaturas máximas e mínimas dos ENU na estação de arrefecimento e aquecimento, respetivamente.	31
Tabela 21 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior 1.	33

Tabela 22 – Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca exterior.	33
Tabela 23 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 1.	34
Tabela 24 – Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca interior.	35
Tabela 25 – Dimensões características do pavimento em contacto com o solo.	36
Tabela 26 – Cálculo da resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais, e do coeficiente de transmissão térmica.	37
Tabela 27 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com o solo....	37
Tabela 28 – Classes de inércia térmica [12].	39
Tabela 29 – Características dos diferentes tipos de vãos envidraçados do edifício.....	40
Tabela 30 – Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação vidro/caixilho [12].....	42
Tabela 31 – Coeficiente de transmissão térmica do caixilho em função do material [23].....	42
Tabela 32 – Fator solar dos diferentes tipos de vãos envidraçados do edifício.....	44
Tabela 33 – Fator de correção da seletividade angular (F_w, ν) dos envidraçados na estação de arrefecimento.	45
Tabela 34 – Áreas da fachada e da envolvente envidraçada por orientação.	46
Tabela 35 – Máquinas de ventilação, caudais mínimos de ar novo e de extração e caudais de ar novo e de extração efetivamente insuflados e exauridos em cada espaço.	48
Tabela 36 – Características dos equipamentos de ventilação.	51
Tabela 37 – Potência rejeitada pelos equipamentos de ventilação.	52
Tabela 38 – Características do elevador previsto para o edifício [24].	53
Tabela 39 – Características da bomba de calor [26].	55
Tabela 40 – Densidade de potência adotada para equipamentos elétricos [31].	64
Tabela 41 – Valores de infiltração de ar em função do tipo de fachada e caixilharia [12].....	66
Tabela 42 – Cargas térmicas críticas e necessidades de climatização efetivas.	72
Tabela 43 – Características das máquinas exteriores do tipo VRF.	75
Tabela 44 – Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T [12].	76
Tabela 45 – Alterações a efetuar ao edifício previsto para obtenção do edifício de referência [12].	78
Tabela 46 – Necessidades de climatização e de AQS do edifício previsto e do edifício de referência...	79
Tabela 47 – Energia final consumida pelo edifício previsto e pelo edifício de referência.....	81

Tabela 48 – Intervalo de valores de <i>RIEE</i> e respetiva classe energética para edifícios de comércio e serviços [12].	84
Tabela 49 – Cálculo da energia primária consumida pelo edifício previsto e de referência por tipo de energia.	87
Tabela 50 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética e classe energética correspondente.	88
Tabela 51 – Valores obtidos para o indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços e para o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S.	89
Tabela 52 – Espessura recomendada e selecionada para o vidro exterior e interior e câmara de ar para cada um dos tipos de vãos envidraçados, de acordo com as suas dimensões.	90
Tabela 53 – Características dos vidros propostos e comparação com os previstos para o edifício.	91
Tabela 54 – Impacto da utilização de vidros mais eficientes (medida de melhoria 1 – MM1) na energia final consumida e nas emissões de CO ₂ decorrentes da operação dos sistemas de climatização do edifício.	92
Tabela 55 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética após aplicação da medida de melhoria 1 (MM1) e comparação com o edifício previsto.	94
Tabela 56 – Custo inicial de cada uma das soluções propostas, considerando exclusivamente o custo dos componentes.	96
Tabela 57 – Perfil médio de consumo de energia elétrica de segunda a sexta-feira e ao fim de semana.	97
Tabela 58 – Energia produzida, disponível para autoconsumo e injetada na rede e valores dos indicadores energéticos para cada uma das soluções propostas.	98
Tabela 59 – Tempo de recuperação simples (<i>TRsimples</i>) e taxa interna de rentabilidade (TIR) de cada uma das soluções propostas.	100
Tabela 60 – Redução do consumo de energia, por sistema, em resultado da implementação de dispositivos que permitam o <i>free cooling</i> .	102
Tabela 61 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética após aplicação da medida de melhoria 3 (MM3) e comparação com o edifício previsto.	103
Tabela 62 – Impacto da utilização de vidros mais eficientes (medida de melhoria 1 – MM1) e de sistemas de ventilação que possibilitem a realização de <i>free cooling</i> (medida de melhoria 3 – MM3) na energia final consumida decorrente da operação dos sistemas de climatização do edifício.	104

Tabela 63 – Energia disponível para autoconsumo e injetada na rede, valores dos indicadores energéticos do edifício e métricas de viabilidade económica para cada uma das soluções propostas.	105
Tabela 64 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética após aplicação das medidas de melhoria, comparando-os com o edifício previsto, e verificação regulamentar dos requisitos energéticos [12], [14].	105
Tabela A.1– Funções mínimas a adotar em sistemas de iluminação de edifícios de comércio e serviços [10].....	115
Tabela A.2 – Coeficiente de redução [12].	116
Tabela A.3 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior 2.	119
Tabela A.4 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior 3.	119
Tabela A.5 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 1.....	120
Tabela A.6 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 2.....	120
Tabela A.7 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 1.....	121
Tabela A.8 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 2.....	121
Tabela A.9 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 3.....	122
Tabela A.10 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 4.....	122
Tabela A.11 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 5.....	123
Tabela A.12 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 3.....	123
Tabela A.13 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 4.....	124
Tabela A.14 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 5.....	124
Tabela A.15 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 6.....	125
Tabela A.16 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior 1.....	125
Tabela A.17 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 2.	126
Tabela A.18 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 3.	126
Tabela A.19 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 4.	127
Tabela A.20 – Cálculo da massa superficial útil da compartimentação interior 1.....	128
Tabela A.21 – Cálculo da massa superficial útil da compartimentação interior 2.....	128
Tabela A.22 – Cálculo da massa superficial útil da compartimentação interior 3.....	129
Tabela A.23 – Cálculo da massa superficial útil da ponte térmica plana 7.	129
Tabela A.24 – Cálculo da massa superficial útil da ponte térmica plana 8.	129
Tabela A.25 – Massa superficial útil e área de superfície dos elementos da envolvente opaca.....	130
Tabela A.26 – Inércia térmica dos espaços.	131

Tabela A.27 – Verificação do requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo para cada tipo de vão envidraçado.	136
Tabela A.28 – Verificação do requisito do fator solar máximo.	137
Tabela A.29 – Caudais mínimos e de projeto de ar novo.	141
Tabela A.30 – Caudais mínimos e de projeto de extração.	144
Tabela A.31 – Densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço.	161
Tabela A.32 – Necessidades de climatização efetivas por espaço para seleção das máquinas interiores e dimensionamento do VRF “UE1 – Geral”.	173
Tabela A.33 – Necessidades de climatização efetivas por espaço para seleção das máquinas interiores e dimensionamento do VRF “UE2 – Zona de Vendas”.	174
Tabela A.34 – Necessidades de climatização efetivas por espaço para seleção das máquinas interiores e dimensionamento do VRF “UE3 – Sala de Conferências”.	174
Tabela A.35 – Consumo de energia associado aos sistemas de ventilação do edifício previsto.	176
Tabela A.36 – Necessidades nominais de energia útil para AQS do edifício previsto.	177
Tabela A.37 – Consumo de energia associado à iluminação dos espaços interiores não úteis do edifício previsto.	178
Tabela A.38 – Consumo de energia associado aos sistemas de elevação do edifício previsto.	180
Tabela A.39 – Caudais de ar novo e de extração a considerar no edifício de referência.	181
Tabela A.40 – Consumo de energia associado aos sistemas de ventilação do edifício de referência.	183
Tabela A.41 – Verificação do requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo para cada tipo de vão envidraçado, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1.	188
Tabela A.42 – Verificação do requisito do fator solar máximo, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1.	188
Tabela A.43 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 13 módulos.	192
Tabela A.44 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 20 módulos.	192
Tabela A.45 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 39 módulos.	192
Tabela A.46 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 52 módulos.	193
Tabela A.47 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 59 módulos.	193
Tabela A.48 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 78 módulos.	193

LISTA DE SÍMBOLOS

Siglas, abreviaturas e acrónimos

ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
DCR	Declaração de Conformidade Regulamentar
DEE	Desempenho Energético do Edifício
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i>
SEER	<i>Seasonal Energy Efficiency Ratio</i>
ENU	Espaço interior não útil
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EU	Espaço interior útil
GES	Grande edifício de comércio e serviços
HAP	<i>Hourly Analysis Program</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NA	Não aplicável
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos
PES	Pequeno edifício de comércio e serviços
PTL	Ponte Térmica Linear
PTP	Ponte Térmica Plana
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 do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RQSECE	Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SFP	<i>Specific Fan Power</i>

UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
VRF	<i>Variable Refrigerant Flow</i>

Nomenclatura

$A_{env, fac}$	Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação, incluindo a horizontal	m^2
$A_{espaço}$	Área de pavimento do espaço	m^2
A_f	Área da caixilharia	m^2
A_{fac}	Soma das áreas da envolvente, vertical ou horizontal, com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação	m^2
A_g	Área transparente	m^2
A_W	Área do vão envidraçado	m^2
b_{ztu}	Coeficiente de redução	–
d_j	Espessura da camada j	m
DPI_{inst}	Densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço	W/m^2
$DPI_{100\ lx}$	Densidade de potência instalada no espaço, por 100 lux	$(W/m^2)/100\ lx$
$DPI_{100\ lx, máx}$	Densidade de potência instalada máxima por tipo de espaço, por 100 lux	$(W/m^2)/100\ lx$
\bar{E}_m	Iluminância média mantida no espaço	lx
$\bar{E}_{m\ req}$	Iluminância média requerida no espaço	lx
GD	Número de graus-dia	–
G_{sol}	Energia solar média incidente numa superfície horizontal ou vertical, acumulada durante a estação de arrefecimento	kWh/m^2
G_{sul}	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento	$kWh/(m^2 \cdot mês)$
$g_{tot, máx}$	Fator solar máximo	–
l_g	Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho	m
$IEE_{fóssil, S}$	Indicador de eficiência energética fóssil do tipo S	$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$
$IEE_{pr, ren}$	Indicador de eficiência energética previsto renovável	$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$

$IEE_{pr,S}$	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S	$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$
$IEE_{ref,S}$	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S	$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$
M	Duração da estação de aquecimento	<i>meses</i>
$Ren_{C\&S}$	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços	–
R_{IEE}	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços	–
U	Coeficiente de transmissão térmica	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
U_f	Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
U_g	Coeficiente de transmissão térmica da área transparente	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
$U_{m\acute{a}x}$	Coeficiente de transmissão térmica máximo	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
U_w	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, não considerando dispositivos de proteção solar	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
$U_{w,m\acute{a}x}$	Coeficiente de transmissão térmica máximo dos elementos da envolvente envidraçada	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
Q_{AN}	Caudal de ar novo	m^3/h
Q_{ANF}	Caudal de ar novo a introduzir nos espaços	m^3/h
$Q_{AN,min}$	Caudal de ar novo mínimo	m^3/h
$Q_{ext,min}$	Caudal mínimo de extração	m^3/h
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
R_{si}	Resistência térmica superficial interior	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
R_j	Resistência térmica da camada j	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
R_{tot}	Resistência térmica total	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
ε_v	Eficácia de remoção de poluentes	–
$\theta_{ext,i}$	Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento	$^\circ C$
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média na estação de arrefecimento	$^\circ C$
λ_j	Condutibilidade térmica da camada j	$W/(m \cdot ^\circ C)$
ρ	Massa volúmica	kg/m^3
ψ_g	Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho	$W/(m \cdot ^\circ C)$

1. INTRODUÇÃO

A questão das alterações climáticas emerge como uma das problemáticas mais urgentes dos nossos tempos. Assistimos a uma transformação dos padrões climáticos que ameaça a produção de alimentos e contribui para a subida do nível das águas do mar, intensificando o risco de inundações. Neste contexto, ações tornam-se imperativas e têm sido uma das prioridades da União Europeia [1], [2].

Os gases com efeito estufa são emitidos naturalmente através da superfície terrestre e desempenham um papel fundamental na manutenção das condições propícias à vida, ao impedirem que parte da irradiação solar seja refletida de volta para o espaço. Contudo, após mais de um século e meio de industrialização, desflorestação e de produção agrícola em grande escala, as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera atingiram valores históricos. Como a sua concentração está diretamente ligada à temperatura média global da Terra e a concentração destes gases tem aumentado constantemente, têm-se assistido a um significativo aumento das temperaturas médias globais desde a Revolução Industrial, culminando na última década como a mais quente desde que há registo [1].

A comunidade científica alerta que um aumento da temperatura média global superior a 2 °C em relação aos níveis pré-industriais acarreta consequências perigosas e potencialmente catastróficas para o clima e o ambiente. É neste contexto que, em 2015, foi assinado o Acordo de Paris, que visa fortalecer a resposta global à ameaça das alterações climáticas, mantendo o aumento da temperatura global abaixo dos 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e esforçando-se para limitar esse aumento a 1,5 °C [1], [2].

No âmbito do Acordo de Paris, a União Europeia comprometeu-se a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em pelo menos 55% até 2030, em comparação com os níveis de 1990, e a alcançar a neutralidade climática até 2050. Além disso, em 2018, foi estabelecida como meta uma redução do consumo de energia igual 32,5% até 2030, com base nas projeções de 2007. Já em 2023, o Parlamento e o Conselho chegaram a um acordo para impulsionar as energias renováveis, no qual foi definido que a percentagem de energia elétrica proveniente de fontes renováveis, no consumo final de energia da União Europeia, deverá aumentar para 42,5% até 2030 [2], [3].

Os edifícios são responsáveis por uma parcela significativa do consumo total de energia da Europa. Atualmente, o aquecimento e o arrefecimento dos edifícios representam cerca de 40% de todo o consumo energético na União Europeia. Por este motivo, o Parlamento Europeu está a desenvolver regulamentos destinados a melhorar o desempenho energético dos edifícios, com o objetivo de atingir um parque

imobiliário com zero emissões até 2050. Estas regras incluem estratégias de renovação, a exigência de que todos os novos edifícios da União Europeia produzam zero emissões a partir de 2030 e a instalação de painéis solares térmicos em novos edifícios [4].

É neste contexto, no setor dos edifícios, que se insere a presente dissertação. As ambiciosas metas estabelecidas pela União Europeia exigem que os edifícios vão progressivamente melhorando a sua eficiência energética, adotem fontes de energia renovável e implementem tecnologias inovadoras. A certificação energética emerge então como uma ferramenta essencial para avaliação do desempenho energético dos edifícios e identificação das áreas de melhoria, desempenhando um papel crucial na concretização dessas metas.

Assim, apesar das instalações industriais estarem isentas da emissão de certificado energético, considera-se como boa prática a verificação e aplicação dos requisitos aplicáveis à conceção de edifícios de serviços, tendo em vista a melhoria da sua eficiência energética e a diminuição das emissões de gases com efeito estufa decorrentes da sua operação [5].

1.1. OBJETIVOS DO PROJETO

O edifício que será analisado no âmbito da presente dissertação é uma carpintaria, que compreende uma zona administrativa e uma zona de produção. Por se tratar de uma instalação industrial, está isento da verificação do cumprimento de requisitos. No entanto, neste trabalho, a zona administrativa será analisada à luz do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), avaliando-se a conformidade do edifício com os requisitos impostos por este regulamento. Além disso, pretende-se avaliar o desempenho energético e os indicadores de eficiência energética do edifício, a fim de identificar oportunidades para tornar o edifício mais eficiente. Isso pode ser alcançado por meio da implementação de medidas de melhoria, tanto ao nível das soluções construtivas, quanto dos sistemas técnicos.

Com a realização deste trabalho pretende-se adquirir e aprofundar conhecimentos sobre:

- Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e legislação em vigor;
- Simulação dinâmica multizona, através da utilização de um *software* acreditado pela norma ASHRAE 140, para estudo do comportamento térmico do edifício;
- Análise energética de edifícios, ao nível do consumo de energia e dos indicadores de eficiência energética;
- Implementação de soluções construtivas e sistemas técnicos mais eficientes, que contribuam para a redução do consumo de energia dos edifícios e para a diminuição das emissões de gases com efeito estufa decorrentes do seu funcionamento.

Em suma, este trabalho tem como objetivos a verificação do cumprimento dos requisitos e a análise do comportamento térmico da zona administrativa do edifício, com o intuito de identificar possíveis medidas de melhoria que conduzam a uma redução do consumo de energia, dos custos operacionais e do impacto ambiental associado ao funcionamento do edifício.

1.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Tykhe é uma empresa especializada na prestação de serviços de engenharia no âmbito das instalações técnicas, abrangendo diversos setores de mercado, tais como: hospitalar, industrial, ensino, edifícios públicos e de serviços, hotelaria, espaços comerciais e habitação. Os serviços prestados englobam:

- Execução de projetos nas especialidades de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), instalações hidráulicas, sistemas de desenfumagem, sistemas de Gestão Técnica Centralizada (GTC) e sistemas solares térmicos;
- Manutenção de instalações técnicas;
- Consultoria, auditorias técnicas e certificação energética;
- Coordenação e fiscalização de obra;
- Planeamento, preparação e gestão de obra.

A empresa dá preferência à utilização da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) para a conceção e desenvolvimento dos projetos, uma vez que esta abordagem proporciona maior fiabilidade na execução dos projetos e na sua coordenação [6].

Tendo em conta que o tema da dissertação está relacionado com a certificação energética, este vai de encontro com os serviços prestados pela Tykhe. Desta forma, a empresa disponibilizou um caso de estudo real e auxiliou na execução do projeto em todas as fases de desenvolvimento.

1.3. GUIA DE LEITURA

O presente relatório está organizado em seis capítulos: introdução, requisitos dos edifícios de comércio e serviços, caracterização do edifício, simulação do desempenho térmico do edifício, estudo de medidas de melhoria e, por fim, as considerações finais.

No primeiro capítulo, realiza-se uma breve contextualização sobre as metas estabelecidas pela União Europeia para a redução das emissões de gases com efeito estufa, relacionando-as com a importância da certificação energética dos edifícios. De seguida, indicam-se os objetivos do projeto e apresenta-se a empresa que disponibilizou um caso de estudo para a elaboração deste trabalho.

O segundo capítulo resume a evolução legislativa do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e define o seu âmbito de aplicação. Além disso, apresentam-se os principais requisitos que os edifícios devem cumprir de acordo com o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), nomeadamente ao nível da envolvente opaca e envidraçada, dos sistemas de ventilação e iluminação, bem como os requisitos relacionados com as instalações de elevação, com as tubagens, condutas, acessórios e depósitos e com os indicadores de eficiência energética.

No terceiro capítulo, são fornecidas todas as informações necessárias para uma completa caracterização do edifício ao mesmo tempo que se verifica o seu cumprimento regulamentar. Inicialmente, descreve-se o edifício, incluindo o tipo de utilização, o zonamento climático e a caracterização dos espaços interiores. De seguida, delimita-se e analisa-se a envolvente opaca e envidraçada do edifício. No final deste capítulo, apresentam-se os sistemas de ventilação, iluminação, elevação, climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS) previstos para o edifício.

O quarto capítulo começa com a apresentação do *software* utilizado para realizar a simulação dinâmica do edifício, explicando as suas funcionalidades e características. Posteriormente, são apresentados os parâmetros a definir para a obtenção das cargas térmicas críticas, que permitem o dimensionamento das unidades exteriores e interiores de climatização. Por fim, determina-se o consumo de energia do edifício, necessário ao cálculo da classe energética do edifício, do indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços e do indicador de eficiência energética fóssil do tipo S.

No quinto capítulo, analisam-se as medidas de melhoria propostas com o objetivo de reduzir o consumo de energia do edifício e garantir o cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho energético. Propõe-se a utilização de vãos envidraçados mais eficientes, a instalação de um sistema de produção fotovoltaica e a implementação de sistemas de ventilação que possibilitem o *free cooling*.

No sexto e último capítulo, são apresentadas as principais conclusões retiradas da elaboração desta dissertação, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2. REQUISITOS DOS EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS

Neste capítulo é apresentada a evolução legislativa do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), juntamente com o seu âmbito de aplicação. Adicionalmente, são indicados os principais requisitos que os edifícios devem cumprir no contexto do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [5].

2.1. EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

Os edifícios construídos até 1990 em Portugal não eram obrigados a cumprir requisitos relacionados com os elementos da envolvente opaca, da envolvente envidraçada, bem como com os equipamentos de produção de águas quentes sanitárias (AQS) e climatização. No entanto, nesse mesmo ano foi publicado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), por meio do Decreto-Lei n.º 40/1990, que impôs requisitos para garantir a qualidade térmica da envolvente de edifícios novos e renovados, a fim de proporcionar condições de conforto térmico sem um consumo excessivo de energia.

Todavia, para garantir o conforto térmico e a qualidade do ar interior (QAI) são necessários meios de ventilação, aquecimento, arrefecimento, humidificação e desumidificação. Por esta razão, em 1992, foi publicado o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE), através do Decreto-Lei n.º 156/92. Esse regulamento tinha como objetivo estabelecer regras para o dimensionamento e para a instalação de sistemas de climatização em edifícios. No entanto, este decreto nunca chegou a ser aplicado, mas foi alterado, dando origem ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) por meio do Decreto-Lei n.º 118/98.

Apesar da sociedade estar ciente da necessidade de melhorar a eficiência energética dos edifícios, no final do século XX, na União Europeia, mais de 40% do consumo de energia final era proveniente do setor dos edifícios. Este facto levou à publicação da Diretiva Comunitária 2002/91/CE, conhecida como EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*), que foi transposta por todos os Estados-Membros e estabeleceu requisitos ao nível de:

- a) Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- b) Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios;

- c) Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a significantes obras de renovação;
- d) Certificação energética dos edifícios;
- e) Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

A transposição, obrigatória, da diretiva comunitária para o direito nacional efetivou-se 4 anos depois, por meio da publicação de 3 peças legislativas [7]:

- Decreto-Lei n.º 78/2006: Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI);
- Decreto-Lei n.º 79/2006: Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e substitui o Decreto-Lei n.º 118/98;
- Decreto-Lei n.º 80/2006: Aprova o regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) que revoga o Decreto-Lei n.º 40/1990.

Na transposição supramencionada, Portugal foi além das exigências da diretiva EPBD ao impor a garantia de boa QAI nos edifícios de serviços por meio do RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006). Para além disso, esta transposição introduziu a verificação dos requisitos da diretiva EPBD numa fase anterior à construção, por meio da Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR) (Decreto-Lei n.º 78/2006), apesar da diretiva apenas exigir a verificação do cumprimento dos requisitos antes da emissão da licença de utilização [8].

Em 2010, a Comissão Europeia publicou a primeira revisão da Diretiva Comunitária 2002/91/CE, a Diretiva 2010/31/UE, que continuou a promover a certificação energética dos edifícios e a melhoria dos requisitos. Como resultado desta republicação, foi emitida uma nova transposição para o direito nacional, resultando no Decreto-Lei n.º 118/2013, apoiado por sete portarias e catorze despachos, que inclui o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [7].

Já em 2018, foi publicada a segunda revisão da Diretiva Comunitária 2002/91/CE, a Diretiva 2018/844/UE, que alterou a Diretiva 2010/31/UE [9].

Mais recentemente, em 2020, foi publicado o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, que transpõe a Diretiva 2018/844/UE e parcialmente a Diretiva 2019/944/UE. Este decreto, que apenas entrou em vigor em 2021, apoiado por quatro portarias e sete despachos, estabelece requisitos aplicáveis à

conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de promover a melhoria do desempenho energético por meio da modernização e renovação, além de regular o SCE [5], [9].

A Figura 1 apresenta de forma esquemática a evolução do sistema legislativo nacional no que diz respeito ao SCE.

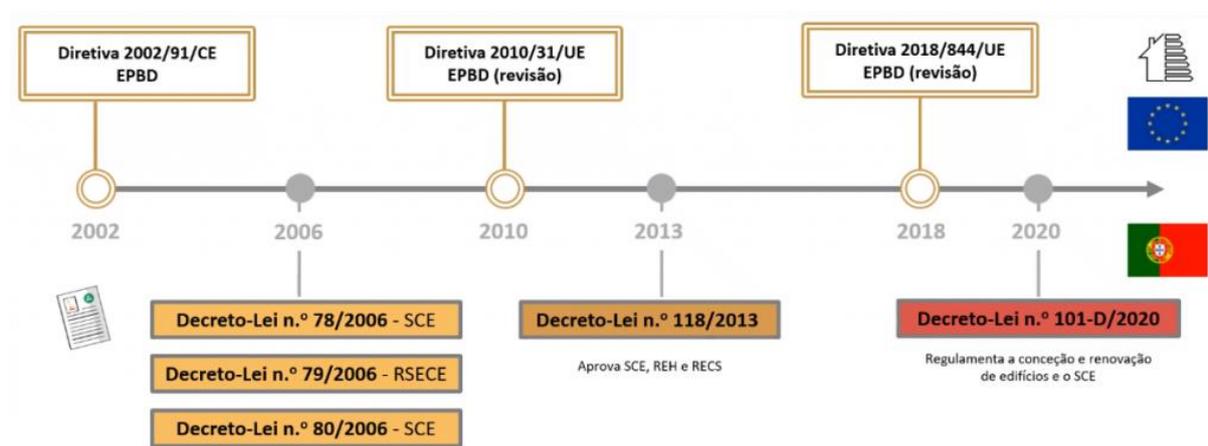


Figura 1 – Evolução do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios [9].

2.2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O Decreto-Lei n.º 101-D/2020, para além de estabelecer requisitos para melhorar o desempenho energético dos edifícios, define quais as tipologias de edifícios sujeitas ou isentas do cumprimento desses requisitos, conforme apresentado a seguir [5].

Sujeitos ao cumprimento de requisitos:

- Edifícios novos;
- Edifícios sujeitos a renovação;
- Edifícios sujeitos a grande renovação.

Isentos do cumprimento de requisitos:

- Instalações industriais, pecuárias ou agrícolas não residenciais;
- Oficinas sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente destinado ao conforto humano;
- Edifícios utilizados como locais de culto, nomeadamente igrejas, sinagogas, mesquitas e templos;
- Edifícios exclusivamente destinados a estacionamento não climatizados;
- Armazéns em que a presença humana, real ou prevista, não ocorra por mais de duas horas em cada dia ou não represente uma ocupação superior a 0,025 pessoas/m².

Como o edifício em análise pertence à categoria de instalação industrial está isento do cumprimento de requisitos. No entanto, é importante mencionar que, no contexto desta dissertação, a zona administrativa do edifício será avaliada de acordo com os requisitos do RECS.

2.3. REQUISITOS DA ENVOLVENTE OPACA

A Portaria n.º 138-I/2021 estabelece os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente opaca de edifícios novos ou renovados. Estes requisitos dependem da zona climática de inverno e são tão mais rigorosos quanto mais adversa for a estação de aquecimento da localidade onde se insere o edifício.

No caso de edifícios de comércio e serviços, é estabelecido que o coeficiente de transmissão térmica (U) dos elementos da envolvente opaca não pode exceder os valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços, $U_{m\acute{a}x}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] [10].

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona Climática		
Tipo de elemento		Condição fronteira	I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,70	0,60	0,50
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{ztu} > 0,7$	0,50	0,45	0,40
Zona de pontes térmicas planas	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{ztu} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{ztu} > 0,7$	1,25	1,00	0,90

Analisando a Tabela 1, observa-se a presença de requisitos específicos para os elementos com condição fronteira exterior e condição fronteira interior com coeficiente de redução (b_{ztu}) superior a 0,7. Elementos com condição fronteira exterior são aqueles que separam um espaço interior útil (EU) do ambiente exterior, enquanto elementos com condição fronteira interior separam um espaço interior útil de um espaço interior não útil (ENU). Além disso, é possível constatar que há requisitos distintos para os diferentes tipos de elementos, ou seja, para a zona corrente da envolvente e para as zonas de pontes térmicas planas (PTP).

A zona corrente da envolvente engloba as paredes, pavimentos e coberturas do edifício, enquanto as PTP são descontinuidades inseridas em zonas correntes da envolvente, como pilares, vigas ou caixas de estores.

Com o aumento do isolamento térmico na envolvente opaca, as PTP tornam-se ainda mais relevantes. Isso ocorre porque caso haja uma descontinuidade, os ganhos e as perdas de calor terão tendência a ocorrer nessas zonas, prejudicando negativamente o desempenho energético do edifício (DEE) [11].

Na avaliação do DEE, no que diz respeito à consideração das PTP, é necessário realizar uma caracterização detalhada no caso de edifícios novos. Por outro lado, nos edifícios sujeitos a intervenções, é possível considerar um aumento de 35% no valor do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca onde se inserem as PTP [12].

No entanto, importa salientar que os edifícios de comércio e serviços estão isentos do cumprimento dos requisitos referentes aos coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca estabelecidos anteriormente, desde que a soma de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente seja inferior à obtida ao cumprir tais requisitos [10].

2.4. REQUISITOS DA ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

A Portaria n.º 138-I/2021 estabelece igualmente requisitos mínimos para a envolvente envidraçada, tanto em termos do coeficiente de transmissão térmica máximo ($U_{w,máx}$) como do fator solar máximo ($g_{tot,máx}$).

2.4.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA MÁXIMO

O coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, não considerando dispositivos de proteção solar (U_w), não pode exceder os valores indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficientes de transmissão térmica máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de comércio e serviços, $U_{w,máx}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] [10].

Tipo de edifício	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Edifício de comércio e serviços	3,30		

2.4.2. FATOR SOLAR MÁXIMO

Os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior e ganhos solares estão sujeitos a requisitos relativamente ao $g_{tot,máx}$, devendo ser verificado o cumprimento da Equação (1) [10].

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,máx} \quad (1)$$

Em que:

g_{tot} → Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados;

F_o → Fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, designadamente palas, varandas, outros corpos ou partes de um edifício;

F_f → Fator de sombreamento por elementos opacos verticais adjacentes ao envidraçado, designadamente palas, outros corpos ou partes de um edifício;

g_{tot} → Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, obtido na Tabela 3;

No caso particular de, nos grandes edifícios de comércio e serviços (GES), a área dos vãos envidraçados por orientação ser superior a 30% da área da fachada por orientação, é necessário verificar o cumprimento do requisito estabelecido na Equação (2) [10].

$$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,máx} \cdot \frac{0,30}{\frac{A_{env,fac}}{A_{fac}}} \quad (2)$$

Em que:

$A_{env,fac}$ → Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação, incluindo a horizontal [m^2];

A_{fac} → Soma das áreas da envolvente, vertical ou horizontal, com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares dos espaços interiores úteis por orientação [m^2].

Posto isto, o valor de $g_{tot,máx}$ depende não apenas da área dos vãos envidraçados e da fachada por orientação, mas também da zona climática de verão. O requisito mais rigoroso é aplicado em localidades onde estação de arrefecimento é mais adversa, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Fatores solares máximos admissíveis para vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares [10].

Tipo de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática		
		V1	V2	V3
Edifício de comércio e serviços	Fraca, média ou forte	0,56		0,50

No entanto, é importante mencionar que, conforme ilustrado na Figura 2, os vãos orientados ao quadrante norte, inclusive, encontram-se isentos do cumprimento dos requisitos relativos ao $g_{tot,máx}$ [10].

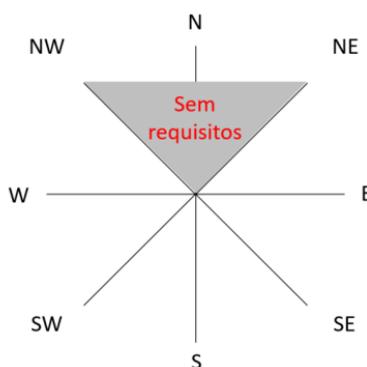


Figura 2 – Orientações sem requisitos ao nível do fator solar dos envidraçados [13].

Adicionalmente, e à semelhança do que acontece com os requisitos da envolvente opaca, os vãos envidraçados dos edifícios de comércio e serviços estão isentos do cumprimento de requisitos, desde que o somatório de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente seja inferior ao obtido considerando o cumprimento dos requisitos previstos anteriormente [10].

2.5. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

O dimensionamento adequado dos sistemas de ventilação visa melhorar a qualidade do ar interior (QAI), enquanto se minimizam os consumos de energia associados. Nesse sentido, a Portaria n.º 138-I/2021 estabelece requisitos relativamente aos caudais mínimos de ar novo e de extração, sendo o ar novo o ar que é captado no exterior e introduzido nos espaços e o ar de extração o ar que é necessário retirar dos espaços. Adicionalmente, a presente portaria impõe também requisitos para os equipamentos de ventilação [10].

Existem três tipos de sistemas de ventilação: natural, mecânica e mista. O sistema de ventilação natural consiste em componentes que garantem, em média, a renovação do ar apenas através dos efeitos

da diferença de temperatura e ação do vento, sem a necessidade de sistemas mecânicos. A ventilação mecânica utiliza equipamentos que promovem a renovação do ar interior por meio da extração e/ou insuflação de ar. Já os sistemas de ventilação mista são uma combinação dos sistemas de ventilação natural e mecânica. [12]

2.5.1. CAUDAIS MÍNIMOS DE AR NOVO

A Portaria n.º 138-I/2021 estabelece que os espaços dos edifícios de comércio e serviços devem apresentar um caudal de ar novo (Q_{AN}) igual ou superior ao caudal de ar novo mínimo ($Q_{AN,min}$), determinado em função dos critérios de ocupação e do edifício, de acordo com a condição da Equação (3) [10], [12].

$$Q_{AN,min} = \text{Máximo} (Q_{AN} \text{ critério de ocupação}; Q_{AN} \text{ critério do edifício}) \quad (3)$$

Para o edifício em análise, está prevista a utilização de sistemas de ventilação mecânica, portanto, o valor de caudal de ar novo a introduzir nos espaços (Q_{ANF}) deve ser corrigido pela eficácia de remoção de poluentes (ε_v), conforme indicado na Equação (4). [12]

$$Q_{ANF} = \frac{Q_{AN,min}}{\varepsilon_v} \quad (4)$$

Os valores a considerar para a eficácia da remoção de poluentes podem ser consultados na Tabela 68 do Despacho n.º 6476-H/2021, também conhecido por Manual SCE [12].

2.5.1.1. CRITÉRIO DE OCUPAÇÃO

O caudal de ar novo a insuflar nos espaços, com base no critério de ocupação, pode ser determinado tanto pelo método prescritivo como pelo método analítico, sendo a escolha da responsabilidade do projetista. Através do método prescritivo, são calculados os caudais mínimos de ar novo necessários para a diluição da carga poluente gerada pelos ocupantes. Já pelo método analítico, são determinados os caudais mínimos de ar novo necessários para atender ao limite de proteção de dióxido de carbono durante o período de ocupação, levando em consideração o perfil dos ocupantes e suas características físicas [10].

Assim, a escolha do método de cálculo recaiu sobre o método prescritivo, sendo Q_{AN} calculado pela Equação (5) [12].

$$Q_{AN} = n \cdot Q_{AN,M_{met}} \quad (5)$$

Em que:

n → número de ocupantes do espaço;

$Q_{AN,M_{met}}$ → caudal de ar novo por ocupante, cujos valores a utilizar podem ser consultados na Tabela 4 [$m^3/(h.ocupante)$].

Tabela 4 – Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [10].

Tipo de espaço	Tipo de atividade	Caudal de ar novo [$m^3/(h.ocupante)$]
Quartos, dormitórios e similares	Sono	16
Salas de repouso, salas de espera, salas de conferências, auditórios e similares, bibliotecas	Descanso	20
Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas e similares, museus e galerias, salas de convívio, salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	Sedentária	24
Salas de jardim de infância e pré-escolar e salas de creche		28
Laboratórios, ateliers, salas de desenho e trabalhos oficiais, cafés, bares, salas de jogos e similares	Moderada	35
Pista de dança, salas de ginásios, salas de ballet e similares	Ligeiramente alta	49
Salas de musculação, salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	Alta	98

2.5.1.2. CRITÉRIO DO EDIFÍCIO

Através da aplicação do critério do edifício, são calculados os caudais mínimos de ar novo necessários à diluição da carga poluente proveniente do próprio edifício, levando em consideração o tipo de materiais usados na construção, nos revestimentos das superfícies e no mobiliário. O Q_{AN} é determinado utilizando a Equação (6) [10], [12].

$$Q_{AN} = A_{espaço} \cdot Q_{AN,área} \quad (6)$$

Em que:

$A_{espaço}$ → Área de pavimento do espaço [m^2];

$Q_{AN,área}$ → Caudal de ar novo por unidade de área, assumindo os valores presentes na Tabela 5 [$m^3/(h.m^2)$].

Tabela 5 – Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [10].

Situação do edifício	Caudal de ar novo [$m^3/(h \cdot m^2)$]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos ⁽¹⁾	5
Com espaços em que a existência predominante (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente ⁽²⁾	2
Piscinas (em que a área de referência é a área do plano de água)	20

(1) Lavandarias, perfumarias, farmácias, salões de beleza, lojas de animais, salas de aula de artes, laboratórios de escolas, estabelecimentos comerciais de mobiliário e de madeiras e outros similares;

(2) Para a verificação da existência predominante de materiais de baixa emissão poluente deve ser considerada apenas a área exposta de revestimento de paredes, pavimentos e tetos, incluindo a superfície exposta de mobiliário fixo previsto em projeto.

Desta forma, para verificar o cumprimento dos requisitos de caudal mínimo de ar novo, o caudal de projeto em cada espaço deve ser igual ou superior ao caudal mínimo de ar novo determinado pelo método descrito anteriormente.

A Portaria n.º 138-I/2021 também estabelece que, nos casos em que haja recirculação de ar ou quando a ventilação do espaço é feita por meio de ar transferido, esse ar não deve ser proveniente de instalações sanitárias, cozinhas, arrecadações, parques de estacionamento, espaços com fumadores e outros espaços com fontes de contaminação identificadas [10].

Por fim, a portaria supracitada enumera um conjunto de espaços que se encontram isentos do cumprimento dos requisitos de caudal de ar novo, nomeadamente: corredores, balneários, instalações sanitárias, arrumos, armazéns, cozinhas, copas ou similares, espaços técnicos e locais sujeitos a requisitos de higiene e segurança no local de trabalho, com fontes poluentes específicas e nos quais são manuseados produtos químicos ou biológicos [10].

2.5.2. CAUDAIS MÍNIMOS DE EXTRAÇÃO

Além dos requisitos relativos aos caudais mínimos de ar novo, a Portaria n.º 138-I/2021 também estabelece o caudal mínimo de extração ($Q_{ext_{min}}$) para as instalações sanitárias, variando de acordo com o tipo de espaço, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Caudais mínimos de extração de ar a assegurar para locais e instalações específicas [10].

Tipo de espaço	Sistema de extração	$Q_{ext_{min}}$ [m^3/h]
Instalação sanitária privada ⁽¹⁾	Com funcionamento contínuo ⁽³⁾	$Máx (45; 10 \times A_{espaço})$
	Sem funcionamento contínuo	$Máx (90; 10 \times A_{espaço})$
Instalação sanitária pública ⁽²⁾	Funcionamento normal ⁽⁴⁾	$Máx (90 \times (n^{\circ} \text{urinóis} + n^{\circ} \text{sanitas} + n^{\circ} \text{duches}); 10 \times A_{espaço})$
	Funcionamento intensivo ⁽⁵⁾	$Máx (125 \times (n^{\circ} \text{urinóis} + n^{\circ} \text{sanitas} + n^{\circ} \text{duches}); 10 \times A_{espaço})$

(1) Espaço ocupado apenas por uma pessoa em cada utilização;

(2) Espaço ocupado por várias pessoas em simultâneo, incluindo balneários e similares;

(3) O sistema de ventilação com um horário de funcionamento, no mínimo, igual ao do espaço que a instalação sanitária serve;

(4) O sistema afeto a espaços que não se caracterizem por um funcionamento intensivo;

(5) O sistema afeto a espaços com probabilidade de elevada taxa de ocupação, designadamente, instalações sanitárias ou balneários em teatros, cinemas, escolas, instalações desportivas ou similares.

Neste sentido, para atender ao requisito, as instalações sanitárias devem apresentar um caudal de extração igual ou superior ao caudal mínimo de extração, sem considerar a eficácia de remoção de poluentes.

Além disso, as instalações sanitárias devem ser mantidas em depressão relativamente a todos os espaços adjacentes, através de redes de condutas de exaustão independentes, com o cumprimento do caudal de extração a ser assegurado através da colocação de aberturas de ar localizadas acima da fonte poluente [10].

2.5.3. EQUIPAMENTOS

A Portaria n.º 138-I/2021 estabelece também requisitos para os equipamentos de ventilação, sendo importante destacar que [10]:

- Sempre que o edifício disponha de sistemas de climatização com potência nominal global superior a 100 kW e existam espaços com ocupação permanente que possuam ventilação mecânica, mas cuja ocupação média durante o período de funcionamento seja inferior a 50% da ocupação máxima, é 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;
- Sempre que a soma dos caudais de ar de insuflação de todos os equipamentos nos sistemas de climatização do tipo “tudo ar” seja superior a 10000 m³/h, é obrigatória a instalação de

dispositivos que permitam o arrefecimento dos locais apenas com ar exterior, o chamado *free cooling*, quando as condições exteriores assim o permitirem, ou seja, quando a temperatura e a entalpia do ar exterior forem inferiores à do ar de retorno;

- c) Sempre que, na estação de aquecimento, a soma da potência térmica rejeitada por todos os equipamentos, em condições de projeto, ultrapassar os 80 kW, é necessário instalar um sistema de recuperação de energia no ar de rejeição. Esse sistema deve ter uma eficiência mínima de 50 %, contabilizando apenas o calor sensível para os permutadores de placas e o calor sensível e latente para o caso de roda térmica.

É, no entanto, importante referir que os requisitos previstos nas alíneas b) e c) podem ser dispensados sempre que levem a um aumento do consumo de energia [10].

Adicionalmente, nas unidades de tratamento de ar (UTA) ou nas unidades de tratamento de ar novo (UTAN), deve existir um andar de filtragem composto, pelo menos, por um filtro de classe mínima M5 a montante de qualquer bateria ou recuperador de calor, e por um filtro de classe mínima F7 a jusante dos ventiladores com motores e transmissão por correias em contato com o ar circundante, assim como a jusante de atenuadores acústicos, exceto nos casos em que haja um certificado atestando a não desagregação do elemento acústico [10].

2.6. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação dos edifícios de comércio e serviços, novos ou renovados, encontram-se, no âmbito da Portaria n.º 138-I/2021, sujeitos ao cumprimento de requisitos de iluminância, densidade de potência e controlo dos sistemas de iluminação.

2.6.1. ILUMINÂNCIA

A iluminância é a quantidade de luz que incide no plano de trabalho, devendo, para efeitos da verificação do cumprimento do requisito, ser aferida a iluminância média mantida no espaço (\bar{E}_m) através de um estudo luminotécnico ou por medição no local [12].

De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021, a iluminância dos espaços deve estar em conformidade com os valores estabelecidos nas normas EN 12464 -1 e EN 12193, não podendo excedê-los em mais de 30 % [10].

Assim, para cumprir o requisito de iluminância, o valor de \bar{E}_m deve atender à condição especificada na Equação (7), sendo os valores de iluminância média requerida no espaço ($\bar{E}_{m req}$) obtidos no Anexo IV do Manual SCE [12].

$$\bar{E}_m \leq 1.3 \times \bar{E}_{m req} \quad (7)$$

2.6.2. DENSIDADE DE POTÊNCIA

A densidade de potência instalada no espaço, por 100 lux ($DPI_{100 lx}$), é calculada utilizando a Equação (8) [12].

$$DPI_{100 lx} = DPI_{inst} \times \frac{100}{\bar{E}_m} \quad (8)$$

Esse valor é função da iluminância média mantida no espaço (\bar{E}_m) e da densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço (DPI_{inst}), sendo esta última obtida através da Equação (9) [12].

$$DPI_{inst} = \frac{(P_{tot} \times F_{oc} \times F_d) + P_c}{A_{espaço}} \quad (9)$$

Em que:

P_{tot} → Potência nominal total dos sistemas de iluminação fixa do espaço [W];

F_{oc} → Fator de ocupação do espaço, assumindo os valores da Tabela 85 do Manual SCE;

F_d → Fator de disponibilidade de luz natural do espaço, assumindo os valores da Tabela 86 do Manual SCE;

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

$A_{espaço}$ → Área de pavimento do espaço [m^2].

Segundo a Portaria n.º 138-I/2021, os sistemas de iluminação fixa devem ter de uma densidade de potência instalada em cada espaço, por 100 lux, inferior ao seu valor máximo ($DPI_{100 lx, máx}$), cujos valores são obtidos na Tabela 25 do Ponto 4.1 do Anexo II da Portaria n.º 138-I/2021 [10].

Assim, para cumprir o requisito de densidade de potência, o valor de $DPI_{100 lx}$ deve satisfazer a condição da Equação (10) [12].

$$DPI_{100 lx} < DPI_{100 lx, máx} \quad (10)$$

2.6.3. CONTROLO

Conforme estabelecido pela Portaria n.º 138-I/2021, os sistemas de iluminação novos ou renovados estão também sujeitos à instalação de soluções de controlo e regulação em função do tipo de espaço, sendo, no mínimo, obrigatória a instalação das funções apresentadas no Anexo 1 [10].

2.7. REQUISITOS DAS INSTALAÇÕES DE ELEVAÇÃO

As instalações de elevação podem ser categorizadas em três tipos: ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes. De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021, as instalações de elevação devem atender à classe mínima de eficiência energética indicada na Tabela 7.

Tabela 7 – Requisitos mínimos de eficiência para instalações de elevação [10].

Tipo de equipamento	Classe de eficiência energética mínima	Metodologia
Ascensores	B	ISO 25745-2
Ascensores hidráulicos	C	ISO 25745-2
Escadas mecânicas e tapetes rolantes	A	ISO 25745-3

2.8. REQUISITOS DAS TUBAGENS, CONDUTAS, ACESSÓRIOS E DEPÓSITOS

As redes de transporte de fluidos e respetivos elementos, incluindo acessórios e depósitos de acumulação, devem estar em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Portaria n.º 138-I/2021.

No caso de tubagens e condutas onde o fluido se encontra a temperatura inferior à do ambiente, é necessário que estas possuam uma barreira contra vapor, de forma a evitar a formação de condensações superficiais e intersticiais.

Além disso, toda a rede de transporte de fluidos, incluindo os acessórios e outros componentes da rede, devem ser adequadamente isolados. A espessura mínima do isolamento é definida em função da dimensão dos elementos a isolar e da temperatura do fluido em circulação, conforme a Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 [10].

Tabela 8 – Espessuras mínimas de isolamento de tubagens [mm] [10].

Diâmetro exterior [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
$D > 140$	30	40	50	60	60	50	40	30

Tabela 9 – Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios [mm] [10].

Condutas e acessórios	
Ar quente	Ar frio
20	30

Tabela 10 – Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos [mm] [10].

Equipamentos e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de climatização e de preparação de AQ	
Superfície $\leq 2 \text{ m}^2$	Superfície $> 2 \text{ m}^2$
50	80

Adicionalmente, é importante referir que as espessuras de isolamento previstas na Tabela 8 e na Tabela 9 devem ser incrementados, no mínimo, em 10 mm, quando os elementos das redes de tubagem e/ou condutas estiverem instalados no exterior, exceto no caso de tubagens de fluido frio com diâmetro superior a 60 mm, onde o incremento deve ser, no mínimo, de 20 mm.

É relevante observar que as espessuras de isolamento indicadas nas tabelas acima são aplicáveis a materiais com uma condutibilidade térmica de $0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ a $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Caso os materiais utilizados tenham uma condutibilidade térmica diferente, o requisito de espessura mínima deve ser corrigido de forma a garantir a mesma resistência térmica [10].

2.9. REQUISITOS DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Despacho n.º 6476-E/2021 estabelece os requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços novos, devendo-se verificar o cumprimento dos requisitos previstos na Tabela 11.

Tabela 11 – Requisitos dos edifícios de comércio e serviços novos [14].

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a B
Energia primária total	$R_{IEE} \leq 0,75$
Energia primária renovável	$Ren_{C\&S} \geq 0,50$ ⁽¹⁾
Energia primária fóssil	$IEE_{fóssil,S} \leq 0,75 \times IEE_{ref,S}$

(1) Apenas aplicável quando existam necessidades de AQS.

3. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

No presente capítulo serão apresentadas todas as informações relevantes para uma completa caracterização e verificação do cumprimento regulamentar do edifício. Nesse sentido, começou-se por efetuar uma descrição do edifício analisado, abordando-se o tipo de utilização, o zonamento climático e a caracterização dos espaços interiores. Além disso, realizou-se a delimitação e a análise da envolvente opaca e envidraçada do edifício. Numa fase final deste capítulo, serão apresentados os sistemas de ventilação, iluminação, elevação, climatização e preparação de águas quentes sanitárias (AQS) previstos para o edifício.

3.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em análise é uma carpintaria ainda em construção, cujo modelo 3D está representado na Figura 3, composta por uma zona de produção e uma zona administrativa. No entanto, no âmbito desta dissertação, apenas a zona administrativa será objeto de estudo.



Figura 3 – Modelo 3D do edifício em estudo.

O edifício será construído na Zona Industrial de Laúndos, uma freguesia do concelho da Póvoa de Varzim, no distrito do Porto, a uma altitude de 53 metros e a cerca de 4,3 km de distância da costa marítima. A fachada principal estará orientada a Noroeste e as restantes a Nordeste e Sudoeste.

Dividido em dois pisos, o piso 1 e o piso 2, cujas plantas são apresentadas na Figura 4 e na Figura 5, respetivamente. O edifício apresenta a seguinte caracterização:

- Piso 1, situado ao nível do rés-do-chão, composto por uma área destinada à venda ao público, receção, escritórios, espaços técnicos, instalações sanitárias, balneários e uma sala de refeições;
- Piso 2 constituído por escritórios, arquivo, arrumos, copa, instalações sanitárias, zona de convívio, espaço técnico e uma sala de conferências/formação.

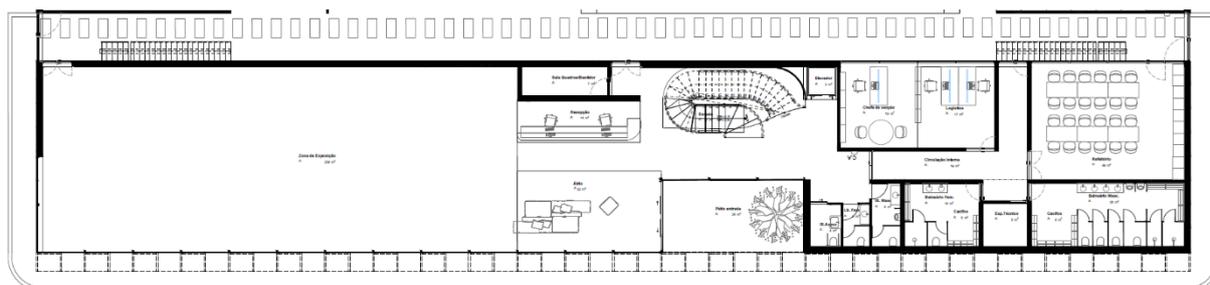


Figura 4 – Planta do piso 1.

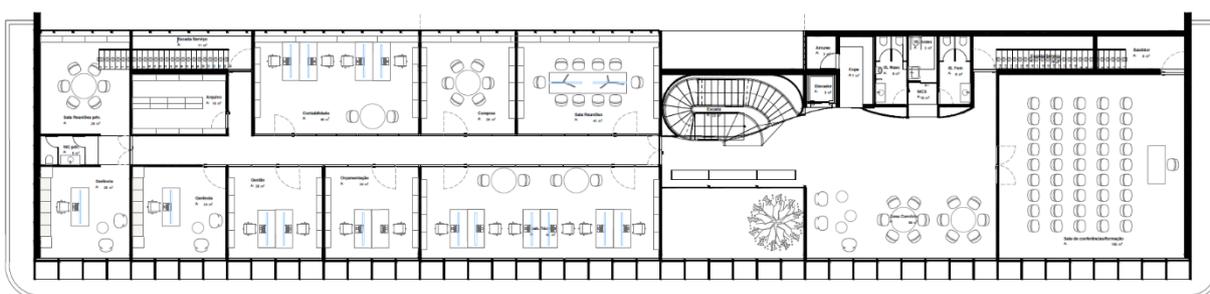


Figura 5 – Planta do piso 2.

3.2. ZONEAMENTO CLIMÁTICO

As zonas climáticas onde se localiza o edifício são importantes, não só para verificar o cumprimento dos requisitos da envolvente, mas também para compreender as variações das condições ambientais ao longo do ano. As informações detalhadas sobre essas zonas climáticas podem ser obtidas no *software* SCE.CLIMA_v1.0, conforme será abordado no Capítulo 4.2.1.

O zoneamento climático do país é baseado na Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos (NUTS) de nível III, que utiliza a divisão dos municípios estabelecida pelo Decreto-Lei n.º 68/2008, posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009 e pela Lei n.º 21/2010, e que está detalhado na Tabela 116 do Anexo II do Manual SCE.

A zona climática de inverno (I1, I2 ou I3) é definida com base no número de graus-dia (*GD*) acumulados durante a estação de aquecimento, com base numa temperatura de referência de 18 °C, conforme descrito na Tabela 12. Por outro lado, a zona climática de verão (V1, V2 ou V3) é definida com

base na temperatura exterior média durante a estação de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), segundo a Tabela 13 [12].

Tabela 12 – Zona climática de inverno [12].

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

Tabela 13 – Zona climática de verão [12].

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

Conforme mencionado anteriormente, o edifício está localizado em Laúndos, no concelho da Póvoa de Varzim. Assim, de acordo com a classificação NUTS III, o edifício está inserido na região do Grande Porto.

3.2.1. ZONA CLIMÁTICA DE INVERNO

Os parâmetros climáticos utilizados na avaliação do DEE na estação de aquecimento são o número de graus-dia (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 incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento (G_{sul}). Estes valores estão definidos para as zonas de referência e precisam de ser ajustados com base na altitude do local onde o edifício será construído.

Assim, o cálculo dos parâmetros climáticos é realizado utilizando a Equação (11) [12].

$$X = X_{REF} + \alpha \times (z - z_{REF}) \quad (11)$$

Em que:

X → Parâmetro climático a corrigir;

X_{REF} → Parâmetro climático à cota de referência;

α → Declive que relaciona a diferença de altitudes [$m\hat{e}s/km$] ou [$^\circ\text{C}/km$];

z → Altitude do edifício [km];

z_{REF} → Altitude de referência [km];

Os valores de referência e os declives para ajustes em função da altitude para a região do Grande Porto estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de aquecimento no Grande Porto [12].

NUTS III	z_{REF} [m]	GD		M		$\theta_{ext,i}$		G_{sul} [$\frac{kWh}{m^2 \cdot mês}$]
		GD_{REF} [°C]	a [$\frac{°C}{km}$]	M_{REF} [meses]	a [$\frac{mês}{km}$]	$\theta_{ext,i,REF}$ [°C]	a [$\frac{°C}{km}$]	
Grande Porto	94	1250	1600	6,2	2	9,9	-7	130

Ao utilizar a tabela supracitada e a Equação (11), obtêm-se os valores corrigidos dos parâmetros climáticos da estação de aquecimento, que são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Parâmetros climáticos da estação de aquecimento corrigidos.

GD_{REF} [°C]	a [°C/km]	z [km]	z_{REF} [km]	GD [°C]
1250	1600	0,053	0,094	1184,4
M_{REF} [meses]	a [mês/km]	z [km]	z_{REF} [km]	M [meses]
6,2	2	0,053	0,094	6,1
$\theta_{ext,i,REF}$ [°C]	a [°C/km]	z [km]	z_{REF} [km]	$\theta_{ext,i,REF}$
9,9	-7	0,053	0,094	10,2

Uma vez que o valor de GD é igual a 1184,4 °C, ou seja, inferior a 1300 °C, a zona climática de inverno correspondente é I1.

3.2.2. ZONA CLIMÁTICA DE VERÃO

Na estação de arrefecimento, para a avaliação do DEE é necessário considerar a temperatura exterior média na estação de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$) e a energia solar média incidente numa superfície horizontal ou vertical, acumulada durante a estação de arrefecimento (G_{sol}) [12].

Tal como acontece no cálculo dos parâmetros climáticos da estação de aquecimento, também os valores dos parâmetros climáticos da estação de arrefecimento estão definidos para as zonas de referência e precisam de ser ajustados com base na altitude do local onde o edifício será construído. Estes ajustes são feitos utilizando os valores apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Valores de referência e declives para ajuste em altitude para a estação de arrefecimento no Grande Porto [12].

NUTS III	z_{REF} [m]	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m ²]								
		$\theta_{ext,v,REF}$ [°C]	a [$\frac{°C}{km}$]	0° H	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SO	90° O	90° NO
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Através da tabela supracitada e da Equação (11), obtém-se o valor corrigido de $\theta_{ext,v}$, que é igual ao valor de referência já que a é igual a zero. Assim, uma vez que $\theta_{ext,v}$ é igual a 20,9 °C, ou seja, superior a 20 °C, mas inferior a 22 °C, a zona climática de verão correspondente é V2.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS INTERIORES

O edifício em estudo, conforme apresentado no capítulo 2.2, é classificado como uma instalação industrial e, portanto, está isento do cumprimento de requisitos. No entanto, no âmbito da dissertação, pretende-se analisar apenas a parte administrativa do edifício, tratando-a como um edifício de comércio e serviços.

Desta forma, em primeiro lugar, é necessário caracterizar os espaços interiores como espaços interiores úteis (EU) ou espaços interiores não úteis (ENU), para, posteriormente, se determinar se a zona administrativa deve ser tratada como um pequeno edifício de comércio e serviços (PES) ou como um grande edifício de comércio e serviços (GES).

Segundo o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, um GES é um edifício de comércio e serviços com uma área útil de pavimento, excluindo os ENU, igual ou superior a 1000 m² ou 500 m² no caso de conjuntos comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas. Além disso, caracteriza os espaços da seguinte forma [15]:

- Espaço interior útil é um espaço com condições de referência, que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõe aquecido ou arrefecido de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico. Isso inclui espaços que, não sendo usualmente climatizados, tais como arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias, devam ser considerados espaços com condições de referência;
- Espaço interior não útil é um espaço sem ocupação humana permanente atual ou prevista, e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente para conforto térmico.

De referir que ocupação permanente é quando se verifica presença humana superior, em média, a duas horas por dia durante o período de funcionamento do espaço, e que, cumulativamente, apresenta uma densidade superior a 0,025 ocupantes/m² [12].

Posto isto, em primeiro lugar, numeraram-se e identificaram-se os espaços tendo em conta as atividades nele desenvolvidas. De seguida, através do *software AutoCad* mediu-se a área e o pé-direito de cada espaço. Por fim, com base nestas definições, caracterizaram-se os espaços como EU ou ENU, resultando na Tabela 17.

Tabela 17 – Identificação e caracterização dos espaços para enquadramento regulamentar.

Ref.^a	Descrição	Piso	Área [m²]	Pé-direito [m]	Tipo de espaço
1.01	Armazém	1	2537,03	8,00	ENU
1.02	Refeitório	1	48,51	3,00	EU
1.03	Balneário masculino	1	26,24	3,00	EU
1.04	Espaço Técnico	1	5,18	3,00	ENU
1.05	Logística	1	17,86	3,00	EU
1.06	Chefe de secção	1	17,89	3,00	EU
1.07	Circulação interna	1	21,52	3,00	EU
1.08	Balneário feminino	1	12,61	3,00	EU
1.09	I.S Masculino	1	4,95	3,00	EU
1.10	I.S Feminino	1	3,08	3,00	EU
1.11	I.S Acessíveis	1	3,52	3,00	EU
1.12	Elevador	1	3,00	7,50	EU
1.13	Escada	1	75,80	3,00	EU
1.14	Sala de Quadros / Bastidor	1	6,69	3,00	ENU
1.15	Receção	1	13,77	3,00	EU
1.16	Átrio	1	31,71	3,00	EU
1.17	Zona de exposição	1	240,68	3,00	EU
2.01	Bastidor	2	7,79	3,00	ENU
2.02	Escada serviço	2	10,60	3,00	ENU
2.03	Sala de conferências/formação	2	92,38	3,00	EU
2.04	I.S Feminino	2	5,67	3,00	EU

Tabela 17 – Identificação e caracterização dos espaços para enquadramento regulamentar (continuação).

Ref.^a	Descrição	Piso	Área [m²]	Pé-direito [m]	Tipo de espaço
2.05	I.S Acessíveis	2	3,45	3,00	EU
2.06	I.S Masculino	2	5,66	3,00	EU
2.07	Copa	2	6,46	3,00	EU
2.08	Arrumo	2	2,59	3,00	EU
2.10	Zona de convívio	2	81,95	3,00	EU
2.11	Escada	2	44,26	3,00	EU
2.12	Sala de reuniões	2	39,54	3,00	EU
2.13	Compras	2	26,09	3,00	EU
2.14	Gabinete técnico	2	59,28	3,00	EU
2.15	Contabilidade	2	45,73	3,00	EU
2.16	Orçamentação	2	23,28	3,00	EU
2.17	Gestão	2	23,28	3,00	EU
2.18	Escada serviço	2	12,28	3,00	ENU
2.19	Arquivo	2	15,04	3,00	EU
2.20	Gerência	2	23,28	3,00	EU
2.21	Circulação interna	2	45,04	3,00	EU
2.22	Sala de reuniões privada	2	25,03	3,00	EU
2.23	WC privado	2	6,94	3,00	EU
2.24	Gerência	2	22,35	3,00	EU
Área total [m²]			3698,01	Enquadramento regulamentar GES	
Área dos espaços interiores não úteis [m²]			2579,57		
Área dos espaços interiores úteis [m²]			1118,44		

Conforme pode ser observado na Tabela 17, a área dos espaços interiores úteis é igual a 1118,44 m², o que excede os 1000 m² e, por isso, a zona administrativa da carpintaria deve ser tratada como um grande edifício de comércio e serviços (GES).

Na Figura 6 e na Figura 7 são destacados os espaços interiores não úteis do Piso 1 e do Piso 2, respetivamente.



Figura 6 – Espaços interiores não úteis do piso 1.

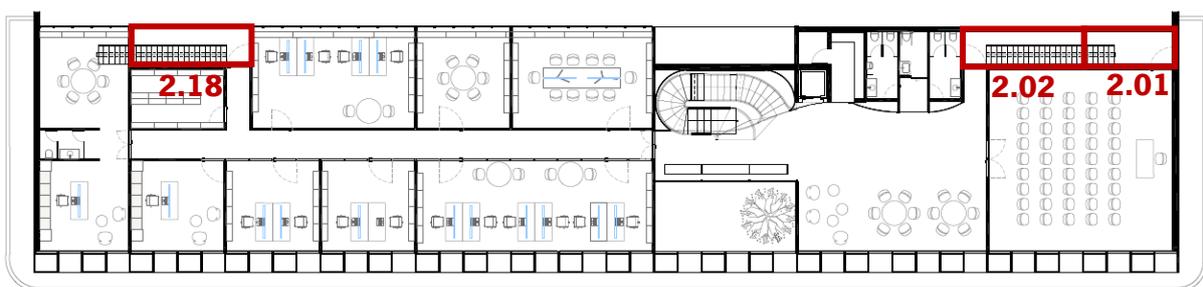


Figura 7 – Espaços interiores não úteis do piso 2.

3.4. DELIMITAÇÃO DA ENVOLVENTE

A envolvente de um edifício consiste nos elementos construtivos, como paredes, pavimentos e coberturas, que separam um espaço interior útil do exterior, dos espaços interiores não úteis, do solo, de edifícios adjacentes e de frações vizinhas. A sua delimitação deve ser efetuada nas plantas e nos cortes, distinguindo-se o tipo de envolvente por cor, conforme indicado na Tabela 18.

Tabela 18 – Cores para marcação da envolvente [12].

Código de cores (RGB)	Condição fronteira
 Vermelho (255,0,0)	Exterior
 Amarelo (255,255,0)	Interior com $b_{ztu} > 0,7$
 Azul (0,0,255)	Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$
 Verde (0,255,0)	Sem trocas térmicas
 Ciano (0,255,255)	Solo

De referir que a marcação da envolvente deve ser efetuada pela superfície interior dos elementos, em que às paredes corresponde uma linha contínua e aos pavimentos e coberturas as tramas previstas na Figura 8.

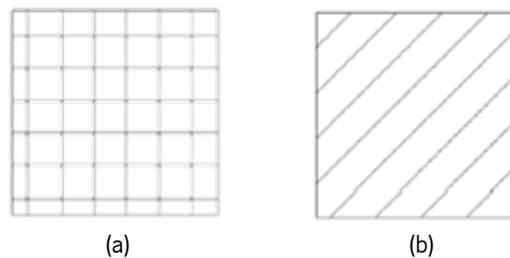


Figura 8 – Trama para a marcação dos pavimentos (a) e marcação das coberturas (b) [12].

Assim, depois de identificados os ENU, é necessário calcular o coeficiente de redução (b_{ztu}) de cada um deles, o que permite quantificar as trocas térmicas através de um elemento com condição fronteira interior. O b_{ztu} pode ser determinado através da Equação (12) [12].

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (12)$$

Em que:

θ_{int} → Temperatura interior [$^{\circ}C$];

θ_{ext} → Temperatura ambiente exterior [$^{\circ}C$];

θ_{enu} → Temperatura do espaço interior não útil [$^{\circ}C$].

No entanto, em muitas situações, não é possível conhecer com precisão a temperatura do ENU, devendo, nesses casos, o b_{ztu} assumir os valores previstos no Anexo 2 [12].

Desta forma, recorrendo ao método de cálculo descrito no Anexo 2, obtiveram-se os valores indicados na Tabela 19.

Tabela 19 – Coeficiente de redução dos ENU.

Ref. ^a	Descrição	Piso	Área de pavimento [m ²]	Pé-direito [m]	Volume [m ³]	A _i [m ²]	A _u [m ²]	$\frac{A_i}{A_u}$	f ou F	b _{ztu}
1.01	Armazém	1	2537,03	8,00	20296,24	475,20	3808,87	0,12	F	1,00
1.04	Espaço Técnico	1	5,18	3,00	15,54	20,40	6,90	2,96	f	0,40
1.14	Sala de Quadros / Bastidor	1	6,69	3,00	20,07	22,38	0,00	>4	f	0,30
2.01	Bastidor	2	7,79	3,00	23,37	13,74	5,10	2,69	f	0,40
2.02	Escada serviço	2	10,60	3,00	31,80	23,82	0,00	>4	f	0,30
2.18	Escada serviço	2	12,28	3,00	36,84	30,60	0,00	>4	f	0,30
-	Teto falso piso 1	1	541,98	1,00	541,98	1087,00	86,46	12,57	f	0,40
-	Teto falso piso 2	2	655,18	0,70	458,63	618,45	63,84	9,69	f	0,40

Os tetos falsos de ambos os pisos são espaços interiores não úteis porque, conforme mencionado no Manual SCE, um espaço de ar com uma dimensão média, no sentido do fluxo de calor, superior a 30 cm, deve ser considerado espaço interior não útil [12].

Determinado o coeficiente de redução dos ENU, procedeu-se à delimitação da envolvente, que pode ser consultada no Anexo 3.

3.4.1. TEMPERATURA DOS ESPAÇOS INTERIORES NÃO ÚTEIS

Para realizar a simulação dinâmica do edifício, como descrito no Capítulo 4.2.4, é necessário conhecer as temperaturas máximas e mínimas dos ENU, de forma a quantificar as trocas térmicas.

Para se obterem as temperaturas dos ENU é necessário assumir as temperaturas de conforto nos EU na estação de aquecimento e arrefecimento, além das temperaturas exteriores máximas e mínimas.

Estas últimas podem ser obtidas no software SCE.CLIMA_v1.0, conforme será abordado no Capítulo 4.2.1, e assumem os seguintes valores:

- Temperatura interior no Inverno: 20 °C;
- Temperatura exterior mínima no Inverno: 2,2 °C;
- Temperatura interior no Verão: 25 °C;
- Temperatura exterior máxima no Verão: 32,7 °C.

Assim, aplicando a Equação (12), obtiveram-se as temperaturas dos ENU na estação de aquecimento e arrefecimento, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 – Temperaturas máximas e mínimas dos ENU na estação de arrefecimento e aquecimento, respetivamente.

Ref. ^a	Descrição	b_{ztu}	Temperatura máxima [°C]	Temperatura mínima [°C]
1.01	Armazém	1,00	32,7	2,2
1.04	Espaço Técnico	0,40	28,1	12,9
1.14	Sala de Quadros / Bastidor	0,30	27,3	14,7
2.01	Bastidor	0,40	28,1	12,9
2.02	Escada serviço	0,30	27,3	14,7
2.18	Escada serviço	0,30	27,3	14,7
-	Teto falso piso 1	0,40	28,1	12,9
-	Teto falso piso 2	0,40	28,1	12,9

3.5. ENVOLVENTE OPACA

A envolvente opaca do edifício é composta pelas paredes, pavimentos, coberturas e zonas de pontes térmicas, que separam um espaço interior útil do ambiente exterior ou de um espaço interior não útil, podendo estar sujeita ao cumprimento de requisitos. Existem também os elementos de compartimentação que separam dois EU, no entanto, como ambos têm condições de referência, não existem perdas ou ganhos de calor através destes elementos.

Neste sentido, é importante contabilizar as trocas térmicas entre os EU e o ambiente exterior ou os ENU, através da aferição do coeficiente de transmissão térmica (U), que traduz a transmissão de calor que ocorre através de um elemento construtivo. Para elementos constituídos por um ou vários materiais em camadas de espessura constante, o U é calculado de acordo com a Equação (13) [12].

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad (13)$$

Em que R_{tot} é a resistência térmica total de um elemento opaco, resultado do somatório das resistências térmicas de todas as camadas que o constituem (R_j) e da resistência térmica superficial interior (R_{si}) e exterior (R_{se}), conforme apresentado na Equação (14) [12].

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \quad (14)$$

A resistência térmica de uma camada de um material homogéneo (R_j), ou seja, um material de espessura constante e propriedades térmicas uniformes, é calculada pela Equação (15) [12].

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (15)$$

Em que:

$d_j \rightarrow$ Espessura da camada j [m];

$\lambda_j \rightarrow$ Condutibilidade térmica da camada j [$W/(m \cdot ^\circ C)$].

As propriedades dos materiais podem ser provenientes das fichas técnicas fornecidas pelos fabricantes ou ter por base as características dos materiais existentes no livro “ITE50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios”, publicado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) [16].

3.5.1. ENVOLVENTE EXTERIOR

A envolvente opaca exterior, como o próprio nome sugere, separa um espaço interior útil do ambiente exterior. No caso em estudo existem dois tipos de elementos com condição fronteira exterior: três paredes e duas pontes térmicas planas.

Na Tabela 21 apresenta-se o cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma das paredes exteriores, bem como a avaliação do requisito relativo ao coeficiente de transmissão térmica máximo. De referir que as propriedades da placa de gesso cartonado foram retiradas do ITE50, enquanto as propriedades do bloco térmico e do painel *sandwich* são provenientes das fichas técnicas dos fabricantes.

Tabela 21 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior 1.

Pext1 – Parede exterior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Bloco térmico	0,25	1134	-	1,493	Ficha técnica
Painel sandwich	0,05	300	-	1,190	Ficha técnica
Resistência térmica superficial exterior R_{se}				0,04	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,313			2,905	
Coeficiente de transmissão térmica				0,34	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,70	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica para as restantes soluções construtivas da envolvente opaca exterior segue o mesmo método e pode ser consultado no Anexo 4.

Já na Tabela 22, são resumidos os valores obtidos de U para as soluções construtivas dos elementos da envolvente opaca exterior, observando-se que todas elas cumprem o requisito relativo ao coeficiente de transmissão térmica máximo.

Tabela 22 – Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca exterior.

Solução construtiva	U [W/(m ² . °C)]	$U_{máx}$ [W/(m ² . °C)]	Regulamentar?
Pext1	0,34	0,70	Sim
Pext2	0,33	0,70	Sim
Pext3	0,30	0,70	Sim
PTP1	0,66	0,90	Sim
PTP2	0,52	0,90	Sim

3.5.2. ENVOLVENTE INTERIOR

Para além da quantificação das trocas térmicas com exterior, é também necessário avaliar as trocas térmicas entre um espaço interior útil e um espaço interior não útil. Para isso, é necessário calcular o

coeficiente de transmissão térmica através dos elementos com condição fronteira interior, utilizando o mesmo método de cálculo utilizado para a envolvente exterior, com exceção do valor da resistência superficial exterior (R_{se}), que é igual ao valor da resistência superficial interior (R_{si}).

De referir que não é necessário avaliar os elementos de compartimentação em termos de transferência de calor porque estes separam dois EU que estão à mesma temperatura. No entanto, a avaliação destes elementos é relevante para análise da inércia térmica do edifício, conforme apresentado no Capítulo 3.5.5.

No edifício em estudo existem quatro tipos de elementos com condição fronteira interior: cinco paredes, quatro pontes térmicas planas, uma cobertura e quatro pavimentos.

Na Tabela 23 apresenta-se o cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior do piso 2, bem como a avaliação do requisito relativo ao coeficiente de transmissão térmica máximo.

Tabela 23 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 1.

Pavint1 – Pavimento interior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,17	Pág. I.11, ITE50
Alcatifa	0,01	200	0,06	0,167	Pág. I.10, ITE50
Betonilha de regularização	0,13	2450	2	0,065	Pág. I.5, ITE50
Betão armado	0,14	2350	2,3	0,061	Pág. I.5, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,035	1,2	-	0,198	Pág. I.11, ITE50
Chapa aço	0,02	7800	50	0,0004	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,17	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,335			0,831	
Coeficiente de transmissão térmica				1,20	$W/(m^2. °C)$
Coeficiente de transmissão térmica máximo				NA	$W/(m^2. °C)$
Regulamentar?				NA	

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica para as restantes soluções construtivas da envolvente opaca interior segue o mesmo método e pode ser consultado no Anexo 4. É importante referir que nos pavimentos interiores o fluxo de calor é descendente e, por isso, R_{si} toma o valor de 0,17. Já nas coberturas interiores, o fluxo de calor é ascendente e R_{si} é igual a 0,10. Isto acontece porque as

temperaturas médias ao longo do ano são sempre inferiores às temperaturas de conforto, tal como se pode observar no Capítulo 4.2.1, resultando em perdas para os ENU.

Adicionalmente, é relevante mencionar que, nos casos em que o valor da massa volúmica (ρ) não constava nas propriedades dos materiais presentes no ITE50, foram adotados os valores indicados em [17].

Na Tabela 24 apresentam-se os valores de U para as soluções construtivas dos elementos da envolvente opaca interior, tendo-se verificando que seis soluções construtivas estão isentas do cumprimento do requisito relativo ao coeficiente de transmissão térmica máximo, pois separam espaços interiores úteis de espaços interiores não úteis com coeficiente de redução (b_{ztu}) menor ou igual a 0,7. Adicionalmente, das oito soluções construtivas sujeitas ao cumprimento deste requisito, cinco não o cumprem: uma parede, três pontes térmicas planas e um pavimento. De referir que as soluções não regulamentares não foram corrigidas, portanto, as simulações dinâmicas realizadas consideram estes valores.

Tabela 24 – Coeficiente de transmissão térmico das soluções construtivas da envolvente opaca interior.

Solução construtiva	U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]	$U_{m\acute{a}x}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]	Regulamentar?
Pint1	0,55	0,70	Sim
Pint2	0,70	0,70	Sim
Pint3	0,72	0,70	Não
Pint4	1,58	Não aplicável	Não aplicável
Pint5	1,70	Não aplicável	Não aplicável
PTP3	2,38	1,75	Não
PTP4	2,26	1,75	Não
PTP5	2,51	1,75	Não
PTP6	2,43	Não aplicável	Não aplicável
Cobint1	0,80	Não aplicável	Não aplicável
Pavint1	1,20	Não aplicável	Não aplicável
Pavint2	1,49	Não aplicável	Não aplicável
Pavint3	0,48	0,50	Sim
Pavint4	0,51	0,50	Não

3.5.3. ENVOLVENTE EM CONTACTO COM O SOLO

Os elementos em contacto com o solo, apesar de estarem isentos do cumprimento de requisitos, devem ser objeto de análise. No caso da carpintaria, existe um tipo de elemento em contacto com o solo, o pavimento do piso 1.

Portanto, para determinar o coeficiente de transmissão do pavimento em contacto com o solo, é necessário calcular os seguintes parâmetros [12]:

R_f → Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$;

D → Largura ou profundidade do isolamento, respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical $[m]$;

z_{solo} → Profundidade média da parede ou do pavimento em contacto com o solo $[m]$;

B' → Dimensão característica do pavimento em contacto com o solo, determinada através da Equação (16) $[m]$.

$$B' = \frac{A_{p,solo}}{0,5 \times P} \quad (16)$$

Em que:

$A_{p,solo}$ → Área interior útil de pavimento em contacto com o solo, medida pelo interior $[m^2]$;

P → Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço interior útil do exterior, de um espaço interior não útil, de um edifício adjacente e do solo, medido pelo interior $[m]$.

Assim, medindo estes parâmetros, obteve-se uma dimensão característica de 6,58 metros, conforme indicado na Tabela 25.

Tabela 25 – Dimensões características do pavimento em contacto com o solo.

$A_{p,solo}$ [m^2]	P [m]	B' [m]
518,14	157,51	6,58

De seguida, calculou-se a resistência térmica de todas as camadas do pavimento, excluindo as resistências térmicas superficiais (R_f), tal como se apresenta na Tabela 26.

Tabela 26 – Cálculo da resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais, e do coeficiente de transmissão térmica.

Pav1 – Pavimento em contacto com o solo					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m.°C)]	R_j [(m ² .°C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,17	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Betonilha de regularização	0,10	2450	2	0,050	Pág. I.5, ITE50
Isolamento térmico (XPS)	0,04	32,5	0,037	1,081	Pág. I.3, ITE50
Tela antigás radão	0,01	1050	0,23	0,043	Pág. I.9, ITE50
Betão armado	0,20	2350	2,3	0,087	Pág. I.5, ITE50
Totais	0,360			1,439	
Resistência térmica das camadas R_f				1,269	(m ² .°C)/W
Coeficiente de transmissão térmica				0,69	W/(m ² .°C)

Por fim, tendo em conta os valores obtidos na Tabela 25 e na Tabela 26, sabendo que não existe isolamento perimetral e que o pavimento está a uma profundidade inferior a 0,5 metros, são realizadas três interpolações lineares com base nos valores previstos na Tabela 27 do Manual SCE para calcular o coeficiente de transmissão térmica do pavimento (U_{bf}), conforme apresentado na Tabela 27 [12].

Tabela 27 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com o solo.

	R_{f1}	R_f	R_{f2}
B'	1	1,27	2
	U_{bf1}	U_{bf}	U_{bf2}
4	0,52	0,39	0,30
6,58	0,43		0,27
10	0,32		0,22

Adicionalmente, é importante mencionar que, conforme indicado na Tabela 26, está prevista a colocação de uma tela antigás radão. O radão é reconhecido como um importante fator de risco para a saúde, pois a sua inalação pode resultar num significativo aumento do risco de cancro do pulmão [18].

De acordo com a Portaria n.º 138-G/2021, a análise de radão é obrigatória em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente, nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu

e Castelo Branco. Para se ter a certeza das concentrações de radão num determinado edifício é necessário realizar testes, no entanto, existem mapas, como o apresentado na Figura 9, que fornecem indicações dos níveis médios de radão para determinada zona [19], [20].

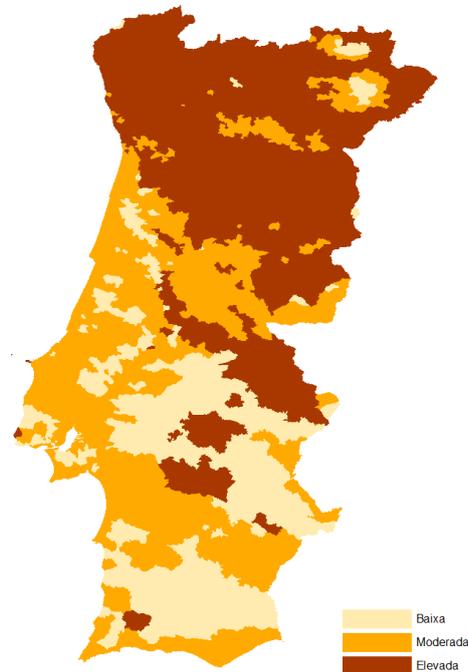


Figura 9 – Mapa de suscetibilidade ao radão [19].

Assim, como Laúndos está localizado numa zona com elevado índice de suscetibilidade, por questões de segurança, é necessário cumprir o requisito de prevenção da redução dos níveis de concentração do gás radão. Isto pode ser alcançado através da implementação de uma solução preventiva, como a aplicação da tela antigás radão no pavimento em contacto com o solo.

3.5.4. PONTES TÉRMICAS LINEARES

As pontes térmicas lineares (PTL) são as concentrações de fluxo de calor que ocorrem nas ligações entre elementos construtivos com diferentes geometrias ou propriedades térmicas distintas. No entanto, a relevância das PTL não se limita apenas à perda de eficiência energética. Elas são igualmente importantes por facilitarem o surgimento de patologias, nomeadamente condensações, que podem levar ao desenvolvimento de mofo e bolores prejudiciais à saúde humana [11].

As PTL devem ser consideradas no cálculo das trocas térmicas entre o EU e o ambiente exterior ou o ENU. Nos edifícios de habitação, é obrigatória uma caracterização detalhada das PTL. Já nos edifícios de comércio e serviços, pode ser aplicada uma majoração global de 5% às necessidades de aquecimento do edifício, dispensando, dessa forma, a caracterização detalhada das PTL [12].

3.5.5. INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica de um edifício pode ser definida como a sua capacidade de mitigar as variações de temperatura no interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor. Isto ocorre devido à capacidade dos elementos construtivos acumularem calor. A velocidade de absorção e a quantidade de calor absorvida determina a inércia térmica de um edifício.

Assim, a inércia térmica tem um impacto significativo no desempenho do edifício, tanto no inverno, ao determinar a capacidade de aproveitamento dos ganhos solares, quanto no Verão, ao influenciar a capacidade de o edifício absorver os picos de temperatura [21].

O método de cálculo da inércia térmica para os diferentes tipos de elementos da envolvente opaca está definido no Capítulo 7.5 do Manual SCE. A inércia térmica é calculada através da Equação (17) [12].

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (17)$$

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 [kg/m^2];

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

S_i → Área da superfície interior do elemento i [m^2];

A_p → Área interior útil de pavimento.

Existem três classes de inércia térmica, fraca, média e forte, que variam de acordo com o valor de I_t , conforme indicado na Tabela 28.

Tabela 28 – Classes de inércia térmica [12].

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 e seguindo o método de cálculo previsto no Manual SCE, foi obtido um valor de I_t igual a 229,05 kg/m^2 . Desta forma, uma vez que I_t é superior a 150 kg/m^2 , mas inferior a 400 kg/m^2 , a classe de inércia térmica do edifício é média. O cálculo detalhado pode ser consultado no Anexo 5.

Para a simulação dinâmica do edifício, conforme será posteriormente apresentado no Capítulo 4.2.4, é necessário calcular a inércia térmica de cada espaço. Consequentemente, no Anexo 6 são disponibilizados os valores calculados da inércia térmica para cada um dos espaços interiores úteis.

3.6. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

A envolvente envidraçada corresponde aos vãos envidraçados, que têm uma grande influência nos ganhos térmicos dos edifícios. A sua composição (vidro mais caixilharia) apresenta um comportamento distinto da envolvente opaca devido à maior capacidade de captar ganhos por radiação, sendo igualmente contabilizados os efeitos de condução e convecção. Estes ganhos são determinados através da contabilização de dois parâmetros: o coeficiente de transmissão térmica e o fator solar. O primeiro representa o efeito das trocas de calor por convecção e condução, tendo em conta as resistências térmicas e as espessuras dos elementos, enquanto o segundo representa a quantidade de radiação que atravessa o vidro, incluindo também o efeito das proteções solares [22].

No edifício estudado existem seis tipos de vãos envidraçados, que se distinguem pela área, tipo de vidro e proteções solares. Já o tipo de caixilharia utilizada é a mesma para todos os tipos de vãos, tal como se observa pela Tabela 29. As fichas técnicas dos vidros e da caixilharia podem ser consultadas no Anexo 7 e Anexo 8, respetivamente.

Tabela 29 – Características dos diferentes tipos de vãos envidraçados do edifício.

Tipo de vão	Área [m ²]	Tipo de vidro	Tipo de caixilharia	Proteções solares	
EV1	6,20	Vidro simples constituído por: vidro laminado Planiclear de 8 mm + PVB Standard 0,38 mm + Planiclear de 8 mm	Caixilharia em alumínio com rutura de ponte térmica do tipo fachada cortina	Sem proteções	
EV2				Estores tipo <i>blackout</i> cinzentos-claros (cortinas opacas)	
EV3	9,38	Vidro duplo constituído por: vidro exterior Planiclear de 8 mm, câmara de ar de 16 mm, vidro interior laminado Planiclear de 4 mm + PVB Standard 0,38 mm + Planiclear de 4 mm		Sem proteções	
EV4				Estores tipo <i>blackout</i> cinzentos-claros (cortinas opacas)	
EV5				5,00	Sem proteções
EV6					

3.6.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

O coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados (U_w) caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os meios que estes separam, considerando o conjunto vidro mais caixilharia. Geralmente, o valor de U_w é fornecido pelo fabricante ou está indicado na etiqueta da janela, no entanto, caso os valores do coeficiente de transmissão térmica do vidro e do caixilho sejam fornecidos separadamente, é possível calcular o valor de U_w para vãos envidraçados sem quadrícula, através da Equação (18) [12], [22].

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \psi_g}{A_w} \quad (18)$$

Em que:

U_w → Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

A_g → Área transparente [m^2];

U_g → Coeficiente de transmissão térmica da área transparente [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

A_f → Área da caixilharia [m^2];

U_f → Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$];

l_g → Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho [m];

ψ_g → Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho [$W/(m \cdot ^\circ C)$];

A_w → Área do vão envidraçado [m^2].

Uma vez que o valor de U_w dos vãos envidraçados do edifício não era conhecido foi necessário calculá-lo através da Equação (18) a fim de avaliar o cumprimento do requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo.

Assim, os parâmetros geométricos dos envidraçados, ou seja, os valores de A_g , A_f , l_g e A_w , foram obtidos através de medições efetuadas nas plantas e cortes do edifício. O valor de U_g é retirado das fichas técnicas dos vidros (Anexo 7) e o valor de ψ_g é proveniente da Tabela 30, transcrita do Manual SCE [12].

Tabela 30 – Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação vidro/caixilho [12].

Tipo de vidro	ψ_g [$W/(m \cdot ^\circ C)$]		
	Madeira ou PVC	Metálica com corte térmico	Metálica sem corte térmico
Vidro duplo ou triplo não revestido (lâmina de ar ou gás)	0,06	0,08	0,02
Vidro duplo (a) ou triplo (b) com $\varepsilon \leq 0,20$ (lâmina de ar ou gás)	0,08	0,11	0,05
Vidro simples	0		

(a) Com um vidro revestido;

(b) Com dois vidros revestidos.

Como o valor de U_f não se encontra na ficha técnica da caixilharia utilizada (Anexo 8), foi assumido um valor intermédio, baseado na norma Europeia UNE-EN ISO 10077-1, que estabelece os valores de U_f dos materiais mais utilizados nas caixilhas, nomeadamente madeira, materiais metálicos e PVC, conforme apresentado na Tabela 31. Assim sendo, como a caixilharia utilizada é de alumínio com rutura de ponte térmica, considerou-se um valor de U_f igual a $3,50 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

Tabela 31 – Coeficiente de transmissão térmica do caixilho em função do material [23].

Material da caixilharia	U_f [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]
Madeira	2,00 – 2,20
Metálico	5,70
Metálico com rutura de ponte térmica	3,20 – 4,00
PVC com duas câmaras	1,80 – 2,20
PVC com três câmaras	1,80

Por fim, utilizando a Equação (18), calculou-se o valor de U_w para cada um dos tipos de vãos envidraçados e procedeu-se à avaliação da respetiva conformidade regulamentar (Anexo 9). Verificou-se que todos os tipos de vãos cumprem o requisito do $U_{w,máx}$, com exceção do EV1, um envidraçado simples e que por isso apresenta um valor de U_g muito elevado, $5,30 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$. É também relevante referir que os vãos EV5 e EV6, embora sejam vãos interiores, ou seja, que separam espaços interiores úteis de espaços interiores não úteis, estão também sujeitos ao cumprimento do requisito do $U_{w,máx}$.

3.6.2. FATOR SOLAR

O fator solar do vidro quantifica a percentagem de energia por radiação que efetivamente consegue entrar no espaço, levando em consideração o efeito do vão envidraçado e dos sistemas de proteção solar, caso existam. Representa, portanto, a razão entre a radiação transmitida para o interior do edifício e a radiação incidente normal ao plano, conforme esquematizado na Figura 10 [22].

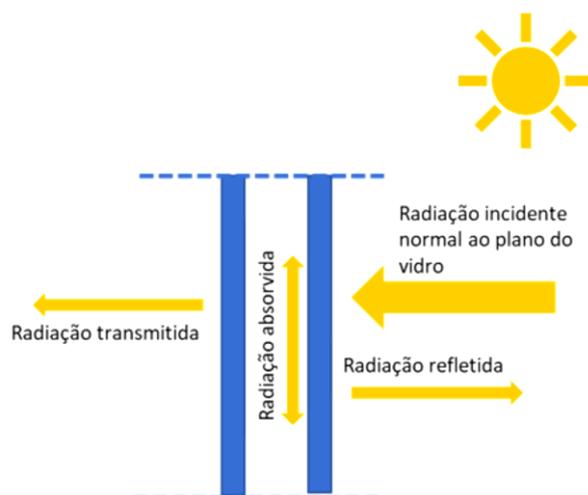


Figura 10 – Representação do fator solar [22].

O fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado ($g_{\perp,vi}$) é geralmente obtido por meio de ensaios em conformidade com a norma EN410, sendo os valores obtidos posteriormente fornecidos pelo fabricante, através da divulgação de fichas técnicas, como acontece no caso dos vidros do edifício [12], [22].

Consultando o Anexo 7, é possível verificar que o vidro simples, utilizado no vão EV1, tem um $g_{\perp,vi}$ igual a 0,77, enquanto o vidro duplo, utilizado nos vãos EV2 a EV6, possui um $g_{\perp,vi}$ igual a 0,74. No entanto, uma vez que alguns dos vãos envidraçados possuem proteções solares, o fator solar deve ser determinado de acordo com a Equação (19) no caso de vidros simples e através da Equação (20) no caso de vidros duplos. Nesse processo devem ser considerados todos os dispositivos de proteção solar, do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaco, inclusive [12].

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod \frac{g_{tot,vc_i}}{0,85} \quad (19)$$

$$g_{tot} = g_{\perp,vi} \cdot \prod \frac{g_{tot,vc_i}}{0,75} \quad (20)$$

Em que:

g_{tot} → Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados;

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

g_{tot,vc_i} → Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar i totalmente ativado, obtido na Tabela 48 do Manual SCE.

Assim, uma vez que nos vãos envidraçados do edifício apenas existem vãos sem proteções solares e vãos onde está prevista a colocação de estores do tipo *blackout* cinzentos-claros, que podem ser considerados cortinas opacas, foram obtidos os valores expressos na Tabela 32. De referir que os vãos interiores (EV5 e EV6) não precisam de ser analisados quanto ao fator solar máximo porque não têm exposição solar.

Tabela 32 – Fator solar dos diferentes tipos de vãos envidraçados do edifício.

Tipo de vão	$g_{\perp,vi}$	Proteções solares	g_{tot,vc_i}	g_{tot}
EV1	0,77	Sem proteções	-	0,77
EV2	0,74	Estores tipo <i>blackout</i> (cortinas opacas)	0,46	0,45
EV3		Sem proteções	-	0,74
EV4		Estores tipo <i>blackout</i> (cortinas opacas)	0,46	0,45

O valor de g_{tot} indica a percentagem de energia por radiação que efetivamente consegue entrar nos espaços quando os dispositivos de proteção estão ativados. Contudo, nem sempre os dispositivos estão ativos, havendo situações em que permanecem inativos. Por essa razão, na simulação dinâmica do edifício, o fator solar dos vãos envidraçados deve ser corrigido de forma a considerar a seletividade angular dos envidraçados e também levar em conta as situações em que os dispositivos de proteção estão inativos. Isto é conseguido ao considerar que os dispositivos de proteção solar móveis estão ativos em 60% da área do vão envidraçado. Assim, o fator solar a ser considerado na simulação dinâmica deve ser obtido através da Equação (21) [12].

$$g_{simulação} = 0,60 \cdot g_{tot} + 0,40 \left(\frac{4}{12} \cdot F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} + \frac{8}{12} \cdot 0,90 \cdot g_{\perp,vi} \right) \quad (21)$$

Em que:

$g_{simulação}$ → Fator solar a considerar no *software* de cálculo;

g_{tot} → Fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar totalmente ativados;

$F_{w,v}$ → Fator de correção da seletividade angular de verão, de acordo com a Tabela 33;

$g_{\perp,vi}$ → Fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado.

Tabela 33 – Fator de correção da seletividade angular ($F_{w,v}$) dos envidraçados na estação de arrefecimento.

Orientação do vão	$F_{w,v}^{(1)}$				
	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

(1) Nos restantes casos, incluindo orientação horizontal, $F_{w,v} = 0,90$.

3.6.2.1. FATORES DE OBSTRUÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR

Os fatores de obstrução da radiação solar representam a redução da radiação solar incidente devido ao sombreamento causado por diferentes obstáculos, tanto exteriores ao edifício, como é o caso de outros edifícios, quantos aqueles criados por elementos do próprio edifício, como palas. A quantificação desse efeito é obtida através da Equação (22) [12].

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (22)$$

Em que:

F_s → Fator de obstrução solar;

F_h → Fator de sombreamento do horizonte, devido a elementos opacos exteriores ao edifício ou do mesmo;

F_o → Fator de sombreamento de elementos opacos horizontais, designadamente, palas e varandas, sobrejacentes ao vão envidraçado;

F_f → Fator de sombreamento de elementos opacos verticais, designadamente, palas e outros corpos ou partes de um edifício, adjacentes ao vão envidraçado.

Para avaliação do requisito relativo ao fator solar máximo apenas é contabilizado o efeito dos sombreamentos provocados por elementos opacos horizontais (F_o) e verticais (F_f). Nesse sentido, para efeitos de verificação regulamentar, somente os sombreamentos horizontais e verticais foram objeto de análise, tais como os apresentados na Figura 11.



Figura 11 – Exemplo de palas horizontais e verticais.

Desta forma, para verificar o cumprimento do requisito relativo ao fator solar máximo, em primeiro lugar identificou-se a orientação dos vãos envidraçados e quantificaram-se as áreas da fachada e da envolvente envidraçada por orientação, obtendo-se os resultados indicados na Tabela 34.

Tabela 34 – Áreas da fachada e da envolvente envidraçada por orientação.

Orientação	A_{fac} [m^2]	$A_{env,fac}$ [m^2]	$A_{env,fac}/A_{fac}$ [%]	Limite
S	0	0	-	30%
N	0	0	-	30%
E	0	0	-	30%
O	0	0	-	30%
NE	88,80	12,40	13,96%	30%
NO	353,10	246,95	69,94%	30%
SE	0	0	-	30%
SO	88,80	9,38	10,56%	30%
H	0	0	-	30%

Através da análise da Figura 12 e da Figura 13, é possível observar que os vãos envidraçados orientados a Noroeste (NO) estão situados no quadrante norte, o que os isenta do cumprimento do requisito relativo ao fator solar máximo. Por outro lado, os vãos envidraçados orientados a Nordeste (NE) (VE1 e VE2) e a Sudoeste (SO) (VE16) estão sujeitos ao cumprimento deste requisito.

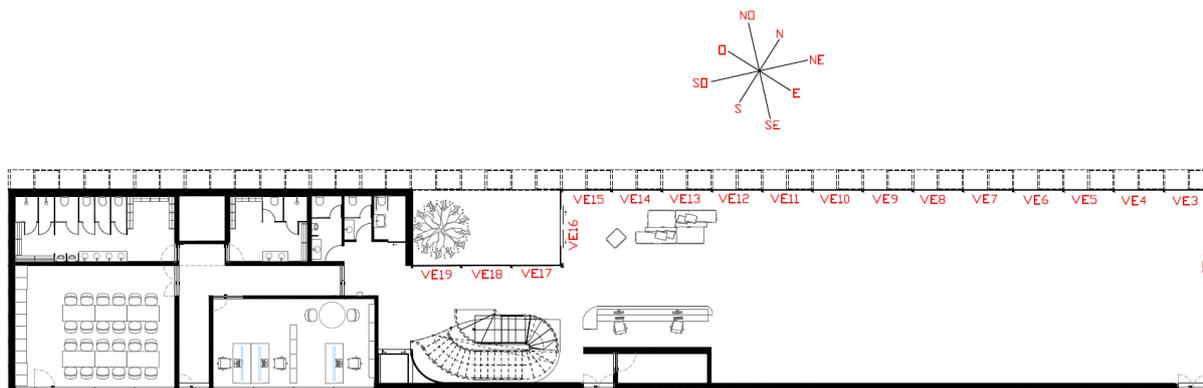


Figura 12 – Localização e orientação dos vãos envidraçados do piso 1.

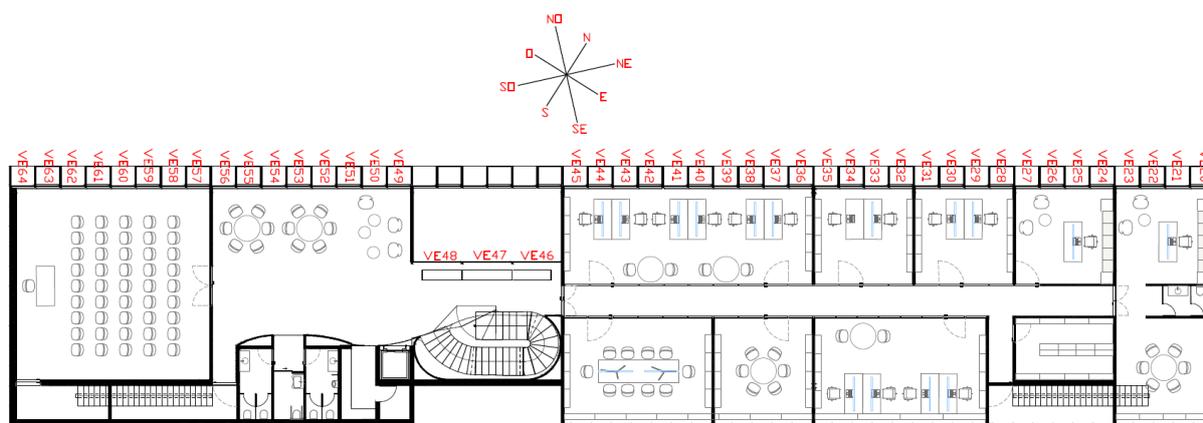


Figura 13 – Localização e orientação dos vãos envidraçados do piso 2.

Posto isto, de seguida, foram identificados os sombreamentos e calculados os valores de F_o e F_f , o que permitiu aferir o cumprimento do requisito relativo ao fator solar máximo por parte dos vãos envidraçados orientados a Nordeste (NE) e Sudoeste (SO). A verificação deste requisito é efetuada por meio da Equação (1) e os cálculos efetuados podem ser consultados no Anexo 10.

Pela análise do Anexo 10, constata-se que dos sessenta e quatro vãos envidraçados, apenas três estão sujeitos ao cumprimento do requisito do fator solar máximo, uma vez que todos os outros estão orientados ao quadrante norte. Desses três vãos envidraçados, nenhum deles é regulamentar.

É importante mencionar que as soluções não regulamentares não foram corrigidas, e, portanto, as simulações dinâmicas realizadas consideram estes valores, tanto para o fator solar (g_{tot}) quanto para o coeficiente de transmissão térmica (U_w).

3.7. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

A ventilação dos espaços tem como principal objetivo garantir uma boa qualidade de ar interior (QAI), através da remoção de poluentes, tais como o dióxido de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO),

compostos orgânicos voláteis (COV), partículas e odores, gerados pelos ocupantes ou pelo próprio espaço, nomeadamente devido aos materiais usados na construção [10], [20].

A ventilação também pode ser uma ajuda na manutenção do conforto térmico, ao, por exemplo ajudar a dissipar o calor acumulado dentro do edifício, através da introdução de ar novo, a uma temperatura mais baixa, vindo do exterior. No entanto, pode ser também uma carga térmica adicional, como acontece durante o inverno, ao introduzir ar frio vindo do exterior nos espaços climatizados.

Os edifícios de comércio e serviços estão sujeitos ao cumprimento de requisitos de ventilação estabelecidos pelo Portaria n.º 138-I/2021, previamente apresentados no Capítulo 2.5. Adicionalmente, apesar de não ser um requisito, deve ser mantida uma pressão neutra dentro do edifício, de forma a melhorar o conforto dos ocupantes e a eficiência energética do edifício [10].

Posto isto, considerando os requisitos mencionados anteriormente, procedeu-se ao cálculo dos caudais mínimos de ar novo, assumindo-se uma eficácia de remoção de poluentes igual a 0,8 (insuflação e extração pelo teto), e dos caudais mínimos de extração em cada espaço. De seguida, realizou-se o equilíbrio dos caudais por zonas do edifício e por pisos, de modo que, no final, o caudal de insuflação seja igual ao caudal de extração. O cálculo detalhado dos caudais mínimos de ar novo e de extração, bem como os caudais efetivamente insuflados e exauridos em cada espaço, podem ser consultados no Anexo 11 e Anexo 12, respetivamente.

Na Tabela 35, apresentam-se as máquinas de ventilação, o valor de caudal mínimo de ar novo, afetado pela eficácia de remoção de poluentes, a introduzir nos espaços (Q_{ANF}) e o caudal mínimo de extração ($Q_{ext_{min}}$). Adicionalmente, são igualmente indicados os caudais de ar novo e de extração efetivamente insuflados e exauridos em cada espaço. É importante mencionar que nos espaços em depressão ou sobrepressão, devem ser instaladas grelhas de ventilação nas portas para permitir o equilíbrio de pressão em relação aos espaços adjacentes.

Tabela 35 – Máquinas de ventilação, caudais mínimos de ar novo e de extração e caudais de ar novo e de extração efetivamente insuflados e exauridos em cada espaço.

Ref. ^a	Descrição	Equipamento ventilação	Q_{ANF} [m ³ /h]	$Q_{ext_{min}}$ [m ³ /h]	Caudal ar novo [m ³ /h]	Caudal extração [m ³ /h]
1.02	Refeitório	REC Refeitório	720,00	NA	720	720
1.03	Balneário masculino	REC Geral + Ventilador I.S/Balneários	NA	720,00	250	720
1.04	Espaço Técnico	-	NA	NA	0	0
1.05	Logística	REC Geral	66,98	NA	100	0

Tabela 35 – Máquinas de ventilação, caudais mínimos de ar novo e de extração e caudais de ar novo e de extração efetivamente insuflados e exauridos em cada espaço (continuação).

Ref. ^a	Descrição	Equipamento ventilação	Q_{ANF} [m ³ /h]	$Q_{ext_{min}}$ [m ³ /h]	Caudal ar novo [m ³ /h]	Caudal extração [m ³ /h]
1.06	Chefe de secção	REC Geral	90,00	NA	120	0
1.07	Circulação interna	REC Geral	NA	NA	340	0
1.08	Balneário feminino	REC Geral + Ventilador I.S/Balneários	NA	180,00	90	180
1.09	I.S Masculino	Ventilador I.S Venda	NA	180,00	0	180
1.10	I.S Feminino	Ventilador I.S Venda	NA	45,00	0	45
1.11	I.S Acessíveis	Ventilador I.S Venda	NA	45,00	0	45
1.13	Escada	-	NA	NA	0	0
1.14	Sala de Quadros/Bastidor	-	NA	NA	0	0
1.15	Receção	REC Showroom	60,00	NA	90	0
1.16	Átrio	REC Showroom	118,91	NA	180	0
1.17	Zona de exposição	REC Showroom	1504,25	NA	1 510	1 510
2.01	Bastidor	-	NA	NA	0	0
2.02	Escada serviço	-	NA	NA	0	0
2.03	Sala de conferências/formação	REC Auditório	1150,00	NA	1 150	1 150
2.04	I.S Feminino	Ventilador I.S/Balneários	NA	180,00	0	180
2.05	I.S Acessíveis	Ventilador I.S/Balneários	NA	45,00	0	45
2.06	I.S Masculino	Ventilador I.S/Balneários	NA	270,00	0	270
2.07	Copa	-	NA	NA	0	0
2.08	Arrumo	REC Geral	NA	NA	0	45
2.10	Zona de convívio	REC Geral	540,00	NA	540	0
2.11	Escada	-	NA	NA	0	0
2.12	Sala de reuniões	REC Geral	250,00	NA	250	250
2.13	Compras	REC Geral	180,00	NA	180	180
2.14	Gabinete técnico	REC Geral	300,00	NA	300	300
2.15	Contabilidade	REC Geral	180,00	NA	180	180
2.16	Orçamentação	REC Geral	87,30	NA	90	90
2.17	Gestão	REC Geral	87,30	NA	90	90
2.18	Escada serviço	-	NA	NA	0	0
2.19	Arquivo	REC Geral	NA	NA	0	170

Tabela 35 – Máquinas de ventilação, caudais mínimos de ar novo e de extração e caudais de ar novo e de extração efetivamente insuflados e exauridos em cada espaço (continuação).

Ref. ^a	Descrição	Equipamento ventilação	Q_{ANF} [m ³ /h]	$Q_{ext_{min}}$ [m ³ /h]	Caudal ar novo [m ³ /h]	Caudal extração [m ³ /h]
2.20	Gerência	REC Geral	90,00	NA	90	90
2.21	Circulação interna	REC Geral	NA	NA	0	0
2.22	Sala de reuniões privada	REC Geral	150,00	NA	150	0
2.23	WC privado	Ventilador WC Privado	NA	69,40	0	70
2.24	Gerência	REC Geral	90,00	NA	90	0
Total			5664,74	1734,40	6510	6510

Conforme verificado na tabela anterior, está prevista a instalação de quatro unidades de tratamento de ar novo (UTAN), equipadas com recuperadores de calor de fluxos cruzados, como a representada na Figura 14, bem como três ventiladores de extração nas instalações sanitárias/balneários.

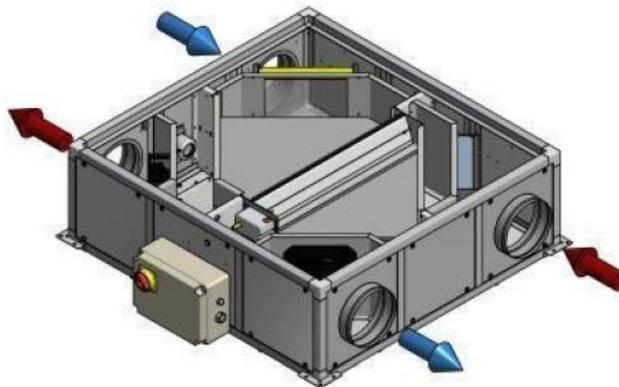


Figura 14 – Tipo de UTAN utilizada para ventilação do edifício.

Todos estes equipamentos serão colocados entre a laje de cobertura e o teto falso. Na Figura 15 e na Figura 16 é apresentada a rede de condutas e a localização dos equipamentos de ventilação, elaborada com o auxílio do *software* Revit.

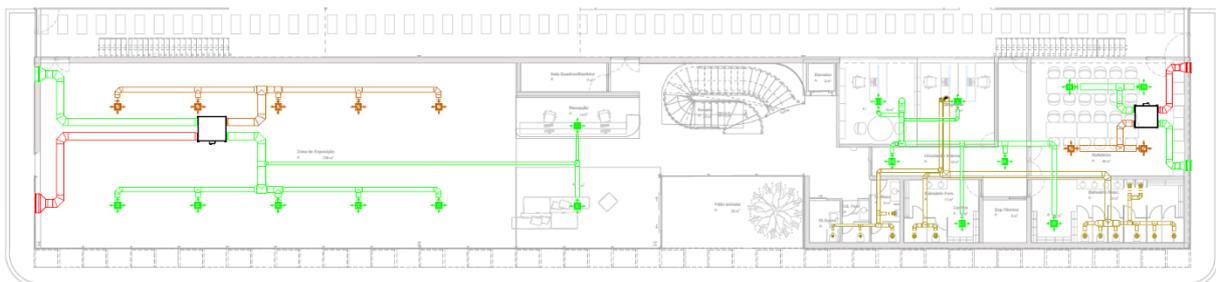


Figura 15 – Rede de condutas e equipamentos de ventilação do piso 1.

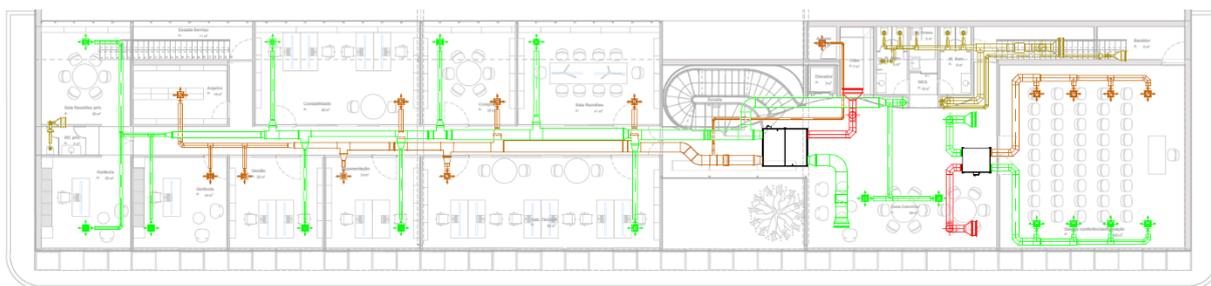


Figura 16 – Rede de condutas e equipamentos de ventilação do piso 2.

A decisão de utilizar quatro UTAN foi baseada no horário de funcionamento dos espaços servidos por elas. Por exemplo, será utilizada uma máquina específica para a zona de venda (REC Showroom), que funcionará não só de segunda a sexta-feira, como os outros espaços do edifício, mas também aos sábados. Portanto, é benéfico optar por várias UTAN para as diversas zonas do edifício, uma vez que, desta forma, estas podem ser posicionadas mais próximas dos espaços que pretendem atender, minimizando as perdas de carga e do consumo dos ventiladores. Adicionalmente, a utilização de várias UTAN assegura que elas funcionem sempre de acordo com as condições de projeto estabelecidas.

Quanto aos ventiladores de extração das instalações sanitárias/balneários, eles são necessários porque a extração tem de ocorrer por meio de redes de condutas independentes, não podendo estar conectadas às UTAN. De referir que, mais uma vez, são utilizados mais do que um equipamento devido aos diferentes horários de funcionamento dos espaços.

As características dos equipamentos de ventilação estão apresentadas na Tabela 36, obtidas através das fichas técnicas correspondentes, que podem ser consultadas no Anexo 13. De referir que as perdas de carga foram calculadas utilizando o *software* Revit.

Tabela 36 – Características dos equipamentos de ventilação.

Equipamento	Caudal		Perda de carga		SFP		Eficiência de recuperação	
	Insuflação [m ³ /h]	Extração [m ³ /h]	Insuflação [Pa]	Extração [Pa]	Insuflação [W/(m ³ /s)]	Extração [W/(m ³ /s)]	Inverno [%]	Verão [%]
REC Auditório	1150	1150	83,06	89,39	1070	930	84,1	59,8
REC Geral	2860	1395	298,37	169,63	1290	670	52,4	47,5
REC Refeitório	720	720	46,77	47,11	500	500	80,2	59,6
REC Showroom	1780	1510	126,22	106,55	660	540	76,1	57,4
Ventilador I.S e Balneários	-	1395	-	161,05	-	381,28	-	-
Ventilador I.S Venda	-	270	-	144,86	-	469,52	-	-
Ventilador WC Privado	-	70	-	37,84	-	349,49	-	-

Em relação aos requisitos dos equipamentos de ventilação, impostos pela Portaria n.º 138-I/2021 e que foram previamente apresentados no Capítulo 2.5.3, verificou-se que:

- As UTAN não permitem *free cooling*, no entanto, uma vez que o caudal de insuflação de todos os equipamentos é inferior a 10000 m³/h, tal como se observa pela Tabela 35, a instalação de sistemas de free cooling não é obrigatória;
- O cumprimento dos requisitos relacionados aos sistemas de filtragem é atendido, uma vez que as UTAN possuem um filtro M5 a montante do recuperador de calor e um filtro F7 a jusante do ventilador de insuflação, conforme indicado no Anexo 13;
- Já no que diz respeito à exigência de recuperação de calor, verificou-se que a potência rejeitada é inferior a 80 kW, conforme demonstrado na Tabela 37. Nestas condições, não é obrigatória a instalação de sistemas de recuperação com uma eficiência mínima de 50%.

Tabela 37 – Potência rejeitada pelos equipamentos de ventilação.

Equipamento	Caudal extração [m³/h]	Potência rejeitada [kW]
REC Auditório	1150	6,89
REC Geral	1395	8,36
REC Refeitório	720	4,31
REC Showroom	1510	9,05
Ventilador I.S e Balneários	1395	8,36
Ventilador I.S Venda	270	1,62
Ventilador WC Privado	70	0,42
Total	6510	39,01

3.8. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

A análise dos sistemas de iluminação revela-se relevante no contexto da avaliação do desempenho energético dos edifícios, uma vez que, para além do consumo de energia elétrica inerente à sua utilização, estes sistemas são também responsáveis pela introdução de uma carga térmica suplementar nos espaços. Tal facto decorre da transformação de parte da energia elétrica consumida pela lâmpada em energia térmica, o que contribui para o aumento da temperatura ambiente dos espaços onde estas se encontram instaladas.

Nesse sentido, e tal como foi previamente apresentado no Capítulo 2.6, a Portaria n.º 138-I/2021 impõe requisitos relativamente aos níveis de iluminância e densidade de potência instalada em cada espaço. Contudo, aquando da realização da dissertação, ainda não tinha sido efetuado um estudo luminotécnico, o que resultou na inexistência de informações sobre a quantidade e características das luminárias. Consequentemente, não foi possível aferir o cumprimento regulamentar dos sistemas de iluminação do edifício.

No entanto, o Manual SCE define valores a considerar na avaliação do DEE, para o caso dos espaços não possuírem sistemas de iluminação, que devem ser calculados de acordo com a Equação (23) [10], [12].

$$DPI_{inst} = DPI_{100\text{ lx,máx}} \times \frac{\bar{E}_{m\ req}}{100} \quad (23)$$

Em que:

DPI_{inst} → Densidade de potência de iluminação instalada no espaço [W/m^2];

$DPI_{100\text{ lx,máx}}$ → Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lx, obtida na Tabela 25 do Ponto 4.1 do Anexo II da Portaria n.º 138-I/2021 [$(W/m^2)/100\text{ lx}$];

$\bar{E}_{m\ req}$ → Iluminância média requerida no espaço, obtida através do Anexo IV do Manual SCE [lx].

O cálculo detalhado dos valores de densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço pode ser consultado no Anexo 14.

3.9. INSTALAÇÕES DE ELEVAÇÃO

As instalações de elevação, conforme apresentado no Capítulo 2.7, podem ser categorizadas em três tipos: ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes. No edifício em análise, está prevista a instalação de um elevador, ou seja, um ascensor, com as características indicadas na Tabela 38, obtidas na ficha técnica, que pode ser consultada no Anexo 15.

Tabela 38 – Características do elevador previsto para o edifício [24].

Marca	Schindler
Modelo	1000
Capacidade [n° pessoas]	4
Carga nominal [kg]	320
Classe energética	A

Ao analisar a tabela acima constata-se que a classe energética do elevador é A, superior à classe energética mínima (B), apresentada na Tabela 7.

3.10. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Para o edifício em estudo está prevista a utilização de três sistemas de climatização do tipo VRF, com funcionamento *inverter* e arrefecimento a ar, semelhantes aos apresentados na Figura 17 (a). Estes sistemas serão conectados a unidades interiores do tipo cassette de quatro vias, similares às indicadas na Figura 17 (b), para proporcionar o conforto térmico necessário em cada espaço.

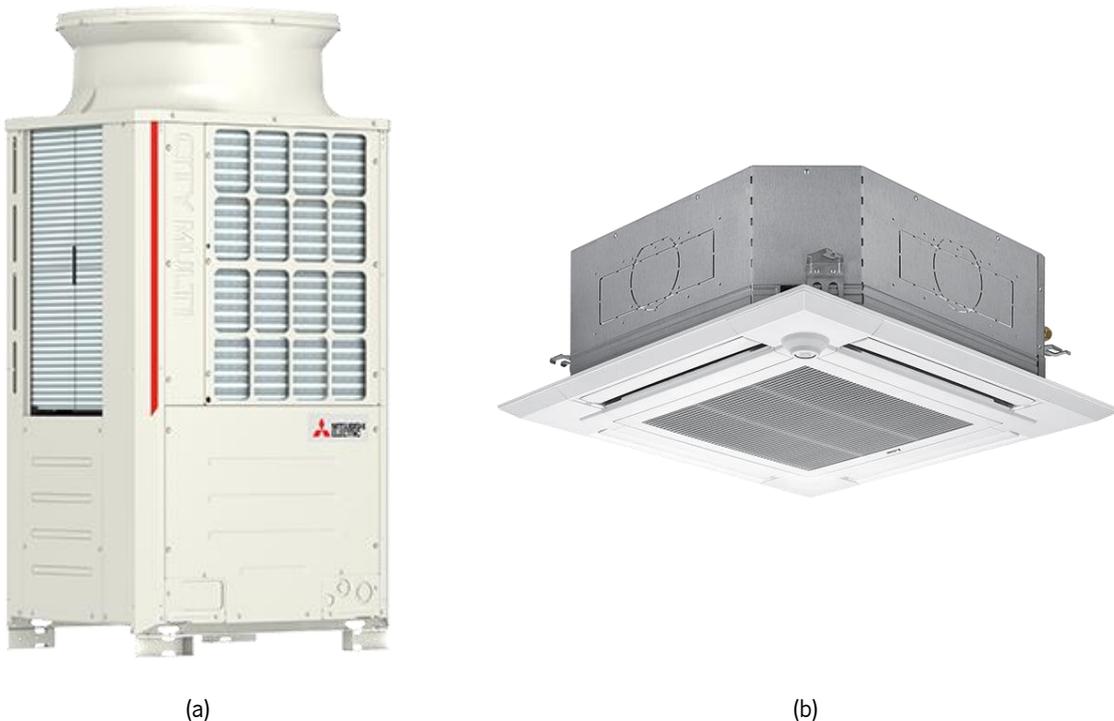


Figura 17 – (a) VRF e (b) cassette de quatro vias utilizada para climatização do edifício.

Os sistemas VRF regulam o volume de refrigerante para atender às necessidades de climatização de um edifício. Eles são constituídos por uma unidade exterior e até sessenta e quatro unidades interiores. Durante o período de arrefecimento, a unidade exterior (condensadora) recebe o refrigerante no estado de vapor sobreaquecido. Após o processo de condensação e de expansão, transforma-o numa mistura de líquido e vapor. Posteriormente, esta mistura é enviada para as unidades interiores (evaporadoras) para absorver o calor dos espaços, passando para o estado de vapor saturado. Após o processo de compressão, o refrigerante passa para o estado de estado de vapor sobreaquecido e é redirecionado para a unidade exterior, onde o calor absorvido no interior é rejeitado para o ambiente no condensador. No período de aquecimento, o ciclo é invertido, e a unidade exterior passa a funcionar

como evaporadora, absorvendo o calor do exterior e transferindo-o para as unidades interiores (condensadoras), onde o calor será libertado para aquecer o ambiente interior [25].

À semelhança do que acontece com os sistemas de ventilação, optou-se pela utilização de diversos equipamentos de climatização de menor potência, tendo em consideração os horários de funcionamento dos espaços. Desta forma, um dos sistemas será responsável pela climatização da zona de escritórios e refeitório, outro abrangerá a zona de vendas, e um terceiro sistema será destinado à sala de conferências.

O dimensionamento adequado dos sistemas de climatização foi feito em função das cargas térmicas de cada espaço, que foram determinadas através a simulação dinâmica do edifício. A potência nominal de cada uma das máquinas interiores e exteriores será apresentada no Capítulo 4.2.7.

3.11. SISTEMAS DE PREPARAÇÃO DE AQS

Segundo a Portaria n.º 138-I/2021, água quente sanitária (AQS) é definida como a água quente potável destinada a banhos, limpezas, cozinhas ou fins análogos [10].

No edifício em estudo, apenas existe consumo de AQS nos chuveiros destinados aos banhos dos funcionários. No entanto, segundo o dono de obra, os funcionários, por norma, não tomam banho nas instalações da empresa. Desta forma, está prevista a instalação de uma bomba de calor ar-água do tipo monobloco para gerar as AQS necessárias.

As características da bomba de calor são apresentadas na Tabela 39, obtidas na ficha técnica que pode ser consultada no Anexo 16.

Tabela 39 – Características da bomba de calor [26].

Marca	Daikin
Modelo	Altherma EKHHE260CV37
Volume [l]	250
Potência nominal [kW]	1,25
Temperatura máxima de armazenamento [°C]	62
COP ⁽¹⁾	3,9

(1) Temperatura do ar de entrada: 14 °C BS / 13 °C BH; Temperatura da envolvente da unidade: 20 °C; Aquecimento da água dos 10 °C aos 55 °C (de acordo com a UNI EN 16147-2017).

4. SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DO EDIFÍCIO

Neste capítulo será apresentado o *software* utilizado para efetuar a simulação dinâmica do edifício, abordando algumas das suas funcionalidades e características. De seguida, serão indicados os parâmetros a definir de forma a permitir a obtenção das cargas térmicas críticas, tendo em vista o dimensionamento das unidades exteriores e interiores de climatização. Por fim, após a seleção dos sistemas de climatização do edifício, será realizada uma simulação dinâmica visando a determinação dos consumos energéticos, necessários ao cálculo dos indicadores energéticos do edifício, tais como a classe energética, o indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços e o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S.

4.1. SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

As cargas térmicas associadas a cada espaço, bem como o consumo de energia do edifício, foram determinados através do HAP (*Hourly Analysis Program*), um *software* de simulação dinâmica desenvolvido pela Carrier para auxiliar engenheiros, projetistas e profissionais da área de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). O programa, cuja interface pode ser observada na Figura 18, incorpora duas ferramentas, uma que auxilia no dimensionamento dos sistemas de AVAC através da determinação das cargas térmicas e outra que permite aferir o consumo de energia do edifício, que será mais tarde necessário, entre outros, para a determinação da classe energética do edifício [27].

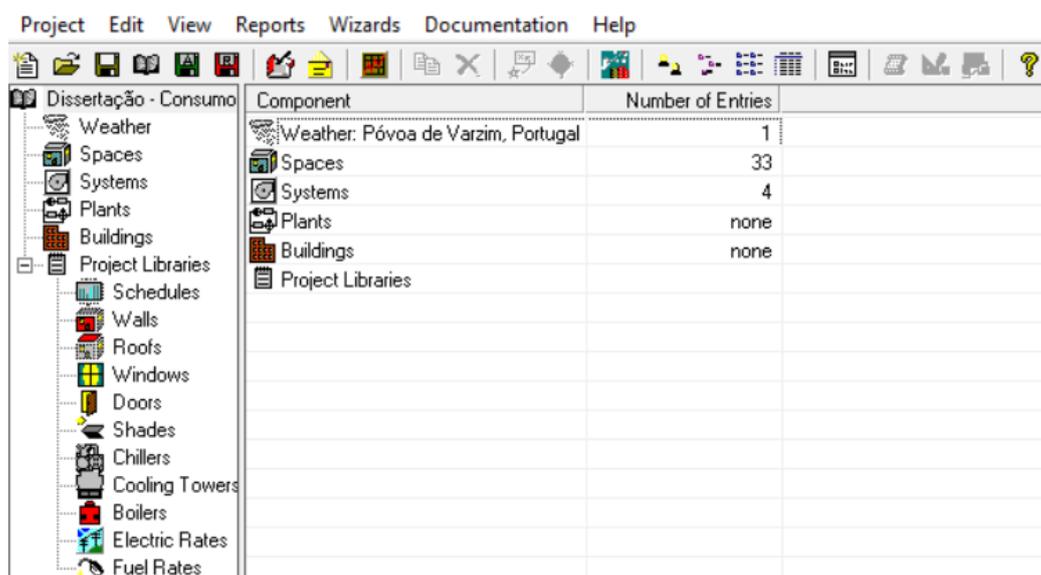


Figura 18 – Interface do HAP (*Hourly Analysis Program*).

A escolha deste software deve-se à disponibilização da sua licença por parte da Tykhe e, sendo este um *software* acreditado pela norma ASHRAE 140, pode ser utilizado para determinação das necessidades e consumos de energia do edifício. Esta norma impõe que o programa deve ser capaz de modelar [12]:

- 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 termóstatos 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 de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

4.2. DETERMINAÇÃO DAS CARGAS TÉRMICAS

A carga térmica é a quantidade de calor que deve ser retirada ou fornecida a um local ou sistema, por unidade de tempo, para manter determinadas condições térmicas. Os ganhos de calor podem ser ganhos internos ou externos. Os ganhos internos provêm da utilização do edifício, correspondendo a ganhos devido às pessoas, aos sistemas de iluminação e equipamentos. Já os ganhos externos ocorrem através da envolvente do edifício, por condução, convecção, e/ou radiação, ou devido à ventilação e infiltrações dos espaços. Estes ganhos podem ser sensíveis ou latentes. O ganho sensível é o ganho direto no ambiente, provocando o aumento da temperatura; já o ganho de calor latente ocorre quando humidade é adicionada ao ambiente [28].

A determinação das cargas térmicas é fundamental num projeto de AVAC, pois, além de ser necessária para o dimensionamento dos sistemas de climatização, de forma a determinar a potência térmica que é necessário fornecer ou retirar de um espaço para garantir condições de conforto, influencia também o consumo de energia do edifício, afetando o consumo dos sistemas de climatização responsáveis por tratar as cargas térmicas dos espaços [28], [29].

Neste sentido, ao longo dos subcapítulos seguintes, serão descritos todos os parâmetros a introduzir no HAP para a determinação das cargas térmicas em cada espaço do edifício em análise.

4.2.1. DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos são relevantes, não apenas para análise dos requisitos como previamente apresentado no Capítulo 3.2, mas também para a simulação dinâmica do edifício, para a qual é necessário o ficheiro climático do local onde se insere, que pode ser obtido através do *software* SCE.CLIMA_v1.0, disponibilizado pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) [12].

Este *software* prepara os ficheiros climáticos de referência do SCE, ajustando-os em função da altitude pretendida. Desta forma, tal como se observa na Figura 19, introduzindo o município e a altitude onde se localiza o edifício, obtêm-se, para além dos parâmetros climáticos e das zonas climáticas, dados mensais relativos aos valores mínimos, médios e máximos das temperaturas exteriores de bolbo seco, bem como valores médios mensais de humidade relativa exterior, radiação solar direta e radiação solar difusa [30].

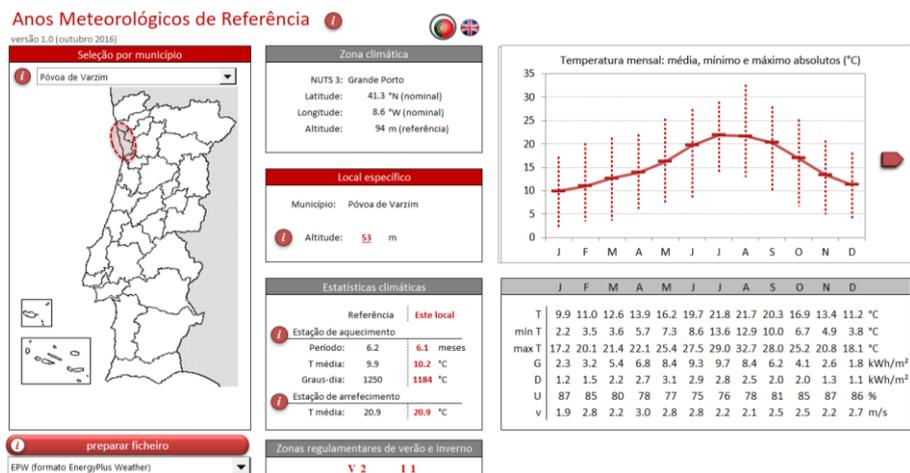


Figura 19 – Aspeto da folha de cálculo SCE.CLIMA_v1.0 utilizada para obter o ficheiro climático em função da localização do edifício.

A partir deste *software* é possível obter o ficheiro climático no formato *EnergyPlus Weather*, que é posteriormente importado para o HAP, como observado na Figura 20 (d). Nesta fase são também introduzidos os dados geográficos e as temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido para os meses críticos de verão e inverno, conforme apresentado na Figura 20 (a). Adicionalmente, são introduzidas as temperaturas mensais máximas e mínimas de bolbo seco e bolbo húmido (Figura 20 (b)), bem como os valores mensais máximos de radiação solar por orientação, utilizando-se neste caso os valores de referência para a cidade do Porto (Figura 20 (c)). De referir que os valores de temperatura e radiação solar introduzidos manualmente (Figura 20 (a), (b) e (c)) são utilizados pelo *software* para determinação das cargas térmicas, enquanto o ficheiro climático (Figura 20 (d)) é utilizado para o cálculo dos consumos de energia.

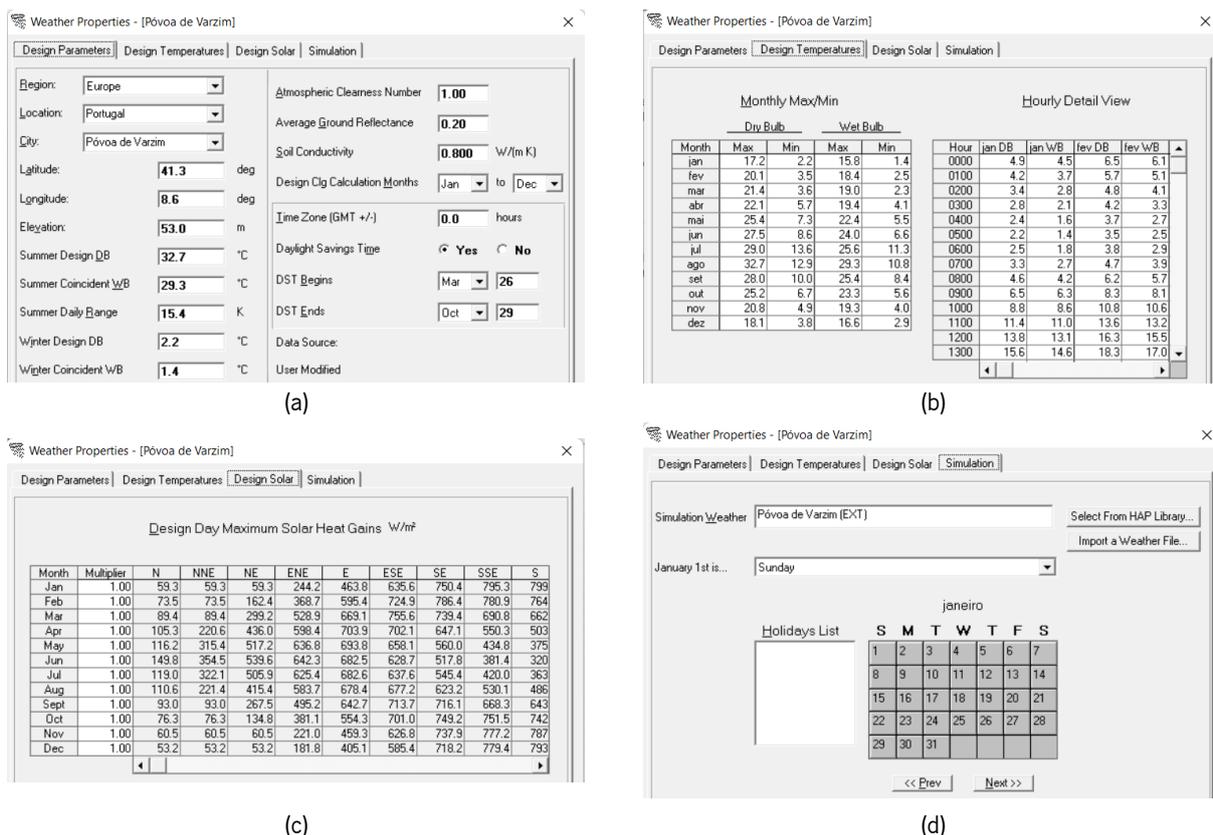


Figura 20 – (a) Dados geográficos e climáticos para os meses críticos, (b) temperaturas mensais máximas e mínimas de bolbo seco e bolbo húmido (c) valores mensais máximos de radiação solar por orientação e (d) importação do ficheiro climático no formato *EnergyPlus Weather*.

4.2.2. PERFIS DE UTILIZAÇÃO

Os perfis de utilização possibilitam a avaliação horária da variação das cargas térmicas internas associadas à ocupação, iluminação e equipamentos elétricos presentes nos espaços do edifício. Além disso, é necessário atribuir perfis de termóstato aos sistemas de climatização que serão implementados, de modo a considerar adequadamente o seu período de funcionamento no cálculo das cargas térmicas.

O edifício em estudo está dividido em duas áreas distintas, a zona de escritórios e a zona de venda ao público, com períodos de funcionamento compreendidos entre as 7h e as 20h (de segunda-feira a sexta-feira) e as 8h e as 20h (de segunda-feira a sábado), respetivamente. Por se tratar de um edifício novo, e como não se conseguiu obter informações junto do dono de obra, adotaram-se os perfis por defeito previstos no Decreto-Lei n.º 79/2006, ajustando-os em função dos espaços do edifício.

Por exemplo, na zona de escritórios, que abrange salas de reuniões, a sala de conferências, a zona de convívio e o refeitório, foi necessário utilizar perfis de utilização distintos daqueles aplicados aos gabinetes de trabalho. Neste sentido, adotaram-se horários para seis tipos de espaços diferentes, os quatro mencionados anteriormente, um horário geral para a zona de escritórios e outro para a zona de venda.

Como exemplo, na Figura 21, são apresentados os perfis de utilização, introduzidos no campo “Schedules” do HAP, para a zona de venda, baseados na tipologia de pequenas lojas estabelecida pelo Decreto-Lei n.º 79/2006. Os restantes perfis de utilização podem ser consultados no Anexo 17 [31].

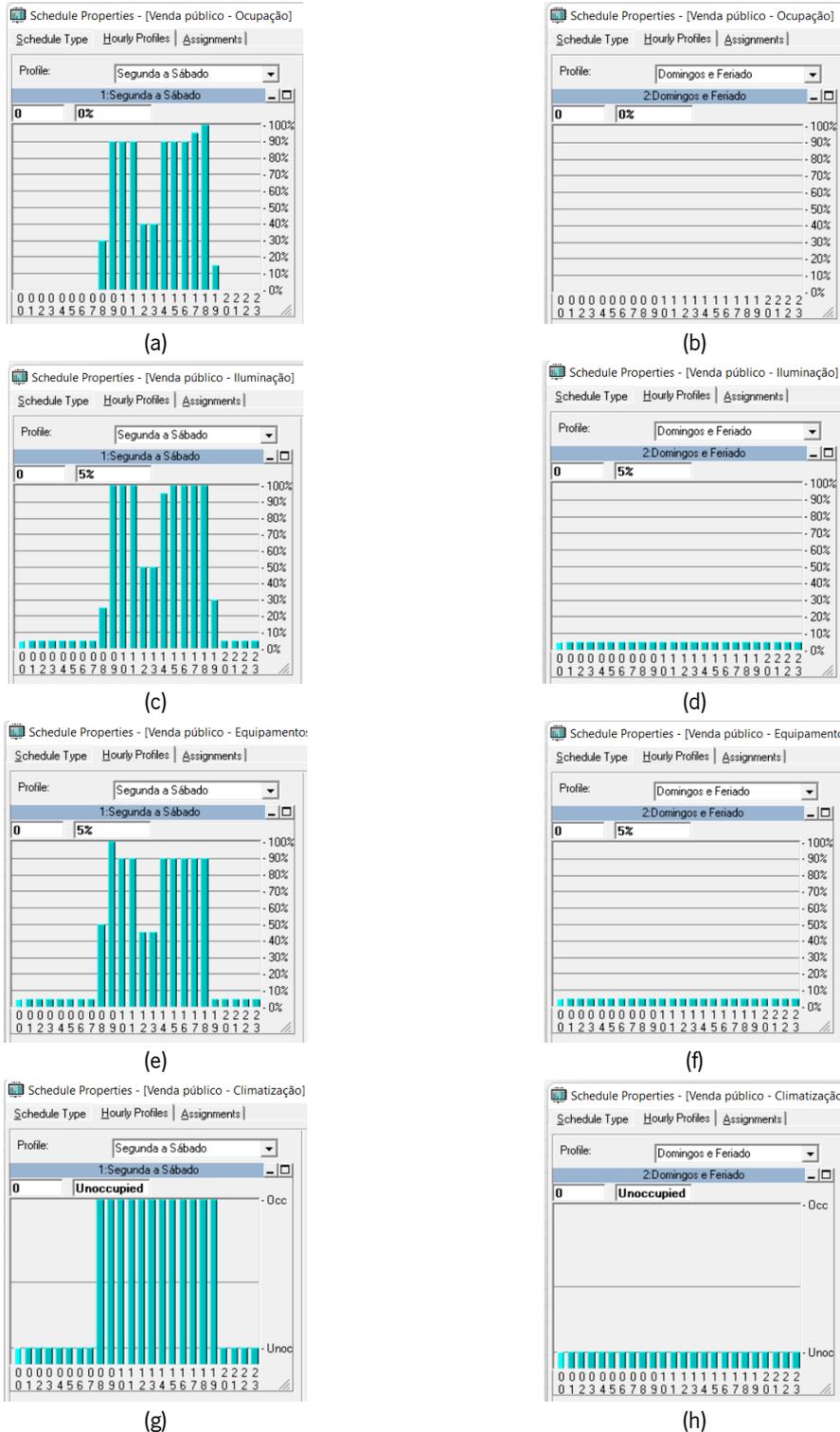


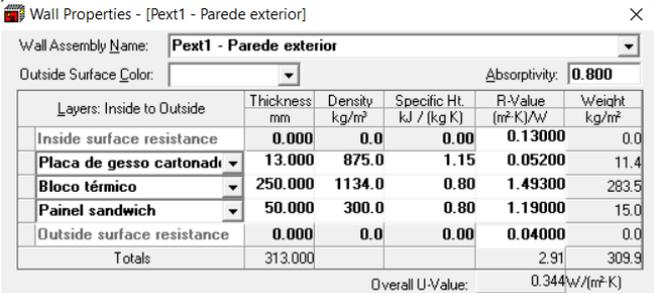
Figura 21 – Zona de venda: Perfil de ocupação de (a) Segunda a Sábado e (b) Domingos e Feriados; Perfil de iluminação de (c) Segunda a Sábado e (d) Domingos e Feriados; Perfil de equipamentos de (e) Segunda a Sábado e (f) Domingos e Feriados; Perfil de climatização de (g) Segunda a Sábado e (h) Domingos e Feriados.

4.2.3. INTRODUÇÃO DOS DADOS PARA DEFINIR A ENVOLVENTE OPACA E ENVIDRAÇADA

A definição da envolvente exterior do edifício possibilita a quantificação das trocas térmicas entre os espaços interiores úteis e o ambiente exterior. Nesse sentido, foi necessário introduzir as propriedades das paredes e das pontes térmicas planas com condição fronteira exterior, bem como as propriedades dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior.

Relativamente às paredes exteriores, é necessário definir cada um dos materiais, especificando a sua espessura, massa volúmica, calor específico e condutibilidade térmica, bem como a absorptância solar, que depende da cor da superfície e pode ser obtida na Tabela 20 do Manual SCE [12].

Desta forma, foram introduzidas no HAP as propriedades supracitadas, considerando os valores referidos na Tabela 21, referentes à parede exterior 1, como representado na Figura 22. Para as restantes paredes e pontes térmicas planas com condição fronteira exterior o processo de caracterização foi semelhante. Nos casos em que os valores da massa volúmica e do calor específico não constavam nas propriedades dos materiais presentes no ITE50, foram adotados os valores indicados em [17] [16].



Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ / (kg K)	R-Value (m ² ·K)/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.13000	0.0
Placa de gesso cartonado	13.000	875.0	1.15	0.05200	11.4
Bloco térmico	250.000	1134.0	0.80	1.49300	283.5
Painel sandwich	50.000	300.0	0.80	1.19000	15.0
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.04000	0.0
Totals	313.000			2.91	309.9

Overall U-Value: 0.344 W/(m²·K)

Figura 22 – Caracterização da parede exterior 1 no HAP.

Já em relação aos vãos envidraçados, para se caracterizar cada tipo de vão no HAP é necessário definir-se a sua altura e largura, bem como o coeficiente de transmissão térmica (U_w). Adicionalmente, calcula-se o coeficiente global de sombreamento através da Equação (24), que descreve como a energia solar é transmitida através do vão envidraçado e tem em consideração os efeitos do centro e da extremidade do vidro, da caixilharia e proteções solares. De notar que este coeficiente não tem qualquer relação com os sombreamentos provocados por obstruções horizontais e verticais [27].

$$\text{Coeficiente global de sombreamento} = \frac{g_{\text{simulação}}}{0,87} \quad (24)$$

Em que:

$g_{\text{simulação}}$ → Fator solar a considerar no *software* de cálculo, conforme Anexo 10;

Assim, as propriedades mencionadas foram introduzidas no HAP, considerando os valores indicados na Tabela A.27 e na Tabela A.28, referentes ao tipo de vão 1, conforme apresentado na Figura 23. Para os restantes vãos envidraçados com condição fronteira exterior o processo de caracterização foi semelhante.

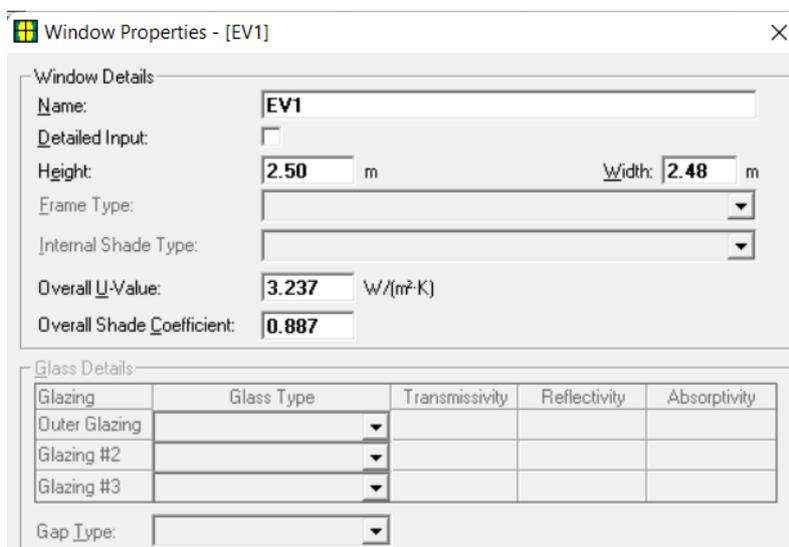


Figura 23 – Caracterização do tipo de vão 1 no HAP.

Ainda em relação aos vãos envidraçados, para a sua completa caracterização é necessário definir os sombreamentos provocados por obstruções horizontais e verticais, sendo necessário definir os parâmetros apresentados na Figura 24.

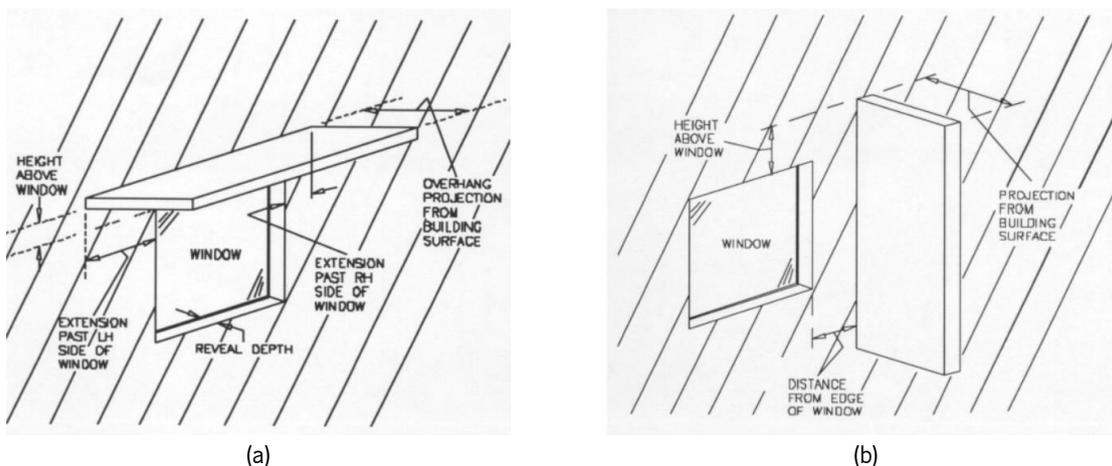


Figura 24 – Parâmetros necessários para a caracterização de uma obstrução (a) horizontal e (b) vertical no HAP.

Na Figura 25 é apresentada a caracterização dos sombreamentos provocados por obstruções horizontais e verticais no vão envidraçado apresentado na Figura 11. O mesmo método de caracterização é utilizado para os restantes vãos envidraçados do edifício.

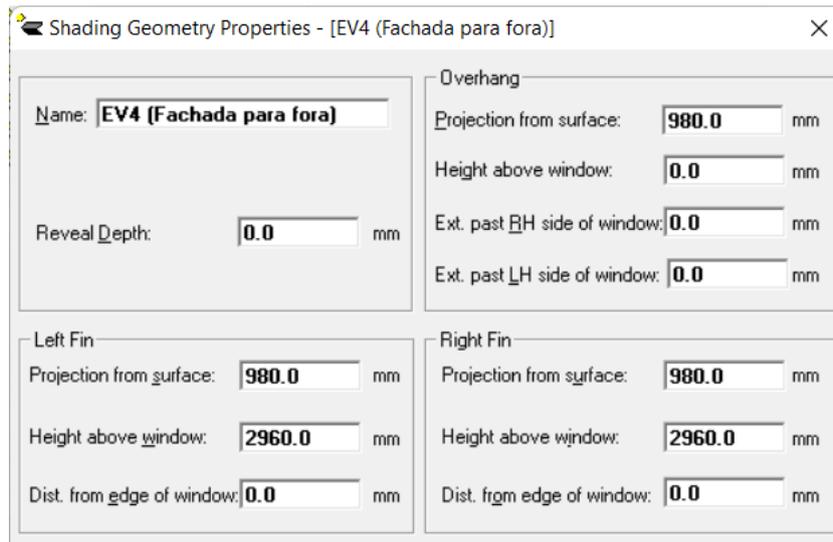


Figura 25 – Exemplo de caracterização dos sombreamentos dos vãos envidraçados no HAP.

4.2.4. DADOS NECESSÁRIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS

Após a introdução dos dados climáticos, dos perfis de utilização dos espaços e definida a envolvente, é necessário associar todos estes elementos a cada zona térmica. A cada zona corresponderá um espaço do edifício que, para uma completa caracterização, requer a definição de um conjunto de parâmetros.

A caracterização dos espaços do edifício começa com a atribuição de um nome e a introdução da área de pavimento, pé-direito e inércia térmica do espaço, conforme o Anexo 6, na secção “General”, tal como indicado na Figura 26. Adicionalmente, é necessário especificar o caudal de ar novo previsto para o espaço em questão, em litros por segundo, utilizando os valores da Tabela 35.

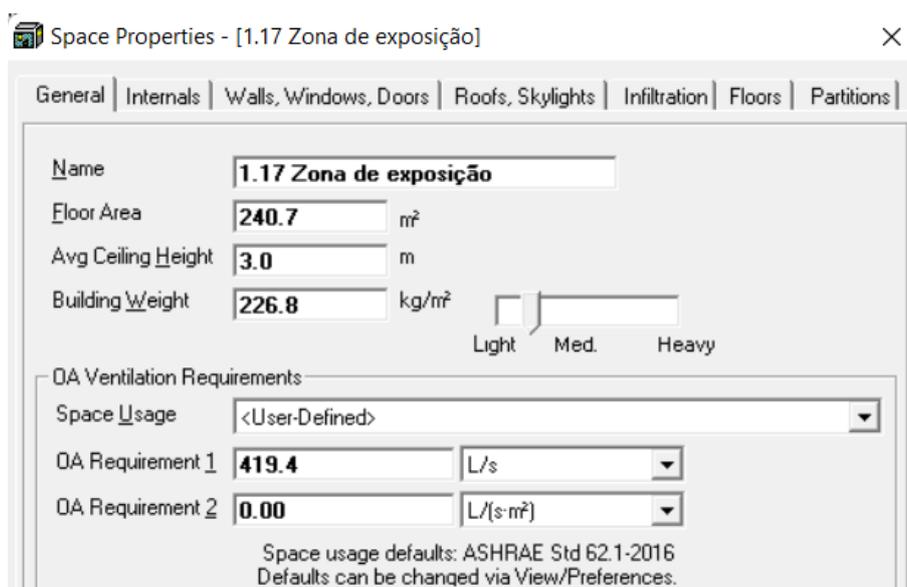


Figura 26 – Parâmetros a definir na secção “General”.

Na secção “Internals” são introduzidas informações relativas às cargas térmicas internas provenientes dos equipamentos de iluminação, dos equipamentos elétricos e dos ocupantes, conforme ilustrado na Figura 27.

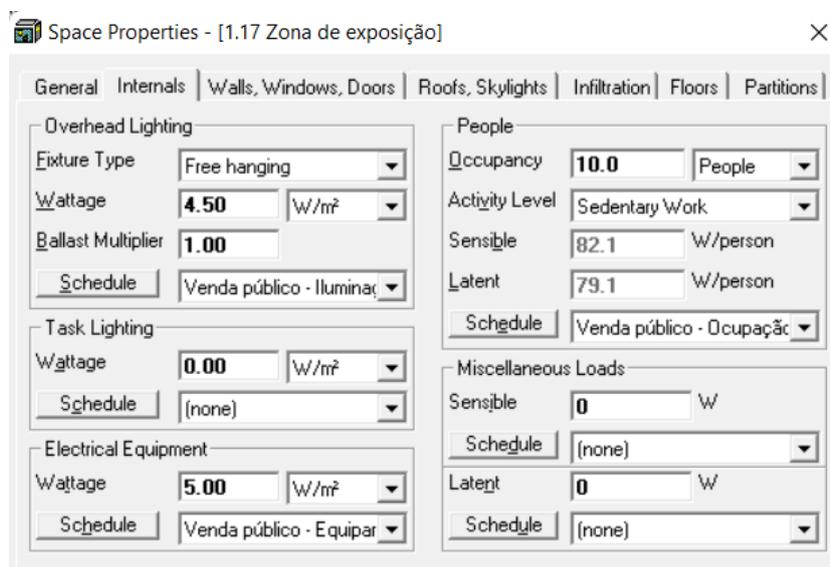


Figura 27 – Parâmetros a definir na secção “Internals”.

As densidades de potência de iluminação e de equipamentos utilizadas estão no Anexo 14 e na Tabela 40, respetivamente. Os valores adotados para a densidade de potência dos equipamentos elétricos foram retirados do Decreto-Lei n.º 79/2006, uma vez que, por se tratar de um edifício novo, ainda não existem previsões/informações sobre os equipamentos elétricos a instalar.

Tabela 40 – Densidade de potência adotada para equipamentos elétricos [31].

Zona	Tipologia	Densidade de potência [W/m ²]
Escritórios	Escritórios	15
Venda ao público	Pequenas lojas	5

A ocupação e o tipo de atividade desenvolvida, em cada espaço, pelos ocupantes, encontram-se no Anexo 11 e na Tabela 4, respetivamente. Por fim, foram associados os perfis de utilização relativos à iluminação, aos equipamentos e à ocupação, conforme definido na Figura 21 para a zona de venda e no Anexo 17 são apresentados os valores introduzidos para as restantes zonas/espacos do edifício.

Na secção seguinte, quantificam-se os elementos com condição fronteira exterior, previamente definidos no Capítulo 4.2.3. Nesse sentido, define-se a orientação, área da parede e quantidade de vãos

envidraçados por orientação para cada um dos elementos da envolvente opaca e envidraçada. Além disso, são especificados o tipo de parede, o tipo de vão envidraçado e os respetivos sombreamentos, como indicado na Figura 28.

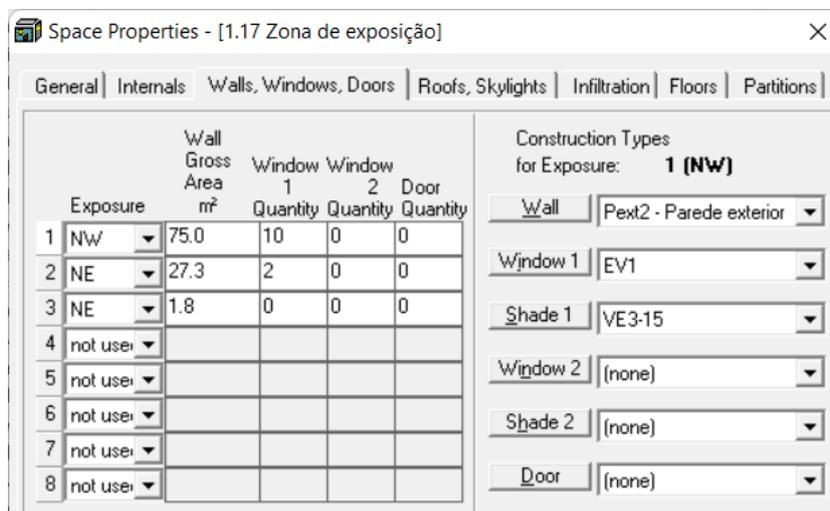


Figura 28 – Parâmetros a definir na secção “Walls, Windows, Doors”.

Ainda no que diz respeito aos elementos com condição fronteira exterior, na secção “Roofs, Skylights” (Figura 29), é necessário quantificar a área de cobertura e o número de claraboias no espaço em análise. No entanto, como no edifício em questão não existem coberturas ou claraboias com condição fronteira exterior, não são introduzidos valores nesta secção.

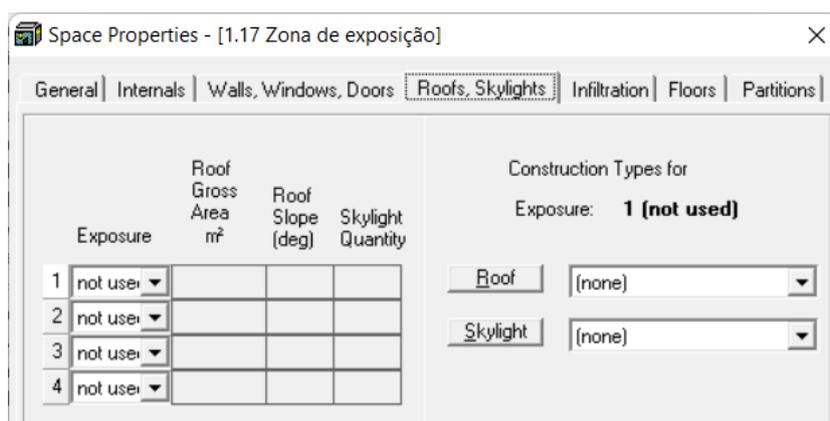


Figura 29 – Parâmetros a definir na secção “Roofs, Skylights”.

O Despacho n.º 6476-H/2021 prevê que, na avaliação do desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços, sejam consideradas infiltrações durante o período de não ocupação, em espaços dotados de ventilação mecânica, assumindo os valores previstos na Tabela 41. Estes valores dependem do número de fachadas expostas, ou seja, do número de fachadas com vãos envidraçados no espaço

em análise, bem como da classe de permeabilidade ao ar da caixilharia. É importante relembrar que, de acordo com o Anexo 8, a caixilharia prevista para os vãos envidraçados do edifício possui classe de permeabilidade ao ar 3 [12].

Tabela 41 – Valores de infiltração de ar em função do tipo de fachada e caixilharia [12].

Tipos de permeabilidade e exposição ao espaço	Infiltração de ar [h^{-1}]
Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,20
Espaços com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 2 ou superior	0,10
Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 0 e 1	0,30
Espaços com duas ou mais fachadas expostas e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 2 ou superior	0,20
Espaços interiores	0,05

Assim, tendo por base os pressupostos anteriormente apresentados, na secção “*Infiltration*” preenche-se a coluna das renovações de ar por hora (ACH – *air changes per hour*) e impondo que as infiltrações ocorram apenas quando a ventilação está desligada, ou seja, durante o período de não ocupação, tal como se observa na Figura 30.

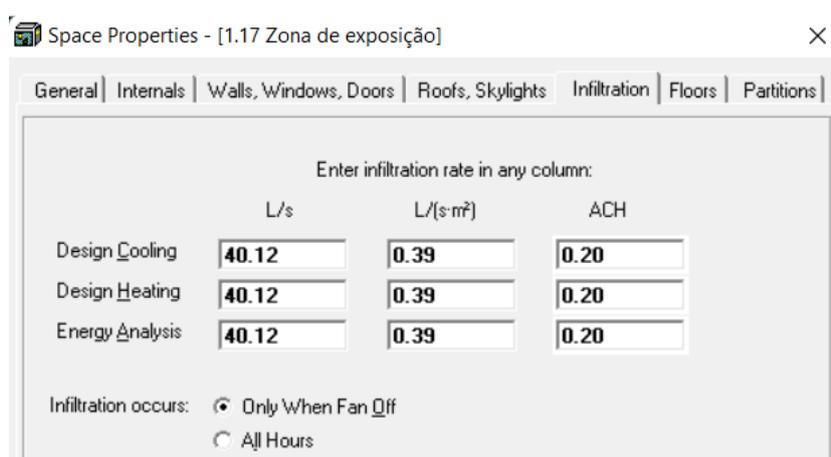
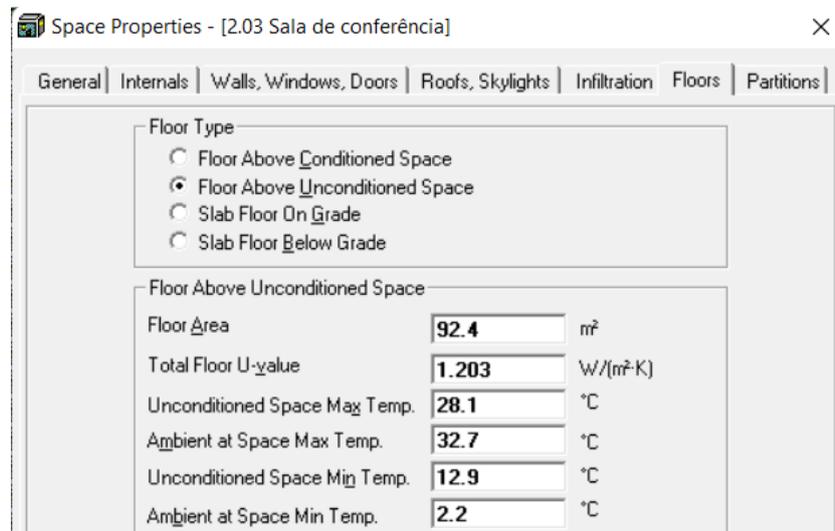


Figura 30 – Parâmetros a definir na secção “*Infiltration*”.

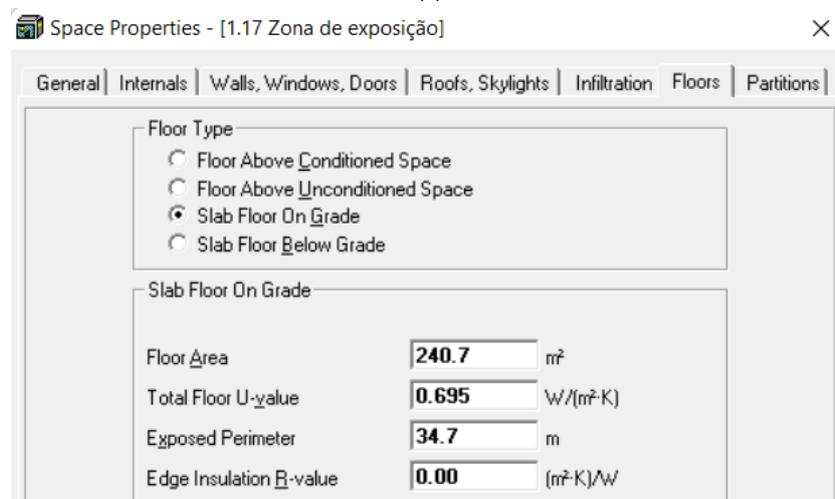
Relativamente aos pavimentos, definidos na secção “*Floors*”, existem quatro diferentes tipos: acima de um espaço climatizado, ou seja, acima de um espaço interior útil (EU); acima de um espaço não climatizado, ou seja, acima de um espaço interior não útil (ENU); em contacto com o solo; e abaixo do solo, ou seja, enterrado. No edifício em análise existem apenas dois tipos de pavimentos, acima de

um ENU e em contacto com o solo, portanto, apenas serão apresentados os parâmetros a introduzir nestes dois casos.

Para o pavimento acima de um ENU (Figura 31 (a)) e em contacto com o solo (Figura 31 (b)), é necessário definir a área de pavimento e o coeficiente de transmissão térmica, obtidos na Tabela 23 para o primeiro e na Tabela 26 para o segundo. Quanto aos restantes pavimentos, o coeficiente de transmissão térmica foi obtido no Anexo 4. Adicionalmente, para o pavimento em contacto com o ENU, é necessário introduzir as temperaturas máximas e mínimas do ambiente e do ENU adjacente, assumindo os valores mencionados no Capítulo 3.4.1. Por fim, para o pavimento em contacto com o solo, mede-se o perímetro exposto, ou seja, o perímetro do pavimento do espaço em análise exposto ao ambiente exterior, e resistência térmica do isolamento perimetral, que neste caso é zero porque não está prevista a sua utilização.



(a)



(b)

Figura 31 – Parâmetros a definir na secção “Floors” para um pavimento (a) acima de um espaço não climatizado (ENU) e (b) em contacto com o solo.

A caracterização dos espaços termina com a caracterização dos ENU adjacentes ao espaço em análise, como se pode constatar pela observação da Figura 32. Para isso é necessário introduzir a área do elemento, quer este seja um teto ou uma parede, em contacto com o ENU, bem como o coeficiente de transmissão térmica. No espaço em análise, o coeficiente de transmissão térmica do teto foi obtido na Tabela A.16, e os valores para a parede foram calculados através de uma média ponderada em função da área da parede interior (Tabela A.7) e das pontes térmicas planas existentes nessa mesma parede (Tabela A.12). As temperaturas máximas e mínimas do ambiente exterior e do ENU com o qual contactam assumem os valores do Capítulo 3.4.1.

	Partition 1	Partition 2
	<input checked="" type="radio"/> Ceiling Partition <input type="radio"/> Wall Partition	<input type="radio"/> Ceiling Partition <input checked="" type="radio"/> Wall Partition
Area	240.7	74.2 m ²
U-Value	0.799	0.665 W/(m ² K)
Unconditioned Space Max Temp.	28.1	32.7 °C
Ambient at Space Max Temp.	32.7	32.7 °C
Unconditioned Space Min Temp.	12.9	2.2 °C
Ambient at Space Min Temp.	2.2	2.2 °C

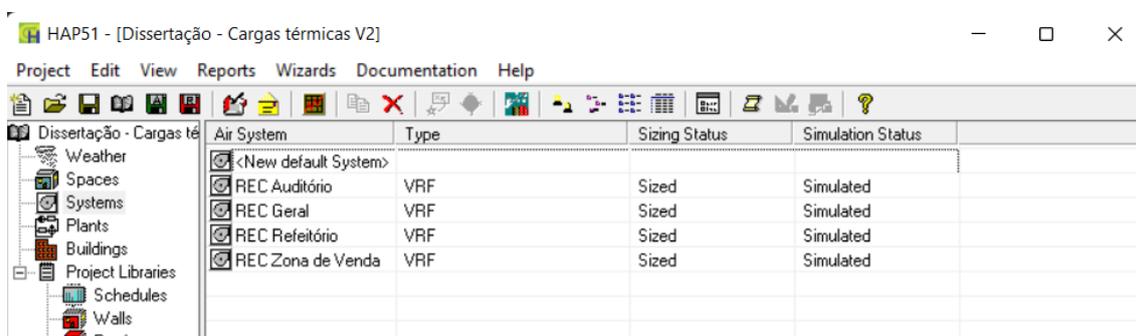
Figura 32 – Parâmetros a definir na secção “Partitions”.

Assim, nas secções “General” e “Infiltration”, introduzem-se os dados para a obtenção das cargas térmicas associadas ao ar novo que é introduzido nos espaços. Na secção “Internals”, inserem-se os dados para quantificação das cargas térmicas internas. Nas secções “Walls, Windows, Doors” e “Roofs, Skylights”, fornecem-se as informações necessárias para o cálculo das cargas térmicas resultantes das trocas térmicas através da envolvente com condição fronteira exterior. E nas secções “Floors” e “Partitions”, preenchem-se os parâmetros necessários para a averiguação das cargas térmicas devidas à transferência de calor através dos elementos com condição fronteira solo ou interior.

4.2.5. DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E VENTILAÇÃO

Caracterizados todos os espaços interiores úteis do edifício, a etapa seguinte consistiu na definição dos sistemas de climatização e ventilação do edifício com o objetivo de obter as cargas térmicas de cada espaço. Neste sentido, foram criados quatro sistemas de climatização do tipo VRF, consequentemente associados a quatro sistemas de ventilação, previamente definidos no Capítulo 3.10 e no Capítulo 3.7,

respetivamente, conforme indicado na Figura 33. Foi necessário definir quatro sistemas de ventilação distintos para levar em conta a eficiência de recuperação de calor de cada um deles.

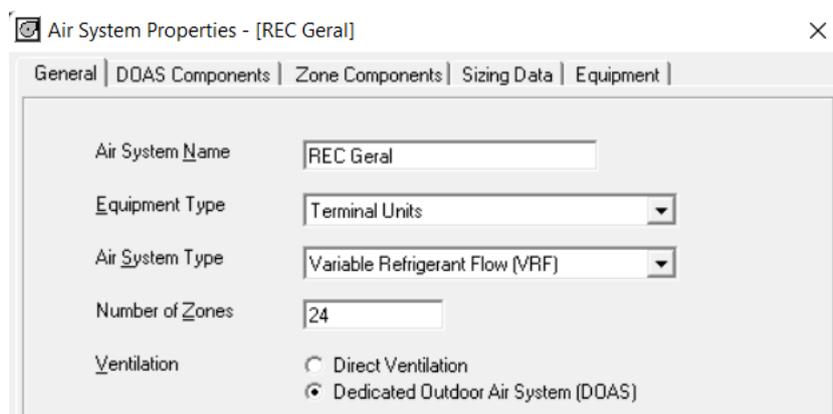


Air System	Type	Sizing Status	Simulation Status
<New default System>			
REC Auditório	VRF	Sized	Simulated
REC Geral	VRF	Sized	Simulated
REC Refeitório	VRF	Sized	Simulated
REC Zona de Venda	VRF	Sized	Simulated

Figura 33 – Sistemas de climatização e ventilação definidos para a obtenção das cargas térmicas do edifício.

É importante referir que, embora tenham sido definidos quatro sistemas de climatização, na realidade, apenas estão previstos três. Contudo, dada a diferença de horário de climatização/ventilação entre o sistema destinado à zona de escritórios (REC Geral) e o sistema destinado ao refeitório (REC Refeitório), essa é a única forma de efetuar essa distinção.

Numa primeira fase, na secção “*General*”, define-se o nome, tipo e número de zonas térmicas servidas pelo equipamento de climatização, tal como se pode observar na Figura 34. Além disso, é especificado o tipo de ventilação utilizado, podendo ser sem ou com recuperação de calor.



Air System Properties - [REC Geral]

General | DOAS Components | Zone Components | Sizing Data | Equipment

Air System Name: REC Geral

Equipment Type: Terminal Units

Air System Type: Variable Refrigerant Flow (VRF)

Number of Zones: 24

Ventilation:

 Direct Ventilation

 Dedicated Outdoor Air System (DOAS)

Figura 34 – Parâmetros a definir na secção “*General*”.

De seguida, na secção “*DOAS Components*”, o sistema de ventilação é caracterizado através da introdução de dados relativos ao recuperador de calor (Figura 35 (a)). Estes dados incluem o tipo de recuperação, que nos sistemas previstos é apenas sensível por se tratar de um permutador de calor de fluxos cruzados, a eficiência de recuperação, a potência necessária para efetuar essa recuperação de calor e o período de funcionamento do recuperador de calor. Adicionalmente, são definidos o tipo e a

potência específica dos ventiladores de insuflação (Figura 35 (b)) e extração (Figura 35 (c)). Todas essas informações podem ser obtidas nas fichas técnicas dos equipamentos, disponíveis no Anexo 13.

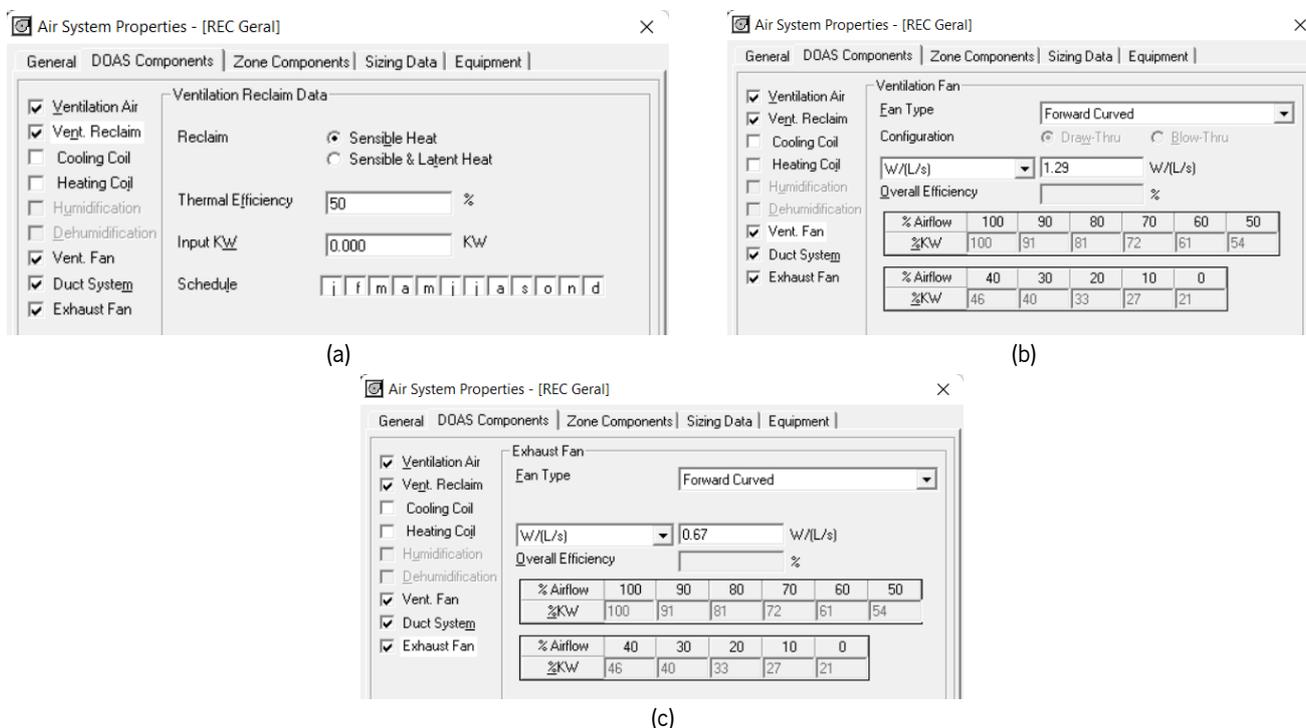


Figura 35 – Parâmetros a definir na secção “DOAS Components” relativamente (a) à eficiência de recuperação de calor, (b) ao ventilador de insuflação e (c) ao ventilador de extração.

As informações sobre as zonas térmicas são introduzidas na secção “Zone Components”, onde se indicam as zonas a serem climatizadas por cada um dos sistemas. Tal como se observa na Figura 36 (a), a cada zona térmica é associado um espaço do edifício e, em seguida, são definidas as temperaturas de conforto para cada uma das zonas térmicas, assim como o horário de climatização do sistema previsto, conforme indicado na Figura 36 (b).

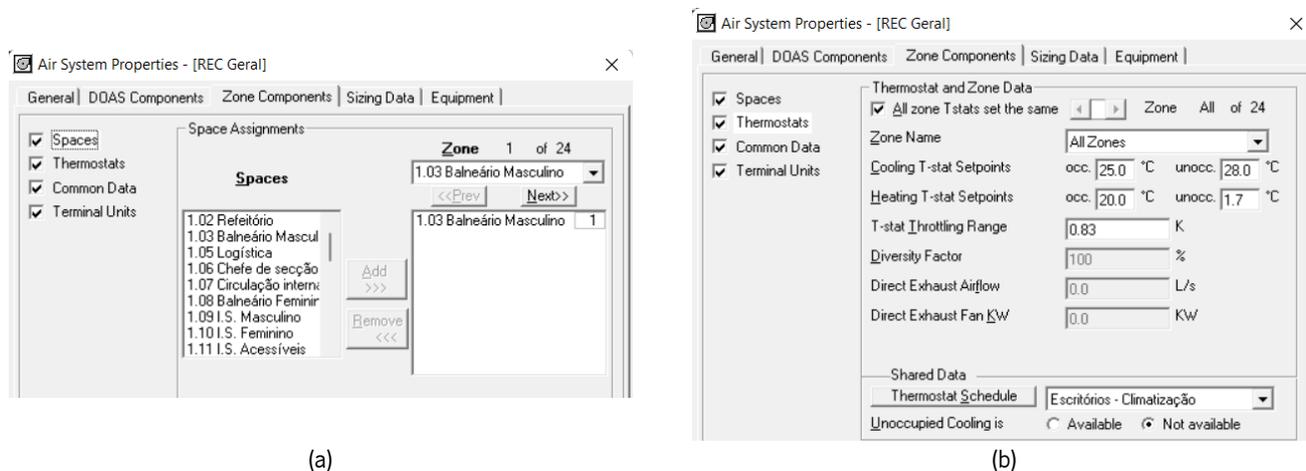


Figura 36 – (a) Definição das zonas térmicas e (b) temperaturas de conforto e horário do sistema de climatização.

O Despacho n.º 6476-H/2021 indica que na simulação dinâmica multizona deve ser considerada uma temperatura interior compreendida no intervalo entre 20 °C e 25 °C, inclusive. Nesse sentido, optou-se por uma temperatura de conforto de 20 °C na estação de aquecimento e de 25 °C na estação de arrefecimento, a fim de minimizar o consumo energético associado aos sistemas de climatização [12].

Quanto à secção “*Sizing Data*”, esta contém alguns parâmetros utilizados para a obtenção das cargas térmicas em cada uma das zonas térmicas previamente definidas, sendo apenas de destacar a utilização de um fator de segurança de 10%, tal como indicado na Figura 37.

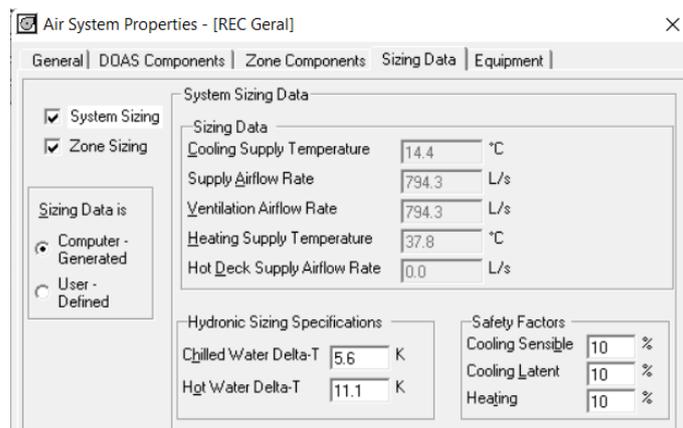


Figura 37 – Parâmetros a definir na secção “*Sizing Data*”.

Por fim, na secção “*Equipment*”, são introduzidas as características da unidade exterior do sistema VRF, como o seu desempenho energético, conforme indicado na Figura 38. No entanto, estes parâmetros são apenas relevantes para o cálculo do consumo energético, tal como se abordará no Capítulo 4.3.

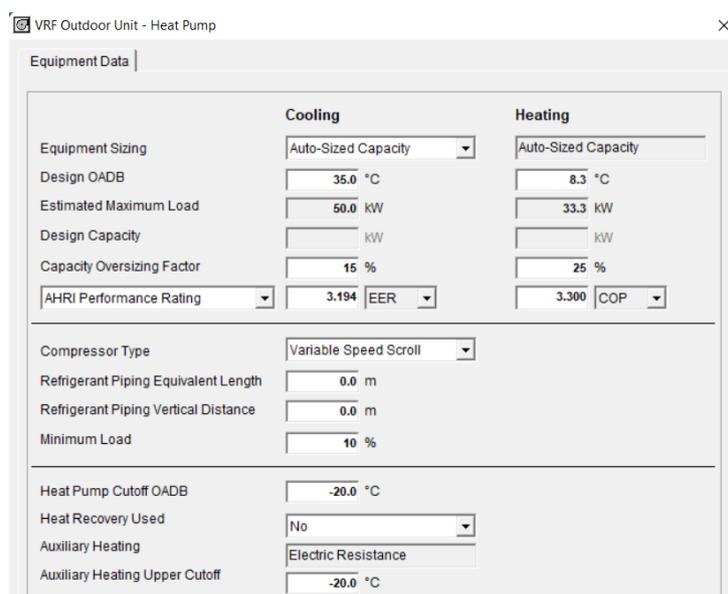


Figura 38 – Parâmetros a definir na secção “*Equipment*”.

4.2.6. CARGAS TÉRMICAS OBTIDAS

Após a definição de todos os parâmetros necessários para a realização da simulação dinâmica multizona, foram obtidas as cargas térmicas críticas, que representam o pico das necessidades de climatização, para cada um dos espaços interiores úteis do edifício. O pico ocorre quando a conjugação das condições exteriores e interiores provoquem uma maior necessidade de arrefecimento no verão e de aquecimento no inverno. Os resultados obtidos através da simulação são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 – Cargas térmicas críticas e necessidades de climatização efetivas.

Ref. ^a	Descrição	Carga térmica crítica		Necessidades efetivas	
		Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]
1.02	Refeitório	7,7	2,9	7,7	2,9
1.03	Balneário masculino	1,6	2,0	0,0	0,0
1.05	Logística	1,6	0,9	1,6	0,9
1.06	Chefe de secção	1,8	1,0	1,8	1,0
1.07	Circulação interna	2,4	2,9	0,0	0,0
1.08	Balneário feminino	0,6	0,8	0,0	0,0
1.09	I.S Masculino	0,0	0,1	0,0	0,0
1.10	I.S Feminino	0,0	0,1	0,0	0,0
1.11	I.S Acessíveis	0,0	0,1	0,0	0,0
1.13	Escada	2,7	2,9	0,0	0,0
1.15	Receção	1,4	0,3	1,4	0,3
1.16	Átrio	7,8	2,2	7,8	2,2
1.17	Zona de exposição	32,6	14,5	32,6	14,5
2.03	Sala de conferências/formação	22,3	5,1	22,3	5,1
2.04	I.S Feminino	0,0	0,3	0,0	0,0
2.05	I.S Acessíveis	0,0	0,1	0,0	0,0
2.06	I.S Masculino	0,0	0,2	0,0	0,0
2.07	Copa	0,1	0,2	0,0	0,0
2.08	Arrumo	0,0	0,2	0,0	0,0
2.10	Zona de convívio	7,7	4,9	7,7	4,9
2.11	Escada	2,8	2,6	0,0	0,0
2.12	Sala de reuniões	5,0	2,9	5,0	2,9
2.13	Compras	3,1	1,9	3,1	1,9

Tabela 42 – Cargas térmicas críticas e necessidades de climatização efetivas (continuação).

Ref. ^a	Descrição	Carga térmica crítica		Necessidades efetivas	
		Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]
2.14	Gabinete técnico	7,7	3,4	7,7	3,4
2.15	Contabilidade	3,3	3,0	3,3	3,0
2.16	Orçamentação	2,6	1,3	2,6	1,3
2.17	Gestão	2,6	1,3	2,6	1,3
2.19	Arquivo	0,0	0,4	0,0	0,0
2.20	Gerência	2,5	1,3	2,5	1,3
2.21	Circulação interna	0,1	0,8	0,0	0,0
2.22	Sala de reuniões privada	3,0	1,9	3,0	1,9
2.23	WC privado	0,0	0,2	0,0	0,0
2.24	Gerência	2,4	1,4	2,4	1,4
Total		125,4	64,1	115,1	50,2

Pela análise da Tabela 42, constata-se que foi assumido que as necessidades de climatização efetivas para alguns dos espaços do edifício são “nulas”, uma vez que não está prevista a instalação de sistemas de climatização e, conseqüentemente, não existe um consumo de energia associado à climatização destes espaços. Esta situação ocorre apenas nas instalações sanitárias, circulações e arrumos, assumindo-se que a climatização destes espaços será efetuada com recurso a ar transferido.

Verifica-se também que as necessidades de arrefecimento efetivas são bastante superiores às de aquecimento. Isto pode dever-se à grande área de vão envidraçados que, conjugados com o elevado fator solar que apresentam, facilitam os ganhos por radiação. Outros fatores podem ser os ganhos internos devido à ocupação, bem como os resultantes da densidade de potência de iluminação e de equipamentos adotados, em que no caso da iluminação são utilizados os valores máximos regulamentares. Por exemplo, para a sala de conferências/formação, um espaço com uma área de pavimento de 92,38 m², foi assumida uma densidade de potência de iluminação igual a 7,5 W/m², uma densidade de potência de equipamentos igual a 15 W/m² e uma ocupação máxima de 46 pessoas. Tudo isto, associado à elevada área de vãos envidraçados, faz com que as necessidades de arrefecimento sejam mais do que quatro vezes superiores às necessidades de aquecimento.

Adicionalmente, a presença de recuperadores de calor nas UTAN faz com que, durante o inverno, o ar exterior que, no caso crítico, estaria a 2,2 °C, seja insuflado a uma temperatura muito mais elevada,

bastante mais próxima da temperatura de conforto térmico, auxiliando na diminuição das necessidades de aquecimento. A presença de recuperadores de calor também contribui para a redução das necessidades de arrefecimento durante o verão. No caso crítico de verão, a temperatura exterior seria de 32,7 °C e o ar novo, ao passar pelo recuperador de calor, baixaria a sua temperatura para valores mais próximos da temperatura de conforto, contudo esta redução não é tão significativa.

Ao consultar o Anexo 13, verifica-se que, por exemplo, para o recuperador de calor menos eficiente, no caso crítico da estação de aquecimento, o ar novo é insuflado a 11,4 °C (Figura A.14). Já para o recuperador de calor mais eficiente, o ar novo é insuflado a 17,1 °C (Figura A.12), bastante próximo da temperatura de conforto de 20 °C.

Na estação de arrefecimento, apesar do recuperador de calor reduzir a temperatura do ar insuflado para valores mais próximos da temperatura de conforto de 25 °C, 29,2 °C no caso do recuperador menos eficiente (Figura A.15) e 28,2 °C no caso do mais eficiente (Figura A.13), a redução é bastante menos significativa quando comparada com o aumento de temperatura que o recuperador de calor proporciona durante a estação de aquecimento.

4.2.7. DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO

Após a obtenção das cargas térmicas críticas de aquecimento e de arrefecimento, procedeu-se ao dimensionamento dos equipamentos de climatização. Tal como apresentado no Capítulo 3.10, está prevista a utilização de unidades interiores do tipo cassette de quatro vias conectadas a unidades exteriores do tipo VRF.

Assim sendo, as unidades interiores utilizadas em cada espaço, que são as responsáveis por tratar as cargas térmicas, devem possuir uma potência de aquecimento e arrefecimento igual ou superior às necessidades efetivas explicitadas na Tabela 42. Estas unidades são alimentadas pelas máquinas exteriores, pelo que, considerando um fator de simultaneidade igual a um, a sua potência deve ser igual ou superior à soma das potências das unidades interiores que serve.

Por indicação da Tykhe, o projeto dos equipamentos de climatização foi realizado pelo gabinete de consultoria da Mitsubishi Electric Portugal. Neste contexto, foram disponibilizadas informações relativas às cargas térmicas por espaço, bem como a indicação da máquina exterior que alimenta cada uma das unidades interiores. No Anexo 18 apresenta-se a seleção das máquinas interiores para cada um dos espaços do edifício, acompanhada pela capacidade nominal e corrigida de cada uma delas. De referir que, para calcular da capacidade total de climatização instalada em cada um dos espaços do edifício, deve ser tida em consideração a quantidade de máquinas interiores prevista, multiplicando este valor pela capacidade corrigida.

Na Tabela 43 são apresentadas as necessidades efetivas e capacidade nominal de climatização de cada uma das máquinas exteriores. Adicionalmente, são indicadas as eficiências sazonais de arrefecimento e aquecimento, SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) e SCOP (*Seasonal Coefficient of Performance*), respetivamente, para cada um dos equipamentos. Estes valores foram obtidos a partir das fichas técnicas disponíveis no Anexo 18.

Tabela 43 – Características das máquinas exteriores do tipo VRF.

Sistema	Marca	Modelo	Arrefecimento			Aquecimento		
			Necessidades efetivas [kW]	Capacidade nominal [kW]	SEER	Necessidades efetivas [kW]	Capacidade nominal [kW]	SCOP
UE1 Geral	Mitsubishi	PUHY-P500YNW-A	51,0	56,0	6,32	28,1	63,0	4,04
UE2 Zona de Vendas	Mitsubishi	PUHY-P400YNW-A	42,3	45,0	5,85	16,9	50,0	4,00
UE3 Sala de Conferências	Mitsubishi	PUHY-P200YNW-A	22,3	22,4	7,65	5,1	25,0	4,35

Adicionalmente, uma vez que a potência nominal global dos sistemas de climatização excede 100 kW, em conformidade com as disposições estipuladas na Portaria n.º 138-I/2021, e tal como apresentado no Capítulo 2.5.3, nos espaços em que a ocupação média durante o período de funcionamento se situe aquém de 50% da ocupação máxima, deve ser instalado um sistema de caudal de ar novo variável que permita o ajuste dos caudais em função da utilização e ocupação dos espaços.

4.3. CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Uma vez determinadas as cargas térmicas críticas necessárias para o dimensionamento dos sistemas de climatização do edifício, a etapa seguinte compreendeu a avaliação dos consumos de energia do edifício previsto e do edifício de referência. O edifício de referência é utilizado como um termo de comparação com o edifício previsto, visando a obtenção dos indicadores de eficiência energética.

A energia consumida pelo edifício pode ser categorizada em dois tipos: tipo S e tipo T. A primeira categoria, tipo S, diz respeito à energia consumida para os usos regulados, enquanto a segunda categoria, tipo T, refere-se à energia consumida nos usos não regulados. A Tabela 44 indica quais os consumos de energia de um edifício, categorizando-os como consumos tipo S ou tipo T [12].

Tabela 44 – Consumos de energia a considerar nos usos do tipo S e do tipo T [12].

Consumos tipo S	Consumos tipo T
Aquecimento e arrefecimento ambiente para conforto humano, incluindo humidificação e desumidificação	Aquecimento e arrefecimento não destinados para conforto humano
Ventilação que serve espaços interiores úteis, exceto hotes	Ventilação que serve espaços interiores não úteis e hotes
Bombagem associada à preparação de AQS e AQP e a sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores úteis	Bombagem em sistemas de climatização não destinados para conforto humano em espaços interiores não úteis
Preparação de AQ	Equipamentos de frio, incluindo câmaras de refrigeração
Iluminação fixa dos espaços interiores úteis e não úteis	Iluminação dedicada, de emergência e exterior
	Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S

4.3.1. CONSUMOS DO EDIFÍCIO PREVISTO

O consumo de energia do edifício previsto, à semelhança das cargas térmicas, pode ser calculado através de uma simulação dinâmica utilizando o *software* HAP. Os parâmetros necessários para a obtenção dos consumos energéticos são em tudo semelhantes aos utilizados para a determinação das cargas térmicas críticas, com algumas ligeiras diferenças.

A primeira diferença reside nos perfis de utilização adotados que, tal como apresentado no Anexo 17, são um pouco diferentes dos considerados para a obtenção das cargas térmicas, nomeadamente nos casos das salas de reuniões (Figura A.27) e da sala de conferências (Figura A.29).

A segunda diferença diz respeito aos sistemas de climatização. A simulação dinâmica previamente efetuada permitiu o dimensionamento dos sistemas de climatização adotados para o edifício. Nesse contexto, tornou-se necessário incorporar os dados relativos às unidades interiores e exteriores selecionadas.

A título de exemplo, para o espaço designado como “2.13 Compras”, está prevista a instalação de uma cassete de quatro vias do modelo PLFY-M32VEM6-E (ver Tabela A.32), que possui um ventilador com uma potência de 0,05 kW, tal como indicado na Figura A.33. Este valor deve ser introduzido na secção “*Zone Components*”, tal como ilustrado na Figura 39.

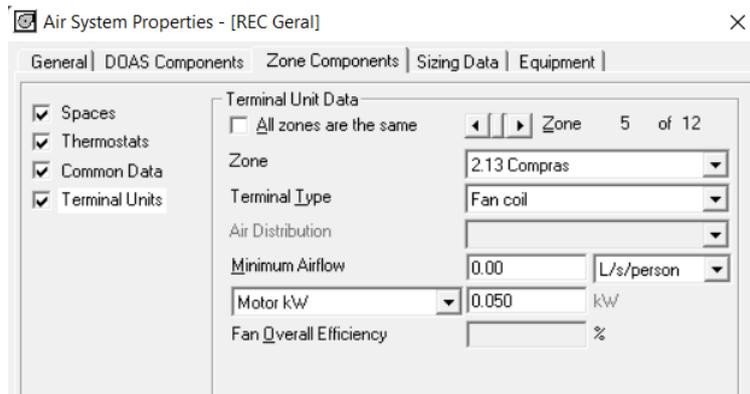


Figura 39 – Definição da potência do ventilador da cassete de quatro vias na secção “Zone Components”.

Já os dados relativos às unidades exteriores, obtidos a partir da Figura A.32, nomeadamente a temperatura nominal de bolbo seco, a capacidade nominal e o desempenho energético na estação de arrefecimento e aquecimento, são inseridos na secção “Equipment”, como indicado na Figura 40. De referir que o *software* não permite a definição do valor de SCOP, apenas do COP ou do HSPF (*Heating Seasonal Performance Factor*), sendo este último semelhante ao SCOP.

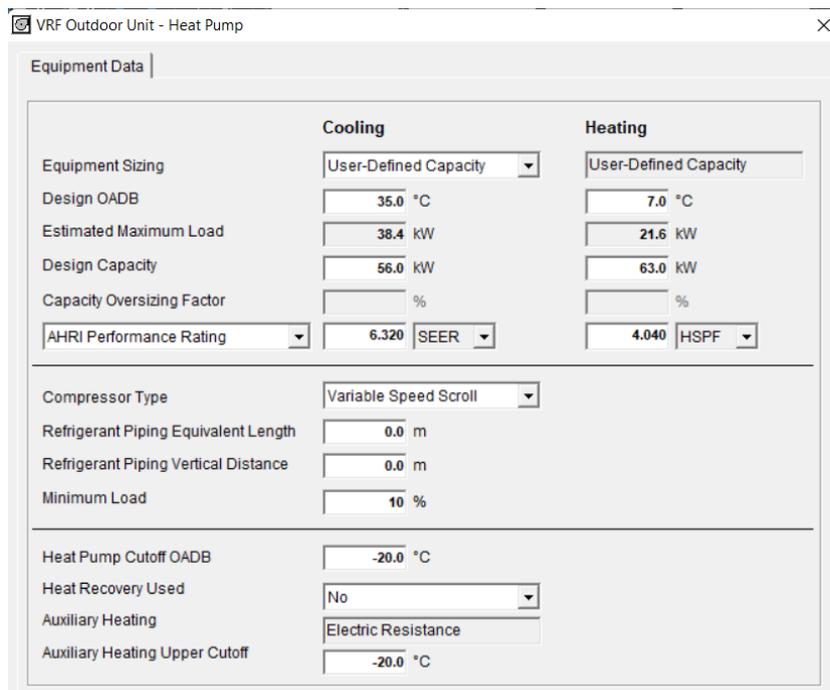


Figura 40 – Definição das características das unidades exteriores na secção “Equipment”.

Estes valores desempenham um papel crucial na determinação do consumo de energia associado aos equipamentos de climatização, visto que o consumo efetivo está diretamente ligado ao desempenho energético dos equipamentos, sendo tanto menor quanto melhor for o desempenho, quantificado através dos valores de SEER e SCOP.

4.3.2. CONSUMOS DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Os consumos do edifício de referência são igualmente obtidos por meio de uma simulação dinâmica utilizando o *software* HAP, efetuando as alterações indicadas na Tabela 45, impostas pela Tabela 102 do Manual SCE, ao edifício previsto [12].

Tabela 45 – Alterações a efetuar ao edifício previsto para obtenção do edifício de referência [12].

Elemento	Condições a respeitar na referência	Valor
Envoltente opaca	Coeficiente de transmissão térmica dos elementos verticais com condição fronteira exterior ou interior (zona corrente e de PTP)	Zona climática I1 $U_{ref} = 0,70 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
	Absortância solar	$\alpha_{sol} = 0,40$
Envoltente envidraçada	Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados exteriores	Zona climática I1 $U_{ref} = 4,30 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
	Área dos vãos envidraçados	Igual ao previsto se: $\frac{A_{env, fac}}{A_{fac}} \leq 30\%$ Igual a 30% do previsto se: $\frac{A_{env, fac}}{A_{fac}} > 30\%$
	Fator solar	Zona climática V2 $g_{tot, ref} = 0,20$
	Dispositivos de proteção solar e sombreamentos	Inexistentes
Ventilação	Caudais de ar novo determinados pelo método prescritivo, afetados de uma eficácia de remoção de poluentes igual a 0,8	Valores a considerar em conformidade com o Anexo 20
	Ventiladores de insuflação e extração com uma potência igual ou superior a 750 W	Considerar $SFP = 1250 W/(m^3/s)$
	Sistemas de arrefecimento gratuito e de recuperação de calor	Inexistentes
Climatização	Produção de aquecimento com recurso a bomba de calor	Bomba de calor do tipo <i>chiller</i> de compressão com permuta exterior a ar com COP = 3,0
	Produção de arrefecimento	Bomba de calor do tipo <i>chiller</i> de compressão com permuta exterior a ar com EER = 2,9
AQS	Produção de AQS com recurso a bomba de calor	Bomba de calor com COP = 2,80
Iluminação	Considerar uma densidade de potência determinada para o valor de $DPI_{100 lx, máx}$ e o valor de iluminância média requerida no espaço ($\bar{E}_m req$) conforme o Anexo IV do Manual SCE	Valores a considerar em conformidade com o Anexo 14
Energias renováveis	Considerar a ausência de qualquer contributo renovável	

4.3.3. CONSUMOS ENERGÉTICOS OBTIDOS PARA OS EDIFÍCIOS PREVISTO E DE REFERÊNCIA

Neste capítulo, serão apresentados os resultados da simulação dinâmica multizona tanto para edifício previsto como para o edifício de referência, com o objetivo de calcular os consumos energéticos.

Os consumos inerentes aos sistemas de climatização, nomeadamente o consumo energético destinado ao aquecimento, arrefecimento e associado aos ventiladores das cassetes de quatro vias, bem como os consumos dos sistemas de iluminação dos espaços interiores úteis (EU) e dos equipamentos elétricos, são diretamente obtidos através do *software* HAP. Por outro lado, os consumos relativos aos sistemas de preparação de AQS, sistemas de ventilação, sistemas de iluminação dos espaços interiores não úteis (ENU) e instalações de elevação foram calculados utilizando folhas de cálculo. Os resultados decorrentes desses cálculos, tanto para o edifício previsto como para o edifício de referência, encontram-se disponíveis para consulta no Anexo 19 e no Anexo 21, respetivamente.

Na Tabela 46 apresentam-se as necessidades de climatização, obtidas por intermédio de simulações dinâmicas no HAP, tanto para o edifício previsto quanto para o edifício de referência. Além disso, são indicadas as necessidades de AQS, que são iguais para ambos os edifícios, conforme detalhado no Anexo 19 e no Anexo 21. É importante referir que as necessidades de aquecimento do edifício previsto foram majoradas em 5%, de forma a ter em consideração o efeito das pontes térmicas lineares, como apresentado no Capítulo 3.5.4.

Tabela 46 – Necessidades de climatização e de AQS do edifício previsto e do edifício de referência.

Edifício	Necessidades [<i>kWh/ano</i>]			
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Total
Previsto	21762,30	35781,00	3125,18	60668,48
Referência	25460,00	11223,00	3125,18	39808,18

Analisando a Tabela 46, constata-se que as necessidades de aquecimento do edifício de referência são cerca de 17% superiores às do edifício previsto, totalizando 25460 kWh/ano para o primeiro e 21762,30 kWh/ano para o segundo. Por outro lado, as necessidades de arrefecimento são significativamente distintas. Para o edifício previsto, tais valores ascendem a 35721 kWh/ano, contrastando com as necessidades mais modestas de 11223 kWh/ano observadas no edifício de referência, um valor mais de três vezes inferior ao verificado no edifício previsto. Desta forma, em virtude das necessidades de AQS serem iguais para ambos os edifícios, as necessidades totais de energia térmica para o edifício previsto ultrapassam em cerca de 52% as do edifício de referência.

Efetuada uma análise percentual das necessidades, verifica-se que as necessidades de arrefecimento representam aproximadamente 59% do total das necessidades de energia térmica do edifício previsto. Em contrapartida, as necessidades de aquecimento e de AQS contribuem apenas com cerca de 36% e 5% do montante total, respetivamente, como ilustrado na Figura 41 (a). Em relação ao edifício de referência, os papéis invertem-se, com as necessidades de aquecimento a perfazerem cerca de 64% do total, enquanto as necessidades de arrefecimento e de AQS são apenas responsáveis por aproximadamente 28% e 8% das necessidades totais de energia térmica, conforme demonstrado na Figura 41 (b).

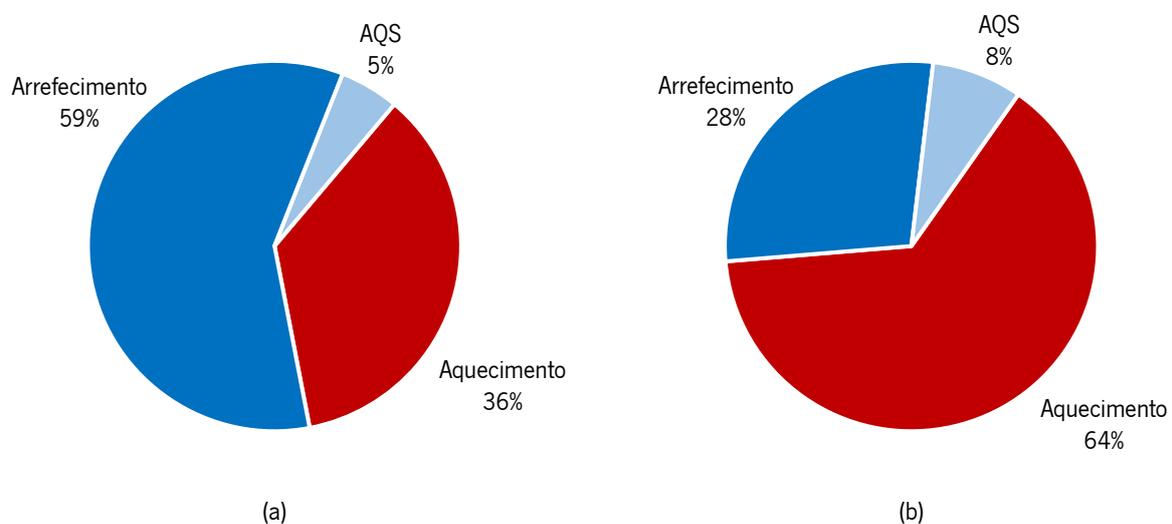


Figura 41 – Necessidades de energia térmica do edifício (a) previsto e (b) de referência.

Diversos fatores podem ajudar a explicar a razão pela qual as necessidades de arrefecimento são bastante superiores às necessidades de aquecimento do edifício previsto.

Em primeiro lugar, destaca-se a elevada área ocupada pelos vãos envidraçados, abarcando cerca de 70% da fachada principal. Estes vãos possuem um elevado fator solar, potencializando os ganhos térmicos por radiação. A conjugação destes dois fatores resulta num incremento das necessidades de arrefecimento e correspondente redução nas necessidades de aquecimento.

Em segundo lugar, a utilização de recuperadores de calor nas unidades de tratamento de ar novo, faz com que, durante o inverno, o ar exterior seja insuflado a uma temperatura muito mais elevada, aproximando-se do limiar de conforto térmico, auxiliando na diminuição das necessidades de aquecimento.

Por fim, também os ganhos internos devido à ocupação, sistemas de iluminação e equipamentos elétricos desempenham um papel importante nas necessidades de climatização. Como são responsáveis pela introdução de uma carga térmica adicional, aumentam as necessidades de arrefecimento. No

entanto, em determinados momentos, estes ganhos internos auxiliam na manutenção das condições de conforto térmico durante o período de aquecimento, diminuindo estas necessidades.

Contrariamente, no edifício de referência, as necessidades de arrefecimento são bastante inferiores às de aquecimento. Esta discrepância deve-se à menor área ocupada pelos vãos envidraçados da fachada principal, que neste edifício representam apenas 30% da área da fachada, conforme estipulado pela Tabela 45. Adicionalmente, o consideravelmente mais baixo fator solar dos vãos envidraçados reduz os ganhos por radiação e, conseqüentemente, diminui as necessidades de arrefecimento e aumenta as de aquecimento. Já a ausência de recuperadores de calor, por sua vez, contribui para o aumento das necessidades de aquecimento, visto que, no inverno, o ar passa a ser insuflado a uma temperatura mais baixa.

As necessidades de climatização e de AQS serão traduzidas num consumo de energia elétrica, calculado através do HAP, associado ao funcionamento dos sistemas de climatização, a fim de manter as condições de conforto térmico. Pela análise da Tabela 47, constata-se que a energia consumida para climatização do edifício é bastante inferior às necessidades, uma vez que os equipamentos do tipo VRF apresentam valores de SCOP e SEER elevados, entre 4 e 4,35 no primeiro e entre 5,85 e 7,65 no segundo, como indicado na Tabela 43. O mesmo padrão é observado para o consumo relacionado com o sistema de preparação AQS, já que a bomba de calor utilizada possui um COP igual a 3,9, como apresentado na Tabela 39.

Além destes consumos, existem uma série de outros gastos que se destacam pela sua maior magnitude, tais como os associados aos equipamentos elétricos e aos sistemas de iluminação. É importante referir que, como se pode observar na Tabela 47, com exceção dos consumos relacionados com a climatização e preparação de AQS, apenas os consumos associados aos ventiladores de insuflação e extração, classificados como “Ventiladores AVAC”, são distintos para o edifício previsto e o de referência. De relembrar que os consumos relativos aos ventiladores das máquinas interiores (“Ventiladores Cassetes”) e aos equipamentos elétricos (“Outros Equipamentos”) são diretamente obtidos do HAP, enquanto os restantes são calculados no Anexo 19 e no Anexo 21.

Tabela 47 – Energia final consumida pelo edifício previsto e pelo edifício de referência.

Edifício	Energia final consumida [kWh/ano]								
	Aquecimento	Arrefecimento	AQS	Ventiladores AVAC	Ventiladores Cassetes	Iluminação Interior	Elevadores	Outros Equipamentos	Total
Previsto	4900,35	5427,00	801,33	7568,39	4293,00	12727,51	339,20	22737,00	58793,77
Referência	6535,00	2437,00	1116,13	5600,88	4293,00	12727,51	339,20	22737,00	55785,72

A Figura 42 exibe a percentagem de consumo de energia elétrica atribuída a cada um dos equipamentos mencionados anteriormente. Observa-se que os equipamentos elétricos internos (“Outros Equipamentos”) e os sistemas de iluminação surgem como os principais consumidores de energia, seguidos pelos sistemas de climatização (“Aquecimento” e “Arrefecimento”), pelos ventiladores de insuflação e extração (“Ventiladores AVAC”) e pelos ventiladores das máquinas interiores de climatização (“Ventiladores Cassetes”). Tanto a bomba de calor destinada à preparação de AQS quanto o elevador apenas contribuem com uma percentagem residual do consumo global de energia elétrica.

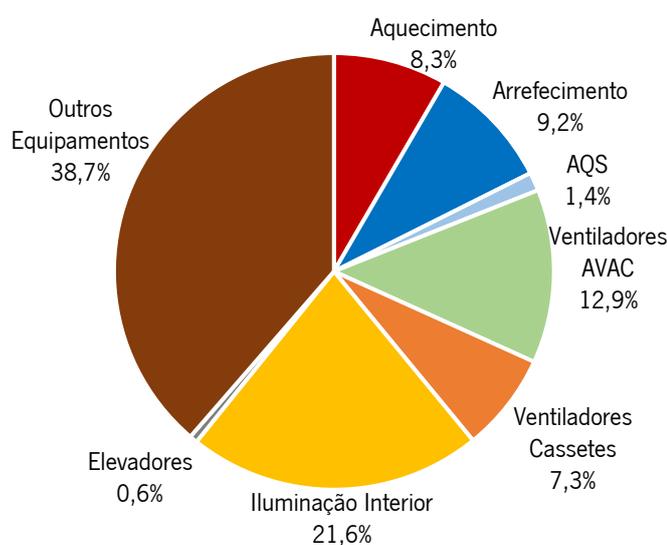


Figura 42 – Análise percentual da energia final consumida pelo edifício previsto para cada um dos tipos de equipamentos.

Relativamente aos equipamentos elétricos, tal como apresentado na Tabela 40, dado que este é um edifício novo e ainda não existirem previsões/informações sobre os equipamentos elétricos a instalar, foram adotados os valores de densidade de potência previstos no Decreto-Lei n.º 79/2006. No entanto, é possível que estes valores não sejam os mais adequados para o edifício em análise, o que pode explicar a razão pela qual este é o parâmetro de maior influência no consumo final de energia [31].

Quanto aos sistemas de iluminação, aquando da realização da dissertação, ainda não tinha sido efetuado um estudo luminotécnico, resultando na falta de informações sobre a quantidade e características das luminárias. Assim, em conformidade com o Manual SCE, a densidade de potência de iluminação assumida em cada espaço é calculada com base no seu valor máximo, conforme apresentado na Equação (23). Consequentemente, os valores adotados correspondem aos limites máximos regulamentares, o que pode justificar os elevados consumos associados aos sistemas de iluminação.

Por fim, calculados os consumos de energia elétrica associados à utilização do edifício, e assumindo um custo de eletricidade igual a 0,1956 €/kWh, obtêm-se os resultados da Figura 43 [32].

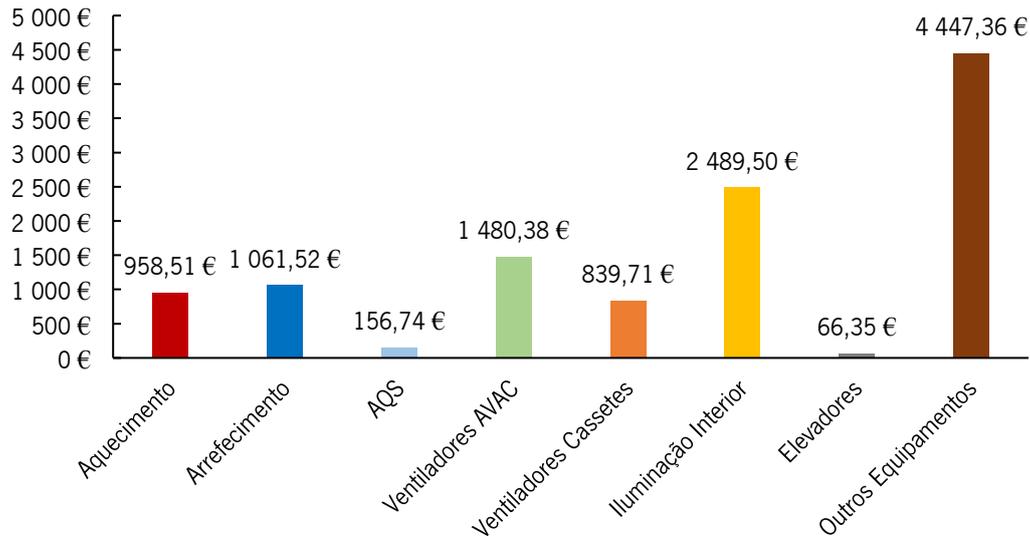


Figura 43 – Custo de eletricidade anual associado à utilização do edifício.

Verifica-se que o custo associado à utilização dos equipamentos elétricos, que se situa nos 4447 € anuais, é bastante superior a todos os outros. Já os custos relacionados com a climatização do edifício, abrangendo os gastos de aquecimento, arrefecimento e dos ventiladores das cassetes, totalizam 2860€/ano. O custo total da eletricidade requerida por todos os equipamentos ascende a 11500 €/ano.

4.4. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO

A classe energética de um edifício de comércio e serviços é determinada em função do rácio de classe energética (R_{IEE}), conforme definido pela Equação (25) [12].

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (25)$$

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 [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

$IEE_{pr,ren}$ → Indicador de eficiência energética previsto renovável [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

$IEE_{ref,S}$ → Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$].

Para este parâmetro, apenas são contabilizados os consumos de energia para os usos regulados, ou seja, os consumos do tipo S, que foram previamente apresentados na Tabela 44. Adicionalmente, no

edifício previsto, é tido em conta o contributo de fontes de energia renovável, ao contrário do que acontece no caso do edifício de referência.

A cada valor obtido para o R_{IEE} é associada uma das classes energéticas apresentadas na Tabela 48, em que à classe energética A+ corresponde um edifício com o melhor desempenho energético e à classe energética F um edifício com o pior desempenho energético. De lembrar que, tal como indicado na Tabela 11, os edifícios de comércio e serviços novos devem apresentar uma classe energética igual ou superior a B, o que se traduz num valor de $R_{IEE} \leq 0,75$ [14].

Tabela 48 – Intervalo de valores de R_{IEE} e respetiva classe energética para edifícios de comércio e serviços [12].

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	$R_{IEE} > 2,50$

4.4.1. INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO DO TIPO S

O indicador de eficiência energética previsto do tipo S ($IEE_{pr,S}$), calculado segundo a Equação (26), representa os consumos de energia primária regulados [12].

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (26)$$

Em que:

$IEE_{pr,S}$ → Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

A_{tot} → Área total de pavimento [m^2];

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

$F_{pu,i}$ → Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia i , incluindo renovável, obtido na Tabela 106 do Manual SCE [kWh_{EP}/kWh].

A energia final consumida, tanto para o tipo S como para o tipo T, pelos diferentes sistemas do edifício previsto, foi calculada no Capítulo 4.3.3 e os resultados obtidos foram resumidos na Tabela 47. A energia primária consumida é determinada multiplicando a energia final consumida ($E_{S,i}$) pelo fator de conversão de energia final para energia primária ($F_{pu,i}$), que no caso de eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável), assume o valor de 2,5 kWh_{EP}/kWh [12].

4.4.2. INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO RENOVÁVEL

Já o indicador de eficiência energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$) representa a produção de energia, tanto elétrica como térmica, a partir de fontes de origem renovável para autoconsumo nos usos regulados, e deve ser calculado através da Equação (27). Por se tratar de energia destinada a autoconsumo nos usos regulados, não devendo ser contabilizada a energia renovável destinada aos usos não regulados e para exportar para a rede, o valor de $IEE_{pr,ren}$ não deve exceder o valor de $IEE_{pr,S}$ [12].

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (27)$$

Em que:

$IEE_{pr,ren}$ → Indicador de eficiência energética previsto renovável [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

A_{tot} → Área total de pavimento [m^2];

$E_{ren,i}$ → Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i [kWh/ano];

$F_{pu,i}$ → Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia renovável i , obtido na Tabela 106 do Manual SCE [kWh_{EP}/kWh].

A energia renovável primária produzida é obtida através do produto entre a energia final produzida de origem renovável ($E_{ren,i}$) e o fator de conversão de energia final para energia primária ($F_{pu,i}$), que para a energia térmica de origem renovável, toma o valor de 1,0 kWh_{EP}/kWh [12].

Uma vez que são utilizados sistemas do tipo VRF para a climatização do edifício e uma bomba de calor para preparação de AQS, é necessário considerar o contributo da energia renovável associada a estes sistemas, conhecida como aerotermia. A aerotermia é uma fonte de energia renovável que aproveita a energia contida no ar ambiente e a converte em energia térmica destinada a arrefecimento, aquecimento e preparação de AQS [33].

Neste sentido, para os sistemas do tipo VRF, com base nas necessidades e no consumo de energia final associado ao aquecimento e ao arrefecimento do edifício, obtidos a partir do *software* HAP, a energia renovável associada a estes sistemas é calculada pela diferença entre necessidades e a energia final consumida por cada um dos sistemas. Para a bomba de calor utilizada para a preparação de AQS, a energia renovável associada à aerotermia (E_{ren}) é calculada segundo a Equação (28) [12].

$$E_{ren} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad (28)$$

Em que:

E_{ren} → Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício [*kWh/ano*];

Q_{usable} → Energia útil para o uso de aquecimento, arrefecimento ou preparação de AQ suprida por bombas de calor [*kWh/ano*];

SPF → Fator médio de desempenho sazonal estimado.

4.4.3. INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE REFERÊNCIA DO TIPO S

Por fim, o indicador de eficiência energética de referência do tipo S ($IEE_{ref,S}$) reflete o consumo de energia primária de referência dos usos regulados, sendo calculado da mesma maneira que no caso do edifício previsto, com exceção das fontes de energia renovável, que não são consideradas. Assim, $IEE_{ref,S}$ é determinado utilizando a Equação (29).

$$IEE_{ref,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (29)$$

Em que:

$IEE_{ref,S}$ → Indicador de eficiência energética de referência do tipo S [*kWh_{EP}/(m². ano)*];

A_{tot} → Área total de pavimento [*m²*];

$E_{S,i}$ → Consumo de energia dos usos do tipo S por fonte de energia *i* [*kWh/ano*];

$F_{pu,i}$ → Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia *i*, excluindo renovável, obtido na Tabela 106 do Manual SCE [*kWh_{EP}/kWh*].

4.4.4. CLASSE ENERGÉTICA OBTIDA

Na Tabela 49 é apresentado o cálculo da energia primária consumida pelo edifício previsto e o pelo edifício de referência, tendo em vista a obtenção dos indicadores de eficiência energética necessários para o cálculo da classe energética do edifício.

Tabela 49 – Cálculo da energia primária consumida pelo edifício previsto e de referência por tipo de energia.

Sistemas	Tipo	Eletricidade		Renovável	
		Energia final ($E_{S,i}$) [kWh/ano]	Energia primária [kWh _{EP} /ano]	Energia final ($E_{ren,i}$) [kWh/ano]	Energia primária [kWh _{EP} /ano]
Edifício previsto					
Aquecimento	S	4900,35	12250,88	10601,85	10601,85
Arrefecimento	S	5427,00	13567,5	28005,00	28005,00
AQS	S	801,33	2003,32	2323,85	2323,85
Ventiladores AVAC	S	7568,39	18920,97	–	–
Ventiladores cassetes	S	4293,00	10732,50	–	–
Iluminação interior	S	12727,51	31818,78	–	–
Elevadores	T	339,20	847,99	–	–
Outros equipamentos	T	22737,00	56842,50	–	–
Edifício de referência					
Aquecimento	S	6535,00	16337,50	–	–
Arrefecimento	S	2437,00	6092,50	–	–
AQS	S	1116,13	2790,34	–	–
Ventiladores AVAC	S	5600,88	14002,20	–	–
Ventiladores cassetes	S	4293,00	10732,50	–	–
Iluminação interior	S	12727,51	31818,78	–	–
Elevadores	T	339,20	847,99	–	–
Outros equipamentos	T	22737,00	56842,50	–	–

Utilizando a metodologia de cálculo descrita ao longo do Capítulo 4.4, e sabendo que a área total de pavimento (A_{tot}) é igual a 1160,98 m², calculam-se os valores que constam na Tabela 50 para os indicadores de eficiência energética. Constata-se que a classe energética do edifício é C, inferior à classe mínima (B) para edifícios de comércio e serviços novos, sendo, por isso, não regulamentar [14].

Tabela 50 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética e classe energética correspondente.

$IEE_{pr,S} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$	112,17
$IEE_{pr,ren} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$	35,26
$IEE_{ref,S} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$	70,44
R_{IEE}	1,09
Classe energética	C

4.5. INDICADOR DE ENERGIA PRIMÁRIA RENOVÁVEL EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS E INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA FÓSSIL DO TIPO S

O Despacho n.º 6476-E/2021 impõe também requisitos relativamente ao indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços ($Ren_{C\&S}$), estabelecendo um nível mínimo de energia primária renovável, bem como ao indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$), impondo um nível máximo de energia primária fóssil.

O primeiro indicador, que deve ser igual ou superior a 0,50, como previamente apresentado na Tabela 11, é obtido através da relação entre a energia primária total renovável para autoconsumo nos usos regulados do edifício e a energia primária total para o uso de AQS, conforme indicado na Equação (30) [12], [14].

$$Ren_{C\&S} = \frac{IEE_{pr,ren}}{\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{AQS,k} \cdot Q_{AQS}/A_{tot}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}} \quad (30)$$

Em que:

$Ren_{C\&S}$ → Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços;

$IEE_{pr,ren}$ → Indicador de eficiência energética previsto renovável [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

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

Q_{AQS} → Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano];

A_{tot} → Área total de pavimento [m^2];

η_k → Eficiência do sistema k que serve o uso η para a fonte de energia i , que corresponde ao respetivo valor de E_{DEE} , assumindo o valor de 1 no caso de sistemas de cogeração ou trigeração e de sistemas que recorram a fontes de energia renovável, com exceção de sistemas de queima a biomassa sólida;

$F_{pu,j}$ → Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia j , incluindo renovável, obtido na Tabela 106 do Manual SCE [kWh_{EP}/kWh].

Quanto ao segundo indicador, que resulta do somatório dos consumos anuais de energia primária fóssil (não renovável) do tipo S, incluindo energia elétrica da rede, este deve ser inferior ou igual a três quartos do indicador de eficiência energética de referência do tipo S ($IEE_{ref,S}$), como definido na Tabela 11. Este valor é calculado através da Equação (31) [12], [14].

$$IEE_{fossil,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_f (E_{S,f} \cdot F_{pu,f}) \quad (31)$$

Em que:

$IEE_{fossil,S}$ → Indicador de eficiência energética fóssil do tipo S [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$];

$E_{S,f}$ → Consumo de energia dos usos do tipo S por fonte de energia fóssil f , incluindo energia elétrica da rede [kWh/ano];

A_{tot} → Área total de pavimento [m^2];

$F_{pu,j}$ → Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia f , obtido na Tabela 106 do Manual SCE [kWh_{EP}/kWh].

Desta forma, ao utilizar a Equação (30) e a Equação (31), são obtidos os valores indicados na Tabela 51. Verifica-se que o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S não está em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021 [14].

Tabela 51 – Valores obtidos para o indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços e para o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S.

Indicador	Valor calculado	Requisito
$Ren_{C\&S}$	9,46	$\geq 0,50$
$IEE_{fossil,S}$ [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]	76,91	$\leq 52,83$

5. ESTUDO DE MEDIDAS DE MELHORIA

Ao longo deste capítulo serão analisadas as medidas de melhoria propostas que visam reduzir o consumo de energia e garantir o cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho energético do edifício. Estas medidas passam pela utilização de vãos envidraçados mais eficientes, pela instalação de um sistema de produção fotovoltaica e pela implementação de sistemas de ventilação que possibilitem o *free cooling*.

5.1. ALTERAÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

O edifício em estudo possui uma elevada área de vãos envidraçados, principalmente na fachada principal, orientada a Noroeste, na qual estes constituem, aproximadamente, 70% da área total da fachada. Além disso, a separação entre os gabinetes de trabalho e a área de produção é efetuada com recurso a vãos envidraçados. Associada à elevada área dos vãos exteriores, também a sua baixa eficiência, uma vez que apresentam elevados valores de coeficiente de transmissão térmica e de fator solar, poderá estar relacionada com os maiores consumos de energia dos sistemas de climatização quando comparado com os do edifício de referência. Neste sentido, analisou-se o impacto da utilização de vãos envidraçados mais eficientes no desempenho energético do edifício, designada por medida de melhoria 1 (MM1).

Foi proposta a utilização de uma solução de vidro duplo, temperado e revestido ao nível do vidro exterior e laminado ao nível do vidro interior. As espessuras dos vidros dos vãos envidraçados são indicativas e foram selecionadas através de um catálogo da Saint-Gobain, tendo em conta as dimensões dos vãos envidraçados, adotando-se os valores indicados na Tabela 52 para efeitos de avaliação térmica e energética do edifício [34].

Tabela 52 – Espessura recomendada e selecionada para o vidro exterior e interior e câmara de ar para cada um dos tipos de vãos envidraçados, de acordo com as suas dimensões.

Tipo de vão	Altura [mm]	Largura [mm]	Espessura recomendada			Vidro selecionado
			Vidro exterior [mm]	Câmara de ar [mm]	Vidro interior [mm]	
EV1	2440	2420	8	14 a 24	66.1/66.2	8T (16 AIR) 66.1
EV2	2440	2420	8	14 a 24	66.1/66.2	
EV3	2440	812,5 (×4)	6	12 a 24	55.1/55.2	6T (16 AIR) 55.1
EV4	2440	1170	6	12 a 24	55.1/55.2	
EV5	2400	1900	6	12 a 24	55.1/55.2	
EV6	2900	920	8	14 a 24	55.1/55.2	8T (16 AIR) 55.1

Assim, foram propostos novos vidros para cada um dos seis tipos de vãos envidraçados do edifício, que possuem as características apresentadas na Tabela 53, retiradas das fichas técnicas disponíveis para consulta no Anexo 22. Além disso, indicam-se também as características dos vidros previstos para o edifício, com o intuito de proporcionar uma base para comparação.

Tabela 53 – Características dos vidros propostos e comparação com os previstos para o edifício.

Tipo de vão	Vidro proposto			Vidro previsto	
	Tipo de vidro	U_g [W/(m ² . °C)]	$g_{\perp,vi}$	U_g [W/(m ² . °C)]	$g_{\perp,vi}$
EV1	Vidro duplo constituído por: vidro exterior temperado Planiclear de 8mm + Planitherm One II, câmara de ar de 16 mm, vidro interior laminado Planiclear de 6 mm + PVB Standard 0,38 mm + Planiclear de 6 mm	1,30	0,47	5,30	0,77
EV2					
EV3	Vidro duplo constituído por: vidro exterior temperado Planiclear de 6mm + Planitherm One II, câmara de ar de 16 mm, vidro interior laminado Planiclear de 5 mm + PVB Standard 0,38 mm + Planiclear de 5 mm		0,48	2,70	0,74
EV4					
EV5					
EV6	Vidro duplo constituído por: vidro exterior temperado Planiclear de 8mm + Planitherm One II, câmara de ar de 16 mm, vidro interior laminado Planiclear de 5 mm + PVB Standard 0,38 mm + Planiclear de 5 mm		0,47		

Ao analisar a Tabela 53 verifica-se que os vidros propostos apresentam um menor coeficiente de transmissão térmica (U_g) quando comparados com os previstos para o edifício, principalmente no caso do EV1, uma vez que estava prevista a utilização de um vidro simples, e também um menor fator solar ($g_{\perp,vi}$). É importante relembrar que os vãos envidraçados do tipo 5 e 6 são vãos interiores sem exposição solar e, por isso, o fator solar não é relevante. No entanto, por separarem espaços interiores úteis, os gabinetes de trabalho, de um espaço interior não útil, a zona de produção, é essencial optar por vidros com um coeficiente de transmissão térmica mais baixo para minimizar a transferência de calor.

Adicionalmente, a adoção dos vidros propostos tornaria todos os vãos envidraçados regulamentares, atendendo aos limites máximos impostos pela Portaria n.º 138-I/2021 ao nível do coeficiente de transmissão térmica máximo ($U_{w,máx}$) e do fator solar máximo ($g_{tot,máx}$), como pode ser constatado pela análise da Tabela A.41 e da Tabela A.42, respetivamente [10].

Desta forma, tendo em consideração as propriedades dos novos vidros, foram efetuadas alterações aos vãos envidraçados do edifício previsto. Posteriormente, uma nova simulação dinâmica foi realizada no HAP, resultando nos consumos associados aos sistemas de climatização indicados na Tabela 54. As emissões de CO₂ decorrentes da operação dos sistemas de climatização são calculadas multiplicando a energia primária consumida pelos sistemas de climatização pelo fator de conversão de energia primária para emissões de CO₂. Conforme definido na Tabela 107 do Manual SCE, este fator é igual a 0,144 kgCO₂/kWh_{EP} no caso de a energia consumida ser eletricidade [12].

Tabela 54 – Impacto da utilização de vidros mais eficientes (medida de melhoria 1 – MM1) na energia final consumida e nas emissões de CO₂ decorrentes da operação dos sistemas de climatização do edifício.

Sistema de climatização	Energia final consumida			Emissões de CO ₂			Poupança [€/ano]
	Previsto [kWh/ano]	MM1 [kWh/ano]	Redução [%]	Previsto [kgCO ₂ /ano]	MM1 [kgCO ₂ /ano]	Redução [%]	
Aquecimento	4900,35	3891,30	20,59	1764,13	1400,87	20,59	197,37
Arrefecimento	5427,00	4312,00	20,55	1953,72	1552,32	20,55	218,09

Analisando a Tabela 54 verifica-se que a adoção de vidros mais eficientes, com menor coeficiente de transmissão térmica e menor fator solar, conduz a uma significativa diminuição dos consumos relacionados com o aquecimento e arrefecimento do edifício, resultando numa redução de 20,59% e 20,55%, respetivamente. Consequentemente, visto que as emissões de CO₂ estão intrinsecamente ligadas à energia primária consumida, que, por sua vez, está vinculada à energia final consumida pelos sistemas de climatização, a diminuição percentual das emissões de CO₂ é igual à obtida para o consumo de energia final. Adicionalmente, considerando um custo de eletricidade de 0,1956 €/kWh, obtém-se uma poupança anual de 197,37€ e 218,09€ relacionada como o aquecimento e arrefecimento do edifício, respetivamente [32].

A redução dos consumos associados aos sistemas de climatização resulta da combinação de dois fatores, o menor coeficiente de transmissão térmica e menor fator solar. O primeiro minimiza a transferência de calor por condução através dos vãos envidraçados, enquanto o segundo reduz os ganhos solares por radiação.

A diminuição dos ganhos por radiação reduz o consumo associado ao arrefecimento do edifício e, inversamente, aumenta o consumo relacionado com o aquecimento. No entanto, não foi isso que se verificou, pois também houve uma redução das necessidades de aquecimento. É aqui que se constata a importância da utilização de vidros com um menor coeficiente de transmissão térmica, pois eles são capazes de reduzir as perdas para o exterior e, assim, o consumo dos sistemas de aquecimento do edifício.

Para fundamentar estas afirmações, foi realizada uma simulação dinâmica na qual apenas o fator solar dos vãos envidraçados foi alterado. Verificou-se que o consumo de energia associado ao aquecimento do edifício aumentou de 3891,30 kWh/ano para 5052,00 kWh/ano, valor superior aos 4900,35 kWh/ano observados no edifício previsto. Comprova-se, assim, que a utilização de vãos envidraçados com um menor fator solar não é, por si só, responsável pela redução do consumo de energia para aquecimento do edifício, sendo esta conseguida à custa de vidros com um menor coeficiente de transmissão térmica.

Ainda em relação à simulação referida no parágrafo anterior, na qual apenas se alterou o fator solar dos vãos envidraçados, mas agora no que diz respeito ao consumo dos sistemas de arrefecimento, a adoção de vidros com menor coeficiente de transmissão térmica é penalizadora. Os resultados revelaram que existe um consumo anual de 3342 kWh quando se utilizam vãos envidraçados com o mesmo coeficiente de transmissão térmica dos vidros previstos, mas este valor aumenta para 4312 kWh/ano com a utilização dos vidros propostos. Isto pode ser justificado pelo facto de os vidros com um maior coeficiente de transmissão térmica levarem a um maior isolamento térmico, o que dificulta as trocas de calor com o ambiente exterior, mesmo quando essas trocas seriam benéficas para o edifício.

Por fim, no que diz respeito aos vãos envidraçados interiores, aqueles que separam os escritórios da zona de produção, por não terem exposição solar, apenas o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados influencia o consumo dos sistemas de climatização. Como a zona de produção é tratada como um ENU com coeficiente de redução igual a um, a sua temperatura é considerada igual à do ambiente exterior. Por conseguinte, a utilização de vãos envidraçados com um menor coeficiente de transmissão térmica diminui o consumo dos sistemas de aquecimento, mas aumenta o consumo dos sistemas de arrefecimento.

Analisando agora os indicadores energéticos apresentados na Tabela 55, destaca-se a redução do indicador de eficiência energética previsto do tipo S ($IEE_{pr,s}$), conseguida graças à diminuição dos consumos de climatização do edifício. O indicador de eficiência energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$) também é menor, devido à menor contribuição da energia renovável proveniente da aerotermia dos

sistemas de climatização do tipo VRF previstos para o edifício. Consequentemente, o indicador de energia primária renovável ($Ren_{C\&S}$) é igualmente mais baixo, embora se mantenha dentro dos limites regulamentares.

Tabela 55 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética após aplicação da medida de melhoria 1 (MM1) e comparação com o edifício previsto.

Indicador energético	MM1	Previsto	Balço
$IEE_{pr,S}$ [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]	100,10	112,17	- 10,76%
$IEE_{pr,ren}$ [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]	27,76	35,26	- 21,27%
R_{IEE}	1,03	1,09	- 5,50%
Classe energética	C	C	=
$Ren_{C\&S}$	7,45	9,46	- 21,25%
$IEE_{fóssil,S}$ [$kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$]	72,34	76,91	- 5,94%

No entanto, o mesmo não se verifica quanto à classe energética, já que apesar do menor rácio de classe energética (R_{IEE}), a classe energética correspondente permanece a classe C e a classe mínima obrigatória para edifícios de comércio e serviços novos é B. Por último, também o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$) continua não regulamentar, uma vez que ultrapassa o limite de 52,83 $kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$ [14].

5.2. INSTALAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS

A utilização de painéis solares fotovoltaicos ajuda a satisfazer as necessidades energéticas do edifício, reduzindo a dependência de fornecedores externos de energia. Estes painéis produzem eletricidade que poderá ser explorada em regime de autoconsumo, o que por sua vez diminui o consumo de energias fósseis e as emissões de gases com efeito estufa associadas à sua produção.

Os painéis fotovoltaicos são constituídos por células que convertem a luz solar em eletricidade. A quantidade de eletricidade gerada pelos painéis fotovoltaicos depende da exposição solar, a qual é influenciada por diversos fatores, incluindo as condições climáticas (um painel fotovoltaico irá produzir mais energia num dia com céu limpo do que em dias nublados de inverno), a orientação dos painéis (idealmente voltados a Sul com um ângulo de inclinação otimizado conforme a latitude do local), bem como a manutenção dos painéis (deve ser feita pelo menos uma verificação anual para determinar se é necessária a limpeza dos módulos solares, uma vez que a acumulação de sujidade, poeiras ou outro tipo de contaminantes poderá reduzir significativamente o rendimento da instalação fotovoltaica) [35], [36].

A eletricidade produzida pelos painéis fotovoltaicos gera uma corrente contínua que não é compatível com os aparelhos eletrônicos utilizados no edifício. Para ser consumida, esta energia tem de ser convertida em corrente alternada através de um dispositivo chamado inversor [36].

Com a implementação da medida de melhoria 2 (MM2), pretende-se avaliar o impacto da instalação de um sistema de produção fotovoltaica explorado em regime de autoconsumo. O objetivo desta medida é aproveitar a energia solar para suprir parte das necessidades de energia elétrica dos usos regulados, os consumos tipo S. Neste contexto, avaliou-se a viabilidade de instalação de painéis fotovoltaicos, visando a redução dos custos de exploração do edifício e a melhoria dos indicadores de eficiência energética do mesmo.

Os painéis fotovoltaicos serão instalados na cobertura do edifício, que pode ser observada na Figura 44. Esta possui uma inclinação de 7° em ambos os lados e apresenta claraboias na zona de produção para proporcionar iluminação natural. Relativamente à orientação, a superfície esquerda está virada a Sudoeste e a direita a Nordeste. Assim, optou-se por colocar os painéis na superfície orientada a Sudoeste, formando um ângulo de 58° em relação a Sul, com o mesmo ângulo de inclinação da cobertura, ou seja, 7° .

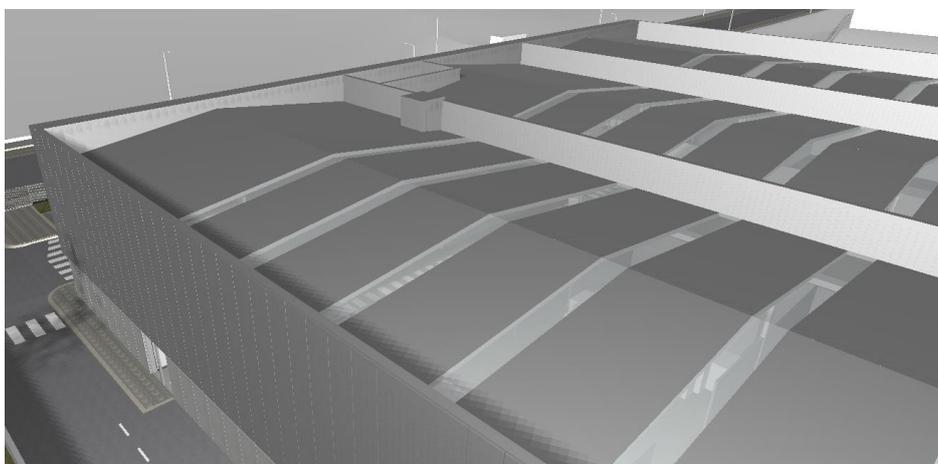


Figura 44 – Cobertura do edifício.

Previamente à determinação da produção dos painéis fotovoltaicos, é necessário propor várias soluções com diferente número de módulos fotovoltaicos. O número de módulos foi escolhido de forma a minimizar os custos iniciais da instalação, especialmente o custo dos inversores, maximizando o número de módulos conectados a cada um dos inversores em função da sua potência máxima e do número de entradas (*strings*). Assim, foram estudadas seis soluções distintas, que vão desde a utilização de 13 a 78 módulos fotovoltaicos, resultando numa potência de instalação compreendida entre 4,745 kW e 28,470 kW.

Os custos iniciais de cada solução foram estimados com base nas informações presentes catálogo da Baxi, que fornece não apenas o preço dos módulos fotovoltaicos, mas também o número e o tipo de acessórios necessários, como suportes para os painéis, inversores e *kits* de ligação. A Tabela 56 resume o custo inicial de cada uma das soluções propostas, cujo cálculo detalhado pode ser consultado no Anexo 23. De referir que os custos obtidos correspondem a valores de fevereiro de 2023 [37].

Tabela 56 – Custo inicial de cada uma das soluções propostas, considerando exclusivamente o custo dos componentes.

Solução	Potência instalada [kW]	Custo inicial
13 módulos	4,745	9960 €
20 módulos	7,300	13640 €
39 módulos	14,235	25205 €
52 módulos	18,980	35165 €
59 módulos	21,535	38845 €
78 módulos	28,470	50410 €

A eletricidade produzida pelos painéis fotovoltaicos não depende do consumo de energia elétrica do edifício, ao contrário do que acontece com a energia disponível para autoconsumo. Isto ocorre porque, durante os períodos em que a produção excede o consumo, e na ausência de sistemas de armazenamento, como baterias, a energia elétrica em excesso deverá ser injetada na rede.

Nesse sentido, torna-se necessário definir o perfil de consumo de energia elétrica dos usos regulados, que corresponde ao consumo associado aos sistemas de climatização (máquinas exteriores e interiores), de preparação de AQS, de iluminação e também aos ventiladores de AVAC. O HAP fornece informações horárias sobre o consumo de energia elétrica, o que permitiu estabelecer um perfil médio de consumo para os dias da semana e para o fim de semana. Foi apenas necessário corrigir o consumo relacionado com os ventiladores de extração e calcular o consumo horário da bomba de calor destinada à preparação de AQS.

A potência elétrica da bomba de calor é de 0,321 kW, calculada pela razão entre a potência nominal e o COP. Sabe-se também que é necessário fornecer 11100,92 kJ de energia elétrica para elevar 240 litros de água até 60 °C. Esse valor é determinado pelo rácio entre a equação fundamental da calorimetria e o COP da bomba de calor. Como resultado, obtém-se um período de aquecimento de 9,62 horas e um consumo diário de energia elétrica igual a 3,084 kWh, que é distribuído ao longo do dia de forma a assegurar que a água esteja à temperatura desejada antes das 17h.

Na Tabela 57 é apresentado o perfil médio de consumo de energia elétrica, de segunda a sexta-feira e ao fim de semana, diferenciando-se os valores obtidos a partir do HAP e os calculados em relação ao consumo da bomba de calor destinada à preparação de AQS.

Tabela 57 – Perfil médio de consumo de energia elétrica de segunda a sexta-feira e ao fim de semana.

Período	Consumo médio de segunda a sexta-feira			Consumo médio aos fins de semana		
	HAP [kWh]	Bomba de calor [kWh]	Total [kWh]	HAP [kWh]	Bomba de calor [kWh]	Total [kWh]
00h – 01h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
01h – 02h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
02h – 03h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
03h – 04h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
04h – 05h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
05h – 06h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
06h – 07h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
07h – 08h	6,245	0,321	6,566	0,200	0	0,200
08h – 09h	9,764	0,321	10,085	1,598	0	1,598
09h – 10h	10,175	0,321	10,495	1,964	0	1,964
10h – 11h	9,580	0,321	9,900	1,897	0	1,897
11h – 12h	10,084	0,321	10,405	1,869	0	1,869
12h – 13h	8,440	0,321	8,760	1,485	0	1,485
13h – 14h	9,125	0,321	9,446	1,525	0	1,525
14h – 15h	10,431	0,321	10,752	1,938	0	1,938
15h – 16h	10,678	0,321	10,998	2,018	0	2,018
16h – 17h	10,581	0,198	10,779	2,067	0	2,067
17h – 18h	9,035	0	9,035	2,118	0	2,118
18h – 19h	8,401	0	8,401	2,130	0	2,130
19h – 20h	7,004	0	7,004	1,527	0	1,527
20h – 21h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
21h – 22h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
22h – 23h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200
23h – 00h	0,200	0	0,200	0,200	0	0,200

Por fim, definida a localização do edifício, sabendo as características dos módulos fotovoltaicos, bem como a sua orientação e inclinação, e adotando o perfil médio de consumo de energia elétrica da

Tabela 57, utiliza-se a folha de cálculo SCE.ER da DGEG para determinar a produção dos sistemas fotovoltaicos, bem como a energia disponível tanto para autoconsumo como para injeção na rede. A interface desta ferramenta é apresentada na Figura 45 [30].

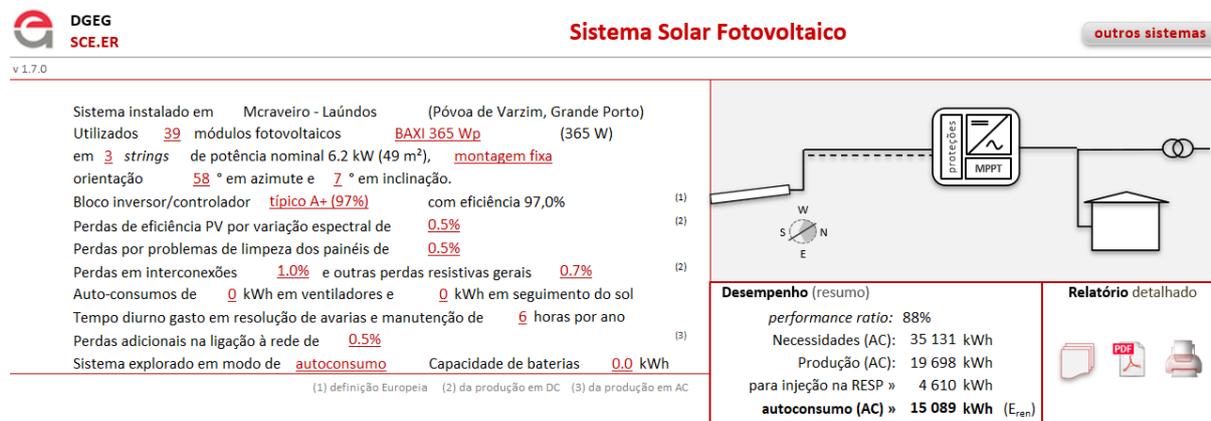


Figura 45 – Interface da folha de cálculo SCE.ER.

Analisando a Figura 45 constata-se que o perfil de consumo adotado resulta num consumo anual de eletricidade nos usos regulados igual a 35131 kWh, um valor muito próximo do consumo real, que é de 35717,58 kWh/ano, o que corresponde a um erro de, apenas, 1,64%.

Os valores de energia produzida, disponível para autoconsumo e injetada na rede, obtidos através da folha de cálculo, são resumidos na Tabela 58. Além disso, foram calculados os indicadores energéticos resultantes da instalação de um sistema de produção fotovoltaica, explorado em regime de autoconsumo, para suprir parte das necessidades de energia elétrica dos usos regulados do edifício.

Tabela 58 – Energia produzida, disponível para autoconsumo e injetada na rede e valores dos indicadores energéticos para cada uma das soluções propostas.

Solução	Potência instalada [kW]	Energia produzida [kWh]	Energia disponível para autoconsumo [kWh]	Energia injetada na rede [kWh]	R_{IEE}	Classe energética	$Ren_{C\&S}$	$IEE_{fóssil,S}$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]
13 módulos	4,745	6566	5956	610	0,910	B -	12,900	64,087
20 módulos	7,300	10102	8611	1490	0,829	B -	14,434	58,370
39 módulos	14,235	19698	15089	4610	0,631	B	18,177	44,421
52 módulos	18,980	26264	18134	8130	0,538	B	19,936	37,864
59 módulos	21,535	29800	19357	10443	0,5002	B	20,642	35,230
78 módulos	28,470	39396	21666	17731	0,430	A	21,976	30,258

A análise da Tabela 58 revela que a melhor solução, do ponto de vista energético, é aquela que propõe a instalação de 39 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 14,235 kW). Considerando a regulamentação em vigor, esta é a solução com menor investimento inicial que assegura a conformidade do edifício com os requisitos estabelecidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021, indicados na Tabela 11. Este despacho define que o edifício deve possuir um rácio de classe energética (R_{IEE}) igual ou inferior a 0,75, o que corresponde a uma classe energética igual ou superior a B. Adicionalmente, é estipulado que o indicador de energia primária renovável ($Ren_{C\&S}$) deve ser maior ou igual a 0,50 e que o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$) deve ser menor ou igual a 52,826 kWh_{EP}/(m².ano) [14].

Além da análise energética das soluções propostas, foi também realizada uma análise económica. Nesta avaliação, para além do custo inicial, foi considerado um custo anual de manutenção equivalente a 0,5% do custo inicial do sistema, como indicado na literatura. Uma vez que os módulos fotovoltaicos perdem eficiência com o passar dos anos, foi estimada uma redução da energia produzida e disponível para autoconsumo ao longo dos 25 anos de vida dos painéis, conforme ilustrado na Figura 46 [37], [38].

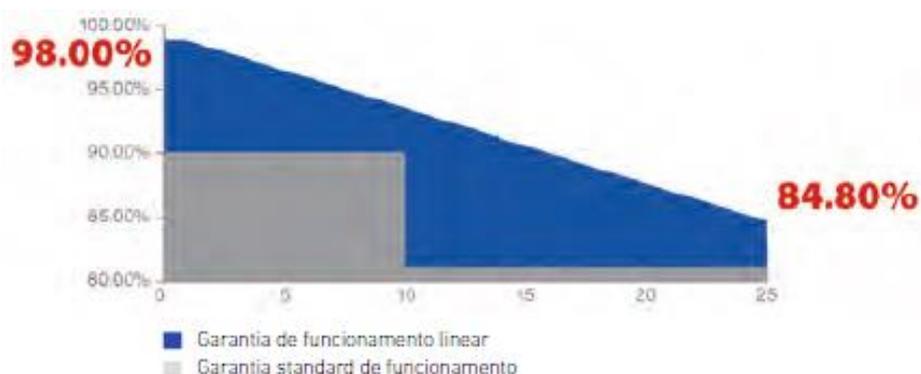


Figura 46 – Eficiência dos módulos fotovoltaicos ao longo dos anos [37].

Após calcular a energia disponível para autoconsumo ao longo desses 25 anos, esse valor foi convertido numa poupança anual que, combinada com o custo anual de manutenção, possibilitou a obtenção dos *cash-flows* anuais. Posteriormente, estes valores são utilizados para calcular o tempo de recuperação simples ($TR_{simples}$) e a taxa interna de rentabilidade (TIR) das soluções propostas.

O tempo de recuperação simples é um indicador que representa o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial de um projeto. Este método parte do pressuposto que um projeto irá gerar receitas durante o seu tempo de vida, de forma que, em algum momento, essas receitas totais irão igualar o custo inicial [39].

A taxa interna de rentabilidade é a taxa para qual o retorno é igual a zero, ou seja, é a taxa para qual os lucros de um projeto igualam os seus custos. A decisão de implementar ou não um projeto é feita comparando o valor da TIR com a taxa mínima de atratividade estabelecida pela empresa [39], [40].

Embora uma análise mais abrangente inclua também o cálculo do valor atual líquido (VAL) do projeto, esse cálculo requer informações sobre as taxas de juros. Assim, a avaliação económica dos projetos baseou-se nos cálculos do tempo de recuperação simples e da taxa interna de rentabilidade de cada solução proposta, que assumem os valores previstos na Tabela 59.

Tabela 59 – Tempo de recuperação simples ($TR_{simples}$) e taxa interna de rentabilidade (TIR) de cada uma das soluções propostas.

Solução	Potência instalada [kW]	$TR_{simples}$ [anos]	TIR [%]
13 módulos	4,745	9,35	9,35
20 módulos	7,300	8,82	10,09
39 módulos	14,235	9,34	9,36
52 módulos	18,980	10,98	7,43
59 módulos	21,535	11,40	7,01
78 módulos	28,470	13,42	5,29

A partir da Tabela 59 constata-se que, do ponto de vista económico, a solução mais vantajosa é a que contempla a instalação de 20 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 7,3 kW), uma vez que apresenta o menor tempo de recuperação simples e a maior taxa interna de rentabilidade.

No entanto, a solução escolhida para o edifício é a composta por 39 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 14,235 kW) porque, apesar de ser ligeiramente menos favorável do ponto de vista económico, é ainda viável e, do ponto de vista energético, garante a conformidade do edifício com os requisitos energéticos estabelecidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021 [14].

Portanto, podemos concluir que a instalação de 39 módulos fotovoltaicos resulta, no primeiro ano de operação, numa diminuição de 25,15% do consumo de energia elétrica do edifício e, conseqüentemente, numa redução das emissões de CO₂ de 5323,40 kgCO₂ e numa poupança de 2892,38€. Uma poupança adicional pode ser obtida caso parte da energia injetada na rede possa suprir parte das necessidades de energia elétrica dos usos não regulados ou da zona de produção.

5.3. UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO QUE PERMITAM O “FREE COOLING”

Os sistemas de ventilação previstos para o edifício, nomeadamente as UTAN, não estão equipadas com um sistema de *bypass*, o que significa que o ar captado no exterior é obrigado a passar pelo recuperador de calor. Na maioria das circunstâncias esta recuperação de calor contribui para o controlo das cargas térmicas, elevando a temperatura do ar captado no exterior no inverno e reduzindo a sua temperatura no verão, tornando a temperatura do ar insuflado mais próxima da temperatura de conforto. No entanto, em algumas situações, essa abordagem pode não ser vantajosa. Por exemplo, em certos momentos do dia, ar fresco vindo do exterior é obrigado a passar pelo recuperador de calor, o que faz com que seja insuflado a uma temperatura mais elevada, mesmo quando insuflá-lo a uma temperatura mais baixa poderia ajudar a tratar as cargas térmicas e a reduzir a temperatura interna dos espaços.

Este processo de arrefecimento do edifício, tirando proveito do ar exterior mais frio como fonte natural de arrefecimento, é conhecido como *free cooling* ou arrefecimento gratuito.

De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021, sempre que a soma dos caudais de ar de insuflação de todos os equipamentos nos sistemas de climatização do tipo “tudo ar” seja superior a 10000 m³/h é obrigatória a instalação de dispositivos que permitam o *free cooling*. Esta condição não é verificada, uma vez que o caudal de insuflação total é de apenas de 6510 m³/h e, portanto, a instalação deste tipo de sistemas não é obrigatória. Apesar disso, com a medida de melhoria 3 (MM3), pretende-se analisar o impacto da implementação de dispositivos que permitam o *free cooling* no consumo dos sistemas de arrefecimento e nos indicadores de eficiência energética do edifício [10].

O *software* utilizado para as simulações dinâmicas do edifício, o HAP, não permite a inclusão de sistemas de *free cooling* nos sistemas de ventilação adotados. Portanto, para calcular a redução anual do consumo de energia relacionada com o arrefecimento do edifício, resultante da implementação de dispositivos que possibilitam o *free cooling*, foi realizada uma simulação dinâmica em que se considerou a ausência de recuperadores de calor em qualquer um dos sistemas de ventilação. O HAP fornece informações horárias para todos os dias do ano acerca do consumo associado aos sistemas de climatização, o que viabiliza o cálculo das poupanças provenientes do *free cooling*.

Em primeiro lugar, é necessário definir as condições em que poderá existir *free cooling*. Este é viável quando a temperatura de bolbo seco e a entalpia do ar exterior forem inferiores à do ar de retorno. No entanto, as condições do ar de retorno não eram conhecidas e apenas se sabiam as temperaturas de bolbo seco e de bolbo húmido do ar exterior. Assim, optou-se por considerar que pode existir *free cooling* quando a temperatura de bolbo húmido do ar exterior é inferior à do ar interior. Para este efeito, foi assumida uma temperatura interior de 25 °C e uma humidade relativa de 50%, o que corresponde a

uma temperatura de bolbo húmido de 18 °C. Desta forma, qualquer erro residirá apenas nas condições de retorno, que podem não ser exatamente iguais às assumidas. Isto ocorre porque a uma menor temperatura de bolbo húmido corresponde, obrigatoriamente, uma menor entalpia, tornando assim válido comparar a entalpia ou a temperatura de bolbo húmido do ar exterior com a do ar de retorno.

De seguida, procede-se ao cálculo da redução do consumo de energia, que é obtida pela diferença entre o consumo de energia com recuperação de calor e sem recuperação de calor. Esta análise é efetuada hora a hora durante todo o ano, abrangendo todos os sistemas de ventilação e climatização do edifício, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 60.

Tabela 60 – Redução do consumo de energia, por sistema, em resultado da implementação de dispositivos que permitam o *free cooling*.

Sistemas	Redução do consumo [kWh/ano]
REC Auditório	6,6
REC Geral	85,5
REC Refeitório	2,6
REC Zona de Venda	206,4
Total	301,1

Pela análise da Tabela 60 verifica-se que a implementação de dispositivos que permitam o *free cooling* possibilitaria uma poupança anual de 301,1 kWh associada aos sistemas de arrefecimento do edifício. No entanto, é importante salientar que estas poupanças são apenas relevantes na máquina dedicada à zona de venda, denominada de “REC Zona de Venda”, e na destinada aos escritórios, intitulada de “REC Geral”. Estes são os sistemas de ventilação com maior período de funcionamento, o primeiro opera das 8h às 20h e o segundo das 7h às 20h. Consequentemente, podem tirar maior proveito do *free cooling*, especialmente durante as primeiras horas da manhã e ao final do dia. As economias provenientes do *free cooling* são mais significativas na zona de venda, uma vez que, para além do recuperador de calor da UTAN que serve estes espaços ser mais eficiente e de esta funcionar ao sábado, a energia necessária para o arrefecimento destes espaços é maior devido à extensa área de vãos envidraçados, o que proporciona uma maior oportunidade de redução do consumo de energia.

A aplicação de dispositivos que permitam o *free cooling* nos restantes sistemas resulta numa redução residual do consumo energético. Quanto ao sistema de ventilação da sala de conferências, o “REC Auditório”, foi considerado um horário de funcionamento compreendido entre as 9h e as 13h,

exclusivamente às segundas-feiras, havendo, por isso, poucas horas em que este tipo de sistema traz benefícios. No caso da ventilação do refeitório, o “REC Refeitório”, a redução do consumo de energia é ainda menor, porque se pressupõe que começa a operar mais tarde, às 10h, havendo ainda menos ocasiões em que se verificam as condições necessárias para se poder tirar proveito do *free cooling*.

Conclui-se, portanto, que adoção de sistemas que permitam o *free cooling* possibilita uma redução de 5,55% do consumo de energia (de 5427,00 kWh/ano para 5125,90 kWh/ano) e das emissões de CO₂ (de 1953,72 kgCO₂/ano para 1845,32 kgCO₂/ano) associadas aos sistemas de arrefecimento do edifício, o que se traduz numa poupança anual de 58,90€. Esta redução não é muito significativa, uma vez que os sistemas de *free cooling* são mais eficazes em edifícios com uso noturno, o que não é o caso, em que se aproveita o ar fresco vindo do exterior que, além de promover a renovação do ar interior, auxilia no tratamento das cargas térmicas.

Finalmente, analisando os indicadores de eficiência energética indicados na Tabela 61, verifica-se que se obteve uma ligeira redução em todos os indicadores, especialmente no indicador de eficiência energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$) e, por conseguinte, no indicador de energia primária renovável ($Ren_{C\&S}$), que, apesar disso, se mantém dentro dos limites regulamentares.

Tabela 61 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética após aplicação da medida de melhoria 3 (MM3) e comparação com o edifício previsto.

Indicador energético	MM3	Previsto	Balanco
$IEE_{pr,S} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$	109,66	112,17	- 2,24%
$IEE_{pr,ren} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$	33,39	35,26	- 5,30%
R_{IEE}	1,08	1,09	- 0,92%
Classe energética	C	C	=
$Ren_{C\&S}$	8,96	9,46	- 5,29%
$IEE_{fossil,S} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$	76,26	76,91	- 0,85%

Todavia, o mesmo não se verifica relativamente ao rácio de classe energética (R_{IEE}) e à respetiva classe energética, bem como ao indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fossil,S}$), cujos valores continuam a exceder os valores máximos estabelecidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021 [14].

5.4. IMPLEMENTAÇÃO EM CONJUNTO DAS MEDIDAS DE MELHORIA

Para finalizar a análise das medidas de melhoria, procedeu-se ao estudo da implementação de todas as medidas de melhorias propostas para o edifício. Neste estudo, o foco incidiu na avaliação do desempenho energético do edifício ao incorporar vãos envidraçados mais eficientes, sistemas de geração de energia elétrica através de painéis solares fotovoltaicos e a integração de sistemas de ventilação que possibilitem a realização de *free cooling*.

Desta forma, em primeiro, lugar foi necessário avaliar o impacto do *free cooling* no edifício com vãos envidraçados mais eficientes para, numa segunda fase, se determinar o novo perfil médio de consumo de energia elétrica. Este perfil possibilita, numa fase posterior, a determinação da energia disponível para autoconsumo e o cálculo dos indicadores energéticos.

Pela análise da Tabela 62 constata-se que, tal como apresentado na Tabela 54, a adoção de vidros mais eficientes (MM1) resulta numa redução de 20,59% do consumo de energia elétrica associado ao aquecimento do edifício. Paralelamente, há uma redução de 20,55% do consumo relacionado com o arrefecimento. Além disso, verifica-se também que a utilização de sistemas de ventilação que possibilitam a realização de *free cooling* (MM3) proporcionam uma economia adicional de 7,42% no consumo de energia para arrefecimento, quando comparado com a aplicação isolada da medida de melhoria 1. Quando ambas as medidas de melhoria são implementadas, verifica-se uma redução de 20,59% e de 26,44% do consumo de energia elétrica associado ao aquecimento e arrefecimento do edifício, respetivamente, em comparação com o edifício previsto.

Tabela 62 – Impacto da utilização de vidros mais eficientes (medida de melhoria 1 – MM1) e de sistemas de ventilação que possibilitem a realização de *free cooling* (medida de melhoria 3 – MM3) na energia final consumida decorrente da operação dos sistemas de climatização do edifício.

Sistema de climatização	Energia final consumida					
	Previsto [kWh/ano]	MM1 [kWh/ano]	Redução [%]	MM3 [kWh/ano]	Redução [%]	Redução total [%]
Aquecimento	4900,35	3891,30	20,59	3891,30	0	20,59
Arrefecimento	5427,00	4312,00	20,55	3992,10	7,42	26,44

A implementação de 39 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 14,235 kW) disponibiliza 14771 kWh de eletricidade para ser explorada em regime de autoconsumo, como se observa na Tabela 63. Esta é a solução mais benéfica do ponto de vista energético, uma vez que permite cumprir os requisitos energéticos com o menor investimento inicial. No entanto, do ponto de vista económico, a

solução mais vantajosa é aquela que prevê a instalação de 20 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 7,3 kW), visto que apresenta um menor tempo de recuperação simples ($TR_{simples}$) e uma maior taxa interna de rentabilidade (TIR).

Tabela 63 – Energia disponível para autoconsumo e injetada na rede, valores dos indicadores energéticos do edifício e métricas de viabilidade económica para cada uma das soluções propostas.

Solução	Energia disponível para autoconsumo [kWh]	Energia injetada na rede [kWh]	R_{IEE}	Classe energética	$Ren_{C\&S}$	$IEE_{fossil,S}$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	$TR_{simples}$ [anos]	TIR [%]
13 módulos	5864	702	0,838	B-	10,302	59,023	9,51	9,14
20 módulos	8488	1613	0,758	B-	11,818	53,372	8,96	9,89
39 módulos	14771	4928	0,566	B	15,448	39,843	9,56	9,07
52 módulos	17573	8691	0,480	A	17,067	33,809	11,36	7,07
59 módulos	18655	11145	0,447	A	17,692	31,479	11,87	6,57
78 módulos	20708	18689	0,384	A	18,879	27,058	14,12	4,79

Tendo isto em conta, a solução proposta para o edifício é a instalação de 39 módulos fotovoltaicos já que assegura a conformidade do edifício com os requisitos energéticos estabelecidos pelo Despacho n.º 6476-E/2021. Importa salientar que, com um investimento inicial 39,52% superior, podem ser implementados 52 módulos fotovoltaicos, o que permite alcançar a classe energética A [14].

A Tabela 64 resume o impacto da aplicação das medidas de melhoria propostas no edifício previsto ao nível dos indicadores energéticos, enquanto demonstra o cumprimento regulamentar dos mesmos.

Tabela 64 – Valores obtidos para os indicadores de eficiência energética após aplicação das medidas de melhoria, comparando-os com o edifício previsto, e verificação regulamentar dos requisitos energéticos [12], [14].

Indicadores	Previsto	Após MM	Balço	Requisito
Eletricidade consumida [kWh/ano]	58793,77	41578,82	- 29,28%	-
$IEE_{pr,S}$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	112,17	97,42	- 13,15%	-
$IEE_{pr,ren}$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	35,26	57,58	+ 63,30%	$\leq IEE_{pr,S}$
R_{IEE}	1,09	0,57	- 47,71%	$\leq 0,75$
Classe energética	C	B	+ 2 classes	$\leq B$
$Ren_{C\&S}$	9,46	15,45	+ 63,32%	$\geq 0,50$
$IEE_{fossil,S}$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	76,91	39,84	- 48,20%	$\leq 52,826$
Emissões de CO₂ [kgCO₂/ano]	21165,76	14968,38	- 29,28%	-

Deste modo, pode-se concluir que a implementação das medidas de melhoria resulta numa redução de 29,28% do consumo total de energia elétrica do edifício (consumos tipo S e tipo T) e das emissões de CO₂, o que se traduz numa poupança anual de 3367,24€. Esta poupança tende a crescer com o tempo, uma vez que, embora a produção dos painéis solares fotovoltaicos diminua ligeiramente ao longo dos anos devido à perda de eficiência, a tendência de aumento dos preços da energia torna a aposta em fontes de energia renovável cada vez mais vantajosa para os consumidores. É também relevante mencionar que se considerou que a energia elétrica disponível para autoconsumo seria exclusivamente utilizada para atender a parte das necessidades dos usos regulados. No entanto, nos períodos de excesso de energia produzida, que de outra forma seria injetada na rede sem benefício financeiro ou vendida a um preço inferior ao de compra, este excedente pode ser usado para suprir parte dos consumos não regulados da zona de escritório ou da zona de produção, gerando uma poupança adicional que pode ascender a 963,92€.

A diminuição dos consumos de climatização do edifício, alcançada através da utilização de vãos envidraçados mais eficientes e sistemas de ventilação que permitem a realização de *free cooling*, resulta numa redução de 13,15% do indicador de eficiência energética previsto do tipo S ($IEE_{pr,S}$). Este facto, conjugado com aumento de 63,30% do indicador de eficiência energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$), devido à implementação de painéis solares fotovoltaicos, provoca uma diminuição de 47,71% do rácio de classe energética (R_{IEE}) e, conseqüentemente, um aumento de duas classes energéticas, de C para B.

A instalação de painéis fotovoltaicos tem também um impacto direto no indicador de energia primária renovável ($Ren_{C\&S}$), que aumenta à medida que o indicador de eficiência energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$) aumenta, resultando num incremento de 63,32% devido à sua utilização. Por outro lado, o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$) diminui 48,20% pelo facto de a energia elétrica consumida, que de outra forma proviria de fontes de energia fósseis, passa a ser em parte proveniente de fontes de energia renováveis.

Em suma, constatou-se que o estudo das medidas de melhoria possibilita a identificação de oportunidades de tornar o edifício mais eficiente do ponto de vista energético, resultando em significativas poupanças de energia, redução dos custos operacionais e minimização do impacto ambiental ao longo da vida útil do edifício. É crucial efetuar esta análise durante a fase de conceção do edifício, permitindo, assim, a realização de ajustes ao projeto de forma a incorporar as medidas de melhoria benéficas. Ao mesmo tempo, a condução desta análise na fase de conceção do edifício assegura a verificação do cumprimento de todos os requisitos, evitando problemas legais e custos adicionais no futuro.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES

A elaboração desta dissertação permitiu consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado na área de especialização em Tecnologias Energéticas e Ambientais, particularmente aqueles relacionados com a certificação energética. A execução deste trabalho em contexto empresarial possibilitou a aplicação prática desses conhecimentos em projetos reais, ao mesmo tempo que proporcionou uma valiosa aprendizagem sobre simulação dinâmica multizona, metodologia BIM (*Building Information Modeling*) e análise energética de edifícios.

A presente dissertação teve como principais objetivos a análise da zona administrativa da carpintaria de acordo com os requisitos estabelecidos pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e a avaliação do comportamento térmico do edifício, com o intuito de identificar possíveis medidas de melhoria que contribuam para a melhoria do seu desempenho energético.

Desta forma, a primeira etapa envolveu a caracterização e análise da zona administrativa tendo por base os requisitos impostos pelo RECS. Durante este processo constatou-se que algumas soluções construtivas da envolvente opaca interior não estavam em conformidade com o requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo. Relativamente aos elementos da envolvente envidraçada, verificou-se que alguns não satisfaziam o requisito relativo ao coeficiente de transmissão térmica máximo e que aqueles que estavam sujeitos ao requisito do fator solar máximo não estavam em conformidade com o mesmo.

De seguida, realizou-se uma simulação dinâmica multizona utilizando o *software* HAP para determinar as cargas térmicas críticas necessárias ao dimensionamento das unidades interiores e exteriores de climatização. Constatou-se que as necessidades de arrefecimento (115,1 kW) são significativamente superiores às de aquecimento (50,2 kW). Esta disparidade pode-se dever à elevada área de vãos envidraçados com elevado fator solar, aos ganhos internos devido à ocupação e os resultantes dos valores de densidade de potência de iluminação e de equipamentos adotados. Além disso, a presença de recuperadores de calor nas unidades de tratamento de ar novo desempenha um papel preponderante na diminuição das necessidades de aquecimento do edifício, uma vez que permite insuflar o ar novo a uma temperatura mais elevada, mais próxima da temperatura de conforto térmico.

Após a seleção dos equipamentos de climatização, realizou-se uma nova simulação dinâmica com o objetivo de determinar os consumos de energia do edifício. Obteve-se um consumo anual de 58793,77 kWh, dos quais 22737 kWh correspondem ao consumo dos equipamentos elétricos, 12727,51 kWh ao consumo dos sistemas de iluminação e 10327,35 kWh ao consumo das unidades VRF.

O maior consumo associado aos equipamentos elétricos pode ser atribuído aos valores de densidade de potência adotados, que foram baseados no Decreto-Lei n.º 79/2006 devido à falta de informações sobre os equipamentos a serem instalados, e que podem não ser a escolha mais apropriada. No entanto, é importante mencionar que, por serem consumos do tipo T, não são contabilizados no cálculo da classe energética do edifício.

O elevado consumo dos sistemas de iluminação pode ser resultado da falta de informações sobre a quantidade e características das luminárias, uma vez que, aquando da realização da dissertação, ainda não tinha sido efetuado um estudo luminotécnico. Consequentemente, de acordo com o Manual SCE, os valores a adotar para a densidade de potência de iluminação correspondem aos limites máximos regulamentares, o que pode explicar os elevados consumos associados aos sistemas de iluminação.

Em relação aos indicadores de eficiência energética, constatou-se que o edifício apenas atendia ao requisito do indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços ($Ren_{C\&S}$) (9,46), ficando a classe energética (C) abaixo da classe mínima obrigatória e o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$) (76,91 kWh_{EP}/(m².ano)) acima do seu valor máximo.

Posteriormente, tendo em vista a melhoria do desempenho energético do edifício, foram propostas três medidas de melhoria: a utilização de vãos envidraçados mais eficientes, a instalação de um sistema de produção fotovoltaica e a implementação de sistemas de ventilação que possibilitem o *free cooling*.

Na primeira medida, que envolve a utilização de vidros com menor coeficiente de transmissão térmica e menor fator solar, observou-se uma redução de 20,59% do consumo relacionado com o aquecimento e uma diminuição de 20,55% do consumo relacionado com o arrefecimento do edifício, o que se traduz numa poupança anual de 415,45€. Verificou-se que a redução do consumo para aquecimento foi alcançada pelo facto dos vidros terem um menor coeficiente de transmissão térmica, enquanto a diminuição do consumo para arrefecimento foi conseguida devido ao menor fator solar dos vidros propostos. Quanto aos indicadores de eficiência energética, não se registaram mudanças significativas, mantendo-se a classe energética e o $IEE_{fóssil,S}$ fora dos limites regulamentares.

A segunda medida, que envolve a instalação de 39 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 14,235 kW) explorados em regime de autoconsumo para suprir parte das necessidades de energia

elétrica dos usos regulados, fornece 15089 kWh/ano de eletricidade para autoconsumo. Isso resulta numa redução de 25,15% do consumo total de energia elétrica do edifício e, conseqüentemente, numa poupança anual de 2892,38€. Além disso, esta medida eleva a classe energética do edifício para a classe B, com um $Ren_{C\&S}$ de 18,177 e um $IEE_{fóssil,S}$ de 44,421 kWh_{EP}/(m².ano), todos estes valores em conformidade com o Despacho n.º 6476 E/2021. Esta medida apresenta também um tempo de recuperação simples igual a 9,34 anos e uma taxa interna de rentabilidade de 9,36%

A terceira medida de melhoria resulta uma redução de 5,55% do consumo de energia associado aos sistemas de arrefecimento do edifício, o que se traduz numa poupança anual de apenas 58,90€. Esta diminuição não é muito significativa, uma vez que os sistemas de *free cooling* são mais eficazes em edifícios com uso noturno, onde se aproveita o ar fresco vindo do exterior para auxiliar no tratamento das cargas térmicas.

Por fim, verificou-se que a aplicação conjunta de todas as medidas de melhoria resulta numa redução de 29,28% do consumo total de energia elétrica do edifício, levando a uma poupança anual de 3367,24€. Este valor pode ascender a 4331,16€ caso o excesso de energia produzida possa ser utilizado para suprir parte dos consumos não regulados da zona de escritório ou da zona de produção. Adicionalmente, a implementação destas medidas permite a obtenção de uma classe energética B e o cumprimento dos requisitos relativos aos indicadores de eficiência energética. Constatou-se também que a implementação de 52 módulos fotovoltaicos (potência instalada igual a 18,980 kW) permite alcançar a classe energética A, embora implique um investimento inicial 39,52% mais elevado.

6.2. TRABALHOS FUTUROS

De modo a dar continuidade ao projeto desenvolvido na presente dissertação, propõe-se a realização de vários trabalhos futuros que se apresentam de seguida.

A envolvente opaca interior que não estava em conformidade com o requisito relativo ao coeficiente de transmissão térmica máximo poderia ser alterada de forma a torná-la regulamentar, avaliando-se o impacto destas modificações no desempenho energético do edifício.

Aquando da realização deste trabalho, ainda não tinha sido efetuado o estudo luminotécnico, nem existiam previsões sobre a quantidade e tipo de equipamentos elétricos a instalar em cada espaço. Nesse sentido, seria interessante efetuar novas simulações quando já existissem informações sobre estes parâmetros, tendo em vista a avaliação do seu impacto nas cargas térmicas e no consumo de energia, visto que, no edifício previsto, os equipamentos elétricos e os sistemas de iluminação são responsáveis por 60,3% do consumo energético.

Sabe-se que o equilíbrio entre os elementos opacos e envidraçados é essencial para otimizar o desempenho energético de um edifício, uma vez que as paredes desempenham um papel fundamental na mitigação das variações de temperatura enquanto os vãos envidraçados têm um impacto significativo nos ganhos por radiação. Assim, seria também relevante analisar o impacto da área de vãos envidraçados no desempenho energético do edifício, já que este possui uma elevada área de vãos envidraçados, principalmente na fachada principal, onde os vãos envidraçados representam quase 70% da área total da fachada. Nesse sentido, o edifício previsto poderia ser simulado considerando as áreas dos vãos envidraçados do edifício de referência.

Devido à utilização de vidros mais eficientes (medida de melhoria 1), as necessidades de climatização tornam-se inferiores. Portanto, seria relevante dimensionar as unidades interiores e exteriores de climatização para este cenário, estimando a poupança inicial, uma vez que equipamentos de menor potência apresentam menor custo. Adicionalmente, seria interessante verificar se é possível reduzir os custos de climatização com os novos sistemas em comparação com os que estavam previstos para o edifício.

Por fim, poderia ser determinada a inclinação ideal dos painéis solares fotovoltaicos propostos como medida de melhoria, com o objetivo de averiguar se a maior produtividade dos mesmos compensaria o maior investimento inicial, devido à necessidade de suportes, quando comparado com a instalação dos módulos fotovoltaicos com a mesma inclinação da cobertura do edifício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Alterações climáticas - Nações Unidas - ONU Portugal.” Accessed: Sep. 04, 2023. [Online]. Available: <https://unric.org/pt/mundo-espera-solucao-para-alteracoes-climaticas-diz-ban-ki-moon-7/>
- [2] “Medidas da UE contra as alterações climáticas | Atualidade | Parlamento Europeu.” Accessed: Sep. 04, 2023. [Online]. Available: https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180703STO07129/medidas-da-ue-contra-as-alteracoes-climaticas?&at_campaign=20234-Green&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=altera%C3%A7%C3%B5es%20clim%C3%A1ticas&at_topic=Climate_Change&at_location=PT&gclid=Cj0KCQjwgNanBhDUARIsAAelcAv7d4bA1qnRhIhOmS30FySWOBs_uJkikJjbVi0DUWKHvgjIFPNDNKMaAikaEALw_wcB
- [3] “PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA 2021-2030 (PNEC 2030)”.
- [4] “Redução das emissões de carbono: metas e políticas da UE | Atualidade | Parlamento Europeu.” Accessed: Sep. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180305STO99003/reducao-das-emissoes-de-carbono-metas-e-politicas-da-ue>
- [5] “Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro | DR.” Accessed: Jul. 07, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/101-d-2020-150570704>
- [6] “Tykhe | Home.” Accessed: Sep. 04, 2023. [Online]. Available: <http://www.tykhe.pt/>
- [7] “Guia SCE-Certificação Energética dos Edifícios”.
- [8] Lobarinhas, P., “SCE - Sistema de Certificação Energética.”
- [9] “Legislação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.” Accessed: Jul. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.sce.pt/legislacao/>
- [10] “Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho | DRE.” Accessed: Jan. 04, 2023. [Online]. Available: <https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/138-i-2021-166296492>
- [11] “Associação Passivhaus Portugal.” Accessed: Jul. 04, 2023. [Online]. Available: <http://passivhaus.pt/blog-4-24-Pontes-T%C3%A9rmicas-Invis%C3%ADveis-ou-nem-por-isso>
- [12] Direção-Geral de Energia e Geologia, “Manual SCE.”
- [13] Lobarinhas, P., “SCE - Requisitos.”

- [14] “Despacho n.º 6476-E/2021, de 1 de julho | DR.” Accessed: Jul. 06, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/6476-e-2021-166302786>
- [15] “Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro | DRE.” Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/101-d-2020-150570704>
- [16] Santos, C. A. P. and Matias, L., *ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. 2006.
- [17] *2021 ASHRAE Handbook—Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).
- [18] “Radão | Agência Portuguesa do Ambiente.” Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/radao>
- [19] “Mapa de suscetibilidade ao radão | Agência Portuguesa do Ambiente.” Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/mapa-de-suscetibilidade-ao-radao>
- [20] “Portaria n.º 138-G/2021, de 1 de julho | DRE.” Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/138-g-2021-166296490>
- [21] “Inércia térmica - Futureng.” Accessed: Jul. 18, 2023. [Online]. Available: <http://www.futureng.pt/inercia-termica>
- [22] “Guia SCE-Parâmetros de Cálculo”, Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/3.0-Guia-SCE-Par%C3%A2metros-de-C%C3%A1lculo_V1.pdf
- [23] “KOMMERLING - Isolamento térmico e poupança de energia - Portugal.” Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.janelaskommerling.pt/isolamento-termico-e-poupanca-de-energia/>
- [24] “Schindler 1000 - O Elevador Prático | Schindler Portugal.” Accessed: Aug. 08, 2023. [Online]. Available: https://www.schindler.pt/pt/elevadores/passageiro/schindler-1000.html#c12_tabs-a4a9b5e635-item-0b852be433-tab
- [25] “Variable Refrigerant Volume | Daikin.” Accessed: Jul. 26, 2023. [Online]. Available: https://www.daikin.eu/en_us/about/daikin-innovations/variable-refrigerant-volume.html
- [26] “Daikin Altherma M AQS | Daikin.” Accessed: Aug. 08, 2023. [Online]. Available: https://www.daikin.pt/pt_pt/product-group/domestic-hot-water-heat-pump/daikin-altherma-m-hw2.html

- [27] “Hourly Analysis Program | Carrier Carrier Commercial North America.” Accessed: Jan. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/hourly-analysis-program/>
- [28] “Carga Térmica: princípios básicos - Portal EA.” Accessed: Jul. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.engenhariaarquitectura.com.br/2018/01/carga-termica-principios-basicos>
- [29] “EngenhariaCivil.com » Cálculo da Carga Térmica de Edifícios.” Accessed: Jul. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.engenhariacivil.com/calculo-carga-termica-edificios>
- [30] “SCE.ER.” Accessed: Jul. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/sce-er/>
- [31] “Decreto-Lei n.º 79/2006”.
- [32] “Preços de eletricidade e gás natural.” Accessed: Aug. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/precos-de-energia/precos-de-eletricidade-e-gas-natural/>
- [33] “Aeroterminia | Sistemas de climatização Junkers Bosch.” Accessed: Aug. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.junkers-bosch.pt/conhecimentos/aeroterminia/o-que-e-a-aeroterminia/>
- [34] “Descarregue os Catálogos | Vidro Duplo - SGG CLIMALIT PLUS®.” Accessed: Aug. 23, 2023. [Online]. Available: <https://climalit.pt/descarga-de-catalogos-climalit/>
- [35] *Manual de Eficiência Energética*. Accessed: Aug. 29, 2023. [Online]. Available: <https://poseur.portugal2020.pt/media/42231/manual-de-eficiencia-energetica.pdf>
- [36] “Painéis solares, como escolher? | DECO PROTESTE.” Accessed: Aug. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.deco.proteste.pt/casa-energia/energias-renovaveis/guia-de-compras/como-escolher-painel-solar>
- [37] “NOVA GAMA BOMBAS DE CALOR BAXI R32”.
- [38] “Custo de manutenção de painel fotovoltaico: alto ou baixo?” Accessed: Aug. 30, 2023. [Online]. Available: <https://elysia.com.br/manutencao-de-painel-fotovoltaico/>
- [39] Ferreira, P. V., “Textos de apoio Avaliação e Seleção de Projetos.”
- [40] “O que é a TIR e como calcular (exemplos em Excel e na HP 12c) - Dicionário Financeiro.” Accessed: Aug. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.dicionariofinanceiro.com/tir-taxa-interna-retorno/>
- [41] “CalumenLive.”

- [42] “N15200 Fachada Cortina com RPT | Navarra - a marca do alumínio.” Accessed: Aug. 08, 2023. [Online]. Available: <https://navarraaluminio.pt/arquitetura/produtos/fachadas/rutura-de-ponte-termica/n15200-fachada-cortina-com-rpt>
- [43] “INDICE Gama City Multi Gama Hybrid City Multi Melans 4 48 66”.

Anexo 1. FUNÇÕES MÍNIMAS DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Tabela A.1 – Funções mínimas a adotar em sistemas de iluminação de edifícios de comércio e serviços [10].

Tipo de espaço	Regulação constante de luminosidade ⁽¹⁾	Deteção de presença ⁽²⁾	Deteção de movimento ⁽²⁾	Comando manual ⁽³⁾	Controlo horário ⁽⁴⁾
Escritório individual 1 - 6 pessoas	✓	✓		✓	
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho	✓	✓			
Salas de reuniões, salas de conferências, auditórios	✓	✓		✓	
Show room e salas de exposição, museus					✓
Salas de Congresso/Hall de exposições	✓			✓	
Salas de aula, salas de leitura, bibliotecas, salas de trabalho de apoio	✓	✓		✓	
Laboratórios, salas de exames/tratamento, blocos operatórios				✓	✓
Salas de pré e pós-operatório				✓	
Cozinhas, armazéns, arquivos, polidesportivos/ginásios e similares			✓		✓
Cozinhas industriais e hotelaria e armazéns de apoio			✓		✓
Salas técnicas, arrecadações e outros locais de armazenagem			✓		
Parques de estacionamento interiores			✓	✓	
Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes					✓
Lojas de comércio e serviços, retalhistas em geral – zona de público, espaços fabris em geral	✓				✓
Hall/entradas, corredores, escadas, salas de espera, instalações sanitárias, enfermarias e quartos individuais de clínicas e hospitais, salas de refeições (exceto restaurantes)	✓	✓		✓	

(1) Os valores de referência definidos para o plano de trabalho devem ser preferencialmente fixados por meio de comando remoto apropriado ou com recurso a *software* podendo, no entanto, ser também realizados por meios mecânicos.

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

(3) O comando manual deve permitir a regulação dos níveis de intensidade luminosa por parte dos utilizadores, devendo esta função ser desativada assim que não seja detetada a presença dos utilizadores no espaço.

(4) Deve ser associado ao horário de funcionamento dos espaços, com exceção dos painéis publicitários. Quando aplicável, por questões de segurança, o desligar do sistema de iluminação deve ser antecedido de um aviso.

Anexo 2. COEFICIENTE DE REDUÇÃO

Tabela A.2 – Coeficiente de redução [12].

b_{ztu}	$V_{enu} \leq 50 \text{ m}^3$		$50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$		$V_{enu} > 200 \text{ m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i / A_u < 0,5$	1,0					
$0,5 \leq A_i / A_u < 1,0$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1,0 \leq A_i / A_u < 2,0$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2,0 \leq A_i / A_u < 4,0$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i / A_u \geq 4,0$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Notas:

- 1) Em espaços fortemente ventilados (aquele que apresente um quociente entre a área total de orifícios de ventilação, em milímetros quadrados, e a área de parede ou cobertura, em metros quadrados, superior a $1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$) deve o b_{ztu} assumir um valor igual a 1;
- 2) Para os edifícios adjacentes deve ser considerado um b_{ztu} igual a 0,6.

Em que:

A_i → Somatório das áreas dos elementos de todas as frações de habitação e comércio e serviços que separam os respetivos espaços interiores úteis do espaço interior não útil [m^2];

A_u → Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior não útil do ambiente exterior [m^2];

V_{enu} → Volume do espaço interior não útil [m^3];

f → Espaço interior não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;

F → Espaço interior não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

Anexo 3. DELIMITAÇÃO DA ENVOLVENTE

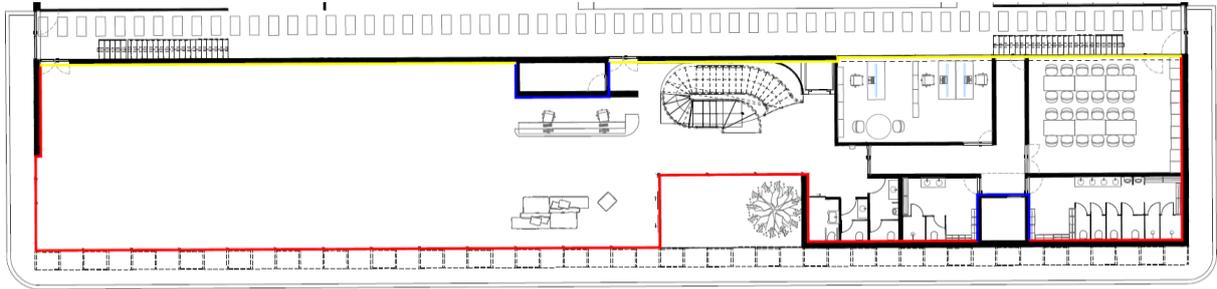


Figura A.1 – Delimitação da envolvente ao nível das paredes do piso 1.

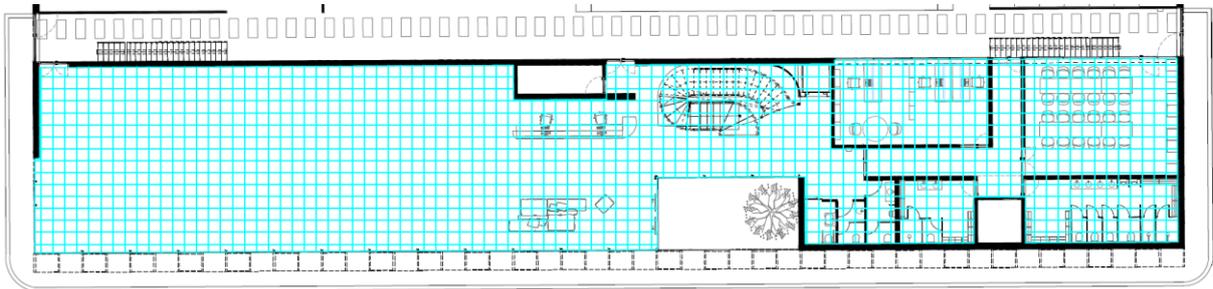


Figura A.2 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 1.

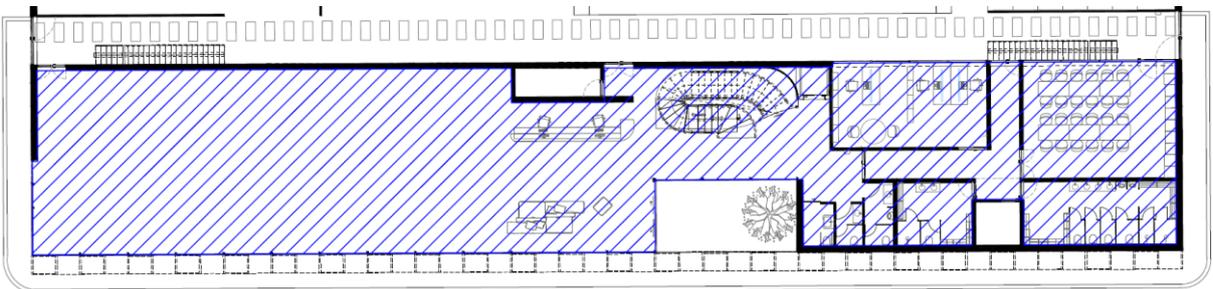


Figura A.3 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso 1.

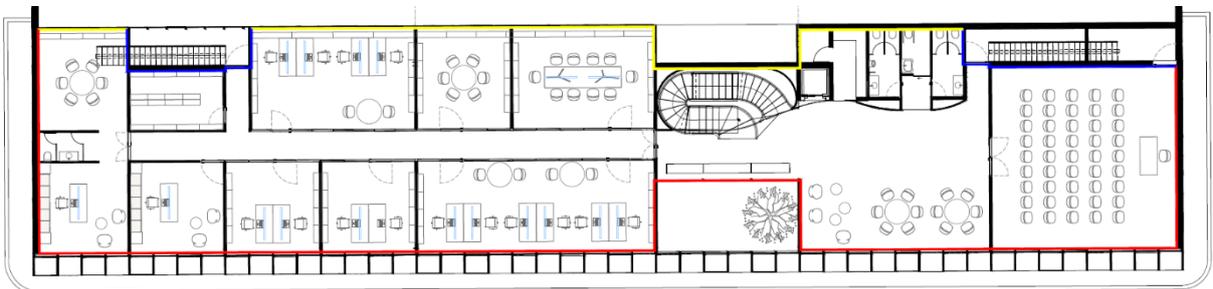


Figura A.4 – Delimitação da envolvente ao nível das paredes do piso 2.

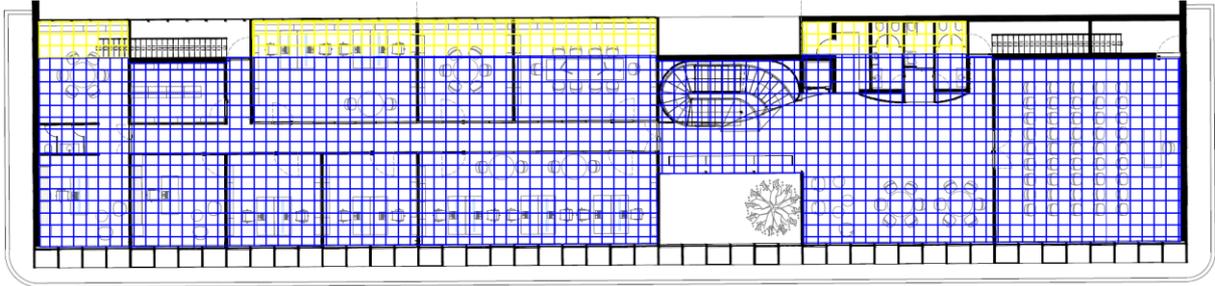


Figura A.5 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 2.

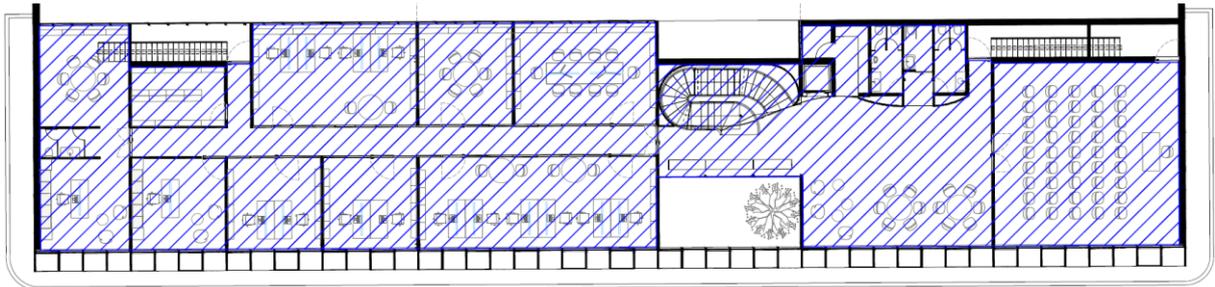


Figura A.6 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso 2.

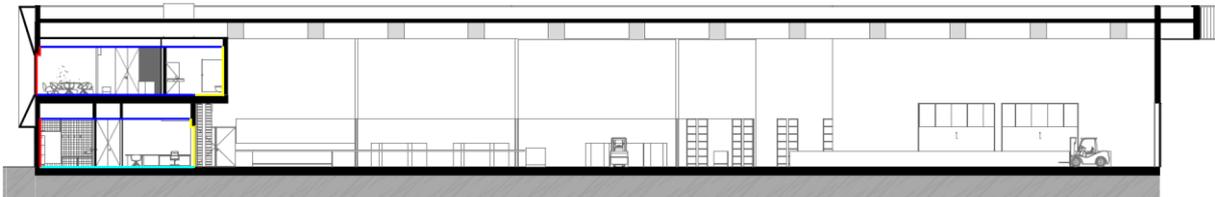


Figura A.7 – Delimitação da envolvente no corte longitudinal.

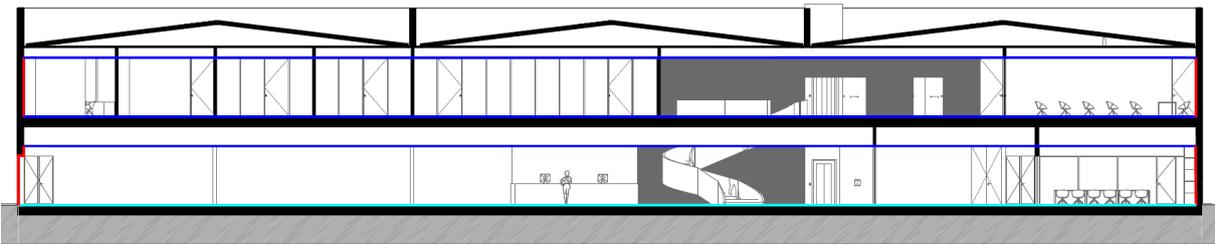


Figura A.8 – Delimitação da envolvente no corte transversal.

Anexo 4. ENVOLVENTE OPACA

Tabela A.3 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior 2.

Pext2 – Parede exterior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Bloco térmico	0,25	1134	-	1,493	Ficha técnica
Painel sandwich	0,05	300	-	1,190	Ficha técnica
Fachada fortemente ventilada				0	Manual SCE
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,313			2,995	
Coeficiente de transmissão térmica				0,33	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,70	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.4 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior 3.

Pext3 – Parede exterior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Bloco térmico	0,25	1134	-	1,493	Ficha técnica
Tela impermeabilizante	0,001	1050	0,23	0,004	Pág. I.9, ITE50
Isolamento XPS	0,06	32,5	0,037	1,622	Pág. I.3, ITE50
Painel de betão	0,06	2350	2,3	0,026	Pág. I.5, ITE50
Resistência térmica superficial exterior R_{se}				0,04	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,381			3,322	
Coeficiente de transmissão térmica				0,30	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,70	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.5 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 1.

PTP1 – Pilar na parede exterior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Betão armado	0,25	2350	2,3	0,109	Pág. I.5, ITE50
Painel sandwich	0,05	300	-	1,190	Ficha técnica
Resistência térmica superficial exterior R_{se}				0,04	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,313			1,521	
Coeficiente de transmissão térmica				0,66	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,90	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.6 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 2.

PTP2 – Pilar na parede exterior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Betão armado	0,25	2350	2,3	0,109	Pág. I.5, ITE50
Tela impermeabilizante	0,001	1050	0,23	0,004	Pág. I.9, ITE50
Isolamento XPS	0,06	32,5	0,037	1,622	Pág. I.3, ITE50
Painel de betão	0,06	2350	2,3	0,026	Pág. I.5, ITE50
Resistência térmica superficial exterior R_{se}				0,04	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,381			1,938	
Coeficiente de transmissão térmica				0,52	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,90	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.7 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 1.

Pint1 – Parede interior do piso 1 em contacto com o armazém					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Bloco térmico	0,25	1134	-	1,493	Ficha técnica
Chapa de alumínio	0,015	2700	230	0,00007	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,278			1,805	
Coeficiente de transmissão térmica				0,55	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,70	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.8 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 2.

Pint2 – Parede interior do piso 2 em contacto com o armazém					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Bloco térmico	0,30	1000	-	1,124	Ficha técnica
Chapa de alumínio	0,015	2700	230	0,00007	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,328			1,436	
Coeficiente de transmissão térmica				0,70	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,70	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.9 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 3.

Pint3 – Parede interior do piso 2 em contacto com o armazém (I.S.)					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Bloco térmico	0,30	1000	-	1,124	Ficha técnica
Chapa de alumínio	0,015	2700	230	0,00007	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,325			1,391	
Coeficiente de transmissão térmica				0,72	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,70	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Não	

Tabela A.10 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 4.

Pint4 – Parede interior em contacto com ENU					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Tijolo de alvenaria	0,11	746	-	0,270	Pág. I.12, ITE50 + FT
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,136			0,634	
Coeficiente de transmissão térmica				1,58	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				NA	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				NA	

Tabela A.11 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede interior 5.

Pint5 – Parede interior em contacto com ENU					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Tijolo de alvenaria	0,11	746	-	0,270	Pág. I.12, ITE50 + FT
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,133			0,590	
Coeficiente de transmissão térmica				1,70	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				NA	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				NA	

Tabela A.12 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 3.

PTP3 – Pilar na parede interior do piso 1 em contacto com o armazém					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Betão armado	0,25	2300	2,3	0,109	Pág. I.5, ITE50
Chapa de alumínio	0,015	2700	230	0,00007	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,278			0,421	
Coeficiente de transmissão térmica				2,38	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				1,75	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Não	

Tabela A.13 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 4.

PTP4 – Pilar na parede interior do piso 2 em contacto com o armazém					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Betão armado	0,30	2300	2,3	0,130	Pág. I.5, ITE50
Chapa de alumínio	0,015	2700	230	0,00007	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,328			0,443	
Coeficiente de transmissão térmica				2,26	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				1,75	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Não	

Tabela A.14 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 5.

PTP5 – Pilar na parede interior do piso 2 em contacto com o armazém (I.S.)					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Betão armado	0,30	2300	2,3	0,130	Pág. I.5, ITE50
Chapa de alumínio	0,015	2700	230	0,00007	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,325			0,398	
Coeficiente de transmissão térmica				2,51	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				1,75	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Não	

Tabela A.15 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana 6.

PTP6 – Pilar na parede interior do piso 2 em contacto com ENU					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,13	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Betão armado	0,11	2350	2,3	0,048	Pág. I.5, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,13	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,136			0,412	
Coeficiente de transmissão térmica				2,43	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				NA	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				NA	

Tabela A.16 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior 1.

Cobint1 – Cobertura interior Piso 1 e 2					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,10	Pág. I.11, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Lã de rocha	0,04	67,5	0,04	1,000	Pág. I.3, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,10	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,053			1,252	
Coeficiente de transmissão térmica				0,80	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				NA	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				NA	

Tabela A.17 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 2.

Pavint2 – Pavimento interior					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,17	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Betonilha de regularização	0,13	2450	2	0,065	Pág. I.5, ITE50
Betão armado	0,14	2350	2,3	0,061	Pág. I.5, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,035	1,2	-	0,198	Pág. I.11, ITE50
Chapa aço	0,02	7800	50	0,0004	Pág. I.9, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,17	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,335			0,672	
Coeficiente de transmissão térmica				1,49	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				NA	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				NA	

Tabela A.18 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 3.

Pavint3 – Pavimento interior em contacto com armazém					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,17	Pág. I.11, ITE50
Alcatifa	0,01	200	0,06	0,167	Pág. I.10, ITE50
Betonilha de regularização	0,13	2450	2	0,065	Pág. I.5, ITE50
Betão armado	0,14	2350	2,3	0,061	Pág. I.5, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,035	1,2	-	0,198	Pág. I.11, ITE50
Chapa aço	0,02	7800	50	0,0004	Pág. I.9, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,10	1,2	-	0,220	Pág. I.11, ITE50
Lã de rocha	0,04	67,5	0,04	1,000	Pág. I.3, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,17	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,488			2,103	
Coeficiente de transmissão térmica				0,48	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,50	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Sim	

Tabela A.19 – Cálculo do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior 4.

Pavint4 – Pavimento interior em contacto com armazém					
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/(m. °C)]	R_j [(m ² . °C)/W]	Referências
Resistência térmica superficial interior R_{si}				0,17	Pág. I.11, ITE50
Revestimento cerâmico	0,01	2300	1,3	0,008	Pág. I.10, ITE50
Betonilha de regularização	0,13	2450	2	0,065	Pág. I.5, ITE50
Betão armado	0,14	2350	2,3	0,061	Pág. I.5, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,035	1,2	-	0,198	Pág. I.11, ITE50
Chapa aço	0,02	7800	50	0,0004	Pág. I.9, ITE50
Espaço de ar não ventilado	0,10	1,2	-	0,220	Pág. I.11, ITE50
Lã de rocha	0,04	67,5	0,04	1,000	Pág. I.3, ITE50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,25	0,052	Pág. I.7, ITE50
Resistência térmica superficial exterior $R_{se} = R_{si}$				0,17	Pág. I.11, ITE50
Totais	0,488			1,944	
Coeficiente de transmissão térmica				0,51	W/(m ² . °C)
Coeficiente de transmissão térmica máximo				0,50	W/(m ² . °C)
Regulamentar?				Não	

Anexo 5. INÉRCIA TÉRMICA DO EDIFÍCIO

A inércia térmica do edifício é influenciada pelas características da envolvente opaca em contacto com o exterior, com os ENU e pelos próprios elementos de compartimentação, ou seja, que separam dois EU. Como estes últimos não tinham sido previamente identificados, porque não são relevantes para efeitos da contabilização das trocas térmicas, a primeira etapa consistiu em calcular a massa superficial útil M_{si} dos elementos de compartimentação, tal como se apresenta de seguida.

Tabela A.20 – Cálculo da massa superficial útil da compartimentação interior 1.

Comp1 - Compartimentação interior						
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	R_j [(m ² ·°C)/W]	$M_{si\,total}$ [kg/m ²]	Entra para inércia?	M_{si} [kg/m ²]
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,052	11,38	Sim	11,38
Tijolo de alvenaria	0,11	746	0,270	82,06	Sim	82,06
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,052	11,38	Sim	11,38
Totais	0,136			104,81		104,81
Massa superficial útil				M_{si}	52,41	[kg/m ²]

Tabela A.21 – Cálculo da massa superficial útil da compartimentação interior 2.

Comp2 - Compartimentação interior						
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	R_j [(m ² ·°C)/W]	$M_{si\,total}$ [kg/m ²]	Entra para inércia?	M_{si} [kg/m ²]
Revestimento cerâmico	0,01	2300	0,008	23,00	Sim	23,00
Tijolo de alvenaria	0,11	746	0,270	82,06	Sim	82,06
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,052	11,38	Sim	11,38
Totais	0,133			116,44		116,44
Massa superficial útil				M_{si}	58,22	[kg/m ²]

Tabela A.22 – Cálculo da massa superficial útil da compartimentação interior 3.

Comp3 - Compartimentação interior						
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	R_j [(m ² .°C)/W]	$M_{si\,total}$ [kg/m ²]	Entra para inércia?	M_{si} [kg/m ²]
Revestimento cerâmico	0,01	2300	0,008	23,00	Sim	23,00
Tijolo de alvenaria	0,11	746	0,270	82,06	Sim	82,06
Revestimento cerâmico	0,01	2300	0,008	23,00	Sim	23,00
Totais	0,13			128,06		128,06
Massa superficial útil				M_{si}	64,03	[kg/m ²]

Tabela A.23 – Cálculo da massa superficial útil da ponte térmica plana 7.

PTP7 – Pilar na compartimentação interior 1						
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	R_j [(m ² .°C)/W]	$M_{si\,total}$ [kg/m ²]	Entra para inércia?	M_{si} [kg/m ²]
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,052	11,38	Sim	11,38
Betão armado	0,11	2350	0,048	258,50	Sim	258,50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,052	11,38	Sim	11,38
Totais	0,136			281,25		281,25
Massa superficial útil				M_{si}	140,63	[kg/m ²]

Tabela A.24 – Cálculo da massa superficial útil da ponte térmica plana 8.

PTP8 – Pilar na compartimentação interior 2						
Constituição	d_j [m]	ρ [kg/m ³]	R_j [(m ² .°C)/W]	$M_{si\,total}$ [kg/m ²]	Entra para inércia?	M_{si} [kg/m ²]
Revestimento cerâmico	0,01	2300	0,008	23,00	Sim	23,00
Betão armado	0,11	2350	0,048	258,50	Sim	258,50
Placa de gesso cartonado	0,013	875	0,052	11,38	Sim	11,38
Totais	0,133			292,88		292,88
Massa superficial útil				M_{si}	146,44	[kg/m ²]

Após identificar os elementos de compartimentação interior, efetuou-se o cálculo da massa superficial útil para os restantes elementos e do fator de redução. Adicionalmente, mediu-se a área de superfície de cada um dos elementos, resultando na Tabela A.25.

Tabela A.25 – Massa superficial útil e área de superfície dos elementos da envolvente opaca.

Elemento construtivo	M_{si} [kg/m ²]	r_i	S_i [m ²]	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ [kg]
Pext1	150,00	1	83,08	12461,25
Pext2	150,00	1	41,75	6262,50
Pext3	150,00	1	90,78	13617,00
PTP1	150,00	1	6,30	945,00
PTP2	150,00	1	9,00	1350,00
Pint1	150,00	1	111,31	16695,75
Pint2	150,00	1	39,27	5890,50
Pint3	150,00	1	13,20	1980,00
Pint4	52,41	1	92,16	4829,64
Pint5	58,22	1	19,89	1157,95
PTP3	150,00	1	5,40	810,00
PTP4	150,00	1	3,60	540,00
PTP5	150,00	1	0,90	135,00
PTP6	140,63	1	0,90	126,56
Cobint1	11,38	1	1115,44	12688,13
Pavint1	150,00	0,5	516,26	38719,50
Pavint2	150,00	1	17,23	2584,50
Pavint3	150,00	0,5	50,27	3770,25
Pavint4	150,00	1	13,54	2031,00
Pav1	150,00	1	518,14	77721,00
Comp1	52,41	1	604,02	31653,67
Comp2	58,22	1	197,54	11499,99
Comp3	64,03	1	86,10	5512,98
PTP7	140,63	1	16,20	2278,13
PTP8	146,44	1	6,30	922,56

Sabendo que a área interior útil de pavimento (A_p) é igual a 1118,44 m² e aplicando a Equação (17), obteve-se um valor de I_t igual a 229,05 kg/m².

Anexo 6. INÉRCIA TÉRMICA DOS ESPAÇOS

Tabela A.26 – Inércia térmica dos espaços.

Ref. ^a	Descrição	A_p [m ²]	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ [kg]	I_t [kg/m ²]
1.02	Refeitório	48,51	13641,45	281,21
1.03	Balneário masculino	26,24	11341,22	432,21
1.05	Logística	17,86	4671,74	261,58
1.06	Chefe de secção	17,89	4682,87	261,76
1.07	Circulação interna	21,52	9165,69	425,91
1.08	Balneário feminino	12,61	5748,82	455,89
1.09	I.S Masculino	4,95	3065,54	619,30
1.10	I.S Feminino	3,08	2216,74	719,72
1.11	I.S Acessíveis	3,52	3167,48	899,85
1.13	Escada	75,80	20604,82	271,83
1.15	Receção	13,77	3251,89	236,16
1.16	Átrio	31,71	5964,70	188,10
1.17	Zona de exposição	240,68	54587,95	226,81
2.03	Sala de conferências/formação	92,38	16000,45	173,20
2.04	I.S Feminino	5,67	3294,03	580,96
2.05	I.S Acessíveis	3,45	2411,18	698,89
2.06	I.S Masculino	5,66	3214,76	567,98
2.07	Copa	6,46	3329,70	515,43
2.08	Arrumo	2,59	2373,19	916,29
2.10	Zona de convívio	81,95	12968,64	158,25
2.11	Escada	44,26	9033,09	204,09
2.12	Sala de reuniões	39,54	6171,99	156,09
2.13	Compras	26,09	3951,45	151,45
2.14	Gabinete técnico	59,28	7666,67	129,33
2.15	Contabilidade	45,73	5724,10	125,17
2.16	Orçamentação	23,28	3915,27	168,18
2.17	Gestão	23,28	3915,27	168,18
2.19	Arquivo	15,04	3878,20	257,86

Tabela A.26 – Inércia térmica dos espaços (continuação).

Ref.^a	Descrição	A_p [m²]	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ [kg]	I_t [kg/m²]
2.20	Gerência	23,28	4757,16	204,35
2.21	Circulação interna	45,04	7401,74	164,34
2.22	Sala de reuniões privada	25,03	5984,45	239,09
2.23	WC privado	6,94	2888,27	416,18
2.24	Gerência	22,35	5192,36	232,32

Anexo 7. FICHAS TÉCNICAS DOS VIDROS

EV1 - 88.1 (Zona de exposições)

88.1

Calculado por: Hélder Pereira

Calculado em: 30/03/2023

Localização: Portugal

Tipo de vidro



Vidro
 PLANICLEAR (8mm)
 PVB STANDARD (0.38mm)
 PLANICLEAR (8mm)

Dados de desempenho simulados

 Factores Luminosos	CIE (15-2004)
Transmissão Luminosa (TL)	87%
Reflexão Exterior (RLe)	8%
Reflexão Interior (RLi)	8%
 Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
Transmissão (TE)	71%
Reflexão Exterior (Ree)	7%
Reflexão Interior (Rei)	7%
Absorção A1 (Ae1)	22%
 Factores Solares	EN410 (2011-04)
Factor Solar (g)	0.77
Coefficiente de Sombreamento (SC)	0.88
 Transmissão Térmica (Ug)	EN673-2011
Ug	5.3 W/(m ² .K)
Ângulo em relação à vertical	0°
 Acústica	EN 12758
<i>Valores acústicos simulados</i>	
Rw	39 (-1; -3) dB
STC (ASTM E413)	39
OITC (ASTM E1332)	35
 Renderização de Cor	CIE (15-2004)
Transmissão (Ra)	97
Reflexão (Ra)	97
 Classe de segurança	EN 12600
Resistência ao impacto do pêndulo	2B2
 Anti-Intrusão	EN 356
Resistência à intrusão	NPD
 Dimensões	
Espessura Nominal	16.38 mm
Massa	40.403 kg/m ²
 Sustentabilidade	
Pegada de carbono	
<i>O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)</i>	
Potencial de Aquecimento Global (GWP) - A1-A3 (kg, CO ₂ equivalente/m ²) Média europeia	47



Calumen calcula as características espectrofotométricas e a transmissão térmica do vidro utilizando algoritmos de cálculo que cumprem as seguintes normas: as normas europeias EN 410 e EN 673, a norma Internacional ISO9050, a norma Japonesa JIS R 3106/3107 e a norma coreana KS L 2514/2525. A saída funcional e as regras de cálculo do Calumen para as normas EN 410 e EN 673 foram validadas pela TÜV Rheinland (relatório 11923R-11-33705). Os desempenhos técnicos obtidos de acordo com a norma NFRC-2010 são fornecidos apenas para a título informativo. Todos os valores certificados devem ser obtidos com software certificado NFRC.

Os índices de atenuação acústica são medidos em condições de laboratório de acordo com as normas EN ISO 10140 e EN 12758. A reprodutibilidade do índice medido é de +/-1dB (EN 12758). Se não existirem valores valor medidos, o Calumen pode propor um índice calculado. Os índices calculados são fornecidos apenas a título informativo. A precisão do índice Rw é de +/-2dB. NB: as medições in situ podem diferir de acordo com as dimensões do vidro, ambiente, desempenho da estrutura, tipo de instalação, fonte de ruído, etc.

A resistência ao impacto do pêndulo é medida de acordo com EN 12600 e a resistência à intrusão é medida de acordo com EN 356.

Os valores fornecidos por Calumen III (EN 410, EN 673, ISO9050, JIS R 3106/3107, KS L 2514/2525, EN 356, EN 12600, NFRC-2010) são fornecidas para fins informativos e estão sujeitas a alterações. Eles não devem ser usados para garantir o desempenho do produto. Apenas os valores que constam das declarações de desempenho disponíveis no site de marcação CE da Saint-Gobain Glass são oficiais. O UTILIZADOR deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, nomeadamente em termos de espessura e cor. Além disso, o UTILIZADOR é responsável por verificar se as combinações de vidro atendem aos requisitos regulamentares e legais, nacionais ou locais.

Figura A.9 – Ficha técnica do vidro do vão envidraçado tipo 1 [41].

EV2 / 6 - 8 (16 AIR) 44.1 (Geral Arquitetura)

8 (16 AIR) 44.1

Calculado por: **Hélder Pereira**

Calculado em: **29/03/2023**

Localização: **Portugal**

Tipo de vidro



Dados de desempenho simulados

	Factores Luminosos	CIE (15-2004)
	Transmissão Luminosa (TL)	80%
	Reflexão Exterior (RLe)	15%
	Reflexão Interior (RLi)	15%
	Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
	Transmissão (TE)	66%
	Reflexão Exterior (Ree)	13%
	Reflexão Interior (Rei)	12%
	Absorção A1 (Ae1)	10%
	Absorção A2 (Ae2)	11%
	Factores Solares	EN410 (2011-04)
	Factor Solar (g)	0.74
	Coefficiente de Sombreamento (SC)	0.86
	Transmissão Térmica (Ug)	EN673-2011
	Ug	2.7 W/(m2.K)
	Ângulo em relação à vertical	0°
	Acústica	EN 12758
	Valores acústicos simulados	
	Rw	37 (-2; -6) dB
	STC (ASTM E413)	37
	OITIC (ASTM E1332)	29
	Renderização de Cor	CIE (15-2004)
	Transmissão (Ra)	97
	Reflexão (Ra)	97
	Classe de segurança	EN 12600
	Resistência ao impacto do pêndulo	NPD/2B2
	Anti-Intrusão	EN 356
	Resistência à intrusão	NPD
	Dimensões	
	Espessura Nominal	32.38 mm
	Massa	40.403 kg/m²
	Sustentabilidade	
	Pegada de carbono	
	<i>O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)</i>	
	Potencial de Aquecimento Global (GWP) - A1-A3	61
	(kg, CO ₂ equivalente/m²) Média europeia	



Calumen calcula as características espectrofotométricas e a transmissão térmica do vidro utilizando algoritmos de cálculo que cumprem as seguintes normas: as normas europeias EN 410 e EN 673, a norma internacional ISO9050, a norma japonesa JIS R 3106/3107 e a norma coreana KS L 2514/2525. A saída funcional e as regras de cálculo do Calumen para as normas EN 410 e EN 673 foram validadas pela TÜV Rheinland (relatório 11923R-11-33705). Os desempenhos técnicos obtidos de acordo com a norma NFRC-2010 são fornecidos apenas para a título informativo. Todos os valores certificados devem ser obtidos com software certificado NFRC.

Os índices de atenuação acústica são medidos em condições de laboratório de acordo com as normas EN ISO 10140 e EN 12758. A reprodutibilidade do índice medido é de +/-1dB [EN 12758]. Se não existirem valores valor medidos, o Calumen pode propor um índice calculado. Os índices calculados são fornecidos apenas a título informativo. A precisão do índice Rw é de +/-2dB. NB: as medições in situ podem diferir de acordo com as dimensões do vidro, ambiente, desempenho da estrutura, tipo de instalação, fonte de ruído, etc.

A resistência ao impacto do pêndulo é medida de acordo com EN 12600 e a resistência à intrusão é medida de acordo com EN 356.

Os valores fornecidos por Calumen III (EN 410, EN 673, ISO9050, JIS R 3106/3107, KS L 2514/2525, EN 356, EN 12600, NFRC-2010) são fornecidas para fins informativos e estão sujeitas a alterações. Eles não devem ser usados para garantir o desempenho do produto. Apenas os valores que constam das declarações de desempenho disponíveis no site de marcação CE da Saint-Gobain Glass são oficiais. O UTILIZADOR deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, nomeadamente em termos de espessura e cor. Além disso, o UTILIZADOR é responsável por verificar se as combinações de vidro atendem aos requisitos regulamentares e legais, nacionais ou locais.

Figura A.10 – Ficha técnica do vidro dos vãos envidraçados tipos 2 a 6 [41].

Anexo 8. FICHA TÉCNICA DA CAIXILHARIA



a marca do alumínio



n15 200
Sistema de fachada

FICHA TÉCNICA DE PRODUTO

O sistema n15 200 é utilizado em revestimentos de edifícios permitindo transparência e aproveitamento de luminosidade natural. Pelas suas características estéticas, vista e eficiência energética o sistema n15 200 pode ser utilizado tanto em construções de substituição, reconstrução ou ainda integrar novos projectos. Permite a integração de painéis fotovoltaicos para produção de energia eléctrica. Perfis montantes e travessa com vista de 50mm. Várias profundidades em função da inércia necessária e tipo de obra. Possibilidade de enchimento até 50mm, com rutura térmica com isolador em poliamida 6.6. Ventilação e equilíbrio de pressão por diferença de planos, na direcção dos montantes. Este sistema está em conformidade com a legislação europeia e cumpre com as normas da marcação CE. As soluções de fachadas são compatíveis com os restantes sistemas de caixilharia navarra®

montante / travessa: 50mm
vidro: até 35mm
acabamentos: anodizados, lacados e efeito madeira

dimensões e pesos máximos
condicionantes dependentes da tipologia e respetivos acessórios.

ensaios: sistema desenvolvido em conformidade com a norma EN 13830:2015, a qual define as exigências da Marcação CE orientadas para o produto final, sendo uma garantia do cumprimento dos requisitos básicos exigidos pelo Regulamento dos Produtos de Construção (Regulamento (UE) n.º 305/2011).





FACHADA CORTINA COM RUTURA TÉRMICA

Este sistema caracteriza-se pela aplicação de vidros fixos através de perfis de alumínio com vedações em EPDM. As capas exteriores são clipadas e apresenta uma vista de 50 milímetros. A fachada de cortina possibilita a execução de soluções de coberturas e de tipo VIP.



FACHADA TRAMA HORIZONTAL E VERTICAL

O sistema de fachada de trama Horizontal ou de Trama Vertical distingue-se pela aplicação de perfis pelo exterior apenas numa direcção, que fazem a prisão mecânica dos vidros.



FACHADA VIP

O sistema de fachada VIP caracteriza-se pelo vidro interior preso mecanicamente à estrutura da fachada. Este sistema distingue-se pela vista exterior totalmente em vidro e permite aberturas projetantes.

Fachada Cortina

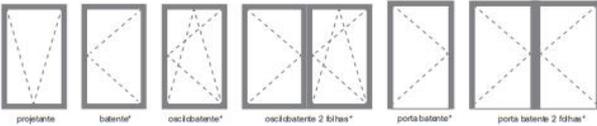
	permeabilidade ao ar: classe A4 (EN 12152 EN 12153)
	estanquidade à água: classe RE₇₀ (EN 12154 EN 12155)
	permeabilidade ao ar da janela: classe 3 (EN 1026 EN 12207)
	resistência à ação do vento: Apto (2000 Pa) (Carga de Segurança: 3000 Pa) (EN 12179 EN 13116)

Dimensão da fachada ensaiada: 2,75 x 6,25 (m)
Relatório de ensaio nº 228132
Ensaio realizado em org. notificado nº1668

Fachada VIP

	permeabilidade ao ar: classe A4 (EN 12152 EN 12153)
	estanquidade à água: classe R7 (EN 12154 EN 12155)
	permeabilidade ao ar da janela: classe 4 (EN 1026 EN 12207)
	resistência à ação do vento: Apto (1500 Pa) (Carga de Segurança: 2250 Pa) (EN 12179 EN 13116)

Dimensão da fachada ensaiada: 2,70 x 6,10 (m)
Relatório de ensaio nº FCC 010/19
Ensaio realizado em org. notificado nº2211



*Apesar com incorporação de outro sistema.

A Navarra - Extrusão de Alumínio, S.A. reserva-se no direito de proceder sem aviso prévio a alterações em todo ou parte do conteúdo apresentado. Para atualizações, consulte www.navarraaluminio.com

Ficha técnica n15 200
revisão 2. 202009/18 PG 02.2500

pág. 1/2

Figura A.11 – Ficha técnica da caixilharia dos vãos envidraçados [42].

Anexo 9. VERIFICAÇÃO DO REQUISITO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA MÁXIMO

Tabela A.27 – Verificação do requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo para cada tipo de vão envidraçado.

Tipo de Vão	U_g [W/(m ² .°C)]	U_f [W/(m ² .°C)]	A_W [m ²]	A_g [m ²]	A_f [m ²]	l_g [m]	ψ_g [W/(m.°C)]	U_w [W/(m ² .°C)]	$U_{w,máx}$ [W/(m ² .°C)]	Regulamentar?
EV1	5,30	3,50	6,20	5,90	0,30	9,72	0	5,214	3,30	Não
EV2	2,70							2,864		
EV3			9,38	7,93	1,45	26,02	3,045			
EV4			3,08	2,85	0,22	7,22	2,945			
EV5			5,00	4,56	0,44	8,60	2,908			
EV6			3,00	2,67	0,33	7,64	2,992			

Anexo 10. VERIFICAÇÃO DO REQUISITO DO FATOR SOLAR MÁXIMO

Tabela A.28 – Verificação do requisito do fator solar máximo.

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m ²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV1	VE1	6,20	NE	0,77	-	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,77	0,56	Não	0,739
EV1	VE2	6,20	NE	0,77	-	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,77	0,56	Não	0,739
EV1	VE3	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE4	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE5	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE6	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE7	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE8	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE9	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE10	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE11	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV1	VE12	6,20	NO	0,77	-	0,77	0,82	1,00	1,00	0,82	0,63	NA	NA	0,739
EV2	VE13	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	1,00	1,00	0,82	0,37	NA	NA	0,534
EV2	VE14	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	1,00	1,00	0,82	0,37	NA	NA	0,534
EV2	VE15	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	1,00	1,00	0,82	0,37	NA	NA	0,534
EV3	VE16	9,38	SO	0,74	-	0,74	1,00	0,93	1,00	0,93	0,69	0,56	Não	0,705
EV2	VE17	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	1,00	0,85	1,00	0,85	0,39	NA	NA	0,534
EV2	VE18	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	1,00	0,77	1,00	0,77	0,35	NA	NA	0,534

Tabela A.28 – Verificação do requisito do fator solar máximo (continuação).

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m ²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV2	VE19	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	1,00	0,69	1,00	0,69	0,31	NA	NA	0,534
EV4	VE20	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE21	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE22	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE23	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE24	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE25	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE26	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE27	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE28	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE29	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE30	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE31	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE32	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE33	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE34	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE35	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE36	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE37	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE38	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE39	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534

Tabela A.28 – Verificação do requisito do fator solar máximo (continuação).

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m ²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV4	VE40	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE41	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE42	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE43	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE44	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE45	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV2	VE46	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	1,00	0,85	1,00	0,85	0,39	NA	NA	0,534
EV2	VE47	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	1,00	0,77	1,00	0,77	0,35	NA	NA	0,534
EV2	VE48	6,20	NO	0,74	0,46	0,45	1,00	0,69	1,00	0,69	0,31	NA	NA	0,534
EV4	VE49	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE50	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE51	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE52	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE53	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE54	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE55	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE56	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE57	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE58	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE59	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE60	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534

Tabela A.28 – Verificação do requisito do fator solar máximo (continuação).

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV4	VE61	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE62	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534
EV4	VE63	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,94	0,69	1,00	0,65	0,29	NA	NA	0,534
EV4	VE64	3,08	NO	0,74	0,46	0,45	0,82	0,69	1,00	0,57	0,26	NA	NA	0,534

Anexo 11. CAUDAIS MÍNIMOS E DE PROJETO DE AR NOVO

Tabela A.29 – Caudais mínimos e de projeto de ar novo.

Ref. ^a	Descrição	Área [m ²]	Ocupação [pessoas]	Caudais unitários		Caudais totais		Caudal mínimo	Caudal projeto [m ³ /h]
				Critério ocupação [m ³ /(h. ocupante)]	Critério edifício [m ³ /(h. m ²)]	Critério ocupação [m ³ /h]	Critério edifício [m ³ /h]	Q_{ANF} [m ³ /h]	
1.02	Refeitório	48,51	24	24	3	576	145,53	720,00	720
1.03	Balneário masculino	26,24	0	-	-	-	-	NA	250
1.04	Espaço Técnico	5,18	0	-	-	-	-	NA	0
1.05	Logística	17,86	2	24	3	48	53,58	66,98	100
1.06	Chefe de secção	17,89	3	24	3	72	53,67	90,00	120
1.07	Circulação interna	21,52	0	-	-	-	-	NA	340
1.08	Balneário feminino	12,61	0	-	-	-	-	NA	90
1.09	I.S Masculino	4,95	0	-	-	-	-	NA	0
1.10	I.S Feminino	3,08	0	-	-	-	-	NA	0
1.11	I.S Acessíveis	3,52	0	-	-	-	-	NA	0
1.13	Escada	75,80	0	-	-	-	-	NA	0
1.14	Sala de Quadros/Bastidor	6,69	0	-	-	-	-	NA	0
1.15	Receção	13,77	2	24	3	48	41,31	60,00	90
1.16	Átrio	31,71	4	20	3	80	95,13	118,91	180
1.17	Zona de exposição	240,68	10	24	5	240	1203,40	1504,25	1 510

Tabela A.29 – Caudais mínimos e de projeto de ar novo (continuação).

Ref. ^a	Descrição	Área [m ²]	Ocupação [pessoas]	Caudais unitários		Caudais totais		Caudal mínimo	Caudal projeto [m ³ /h]
				Critério ocupação [m ³ /(h. ocupante)]	Critério edifício [m ³ /(h. m ²)]	Critério ocupação [m ³ /h]	Critério edifício [m ³ /h]	Q_{ANF} [m ³ /h]	
2.01	Bastidor	7,79	0	-	-	-	-	NA	0
2.02	Escada serviço	10,60	0	-	-	-	-	NA	0
2.03	Sala de conferências/formação	92,38	46	20	3	920	277,14	1150,00	1 150
2.04	I.S Feminino	5,67	0	-	-	-	-	NA	0
2.05	I.S Acessíveis	3,45	0	-	-	-	-	NA	0
2.06	I.S Masculino	5,66	0	-	-	-	-	NA	0
2.07	Copa	6,46	0	-	-	-	-	NA	0
2.08	Arrumo	2,59	0	-	-	-	-	NA	0
2.10	Zona de convívio	81,95	18	24	3	432	245,85	540,00	540
2.11	Escada	44,26	0	-	-	-	-	NA	0
2.12	Sala de reuniões	39,54	10	20	3	200	118,62	250,00	250
2.13	Compras	26,09	6	24	3	144	78,27	180,00	180
2.14	Gabinete técnico	59,28	10	24	3	240	177,84	300,00	300
2.15	Contabilidade	45,73	6	24	3	144	137,19	180,00	180
2.16	Orçamentação	23,28	2	24	3	48	69,84	87,30	90
2.17	Gestão	23,28	2	24	3	48	69,84	87,30	90
2.18	Escada serviço	12,28	0	-	-	-	-	NA	0

Tabela A.29 – Caudais mínimos e de projeto de ar novo (continuação).

Ref. ^a	Descrição	Área [m ²]	Ocupação [pessoas]	Caudais unitários		Caudais totais		Caudal mínimo	Caudal projeto [m ³ /h]
				Critério ocupação [m ³ /(h. ocupante)]	Critério edifício [m ³ /(h. m ²)]	Critério ocupação [m ³ /h]	Critério edifício [m ³ /h]	Q_{ANF} [m ³ /h]	
2.19	Arquivo	15,04	0	-	-	-	-	NA	0
2.20	Gerência	23,28	3	24	3	72	69,84	90,00	90
2.21	Circulação interna	45,04	0	-	-	-	-	NA	0
2.22	Sala de reuniões privada	25,03	6	20	3	120	75,09	150,00	150
2.23	WC privado	6,94	0	-	-	-	-	NA	0
2.24	Gerência	22,35	3	24	3	72	67,05	90,00	90

Anexo 12. CAUDAIS MÍNIMOS E DE PROJETO DE EXTRAÇÃO

Tabela A.30 – Caudais mínimos e de projeto de extração.

Ref. ^a	Descrição	Área [m ²]	Tipo de funcionamento	n.º urinóis	n.º sanitas	n.º duches	$Q_{ext\,min}$ [m ³ /h]	Caudal extraído [m ³ /h]
1.02	Refeitório	48,51	NA	NA	NA	NA	NA	720
1.03	Balneário masculino	26,24	Pública / Normal	2	4	2	720,00	720
1.04	Espaço Técnico	5,18	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.05	Logística	17,86	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.06	Chefe de secção	17,89	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.07	Circulação interna	21,52	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.08	Balneário feminino	12,61	Pública / Normal	0	1	1	180,00	180
1.09	I.S Masculino	4,95	Pública / Normal	1	1	0	180,00	180
1.10	I.S Feminino	3,08	Privada / Contínuo	0	1	0	45,00	45
1.11	I.S Acessíveis	3,52	Privada / Contínuo	0	1	0	45,00	45
1.13	Escada	75,80	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.14	Sala de Quadros/Bastidor	6,69	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.15	Receção	13,77	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.16	Átrio	31,71	NA	NA	NA	NA	NA	0
1.17	Zona de exposição	240,68	NA	NA	NA	NA	NA	1 510
2.01	Bastidor	7,79	NA	NA	NA	NA	NA	0

Tabela A.30 – Caudais mínimos e de projeto de extração (continuação).

Ref. ^a	Descrição	Área [m ²]	Tipo de funcionamento	n.º urinóis	n.º sanitas	n.º duches	$Q_{ext\,min}$ [m ³ /h]	Caudal extraído [m ³ /h]
2.02	Escada serviço	10,60	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.03	Sala de conferências/formação	92,38	NA	NA	NA	NA	NA	1 150
2.04	I.S Feminino	5,67	Pública / Normal	0	2	0	180,00	180
2.05	I.S Acessíveis	3,45	Privada / Contínuo	0	1	0	45,00	45
2.06	I.S Masculino	5,66	Pública / Normal	1	2	0	270,00	270
2.07	Copa	6,46	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.08	Arrumo	2,59	NA	NA	NA	NA	NA	45
2.10	Zona de convívio	81,95	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.11	Escada	44,26	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.12	Sala de reuniões	39,54	NA	NA	NA	NA	NA	250
2.13	Compras	26,09	NA	NA	NA	NA	NA	180
2.14	Gabinete técnico	59,28	NA	NA	NA	NA	NA	300
2.15	Contabilidade	45,73	NA	NA	NA	NA	NA	180
2.16	Orçamentação	23,28	NA	NA	NA	NA	NA	90
2.17	Gestão	23,28	NA	NA	NA	NA	NA	90
2.18	Escada serviço	12,28	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.19	Arquivo	15,04	NA	NA	NA	NA	NA	170
2.20	Gerência	23,28	NA	NA	NA	NA	NA	90

Tabela A.30 – Caudais mínimos e de projeto de extração (continuação).

Ref.^a	Descrição	Área [m²]	Tipo de funcionamento	n.º urinóis	n.º sanitas	n.º duches	$Q_{ext\,min}$ [m³/h]	Caudal extraído [m³/h]
2.21	Circulação interna	45,04	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.22	Sala de reuniões privada	25,03	NA	NA	NA	NA	NA	0
2.23	WC privado	6,94	Privada / Contínuo	0	1	0	69,40	70
2.24	Gerência	22,35	NA	NA	NA	NA	NA	0

Anexo 13. FICHAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC AUDITORIO - INVERNO"



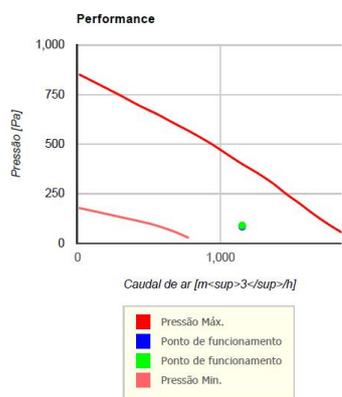
Modelo	DUO-EC SCU 3 Código: 95854
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC AUDITORIO - INVERNO	
Modelo	DUO-EC SCU 3	
Tipo de Pre-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1300 H [mm]: 550 L [mm]: 1460 Peso [kg]: 150 Ø condutas [mm]: 315 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V]	230
	Frequência [Hz]	50
	Fases:	1
	Corrente absorvida [A]	5.70
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2712						
	Potência [W] 341						
	SFP [kW/(m³/s)] 1.07						
	Corrente [A]: 1.77						
Nível sonoro [Lw]							
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
68.30	75.80	66.30	65.40	62.50	56.60	58.80	71.6
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 2534						
	Potência [W] 298						
	SFP [kW/(m³/s)] 0.93						
	Corrente [A]: 1.64						
Nível sonoro [Lw]							
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
68.30	75.80	66.30	65.40	62.50	56.60	58.80	71.6
DADOS DE ENTRADA							
Ar novo [m³/h]	1150	m³/h					
Temp. ar novo	2	°C					
Humidade ar novo	87	%					
Extração de ar [m³/h]	1150	m³/h					
Temperatura do ar na extração	20	°C					
Humidade do ar na extração	50	%					
Dados calculados							
Caudal de insuflação m³/h	1150.00	m³/h					
Pressão do ar na insuflação [Pa]	84.00	Pa					
Temp. Insuflação de ar	17.10	°C					
Humidade do ar na insuflação	31.40	%					
Expulsão de ar [m³/h]	1150.00	m³/h					
Pressão de ar na expulsão [Pa]	90.00	Pa					
Temperatura do ar na expulsão	7.60	°C					
Humidade do ar na expulsão	95.50	%					

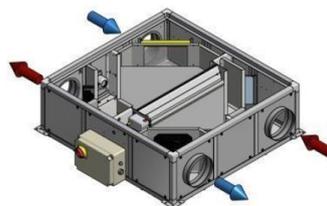
DUO-EC SCU 3

Eficiência térmica 84.1%



Q 1150 m³/h
 P.es. 90 Pa
 T 7.6 °C
 H.R. 95.5 %

Q 1150 m³/h
 T 2 °C
 H.R. 87 %



Q 1150 m³/h
 T 20 °C
 H.R. 50 %

Q 1150 m³/h
 P.es. 84 Pa
 T 17.1 °C
 H.R. 31.4 %

Figura A.12 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do auditório, durante o funcionamento no inverno.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC AUDITORIO - VERAO"



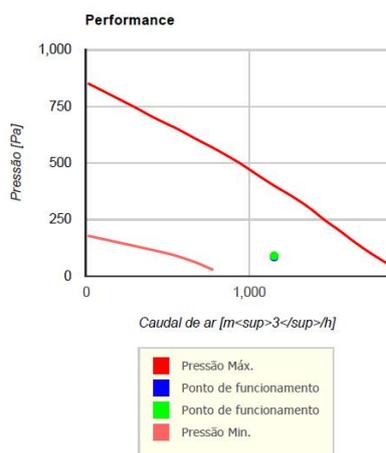
Modelo	DUO-EC SCU 3 Código: 95854
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC AUDITORIO - VERAO	
Modelo	DUO-EC SCU 3	
Tipo de Pre-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1300 H [mm]: 550 L [mm]: 1460 Peso [kg]: 150 Ø condutas [mm]: 315 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V] 230 Frequência [Hz] 50 Fases: 1 Corrente absorvida [A] 5.70	
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2712 Potência [W] 341 SFP [kW/(m ³ /s)] 1.07 Corrente [A]: 1.77																								
Nível sonoro [Lw]																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>68.30</td> <td>75.80</td> <td>66.30</td> <td>65.40</td> <td>62.50</td> <td>56.60</td> <td>58.80</td> <td>71.6</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	68.30	75.80	66.30	65.40	62.50	56.60	58.80	71.6									
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
68.30	75.80	66.30	65.40	62.50	56.60	58.80	71.6																		
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 2534 Potência [W] 298 SFP [kW/(m ³ /s)] 0.93 Corrente [A]: 1.64																								
Nível sonoro [Lw]																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>68.30</td> <td>75.80</td> <td>66.30</td> <td>65.40</td> <td>62.50</td> <td>56.60</td> <td>58.80</td> <td>71.6</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	68.30	75.80	66.30	65.40	62.50	56.60	58.80	71.6									
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
68.30	75.80	66.30	65.40	62.50	56.60	58.80	71.6																		
DADOS DE ENTRADA																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ar novo [m³/h]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1150</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <th>Temp. ar novo</th> <th></th> </tr> <tr> <td>33</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <th>Humidade ar novo</th> <th></th> </tr> <tr> <td>78</td> <td>%</td> </tr> <tr> <th>Extração de ar [m³/h]</th> <th></th> </tr> <tr> <td>1150</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <th>Temperatura do ar na extração</th> <th></th> </tr> <tr> <td>25</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <th>Humidade do ar na extração</th> <th></th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Ar novo [m ³ /h]		1150	m ³ /h	Temp. ar novo		33	°C	Humidade ar novo		78	%	Extração de ar [m ³ /h]		1150	m ³ /h	Temperatura do ar na extração		25	°C	Humidade do ar na extração		50	%	
Ar novo [m ³ /h]																									
1150	m ³ /h																								
Temp. ar novo																									
33	°C																								
Humidade ar novo																									
78	%																								
Extração de ar [m ³ /h]																									
1150	m ³ /h																								
Temperatura do ar na extração																									
25	°C																								
Humidade do ar na extração																									
50	%																								
Dados calculados																									
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Caudal de insuflação m³/h</td> <td>1150.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão do ar na insuflação [Pa]</td> <td>84.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temp. Insuflação de ar</td> <td>28.20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na insuflação</td> <td>99.80</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Expulsão de ar [m³/h]</td> <td>1150.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão de ar na expulsão [Pa]</td> <td>90.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na expulsão</td> <td>31.60</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na expulsão</td> <td>34.10</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de insuflação m ³ /h	1150.00	m ³ /h	Pressão do ar na insuflação [Pa]	84.00	Pa	Temp. Insuflação de ar	28.20	°C	Humidade do ar na insuflação	99.80	%	Expulsão de ar [m ³ /h]	1150.00	m ³ /h	Pressão de ar na expulsão [Pa]	90.00	Pa	Temperatura do ar na expulsão	31.60	°C	Humidade do ar na expulsão	34.10	%	
Caudal de insuflação m ³ /h	1150.00	m ³ /h																							
Pressão do ar na insuflação [Pa]	84.00	Pa																							
Temp. Insuflação de ar	28.20	°C																							
Humidade do ar na insuflação	99.80	%																							
Expulsão de ar [m ³ /h]	1150.00	m ³ /h																							
Pressão de ar na expulsão [Pa]	90.00	Pa																							
Temperatura do ar na expulsão	31.60	°C																							
Humidade do ar na expulsão	34.10	%																							

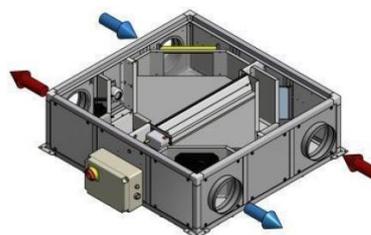
DUO-EC SCU 3

Eficiência térmica 59,8%



Q 1150 m³/h
P.es. 90 Pa
T 31.6 °C
H.R. 34.1 %

Q 1150 m³/h
T 33 °C
b>H. 78 %



Q 1150 m³/h
T 25 °C
H.R. 50 %

Q 1150 m³/h
P.es. 84 Pa
T 28.2 °C
H.R. 99.8 %

Figura A.13 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do auditório, durante o funcionamento no verão.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC Geral - INVERNO"



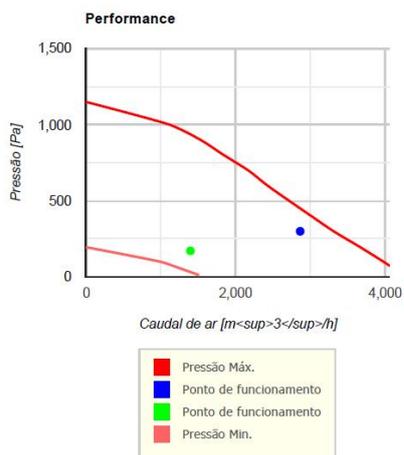
Modelo	DUO-EC SCU 5 Código: 95868
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC Geral - INVERNO	
Modelo	DUO-EC SCU 5	
Tipo de Pre-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1980 H [mm]: 640 L [mm]: 2300 Peso [kg]: 296 Ø condutas [mm]: 400 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V] 230 Frequência [Hz] 50 Fases: 1 Corrente absorvida [A] 11.40	
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2644 Potência [W] 1024 SFP [kW/(m³/s)] 1.29 Corrente [A]: 4.47																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>77.19</td> <td>86.20</td> <td>79.36</td> <td>79.24</td> <td>74.35</td> <td>73.08</td> <td>77.34</td> <td>84.6</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	77.19	86.20	79.36	79.24	74.35	73.08	77.34	84.6								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
77.19	86.20	79.36	79.24	74.35	73.08	77.34	84.6																		
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 1553 Potência [W] 261 SFP [kW/(m³/s)] 0.67 Corrente [A]: 1.23																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>67.78</td> <td>72.20</td> <td>64.15</td> <td>64.76</td> <td>59.15</td> <td>57.40</td> <td>57.36</td> <td>69.5</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	67.78	72.20	64.15	64.76	59.15	57.40	57.36	69.5								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
67.78	72.20	64.15	64.76	59.15	57.40	57.36	69.5																		
DADOS DE ENTRADA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ar novo [m³/h]</th> <th>2860</th> <th>m³/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp. ar novo</td> <td>2</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade ar novo</td> <td>87</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Extração de ar [m³/h]</td> <td>1395</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na extração</td> <td>20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na extração</td> <td>50</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Ar novo [m³/h]	2860	m³/h	Temp. ar novo	2	°C	Humidade ar novo	87	%	Extração de ar [m³/h]	1395	m³/h	Temperatura do ar na extração	20	°C	Humidade do ar na extração	50	%						
Ar novo [m³/h]	2860	m³/h																							
Temp. ar novo	2	°C																							
Humidade ar novo	87	%																							
Extração de ar [m³/h]	1395	m³/h																							
Temperatura do ar na extração	20	°C																							
Humidade do ar na extração	50	%																							
Dados calculados	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Caudal de insuflação m³/h</td> <td>2860.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão do ar na insuflação [Pa]</td> <td>299.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temp. Insuflação de ar</td> <td>11.40</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na insuflação</td> <td>45.40</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Expulsão de ar [m³/h]</td> <td>1395.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão de ar na expulsão [Pa]</td> <td>170.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na expulsão</td> <td>5.50</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na expulsão</td> <td>95.80</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de insuflação m³/h	2860.00	m³/h	Pressão do ar na insuflação [Pa]	299.00	Pa	Temp. Insuflação de ar	11.40	°C	Humidade do ar na insuflação	45.40	%	Expulsão de ar [m³/h]	1395.00	m³/h	Pressão de ar na expulsão [Pa]	170.00	Pa	Temperatura do ar na expulsão	5.50	°C	Humidade do ar na expulsão	95.80	%
Caudal de insuflação m³/h	2860.00	m³/h																							
Pressão do ar na insuflação [Pa]	299.00	Pa																							
Temp. Insuflação de ar	11.40	°C																							
Humidade do ar na insuflação	45.40	%																							
Expulsão de ar [m³/h]	1395.00	m³/h																							
Pressão de ar na expulsão [Pa]	170.00	Pa																							
Temperatura do ar na expulsão	5.50	°C																							
Humidade do ar na expulsão	95.80	%																							

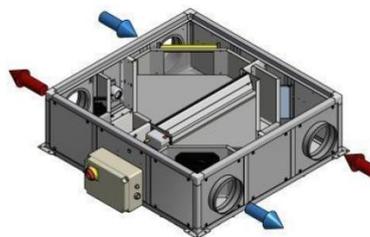
DUO-EC SCU 5

Eficiência térmica 52.4%



Q	2860	m³/h
T	2	°C
h>H	87	%

Q	1395	m³/h
P.es.	170	Pa
T	5.5	°C
H.R.	95.8	%



Q	1395	m³/h
T	20	°C
H.R.	50	%

Q	2860	m³/h
P.es.	299	Pa
T	11.4	°C
H.R.	45.4	%

Figura A.14 – Ficha técnica da UTAN de ventilação geral, durante o funcionamento no inverno.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC Geral - VERAO"



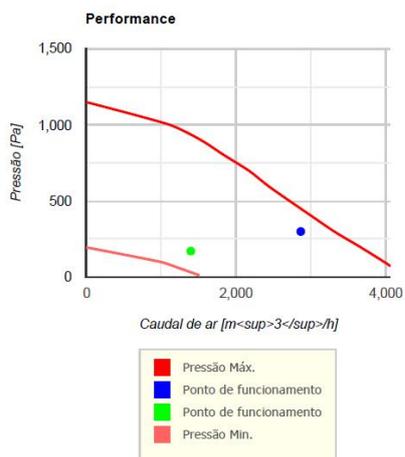
Modelo	DUO-EC SCU 5 Código: 95868
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC Geral - VERAO
Modelo	DUO-EC SCU 5
Tipo de Pre-Riscaldamento	--
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
Dimensões	<p> W [mm]: 1980 H [mm]: 640 L [mm]: 2300 Peso [kg]: 296 Ø condutas [mm]: 400 </p>
Dados elétricos	Tensão [V] 230 Frequência [Hz] 50 Fases: 1 Corrente absorvida [A] 11.40
Ventilador de ar novo/extração	

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2644 Potência [W] 1024 SFP [kW/(m³/s)] 1.29 Corrente [A]: 4.47																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>77.19</td> <td>86.20</td> <td>79.36</td> <td>79.24</td> <td>74.35</td> <td>73.08</td> <td>77.34</td> <td>84.6</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	77.19	86.20	79.36	79.24	74.35	73.08	77.34	84.6								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
77.19	86.20	79.36	79.24	74.35	73.08	77.34	84.6																		
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 1553 Potência [W] 261 SFP [kW/(m³/s)] 0.67 Corrente [A]: 1.23																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>67.78</td> <td>72.20</td> <td>64.15</td> <td>64.76</td> <td>59.15</td> <td>57.40</td> <td>57.36</td> <td>69.5</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	67.78	72.20	64.15	64.76	59.15	57.40	57.36	69.5								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
67.78	72.20	64.15	64.76	59.15	57.40	57.36	69.5																		
DADOS DE ENTRADA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ar novo [m³/h]</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2860</td> <td>m³/h</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temp. ar novo</td> <td>33</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade ar novo</td> <td>78</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Extração de ar [m³/h]</td> <td>1395</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na extração</td> <td>25</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na extração</td> <td>50</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Ar novo [m³/h]			2860	m³/h		Temp. ar novo	33	°C	Humidade ar novo	78	%	Extração de ar [m³/h]	1395	m³/h	Temperatura do ar na extração	25	°C	Humidade do ar na extração	50	%			
Ar novo [m³/h]																									
2860	m³/h																								
Temp. ar novo	33	°C																							
Humidade ar novo	78	%																							
Extração de ar [m³/h]	1395	m³/h																							
Temperatura do ar na extração	25	°C																							
Humidade do ar na extração	50	%																							
Dados calculados	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Caudal de insuflação m³/h</td> <td>2860.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão do ar na insuflação [Pa]</td> <td>299.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temp. Insuflação de ar</td> <td>29.20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na insuflação</td> <td>96.80</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Expulsão de ar [m³/h]</td> <td>1395.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão de ar na expulsão [Pa]</td> <td>170.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na expulsão</td> <td>32.70</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na expulsão</td> <td>32.00</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de insuflação m³/h	2860.00	m³/h	Pressão do ar na insuflação [Pa]	299.00	Pa	Temp. Insuflação de ar	29.20	°C	Humidade do ar na insuflação	96.80	%	Expulsão de ar [m³/h]	1395.00	m³/h	Pressão de ar na expulsão [Pa]	170.00	Pa	Temperatura do ar na expulsão	32.70	°C	Humidade do ar na expulsão	32.00	%
Caudal de insuflação m³/h	2860.00	m³/h																							
Pressão do ar na insuflação [Pa]	299.00	Pa																							
Temp. Insuflação de ar	29.20	°C																							
Humidade do ar na insuflação	96.80	%																							
Expulsão de ar [m³/h]	1395.00	m³/h																							
Pressão de ar na expulsão [Pa]	170.00	Pa																							
Temperatura do ar na expulsão	32.70	°C																							
Humidade do ar na expulsão	32.00	%																							

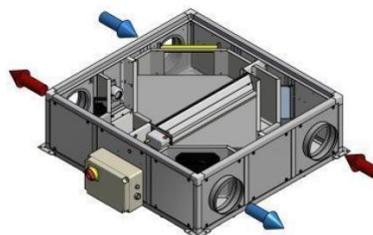
DUO-EC SCU 5

Eficiência térmica 47.5%



Q 1395 m³/h
P.es. 170 Pa
T 32.7 °C
H.R. 32 %

Q 2860 m³/h
T 33 °C
b>H. 78 %



Q 1395 m³/h
T 25 °C
H.R. 50 %

Q 2860 m³/h
P.es. 299 Pa
T 29.2 °C
H.R. 96.8 %

Figura A.15 – Ficha técnica da UTAN de ventilação geral, durante o funcionamento no verão.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC REFEITORIO - INVERNO"



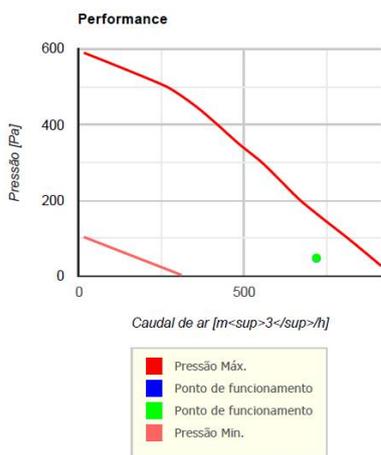
Modelo	DUO-EC SCU 2 Código: 95847
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC REFEITORIO - INVERNO	
Modelo	DUO-EC SCU 2	
Tipo de Pré-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1150 H [mm]: 430 L [mm]: 1200 Peso [kg]: 91 Ø condutas [mm]: 250 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V] 230 Frequência [Hz] 50 Fases: 1 Corrente absorvida [A] 2,90	
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de novo	RPM: 2342 Potência [W] 100 SFP [kW/(m³/s)] 0.50 Corrente [A]: 0.71																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>63.73</td> <td>72.89</td> <td>66.06</td> <td>59.69</td> <td>60.55</td> <td>54.08</td> <td>61.31</td> <td>69.3</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	63.73	72.89	66.06	59.69	60.55	54.08	61.31	69.3								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
63.73	72.89	66.06	59.69	60.55	54.08	61.31	69.3																		
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 2346 Potência [W] 100 SFP [kW/(m³/s)] 0.50 Corrente [A]: 0.72																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>63.75</td> <td>72.90</td> <td>66.08</td> <td>59.72</td> <td>60.58</td> <td>54.12</td> <td>61.36</td> <td>69.3</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	63.75	72.90	66.08	59.72	60.58	54.12	61.36	69.3								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
63.75	72.90	66.08	59.72	60.58	54.12	61.36	69.3																		
DADOS DE ENTRADA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ar novo [m³/h]</th> <td>720</td> <td>m³/h</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp. ar novo</td> <td>2</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade ar novo</td> <td>87</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Extração de ar [m³/h]</td> <td>720</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na extração</td> <td>20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na extração</td> <td>50</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Ar novo [m³/h]	720	m³/h	Temp. ar novo	2	°C	Humidade ar novo	87	%	Extração de ar [m³/h]	720	m³/h	Temperatura do ar na extração	20	°C	Humidade do ar na extração	50	%						
Ar novo [m³/h]	720	m³/h																							
Temp. ar novo	2	°C																							
Humidade ar novo	87	%																							
Extração de ar [m³/h]	720	m³/h																							
Temperatura do ar na extração	20	°C																							
Humidade do ar na extração	50	%																							
Dados calculados	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Caudal de insuflação m³/h</td> <td>720.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão do ar na insuflação [Pa]</td> <td>47.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temp. Insuflação de ar</td> <td>16.40</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na insuflação</td> <td>32.80</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Expulsão de ar [m³/h]</td> <td>720.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão de ar na expulsão [Pa]</td> <td>48.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na expulsão</td> <td>8.00</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na expulsão</td> <td>95.50</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de insuflação m³/h	720.00	m³/h	Pressão do ar na insuflação [Pa]	47.00	Pa	Temp. Insuflação de ar	16.40	°C	Humidade do ar na insuflação	32.80	%	Expulsão de ar [m³/h]	720.00	m³/h	Pressão de ar na expulsão [Pa]	48.00	Pa	Temperatura do ar na expulsão	8.00	°C	Humidade do ar na expulsão	95.50	%
Caudal de insuflação m³/h	720.00	m³/h																							
Pressão do ar na insuflação [Pa]	47.00	Pa																							
Temp. Insuflação de ar	16.40	°C																							
Humidade do ar na insuflação	32.80	%																							
Expulsão de ar [m³/h]	720.00	m³/h																							
Pressão de ar na expulsão [Pa]	48.00	Pa																							
Temperatura do ar na expulsão	8.00	°C																							
Humidade do ar na expulsão	95.50	%																							

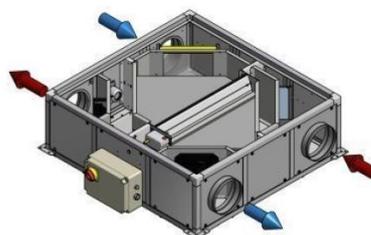
DUO-EC SCU 2

Eficiência térmica 80.2%



Q 720 m³/h
P.es. 48 Pa
T 8 °C
H.R. 95.5 %

Q 720 m³/h
T 2 °C
b>H. 87 %



Q 720 m³/h
T 20 °C
H.R. 50 %

Q 720 m³/h
P.es. 47 Pa
T 16.4 °C
H.R. 32.8 %

Figura A.16 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do refeitório, durante o funcionamento no inverno.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC REFEITORIO - VERA0"



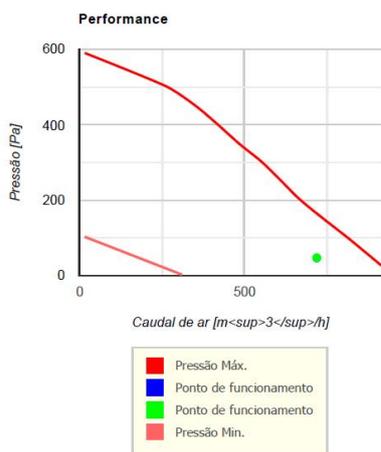
Modelo	DUO-EC SCU 2 Código: 95847
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC REFEITORIO - VERA0	
Modelo	DUO-EC SCU 2	
Tipo di Pre-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1150 H [mm]: 430 L [mm]: 1200 Peso [kg]: 91 Ø condutas [mm]: 250 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V] 230 Frequência [Hz] 50 Fases: 1 Corrente absorvida [A] 2.90	
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2342 Potência [W] 100 SFP [kW/(m³/s)] 0.50 Corrente [A]: 0.71																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>63.73</td> <td>72.89</td> <td>66.06</td> <td>59.69</td> <td>60.55</td> <td>54.08</td> <td>61.31</td> <td>69.3</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	63.73	72.89	66.06	59.69	60.55	54.08	61.31	69.3								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
63.73	72.89	66.06	59.69	60.55	54.08	61.31	69.3																		
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 2346 Potência [W] 100 SFP [kW/(m³/s)] 0.50 Corrente [A]: 0.72																								
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>63.75</td> <td>72.90</td> <td>66.08</td> <td>59.72</td> <td>60.58</td> <td>54.12</td> <td>61.36</td> <td>69.3</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	63.75	72.90	66.08	59.72	60.58	54.12	61.36	69.3								
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)																		
63.75	72.90	66.08	59.72	60.58	54.12	61.36	69.3																		
DADOS DE ENTRADA	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Ar novo [m³/h]</th> <th>720</th> <th>m³/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Temp. ar novo</td> <td>33</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Humidade ar novo</td> <td>78</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Extração de ar [m³/h]</td> <td>720</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Temperatura do ar na extração</td> <td>25</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Humidade do ar na extração</td> <td>50</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Ar novo [m³/h]		720	m³/h	Temp. ar novo		33	°C	Humidade ar novo		78	%	Extração de ar [m³/h]		720	m³/h	Temperatura do ar na extração		25	°C	Humidade do ar na extração		50	%
Ar novo [m³/h]		720	m³/h																						
Temp. ar novo		33	°C																						
Humidade ar novo		78	%																						
Extração de ar [m³/h]		720	m³/h																						
Temperatura do ar na extração		25	°C																						
Humidade do ar na extração		50	%																						
Dados calculados	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Caudal de insuflação m³/h</td> <td>720.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão do ar na insuflação [Pa]</td> <td>47.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temp. Insuflação de ar</td> <td>28.20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na insuflação</td> <td>100.00</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Expulsão de ar [m³/h]</td> <td>720.00</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão de ar na expulsão [Pa]</td> <td>48.00</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na expulsão</td> <td>31.30</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na expulsão</td> <td>34.60</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de insuflação m³/h	720.00	m³/h	Pressão do ar na insuflação [Pa]	47.00	Pa	Temp. Insuflação de ar	28.20	°C	Humidade do ar na insuflação	100.00	%	Expulsão de ar [m³/h]	720.00	m³/h	Pressão de ar na expulsão [Pa]	48.00	Pa	Temperatura do ar na expulsão	31.30	°C	Humidade do ar na expulsão	34.60	%
Caudal de insuflação m³/h	720.00	m³/h																							
Pressão do ar na insuflação [Pa]	47.00	Pa																							
Temp. Insuflação de ar	28.20	°C																							
Humidade do ar na insuflação	100.00	%																							
Expulsão de ar [m³/h]	720.00	m³/h																							
Pressão de ar na expulsão [Pa]	48.00	Pa																							
Temperatura do ar na expulsão	31.30	°C																							
Humidade do ar na expulsão	34.60	%																							

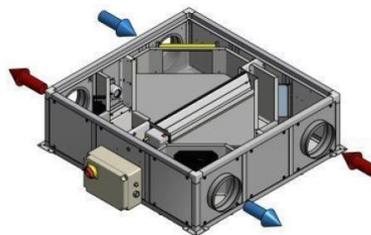
DUO-EC SCU 2

Eficiência térmica 59.6%



Q	720	m³/h
T	33	°C
h>H	78	%

Q	720 m³/h
P.es.	48 Pa
T	31.3 °C
H.R.	34.6 %



Q	720	m³/h
T	25	°C
H.R.	50	%

Q	720 m³/h
P.es.	47 Pa
T	28.2 °C
H.R.	100 %

Figura A.17 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do refeitório, durante o funcionamento no verão.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC SHOWROOM - INVERNO"



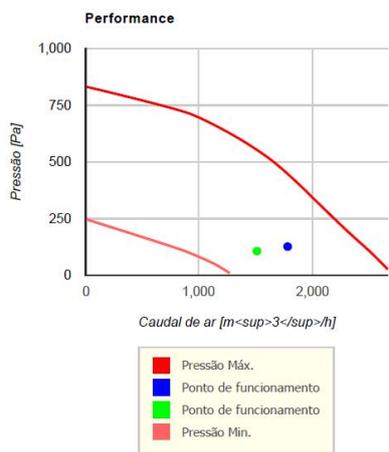
Modelo	DUO-EC SCU 4 Código: 95861
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC SHOWROOM - INVERNO	
Modelo	DUO-EC SCU 4	
Tipo di Pre-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1500 H [mm]: 640 L [mm]: 2300 Peso [kg]: 273 Ø condutas [mm]: 400 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V] 230 Frequência [Hz] 50 Fases: 1 Corrente absorvida [A] 6.30	
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2109 Potência [W] 328 SFP [kW/(m³/s)] 0.66 Corrente [A]: 1.48																
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>73.77</td> <td>89.20</td> <td>75.82</td> <td>75.92</td> <td>70.52</td> <td>66.53</td> <td>72.02</td> <td>83.1</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	73.77	89.20	75.82	75.92	70.52	66.53	72.02	83.1
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)										
73.77	89.20	75.82	75.92	70.52	66.53	72.02	83.1										
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 1820 Potência [W] 226 SFP [kW/(m³/s)] 0.54 Corrente [A]: 1.07																
Nível sonoro [Lw]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1k</th> <th>2k</th> <th>4k</th> <th>8k</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>73.46</td> <td>86.46</td> <td>72.18</td> <td>72.21</td> <td>67.23</td> <td>63.52</td> <td>66.52</td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table>	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	73.46	86.46	72.18	72.21	67.23	63.52	66.52	80
125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)										
73.46	86.46	72.18	72.21	67.23	63.52	66.52	80										
DADOS DE ENTRADA	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Ar novo [m³/h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ar novo [m³/h]</td> <td>1780 m³/h</td> </tr> <tr> <td>Temp. ar novo</td> <td>2 °C</td> </tr> <tr> <td>Humidade ar novo</td> <td>87 %</td> </tr> <tr> <td>Extração de ar [m³/h]</td> <td>1510 m³/h</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na extração</td> <td>20 °C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na extração</td> <td>50 %</td> </tr> </tbody> </table>	Ar novo [m³/h]		Ar novo [m³/h]	1780 m³/h	Temp. ar novo	2 °C	Humidade ar novo	87 %	Extração de ar [m³/h]	1510 m³/h	Temperatura do ar na extração	20 °C	Humidade do ar na extração	50 %		
Ar novo [m³/h]																	
Ar novo [m³/h]	1780 m³/h																
Temp. ar novo	2 °C																
Humidade ar novo	87 %																
Extração de ar [m³/h]	1510 m³/h																
Temperatura do ar na extração	20 °C																
Humidade do ar na extração	50 %																
Dados calculados	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Caudal de insuflação m³/h</td> <td>1780.00 m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão do ar na insuflação [Pa]</td> <td>127.00 Pa</td> </tr> <tr> <td>Temp. Insuflação de ar</td> <td>15.70 °C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na insuflação</td> <td>34.40 %</td> </tr> <tr> <td>Expulsão de ar [m³/h]</td> <td>1510.00 m³/h</td> </tr> <tr> <td>Pressão de ar na expulsão [Pa]</td> <td>107.00 Pa</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do ar na expulsão</td> <td>7.10 °C</td> </tr> <tr> <td>Humidade do ar na expulsão</td> <td>95.60 %</td> </tr> </tbody> </table>	Caudal de insuflação m³/h	1780.00 m³/h	Pressão do ar na insuflação [Pa]	127.00 Pa	Temp. Insuflação de ar	15.70 °C	Humidade do ar na insuflação	34.40 %	Expulsão de ar [m³/h]	1510.00 m³/h	Pressão de ar na expulsão [Pa]	107.00 Pa	Temperatura do ar na expulsão	7.10 °C	Humidade do ar na expulsão	95.60 %
Caudal de insuflação m³/h	1780.00 m³/h																
Pressão do ar na insuflação [Pa]	127.00 Pa																
Temp. Insuflação de ar	15.70 °C																
Humidade do ar na insuflação	34.40 %																
Expulsão de ar [m³/h]	1510.00 m³/h																
Pressão de ar na expulsão [Pa]	107.00 Pa																
Temperatura do ar na expulsão	7.10 °C																
Humidade do ar na expulsão	95.60 %																

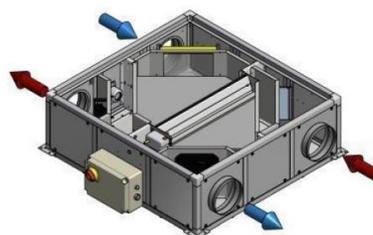
DUO-EC SCU 4

Eficiência térmica 76.1%



Q 1510 m³/h
P.es. 107 Pa
T 7.1 °C
H.R. 95.6 %

Q 1780 m³/h
T 2 °C
φ>H 87 %



Q 1510 m³/h
T 20 °C
H.R. 50 %

Q 1780 m³/h
P.es. 127 Pa
T 15.7 °C
H.R. 34.4 %

Figura A.18 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do showroom, durante o funcionamento no inverno.

RESUMO DA CONFIGURAÇÃO "MCRAVEIRO - REC SHOWROOM - VERA0"



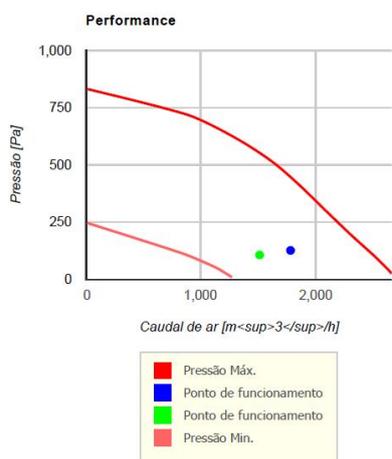
Modelo	DUO-EC SCU 4 Código: 95861
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)
ENVOLVENTE	painéis duplo pele
BY-PASS	
Configuração	Horizontal
CONFIGURAÇÃO	Volume de ar variável (VAV)
Controlo microprocessador	EVO TC

Nome da configuração	MCRAVEIRO - REC SHOWROOM - VERA0	
Modelo	DUO-EC SCU 4	
Tipo di Pre-Riscaldamento	--	
TIPO DE PÓS-AQUECIM./ARREFECIM.	--	
FILTRO DE AR NOVO	Filtro F7 (EN 779)	
Filtro de ar na extração	Filtro M5 (EN 779)	
Dimensões	<p> W [mm]: 1500 H [mm]: 640 L [mm]: 2300 Peso [kg]: 273 Ø condutas [mm]: 400 </p>	
Dados elétricos	Tensão [V]	230
	Frequência [Hz]	50
	Fases:	1
	Corrente absorvida [A]	6.30
Ventilador de ar novo/extração		

Dados do ventilador de ar novo	RPM: 2109 Potência [W] 328 SFP [kW/(m³/s)] 0.66 Corrente [A]: 1.48							
Nível sonoro [Lw]								
	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
	73.77	89.20	75.82	75.92	70.52	66.53	72.02	83.1
Dados do ventilador de extração de ar	RPM: 1820 Potência [W] 226 SFP [kW/(m³/s)] 0.54 Corrente [A]: 1.07							
Nível sonoro [Lw]								
	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
	73.46	86.46	72.18	72.21	67.23	63.52	66.52	80
DADOS DE ENTRADA								
Ar novo [m³/h]		1780	m³/h					
Temp. ar novo		33	°C					
Humidade ar novo		78	%					
Extração de ar [m³/h]		1510	m³/h					
Temperatura do ar na extração		25	°C					
Humidade do ar na extração		50	%					
Dados calculados								
Caudal de insuflação m³/h		1780.00	m³/h					
Pressão do ar na insuflação [Pa]		127.00	Pa					
Temp. Insuflação de ar		28.40	°C					
Humidade do ar na insuflação		99.90	%					
Expulsão de ar [m³/h]		1510.00	m³/h					
Pressão de ar na expulsão [Pa]		107.00	Pa					
Temperatura do ar na expulsão		31.70	°C					
Humidade do ar na expulsão		33.90	%					

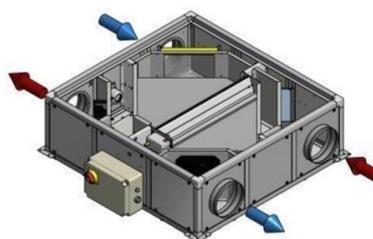
DUO-EC SCU 4

Eficiência térmica 57.49



Q 1510 m³/h
P.es. 107 Pa
T 31.7 °C
H.R. 33.9 %

Q 1780 m³/h
T 33 °C
b>H. 78 %



Q 1510 m³/h
T 25 °C
H.R. 50 %

Q 1780 m³/h
P.es. 127 Pa
T 28.4 °C
H.R. 99.9 %

Figura A.19 – Ficha técnica da UTAN de ventilação do showroom, durante o funcionamento no verão.



MUB 025 315EC Multibox

Article number: #235423

gan_article_operating_mode: 230V 1~ 50/60Hz - Straight air flow



Efficient fans for supply or exhaust ventilation systems

- Acoustic and thermal insulation 30 mm
- Flexible airflow direction due to removable panels
- Indoor and outdoor installation
- Modular system of accessories
- Available with AC and EC motors for 50 and 60Hz

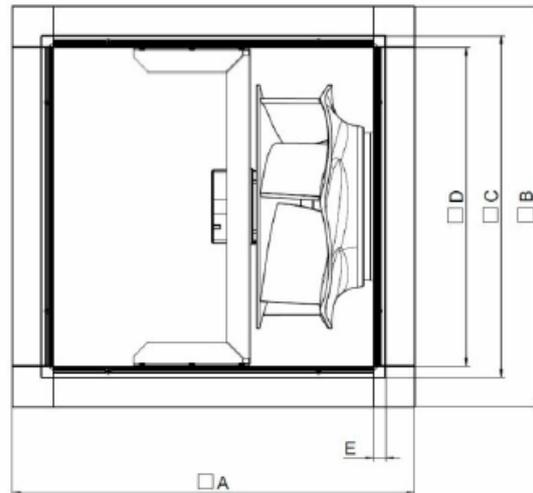
[Find more details in our online catalogue](#)

Technical parameters

Nominal data	
Voltage (nominal)	230 V
Frequency	50; 60 Hz
Phases	1~
Input power	170 W
Input current	1.38 A
Impeller speed	1,724 rpm
Air flow	max 2,340 m³/h
Temperature of transported air	max 60 °C
Max temperature of transported air, when speed controlled	60 °C
Protection/Classification	
Enclosure class, motor	IP54
Insulation class	B
Data according to ErP	
ErP ready	ErP 2018; ErP 2016
Dimensions and weights	
Weight	30.5 kg
Others	
Motor type	EC

Dimension

MUB 025	øA	øB	øC	øD	E
315/365	520	520	420	378	21



Wiring

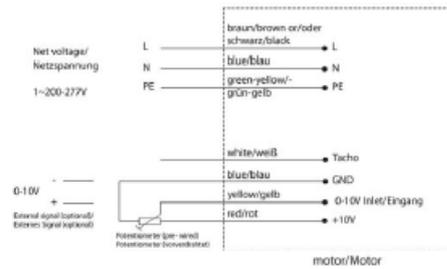
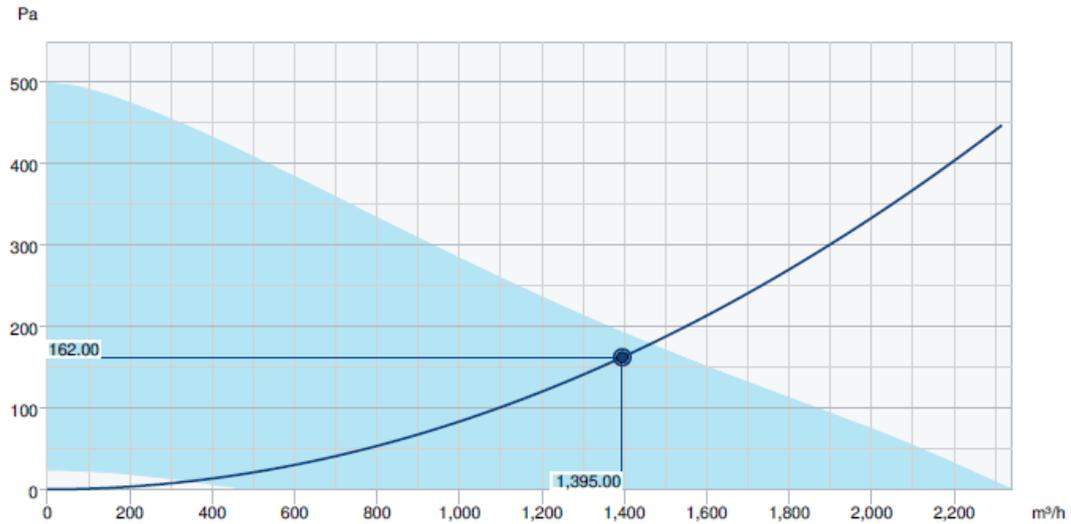


Figura A.20 – Ficha técnica do ventilador das I.S./Balneários.

Performance curve



Hydraulic data										
Required air flow	1,395 m³/h									
Required static pressure	162 Pa									
Working air flow	1,395 m³/h									
Working static pressure	162 Pa									
Air density	1.204 kg/m³									
Power	147.7 W									
Fan control - RPM	1,483 rpm									
Current	1.23 A									
SFP	381.28 W/m³/s									
Control voltage	9.2 V									
Supply voltage	230 V									
Sound power level		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Total
Inlet	dB(A)	34	49	54	61	65	64	58	47	69
Outlet	dB(A)	35	50	55	62	66	65	59	49	70
Surrounding	dB(A)	13	29	28	30	35	36	26	12	40
Sound pressure level at 3m (20m² Sabine)	dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	33
Sound pressure level at 3m free field	dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	19

Figura A.20 – Ficha técnica do ventilador das I.S./Balneários (continuação).



K 150 EC sileo

Article number: #88595

gan_article_operating_mode: 230V 1~ 50/60Hz

High Quality radial fan for circular ducts

- Available with AC and EC motors
- Indoor and outdoor installation
- Reliable and airtight
- Mounting bracket included
- Noise and energy optimized impeller

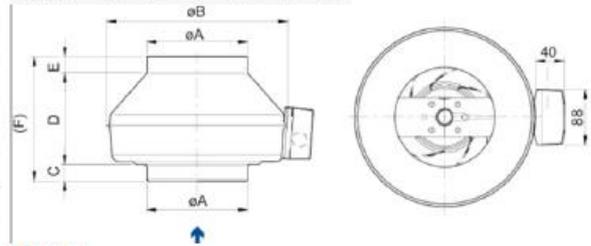
[Find more details in our online catalogue](#)

Technical parameters

Nominal data	
Voltage (nominal)	230 V
Frequency	50; 60 Hz
Phases	1~
Input power	84 W
Input current	0.686 A
Impeller speed	3,235 rpm
Air flow	max 598 m³/h
Temperature of transported air	max 55 °C
Max temperature of transported air, when speed controlled	55 °C
Sound data	
Sound pressure level at 3m (20m² Sabin)	47 dB(A)
Protection/Classification	
Enclosure class, motor	IP54
Insulation class	B
Data according to ErP	
ErP ready	ErP 2018
Dimensions and weights	
Duct dimension; Circular, inlet	150 mm
Duct dimension; Circular, outlet	150 mm
Weight	3.3 kg
Others	
Motor type	EC

Dimension

	øA	øB	C	D	E	(F)
K 100 EC	99	246	26	161	26	213
K 125 EC	124	246	26	151	26	203
K 150 EC	149	286	25	152	25	202
K 160 EC	159	286	25	147	26	198
K 200 EC	199	336	30	148	27	205
K 250 EC	249	336	30,5	144,5	27	202
K 315 M EC	314	408	32,5	160,5	27	220
K 315 L EC	314	408	37,5	160,5	27	225



Wiring

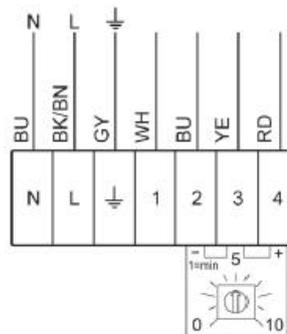
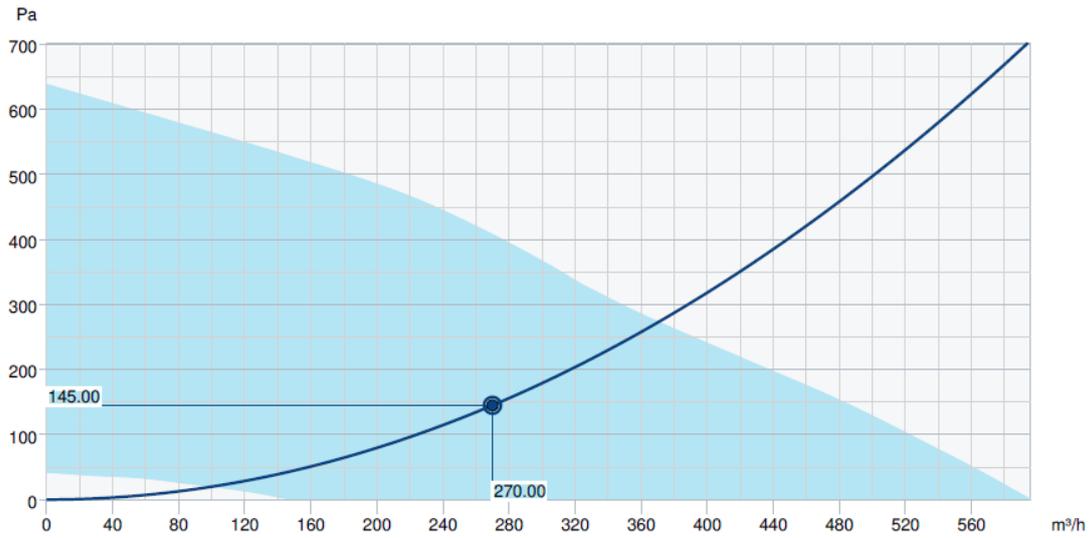


Figura A.21 – Ficha técnica do ventilador das I.S. da zona de venda.

Performance curve



Hydraulic data											
Required air flow	270 m³/h										
Required static pressure	145 Pa										
Working air flow	270 m³/h										
Working static pressure	145 Pa										
Air density	1.204 kg/m³										
Power	35.2 W										
Fan control - RPM	2.322 rpm										
Current	0.32 A										
SFP	469.52 W/m³/s										
Control voltage	5.9 V										
Supply voltage	230 V										
Sound power level	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Total		
Inlet	dB(A)		47	55	62	60	58	56	54	41	66
Outlet	dB(A)		48	54	56	57	55	56	54	40	63
Surrounding	dB(A)		16	14	29	41	41	39	37	22	46
Sound pressure level at 3m (20m² Sabine)	dB(A)		-	-	-	-	-	-	-	-	39
Sound pressure level at 3m free field	dB(A)		-	-	-	-	-	-	-	-	25

Figura A.21 – Ficha técnica do ventilador das I.S. da zona de venda (continuação).



K 100 EC sileo

Article number: #16955

gan_article_operating_mode: 230V 1~ 50/60Hz

High Quality radial fan for circular ducts

- Available with AC and EC motors
- Indoor and outdoor installation
- Reliable and airtight
- Mounting bracket included
- Noise and energy optimized impeller

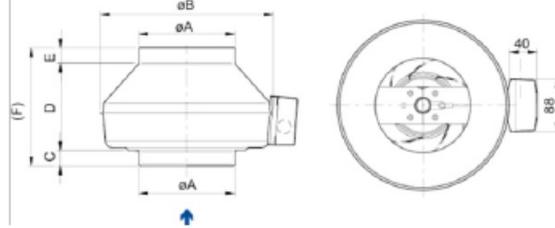
[Find more details in our online catalogue](#)

Technical parameters

Nominal data	
Voltage (nominal)	230 V
Frequency	50; 60 Hz
Phases	1~
Input power	83 W
Input current	0.69 A
Impeller speed	3,479 rpm
Air flow	max 321 m³/h
Temperature of transported air	max 60 °C
Max temperature of transported air, when speed controlled	60 °C
Sound data	
Sound pressure level at 3m (20m² Sabin)	50 dB(A)
Protection/Classification	
Enclosure class, motor	IP54
Insulation class	B
Data according to ErP	
Energy class, Basic unit	E
Energy class, Local demand	B
ErP ready	ErP 2016; ErP 2018
Dimensions and weights	
Duct dimension; Circular, inlet	100 mm
Duct dimension; Circular, outlet	100 mm
Weight	2.9 kg
Others	
Duct connection type	Circular
Motor type	EC

Dimension

	aA	aB	C	D	E	(F)
K 100 EC	99	246	26	161	26	213
K 125 EC	124	246	26	151	26	203
K 150 EC	149	286	25	152	25	202
K 180 EC	159	286	25	147	26	196
K 200 EC	199	336	30	148	27	205
K 250 EC	249	336	30,5	144,5	27	202
K 315 M EC	314	408	32,5	160,5	27	220
K 315 L EC	314	408	37,5	160,5	27	225



Wiring

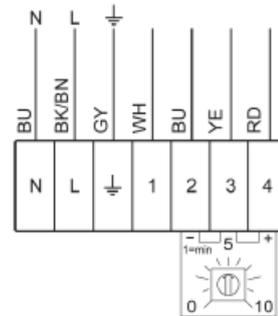
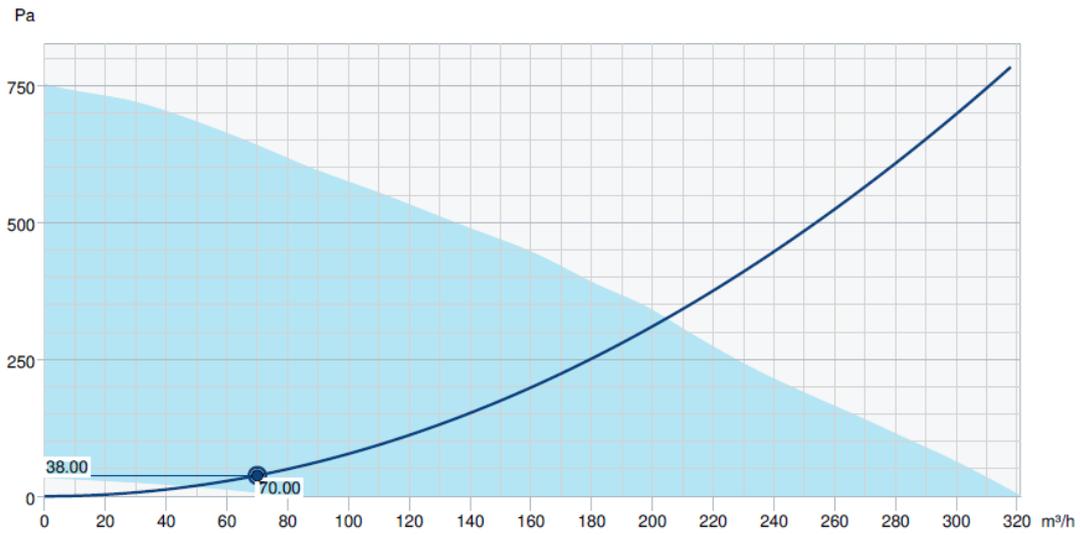


Figura A.22 – Ficha técnica do ventilador do WC privado.

Performance curve



Hydraulic data										
Required air flow	70 m³/h									
Required static pressure	38 Pa									
Working air flow	70 m³/h									
Working static pressure	38 Pa									
Air density	1.204 kg/m³									
Power	6.8 W									
Fan control - RPM	1,107 rpm									
Current	0.04 A									
SFP	349.49 W/m³/s									
Control voltage	2.9 V									
Supply voltage	230 V									
Sound power level		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Total
Inlet	dB(A)	46	50	46	44	42	33	21	20	53
Outlet	dB(A)	48	52	43	39	40	32	22	20	54
Surrounding	dB(A)	<10	<10	<10	19	23	17	<10	<10	25
Sound pressure level at 3m (20m² Sabine)	dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	18
Sound pressure level at 3m free field	dB(A)	-	-	-	-	-	-	-	-	<10

Figura A.22 – Ficha técnica do ventilador do WC privado (continuação).

Anexo 14. DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO

Tabela A.31 – Densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço.

Ref. ^a	Descrição	$DPI_{100\text{ lx,máx}}$ [$(W/m^2)/100\text{ lx}$]	$\bar{E}_{m\text{ req}}$ [Lx]	Tabela Manual SCE	DPI_{inst} [W/m^2]
1.02	Refeitório	2,30	200	Tabela 120	4,60
1.03	Balneário masculino	2,30	200	Tabela 120	4,60
1.04	Espaço Técnico	2,10	200	Tabela 121	4,20
1.05	Logística	1,50	500	Tabela 144	7,50
1.06	Chefe de secção	1,50	500	Tabela 144	7,50
1.07	Circulação interna	2,30	100	Tabela 119	2,30
1.08	Balneário feminino	2,30	200	Tabela 120	4,60
1.09	I.S Masculino	2,30	200	Tabela 120	4,60
1.10	I.S Feminino	2,30	200	Tabela 120	4,60
1.11	I.S Acessíveis	2,30	200	Tabela 120	4,60
1.12	Elevador	2,10	100	Tabela 119	2,10
1.13	Escada	2,30	100	Tabela 119	2,30
1.14	Sala de Quadros/Bastidor	2,10	200	Tabela 121	4,20
1.15	Receção	2,30	300	Tabela 144	6,90
1.16	Átrio	2,30	100	Tabela 120	2,30
1.17	Zona de exposição	1,50	300	Tabela 145	4,50
2.01	Bastidor	2,10	200	Tabela 121	4,20
2.02	Escada serviço	2,30	100	Tabela 119	2,30
2.03	Sala de conferências/formação	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.04	I.S Feminino	2,30	200	Tabela 120	4,60
2.05	I.S Acessíveis	2,30	200	Tabela 120	4,60
2.06	I.S Masculino	2,30	200	Tabela 120	4,60
2.07	Copa	2,30	200	Tabela 120	4,60
2.08	Arrumo	2,10	100	Tabela 122	2,10
2.10	Zona de convívio	2,30	100	Tabela 120	2,30
2.11	Escada	2,30	100	Tabela 119	2,30
2.12	Sala de reuniões	1,50	500	Tabela 144	7,50

Tabela A.31 – Densidade de potência de iluminação instalada em cada espaço (continuação).

Ref.^a	Descrição	$DPI_{100\text{ lx,máx}}$ $[(W/m^2)/100\text{ lx}]$	$\bar{E}_{m\text{ req}}$ $[\text{lx}]$	Tabela Manual SCE	DPI_{inst} $[W/m^2]$
2.13	Compras	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.14	Gabinete técnico	1,30	500	Tabela 144	6,50
2.15	Contabilidade	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.16	Orçamentação	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.17	Gestão	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.18	Escada serviço	2,30	100	Tabela 119	2,30
2.19	Arquivo	2,10	200	Tabela 144	4,20
2.20	Gerência	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.21	Circulação interna	2,30	100	Tabela 119	2,30
2.22	Sala de reuniões privada	1,50	500	Tabela 144	7,50
2.23	WC privado	2,30	200	Tabela 120	4,60
2.24	Gerência	1,50	500	Tabela 144	7,50

Anexo 15. FICHA TÉCNICA DO ELEVADOR



Schindler 1000 Simple, confiável e compacto

Com o Schindler 1000 elevar é simples. Fácil de escolher, fácil de planejar, fácil de ter e fácil de utilizar. Seguro, elegante e forte. Projetado para responder à exigências de edifícios residenciais baixos a médios, confortavelmente, silenciosamente, eficientemente e com estilo.

O Schindler 1000 faz parte da nova linha de produtos de plataforma modular da Schindler para edifícios residenciais e comerciais, baixos ou médios, e de requisitos básicos a sofisticados, em todo o mundo.

Características chave

Capacidade	320 - 630 kg
Curso	Até 34 m
Nº de Pisos	Até 12 pisos (Máx)
Velocidade	0,63 – 1,00 m/s
Tração	Tecnologia de funcionamento regenerativo, sem casa das máquinas, com variação de frequência
Nº Ascensores em Grupo	Até 2 cabinas
Entradas	Entrada de um ou dois lados
Interior	2 linha de design de interiores, cores leves para as paredes e ampla gama de acessórios

Ascensor de passageiros elétrico sem casa das máquinas, com tração regulada por variador de frequência. Capacidade de 320 a 630 kg (de 4 a 8 pessoas)

GQ / Pess. kg	VKN m/s	HQ m	ZE Nº Pisos	ZKE Entradas	Cabina			Portas		Caixa					
					BK mm	TK mm	HK mm	Tipo	BT mm	HT mm	BS mm	TS ¹ mm	TS ² mm	HSG mm	HSK mm
320 / 4	0,63 1	20 34	7 12	1 ou 2	900	1.100	2.100	T2	750	2.000	1.400	1.450	1.600	1.100	3.400
400 / 5	1	34	12	1 ou 2	1.000	1.100	2.100	T2	750	2.000	1.400	1.450	1.600	1.100	3.400
450 / 6	0,63 1	20 34	7 12	1 ou 2	1.000	1.250	2.100	T2	800 / 900	2000 / 2100	1.500 / 1.600*	1.600	1.800	1.100	3.400
480 / 6	0,63 1	20 34	7 12	1 ou 2	1.000	1.300	2.100	T2	800 / 900	2000 / 2100	1.500 / 1.600*	1.650	1.850	1.100	3.400
630 / 8	0,63 1	20 34	7 12	1 ou 2	1.100	1.400	2.100	T2	800 / 900	2000 / 2100	1.600	1.750	1.950	1.100	3.400

GQ Capacidade	BK Largura cabina	T2 Porta telescópica, 2 folhas	BS Largura caixa (*com BT=800mm / BT=900 mm)
VKN Velocidade	TK Profundidade cabina	BT Largura porta	TS¹ Profundidade da caixa 1 entrada
HQ Curso máximo	HK Altura cabina	HT Altura porta	TS² Profundidade da caixa 2 entradas
ZE Nº de pisos máximo			HSG Profundidade poço
ZKE Entradas cabina			HSK Altura da parte superior medida a partir do chão do último piso até à parte inferior dos elementos de suspensão colocados na parte superior do poço. Com paraquedas no contrapeso HSKmin. = 70mm

Distância mínima entre pisos (HE):
Min. 2.400 mm para altura de portas de 2.000 mm
Min. 2.500 mm para altura de portas de 2.100 mm

Distância mínima entre pisos (HE) para instalações de 2 pisos:
Min. 2.600 mm para altura de portas de 2.000 mm e 2.100 mm

Distância mínima entre pisos (HE) para entradas opostas:
Min. 300 mm

EC Master Builder Certificate de acordo com a Diretiva Ascensores 2014/33/EU

Figura A.23 – Ficha técnica do elevador [24].

Consumo de energia na fase de funcionamento (B6) e classificação de eficiência energética

O aumento da eficiência energética é fundamental para reduzir o impacto ambiental do elevador e do edifício.

A fase mais longa do ciclo de vida é a de utilização, que é de até 25 anos ou mais, consoante a manutenção e modernização.

O cálculo da eficiência energética e da classificação da Schindler é realizado em conformidade com a ISO 25745-2. A utilização típica esperada de um Schindler 1000 e 3000 é de 75 a 500 deslocações por dia. A classificação e o consumo de energia anual estimado referem-se sempre a uma configuração específica. A utilização, a capacidade de carga, as opções de economia de energia e as condições do local também influenciam a classificação final.

Categoria de utilização	Pressuposto	Consumo de energia anual estimado	Classificação de eficiência energética
UC2	125 viagens por dia	521 kWh	Classe A
UC3	300 viagens por dia	710 kWh	Classe A

De acordo com o elevador representativo, conforme definido para a avaliação do ciclo de vida, ver a página 7.

Figura A.23 – Ficha técnica do elevador (continuação) [24].

Anexo 16. FICHA TÉCNICA DA BOMBA DE CALOR

EKHHE-(P)CV37 / EKHLE-CV3

Daikin Altherma M AQS

Bomba de calor ar-água do tipo monobloco para produção de água quente sanitária (AQS)

- › Versão **Monobloco** de instalação no chão
- › Versões Performance (EKHHE) e Comfort (EKHLE)
- › **Elevada eficiência** COP (A14/W10-55) até 3,9 (EKHHE) e 2,6 (EKHLE)
- › Água quente até 62 °C apenas pela bomba de calor
- › Unidade compacta com 628 mm de diâmetro
- › Amplo regime de funcionamento: Temperatura exterior -7 °C a 43 °C (EKHHE) e 4 °C a 43 °C (EKHLE)
- › Modelos 200 e 260L com serpentina adicional para ligação a sistema solar pressurizado (EKHHE-PCV37)
- › Controlador integrado



Unidade monobloco		EK	Versão Performance				Versão Comfort	
			HHE200CV37	HHE200PCV37	HHE260CV37	HHE260PCV37	HLE200CV3	HLE260CV3
Produção de água quente sanitária - Clima quente	Perfil de carga declarado		L		XL		L	XL
	COP AQS (segundo EN16147) (1)	%	3,89		3,90		2,50	2,60
	η _{wh}	%	162		160		116	127
	Classe de eficiência energética de AQS		A+					
Potência nominal		kW	1,34		1,25		1,60	
Dados Gerais	Dimensões Altura	mm	1607		1892		1607	1892
	Diâmetro	mm	Topo: 621; Fundo: 628					
Peso	Vazio	kg	85	96	97	106	86	98
	Cheio	kg	277	283	347	353	278	348
	Local de Instalação		Interior					
	Classe IP		IP24					
Depósito	Material		Aço esmaltado					
	Proteção catódica		Anodo de Magnésio					
	Volume de água	L	192	187	250	247	192	250
	Perdas permanentes de energia	W	63		71		63	70
	Pressão máxima funcionamento	bar	7					
	Isolamento Poliuretano Espessura	mm	50					
	Temperatura Mín./Máx.	°C	38 / 62 (75 com resistência elétrica)					
Ventilador	Caudal de ar	m³/h	450				350	
	Pressão estática disponível	Pa	117				100	
	Diâmetro das condutas	mm	160					
Fluido refrigerante	Tipo		R134a					
Nível de potência sonora	Nom.	dB(A)	53		51		52	
Tempo de recuperação aprox. (2)	Bomba de calor (modo ECO)	hh:mm	06:27		09:29		07:16	09:44
	Bomba de calor + Resistência (modo POTENTE)	hh:mm	03:16		04:32		03:29	04:36
Volume MAX água misturada a 40°C (Depósito a ≈53°C)		L	247	241	340	335	247	340
Resistência elétrica			Sim, de fábrica					
	Potência	kW	1,5					
Permutador	Solar	Área de permuta	-	0,72	-	0,72	-	-
	Pressurizado	Pressão máxima	-	10	-	10	-	-
Ligações hidráulicas	Solar Pressurizado	Ida/Retorno	-	G 1"	-	G 1"	-	-
	AQS	Rede/AQS	G 1"					
	Recirculação		G 3/4"					
Bomba de calor	Estrutura	Cor	Branco					
		Material	ABS gravado					
Limites de funcionamento	Temp. Exterior	Mín. Máx.	°CBs		-7		4	
			°CBs					
Alimentação elétrica	Fase		43					
	Frequência	Hz	1~					
	Tensão	V	50					
	Consumo Máx.	A	8,5				8,8	
	Proteção elétrica	A	16					

(1) Temp. ar entrada 7 °C BS/6 °C BH (EKHHE), 20 °C BS/15 °C BH (EKHLE), Temp. da envolvente da unidade 20 °C; Aquecimento da água dos 10 °C aos 55 °C (de acordo com a UNI EN 16147-2017).
 (2) Temp. ar entrada 14 °C BS/13 °C BH; Temp. da envolvente da unidade 20 °C; Aquecimento da água dos 10 °C aos 55 °C (de acordo com a UNI EN 16147-2017).

Figura A.24 – Ficha técnica da bomba de calor [26].

Anexo 17. PERFIS DE UTILIZAÇÃO

➤ Zona de escritórios – Perfil de utilização para obtenção das cargas térmicas e dos consumos:

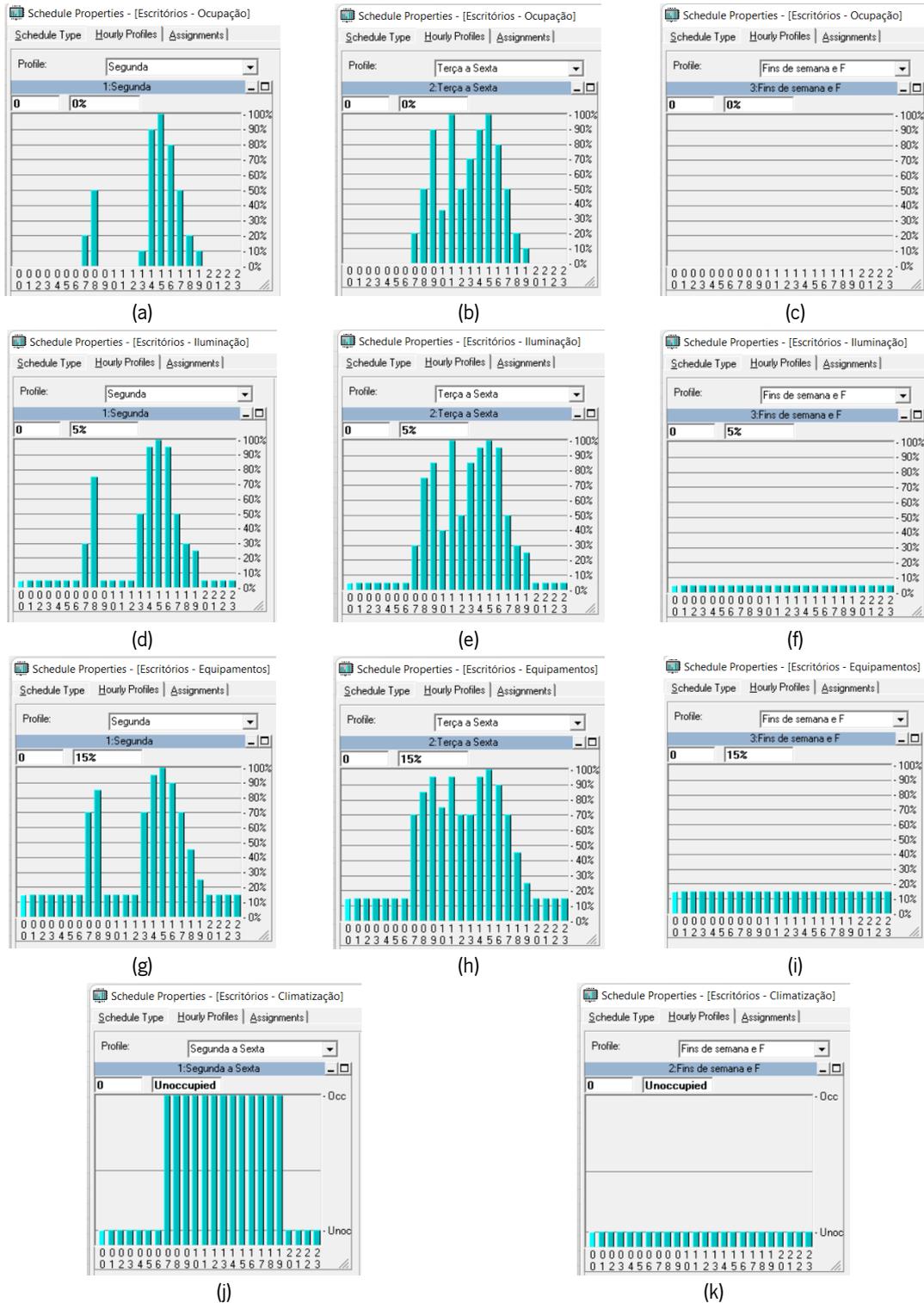


Figura A.25 – Zona de escritórios: Perfil de ocupação de (a) segunda, (b) terça a sexta e (c) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (d) segunda, (e) terça a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (g) segunda, (h) terça a sexta e (i) fins de semana e feriados; Perfil de climatização de (j) segunda a sexta e (k) fins de semana e feriados.

Para a zona de escritórios foram utilizados e adaptados os perfis de utilização de Escritório, estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 79/2006, conforme a Figura A.25. Foi assumido que à segunda-feira de manhã, das 9h às 13h, os trabalhadores dos escritórios têm uma reunião na sala de conferências. Nos restantes dias, realiza-se uma reunião das 10h às 11h nas salas de reuniões e a ocupação passa de 100% para 36% (16 dos 25 trabalhadores nas salas de reuniões). Quanto à climatização, optou-se por um funcionamento contínuo desde as 7h, uma vez que, embora se assuma que à segunda-feira todos os trabalhadores foram para a sala de conferências, poderão haver casos em que isto não se verifica [31].

➤ Salas de reuniões – Perfil de utilização para obtenção das cargas térmicas:

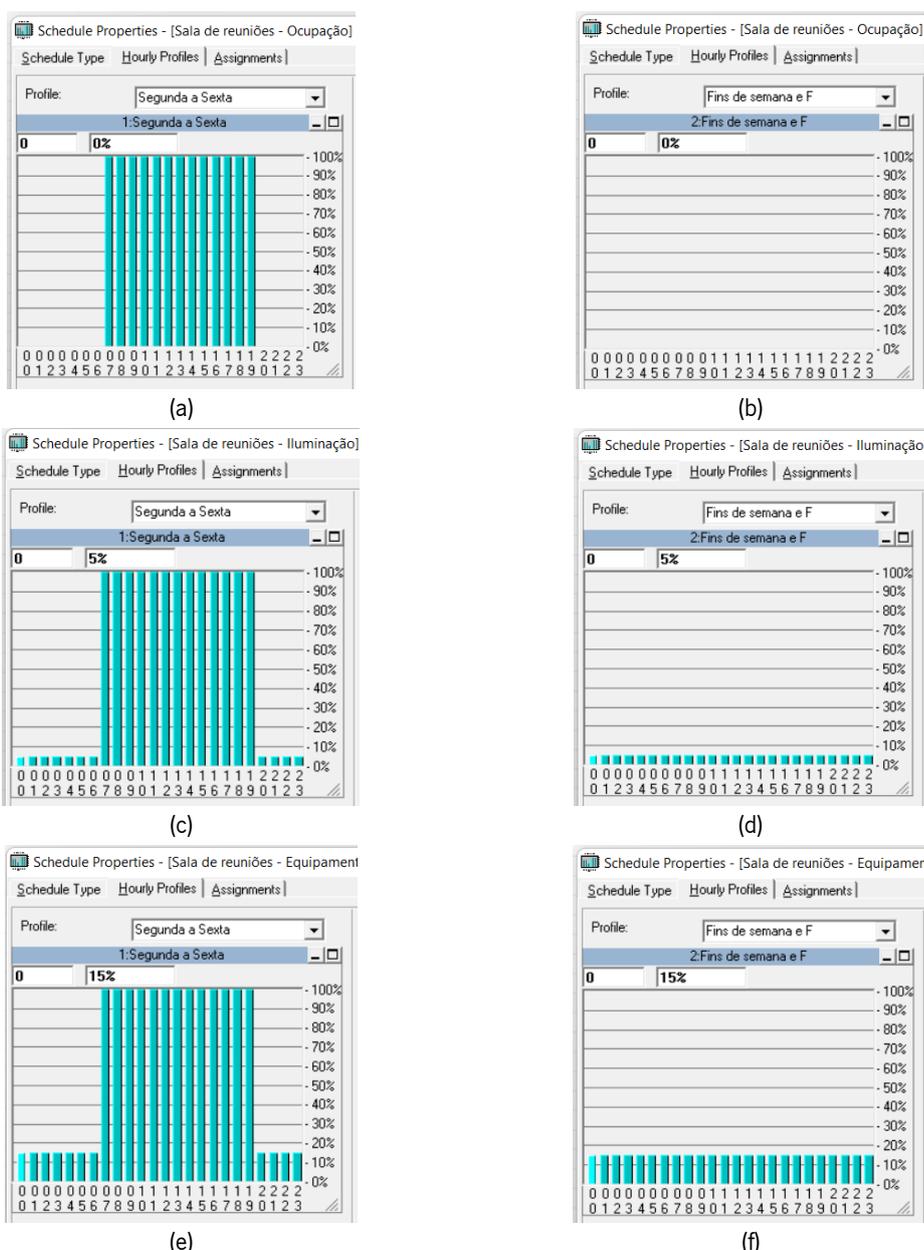


Figura A.26 – Salas de reuniões: Perfil de ocupação de (a) segunda a sexta e (b) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (c) segunda a sexta e (d) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados.

➤ Salas de reuniões – Perfil de utilização para obtenção dos consumos:

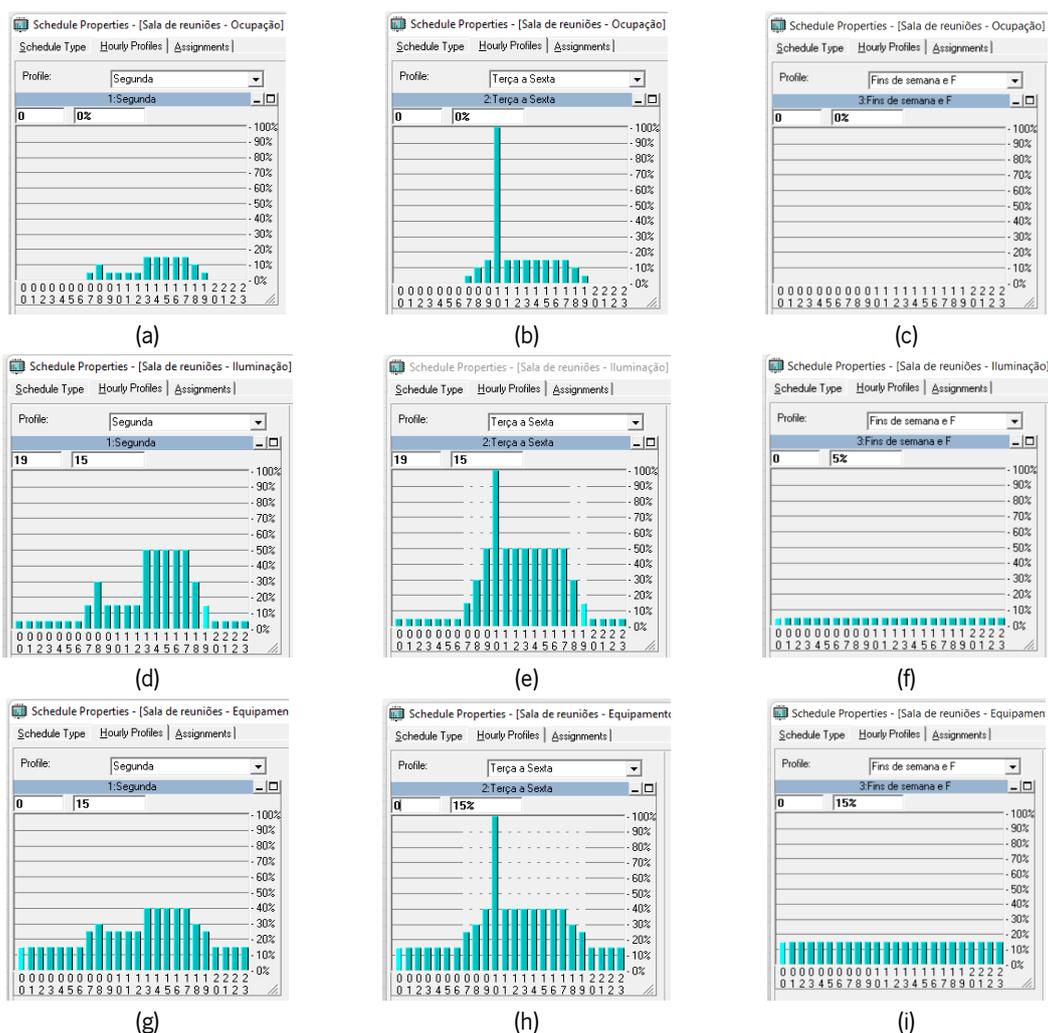


Figura A.27 – Salas de reuniões: Perfil de ocupação de (a) segunda, (b) terça a sexta e (c) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (d) segunda, (e) terça a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (g) segunda, (h) terça a sexta e (i) fins de semana e feriados

Na Figura A.26 podem-se observar os perfis de utilização adotados para a sala de reuniões para obtenção das cargas térmicas. Foi assumida uma ocupação igual a 100% das 7h às 20h porque não se sabe ao certo durante que períodos as salas de reuniões terão maior ou menor taxa de ocupação. Por exemplo, assume-se que existe uma reunião das 10h às 11h nas salas de reuniões, mas esta pode não ocorrer durante esse horário. Além disso, existirão também reuniões com eventuais clientes, cujo horário poderá variar bastante e, por isso, é importante garantir que os equipamentos têm potência suficiente para garantir condições de conforto térmico em qualquer período do dia.

No entanto, uma vez que os funcionários ou estarão nos escritórios ou nas salas de reuniões, para obter os consumos de energia, foram adotados os perfis de utilização conforme a Figura A.27. Nesta figura pode-se observar que existe ocupação máxima das 10h às 11h da manhã (exceto à segunda-feira onde já existe uma reunião geral na sala de conferências), coincidindo com as reuniões diárias. No

restante período assumiu-se uma ocupação residual para eventuais reuniões com clientes. Fora dos horários de ocupação, os perfis de iluminação e dos equipamentos assumem os valores estabelecidos no Decreto-Lei n.º 79/2006 para a tipologia escritórios. Quanto ao horário de climatização, considera-se o mesmo que o da zona de escritórios [31].

- Sala de conferências – Perfil de utilização para obtenção das cargas térmicas:

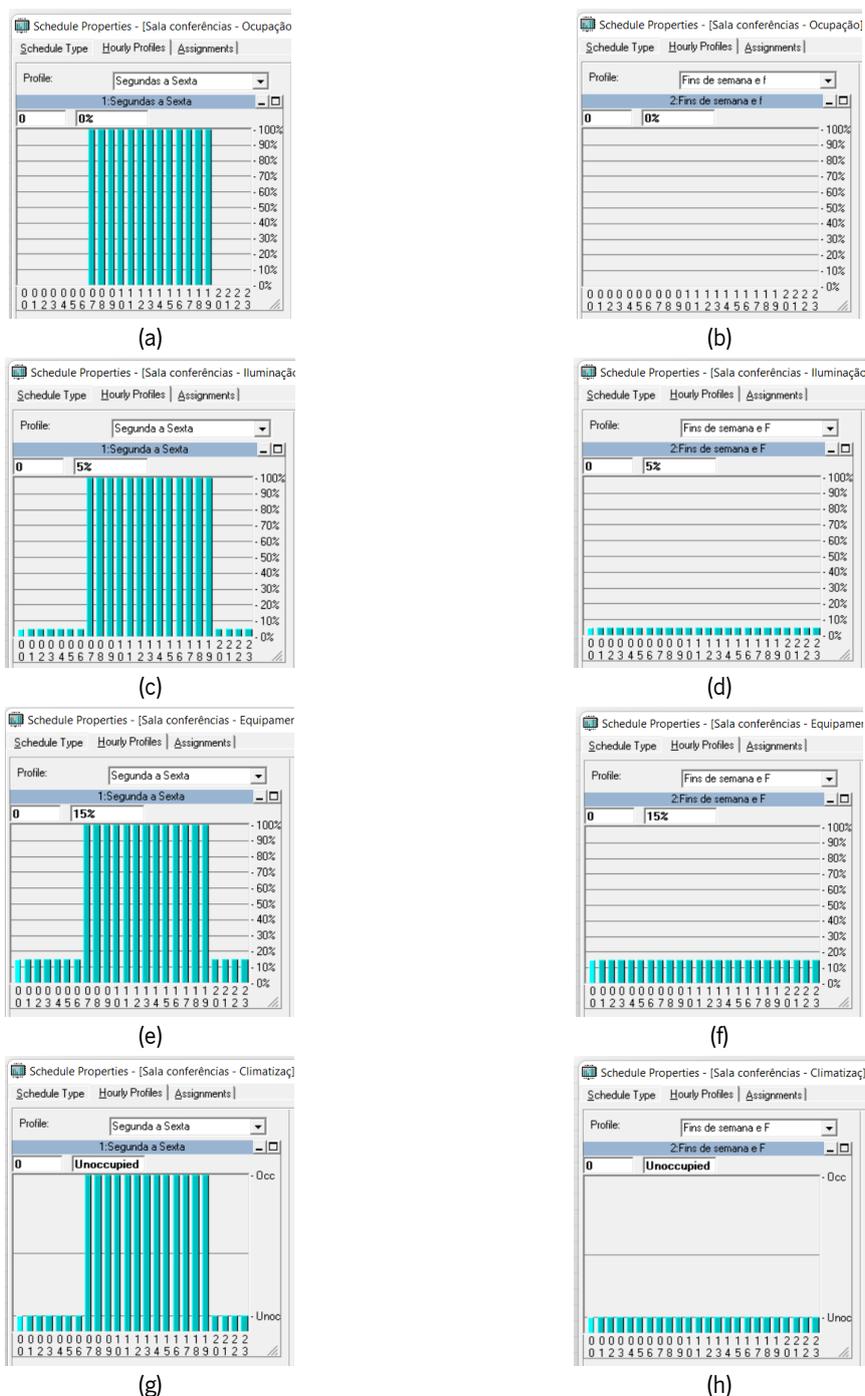


Figura A.28 – Sala de conferências: Perfil de ocupação de (a) segunda a sexta e (b) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (c) segunda a sexta e (d) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de climatização de (g) segunda a sexta e (h) fins de semana e feriados.

➤ Sala de conferências – Perfil de utilização para obtenção dos consumos:



Figura A.29 – Sala de conferências: Perfil de ocupação de (a) segunda e (b) restantes dias da semana; Perfil de iluminação de (c) segunda e (d) restantes dias da semana; Perfil de equipamentos de (e) segunda e (f) restantes dias da semana; Perfil de climatização de (e) segunda e (f) restantes dias da semana.

Os perfis de utilização da sala de conferências adotados para obtenção das cargas térmicas podem ser consultados na Figura A.28. Foi assumida uma ocupação de 100% das 7h às 20h porque, apesar de se considerar que apenas existe uma reunião à segunda-feira de manhã, tal como mencionado anteriormente e como se pode observar na Figura A.29, podem existir dias em que isto não se verifique.

Nesse sentido, é importante garantir que os equipamentos possuem potência suficiente para proporcionar condições de conforto térmico em qualquer momento do dia. Adicionalmente, fora dos horários de ocupação, os perfis de iluminação e dos equipamentos seguem os valores estabelecidos no Decreto-Lei n.º 79/2006 para a tipologia escritórios [31].

- Refeitório – Perfil de utilização para obtenção das cargas térmicas e dos consumos:



Figura A.30 – Refeitório: Perfil de ocupação de (a) segunda a sexta e (b) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (c) segunda a sexta e (d) fins de semana e feriados; Perfil de equipamentos de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados; Perfil de climatização de (e) segunda a sexta e (f) fins de semana e feriados.

Para o refeitório, foi assumido um perfil de utilização distinto dos restantes espaços, como pode observar na Figura A.30, uma vez que se prevê que esteja ocupado apenas durante os períodos de lanches (das 10h às 12h e das 15h às 17h) e durante o almoço (das 12h às 15h). Fora dos horários de ocupação, os perfis de iluminação e dos equipamentos assumem também os valores estabelecidos no Decreto-Lei n.º 79/2006 para a tipologia escritórios [31].

➤ Zona de convívio – Perfil de utilização para obtenção das cargas térmicas e dos consumos:

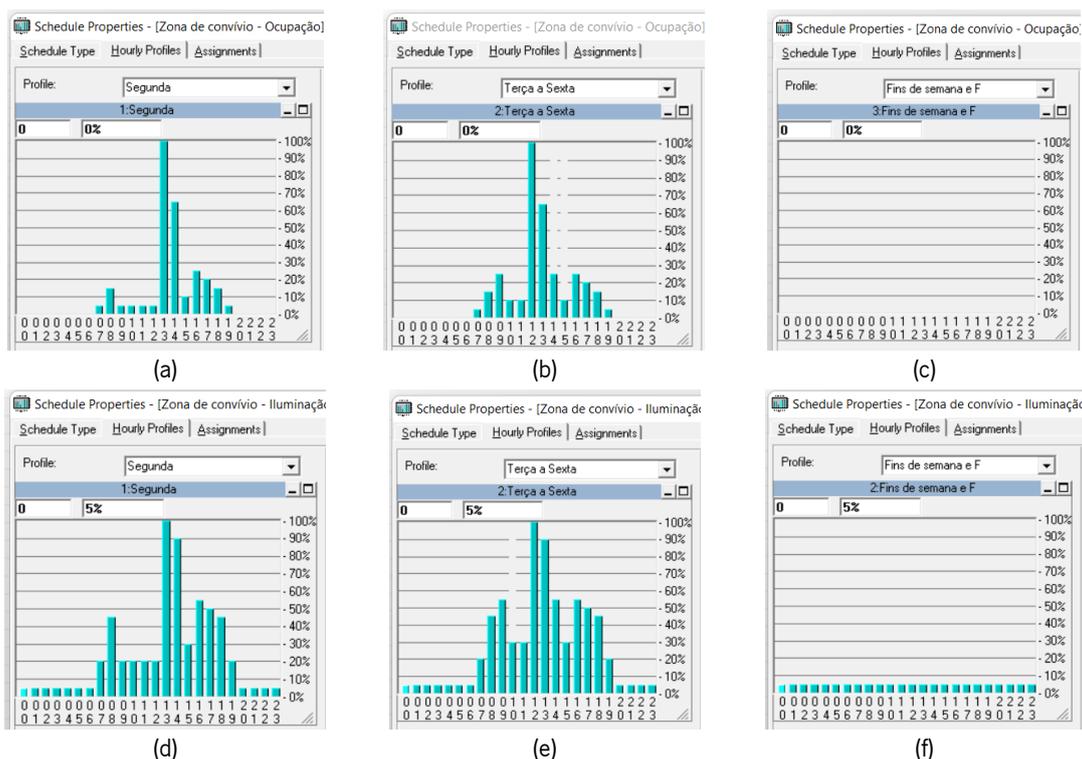


Figura A.31 – Zona de convívio: Perfil de ocupação de (a) segunda, (b) terça a sexta e (c) fins de semana e feriados; Perfil de iluminação de (d) segunda, (e) terça a sexta e (f) fins de semana e feriados.

Por fim, para a zona de convívio foram assumidos os perfis de utilização previstos na Figura A.31. Este espaço deverá ter uma baixa ocupação durante a maioria do dia, funcionando como uma área de convívio nas pausas dos funcionários, bem como durante o período de almoço. Pela figura supracitada constata-se que a ocupação à segunda-feira de manhã é menor pelo facto de os funcionários estarem na sala de conferências.

Adicionalmente, verifica-se a inexistência de um perfil de equipamentos, pois não está prevista a sua instalação nessa zona. Fora dos horários de ocupação, os perfis de iluminação seguem os valores estabelecidos no Decreto-Lei n.º 79/2006 para a tipologia escritórios. Já em relação à climatização, considera-se o mesmo perfil que o utilizado na zona de escritórios [31].

Anexo 18. DIMENSIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Tabela A.32 – Necessidades de climatização efetivas por espaço para seleção das máquinas interiores e dimensionamento do VRF “UE1 – Geral”.

Espaço	Necessidades efetivas		Máquina interior					
			Quantidade	Modelo	Capacidade nominal		Capacidade corrigida	
	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]			Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]
1.02 Refeitório	7,7	2,9	2	PLFY-M40VEM6-E	4,5	5,0	4,07	3,53
1.05 Logística	1,6	0,9	1	PLFY-M40VEM6-E	4,5	5,0	4,07	3,53
1.06 Chefe de secção	1,8	1,0						
2.10 Zona de convívio	7,7	4,9	2	PLFY-M40VEM6-E	4,5	5,0	4,07	3,53
2.12 Sala de reuniões	5,0	2,9	1	PLFY-M50VEM6-E	5,6	6,3	5,07	4,45
2.13 Compras	3,1	1,9	1	PLFY-M32VEM6-E	3,6	4,0	3,26	2,82
2.14 Gabinete técnico	7,7	3,4	2	PLFY-M40VEM6-E	4,5	5,0	4,07	3,53
2.15 Contabilidade	3,3	3,0	1	PLFY-M40VEM6-E	4,5	5,0	4,07	3,53
2.16 Orçamentação	2,6	1,3	1	PLFY-M25VEM6-E	2,8	3,2	2,53	2,26
2.17 Gestão	2,6	1,3	1	PLFY-M25VEM6-E	2,8	3,2	2,53	2,26
2.20 Gerência	2,5	1,3	1	PLFY-M25VEM6-E	2,8	3,2	2,53	2,26
2.22 Sala de reuniões privada	3,0	1,9	1	PLFY-M32VEM6-E	3,6	4,0	3,26	2,82
2.24 Gerência	2,4	1,4	1	PLFY-M25VEM6-E	2,8	3,2	2,53	2,26
Total	51,0	28,1						

Tabela A.33 – Necessidades de climatização efetivas por espaço para seleção das máquinas interiores e dimensionamento do VRF “UE2 – Zona de Vendas”.

Espaço	Necessidades efetivas		Máquina interior					
			Quantidade	Modelo	Capacidade nominal		Capacidade corrigida	
	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]			Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]
1.15 Receção	1,4	0,3	2	PLFY-M50VEM6-E	5,6	6,3	5,24	4,52
1.16 Átrio	7,8	2,2						
1.17 Zona de exposição	32,6	14,5	8	PLFY-M40VEM6-E	4,5	5,0	4,21	3,59
Total	41,8	17,0						

Tabela A.34 – Necessidades de climatização efetivas por espaço para seleção das máquinas interiores e dimensionamento do VRF “UE3 – Sala de Conferências”.

Espaço	Necessidades efetivas		Máquina interior					
			Quantidade	Modelo	Capacidade nominal		Capacidade corrigida	
	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]			Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]
2.03 Sala de conferências	22,3	5,1	4	PLFY-M63VEM6-E	7,1	8,0	6,10	5,24
Total	22,3	5,1						

Na Figura A.32 e Figura A.33 são apresentadas as características das máquinas exteriores e interiores utilizadas para climatização do edifício, respetivamente, obtidas nas fichas técnicas dos equipamentos [43].

MODELO		PUHY-P200YNW-A	PUHY-P400YNW-A	PUHY-P500YNW-A	
Capacidade	Arrefecimento / Aquecimento	kW	22,4 / 25	45 / 50	56 / 63
Consumo	Arrefecimento / Aquecimento	kW	6,03 / 6,08	17,57 / 14,20	21,05 / 17,89
Coefficiente Energético	EER / COP		-	-	-
Coefficiente Energético Sazonal	SEER / SCOP		7,65 / 4,35	5,85 / 4,00	6,32 / 4,04
Unidades Interiores	Capacidade Total da unidade exterior		50 ~ 130%	50 ~ 130%	50 ~ 130%
Conectáveis	Modelo / Quantidade		P10~P250 / 1~20	P10~P250 / 1~40	P10~P250 / 1~50
Alimentação		Fases, V/Hz	3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz	3, 380~415V/50-60Hz
Intensidade Máxima		A	16,10	31,90	43,70
Diam. Tubagens	Líquido/Gás	mm	9,52/22,2	12,7/28,58	15,88/28,58
Pressão Sonora	Arrefecimento / Aquecimento	dB(A)	58,0/59,0	65,0/67,0	63,5/66,5
Potência Sonora	Arrefecimento / Aquecimento	dB(A)	75,0/77,0	82,5/86,0	82/85
Ventilador	Caudal de ar	m³/min	170	300	365
	Potência	kW	0,92 x 1	0,46 x 2	0,92 x 2
Compressor	Potência	kW	3,5	11,4	11,7
Refrigerante R410A	Pre-carga Kg / PCA / TCO ₂ eq		6,5 / 2,088 / 13,572	9,8 / 2,088 / 20,4624	10,8 / 2,088 / 22,5504
Dimensões (Largura x Altura x Profundidade)		mm	920 x 1,858 x 740	1240 x 1,858 x 740	1750 x 1,858 x 740
Peso		kg	213	277	293
Amplitude de operação	Arrefecimento / Aquecimento	°C	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th	-5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th

NOTAS: - Distância máxima vertical 50m, 40m se a exterior está abaixo das unidades interiores. Distância máxima total 1.000m.
 - Condições nominais: arref. 27°CBS/19°CBH interior, 35°CBS exterior. Aquec. 20°CBS interior, 7°CBS/6°CBH exterior. Comp. tubagem 7,5m, altura 0m.
 - Compressor hermético tipo Scroll Inverter.
 - Proteções: pressostato e sensor alta P. 4,15MPa, proteção sobreaquecimento compressor, proteção sobrecorrente inverter.
 - Ventilador tipo helicoidal com máximo 80Pa de pressão estática, proteção por interruptor térmico.

Figura A.32 – Características das máquinas exteriores de climatização.

MODELO		PLFY-M 25VEM6-E	PLFY-M 32VEM6-E	PLFY-M 40VEM6-E	PLFY-M 50VEM6-E	PLFY-M 63VEM6-E	
Capacidade Nominal	Arrefecimento	kCal/h	2.500	3.200	4.000	5.000	6.300
	Arrefecimento	kW	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1
	Aquecimento	kW	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0
Consumo Nominal	Arrefecimento	kW	0,03	0,03	0,03	0,06	0,09
	Aquecimento	kW	0,03	0,03	0,03	0,07	0,12
Alimentação		Fases, V/Hz	1 Fase, 220-230-240V / 50Hz (220V / 60Hz)				
Intensidade (arref./aquec.)		A	0,31/0,24	0,32/0,25	0,32/0,25	0,52/0,60	0,36/0,29
Diâmetro tubagens líq./gás		mm	6,35/12,7	6,35/12,7	6,35/12,7	6,35/12,7	9,52/15,88
Nível Sonoro		dB(A)	24/26/27/29	26/27/29/31	26/27/29/31	27/29/31/38	27/30/32/43
Ventilador	Caudal de ar (B/M1/M2/A)	m³/min	12/13/14/15	13/14/15/16	13/14/15/17	16/17/18/25	16/18/20/32
	Potência	kW	0,05	0,05	0,05	0,120	0,120
Dimensões (Altura x Largura x Profundidade)		mm	258 x 840 x 840				
Dimensões grelha standard		mm	40 x 950 x 950				
Peso (unidade/grelha)		kg	19/5	19/5	19/5	24/5	24/5

Figura A.33 – Características das máquinas interiores de climatização.

Anexo 19. CONSUMOS DE ENERGIA DO EDIFÍCIO PREVISTO

A simulação dinâmica do edifício possibilita a obtenção dos consumos de energia associados aos sistemas de climatização, no entanto, de forma a obter a classe energética do edifício, é necessário determinar o consumo de energia associado aos sistemas de ventilação, aos sistemas de preparação de AQS, à iluminação dos espaços interiores não úteis (ENU) e aos sistemas de elevação

➤ Sistemas de ventilação:

A simulação dinâmica do edifício possibilita a obtenção dos consumos de energia relacionados com a insuflação de ar nos espaços do edifício. No entanto, uma vez que o *software* assume uma igualdade entre o caudal de ar novo e o caudal de ar exaurido em cada UTAN, o que nem sempre se verifica na prática, o consumo de energia associado à extração deve ser corrigido.

Neste sentido, calcularam-se os consumos associados aos sistemas de ventilação, que dependem da potência dos ventiladores, obtidas a partir das fichas técnicas (ver Anexo 13), e do número de horas de funcionamento de cada ventilador, tal como demonstrado na Tabela A.35.

Tabela A.35 – Consumo de energia associado aos sistemas de ventilação do edifício previsto.

Ventilador	Potência [kW]	Funcionamento			Consumo anual [kWh]
		Dias/ano	Horas/dia	Horas/ano	
REC Auditório – Insuflação	0,341	52	4	208	70,93
REC Auditório – Extração	0,298	52	4	208	61,98
REC Geral – Insuflação	1,024	260	13	3380	3461,12
REC Geral – Extração	0,261	260	13	3380	882,18
REC Refeitório – Insuflação	0,100	260	7	1820	182,00
REC Refeitório – Extração	0,100	260	7	1820	182,00
REC Showroom – Insuflação	0,328	312	12	3744	1228,03
REC Showroom – Extração	0,226	312	12	3744	846,14
Ventilador I.S / Balneários	0,1477	260	13	3380	499,23
Ventilador I.S Venda	0,0352	312	12	3744	131,79
Ventilador WC Privado	0,0068	260	13	3380	22,98
Total					7568,39

➤ Sistemas de preparação de AQS:

As necessidades de AQS são influenciadas não apenas pela capacidade calorífica da água (c_p), mas também pelo consumo e pelo aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS (ΔT). Sabendo que o consumo de água se restringe aos balneários destinados à zona fabril, foi estabelecido um consumo diário de 240 litros de água a uma temperatura de 60 °C apenas nos dias úteis, ou seja, de segunda a sexta-feira. Consequentemente, o valor de ΔT representa o incremento de temperatura da água desde a temperatura da rede, obtida a partir do *software* SCE.ER para o município da Póvoa de Varzim, até à temperatura de armazenamento de 60 °C. As temperaturas mensais da rede de abastecimento assumem os valores previstos na Figura A.34.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperaturas da água (°C)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
no consumo:	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
no abastecimento:	14	14	15	16	17	19	20	20	19	18	16	15

Figura A.34 – Temperatura da rede de abastecimento de água, retirada do *software* SCE.ER.

Aplicando a equação fundamental da calorimetria, obtêm-se as necessidades nominais de energia útil para AQS indicadas na Tabela A.36.

Tabela A.36 – Necessidades nominais de energia útil para AQS do edifício previsto.

Mês	Nº dias úteis	Temperatura da rede [°C]	Consumo		ΔT [°C]	Necessidades mensais [kWh]
			Litros/dia	Litros/mês		
Janeiro	22	14	240	5280	46	282,48
Fevereiro	20	14	240	4800	46	256,80
Março	23	15	240	5520	45	288,90
Abril	20	16	240	4800	44	245,64
Maió	23	17	240	5520	43	276,06
Junho	22	19	240	5280	41	251,78
Julho	21	20	240	5040	40	234,47
Agosto	23	20	240	5520	40	256,80
Setembro	21	19	240	5040	41	240,33
Outubro	22	18	240	5280	42	257,92
Novembro	22	16	240	5280	44	270,20
Dezembro	21	15	240	5040	45	263,78
TOTAL	260			62400		3125,18

No entanto, uma vez que o sistema de preparação de AQS previsto para o edifício é uma bomba de calor, o consumo efetivo de energia elétrica é influenciado pela sua eficiência (COP), como descrito na Equação (A.1).

$$\text{Consumo efetivo} = \frac{\text{Necessidades anuais}}{\text{COP}} \quad (\text{A.1})$$

Assim, sabendo que a bomba de calor prevista possui um COP de 3,9 (ver Anexo 16) e aplicando a Equação (A.1), obtém-se um consumo efetivo de energia elétrica para preparação de AQS de 801,33 kWh por ano.

➤ Iluminação dos ENU:

O consumo de energia elétrica associada aos sistemas de iluminação dos espaços interiores úteis (EU) é obtido através da simulação dinâmica, contudo, como não são caracterizados os ENU do edifício, torna-se necessário calcular o consumo relacionado com os sistemas de iluminação destes espaços.

Desta forma, sabendo a área de pavimento e a densidade de potência instalada em cada um dos ENU, previamente definida no Anexo 14, determina-se a potência dos sistemas de iluminação de cada um destes espaços. De seguida, assumindo um período de funcionamento, obtém-se o consumo anual de energia elétrica indicado na Tabela A.37.

Tabela A.37 – Consumo de energia associado à iluminação dos espaços interiores não úteis do edifício previsto.

Espaço	Área [m ²]	DPI [W/m ²]	Potência [kW]	Funcionamento			Consumo anual [kWh]
				Dias/ano	Horas/dia	Horas/ano	
1.04 Espaço Técnico	5,18	4,20	0,022	260	0,50	130	2,83
1.14 Sala de quadros / Bastidor	6,69	4,20	0,028	312	0,50	156	4,38
2.01 Bastidor	7,79	4,20	0,033	260	0,50	130	4,25
2.02 Escada serviço	10,60	2,30	0,024	260	3,00	780	19,02
2.18 Escada serviço	12,28	2,30	0,028	260	3,00	780	22,03
Total							52,51

➤ Sistemas de elevação:

Os elevadores instalados em edifícios de comércio e serviços requerem uma análise pormenorizada para a determinação do consumo anual de energia. De acordo com o Despacho n.º 6476-H/2021, o consumo deve ser, preferencialmente, determinado através de medições em consonância com a Norma EN ISO 25745-1 ou através dos cálculos previstos na Norma EN ISO 25745-2. Estas avaliações devem ser conduzidas por uma empresa de manutenção de instalações de elevação acreditada pela DGEG.

Como o edifício analisado é um edifício novo, ainda em fase de projeto, alternativamente, o consumo de energia anual pode ser obtido pela Equação (A.2) [12].

$$E_{a,asc} = \frac{E_{d,asc} \cdot d_{a,asc}}{1000} \quad (A.2)$$

Em que:

$E_{a,asc}$ → Consumo de energia anual [*kWh/ano*];

$E_{d,asc}$ → Consumo de energia diário [*Wh/dia*];

$d_{a,asc}$ → Número de dias de funcionamento do ascensor por ano, correspondente ao número de dias de funcionamento do edifício [*dias/ano*].

Sabendo que o elevador previsto para o edifício possui classe energética A (ver Anexo 15), o consumo de energia diário ($E_{d,asc}$) pode ser calculado através da Equação (A.3) [12].

$$E_{d,asc} = 0,72 \cdot Q_{asc} \cdot n_a \cdot \frac{s_m}{1000} + 50 \cdot t_{ist} \quad (A.3)$$

Em que:

Q_{asc} → Carga nominal [*kg*];

n_a → Número de viagens por dia, obtido através da Tabela 88 do Manual SCE;

s_m → Distância média de viagem da instalação [*m*];

t_{ist} → Tempo em modo inativo e *standby* por dia, obtido através da Tabela 88 do Manual SCE [*h/dia*].

Assim, sabendo que Q_{asc} é igual a 320 kg, conforme especificado na ficha técnica disponível no Anexo 15, o n_a é igual a 125, t_{ist} é igual a 23,5 horas por dia e s_m é igual a 4,5 metros, aplicando a Equação (A.3), obtém-se um consumo de energia diário ($E_{d,asc}$) de 1304,60 Wh.

Por fim, atendendo ao facto que o elevador opera apenas durante os dias úteis, $d_{a,asc}$ toma o valor de 260 e, através da Equação (A.2), obtém-se um consumo de energia anual ($E_{a,asc}$) de 339,20 kWh. A Tabela A.38 sintetiza todo o processo de cálculo necessário para a obtenção do consumo de energia associado aos sistemas de elevação presentes no edifício.

Tabela A.38 – Consumo de energia associado aos sistemas de elevação do edifício previsto.

Q_{asc} [kg]	n_a	s_m [m]	t_{ist} [h/dia]	$E_{d,asc}$ [Wh/dia]	$d_{a,asc}$ [dias/ano]	$E_{a,asc}$ [kWh/ano]
320	125	4.5	23,50	1304,60	260	339,20

Anexo 20. CAUDAIS DE AR NOVO E DE EXTRAÇÃO A CONSIDERAR NO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Tabela A.39 – Caudais de ar novo e de extração a considerar no edifício de referência.

Ref.^a	Descrição	Caudal ar novo [m³/h]	Caudal extração [m³/h]
1.02	Refeitório	720	720
1.03	Balneário masculino	0	720
1.04	Espaço Técnico	0	0
1.05	Logística	60	0
1.06	Chefe de secção	90	0
1.07	Circulação interna	0	0
1.08	Balneário feminino	0	180
1.09	I.S Masculino	0	180
1.10	I.S Feminino	0	45
1.11	I.S Acessíveis	0	45
1.13	Escada	0	0
1.14	Sala de Quadros/Bastidor	0	0
1.15	Receção	60	0
1.16	Átrio	100	0
1.17	Zona de exposição	300	1510
2.01	Bastidor	0	0
2.02	Escada serviço	0	0
2.03	Sala de conferências/formação	1150	1150
2.04	I.S Feminino	0	180
2.05	I.S Acessíveis	0	45
2.06	I.S Masculino	0	270
2.07	Copa	0	0
2.08	Arrumo	0	45
2.10	Zona de convívio	540	0
2.11	Escada	0	0
2.12	Sala de reuniões	250	250

Tabela A.39 – Caudais de ar novo e de extração a considerar no edifício de referência (continuação).

Ref.^a	Descrição	Caudal ar novo [m³/h]	Caudal extração [m³/h]
2.13	Compras	180	180
2.14	Gabinete técnico	300	300
2.15	Contabilidade	180	180
2.16	Orçamentação	60	90
2.17	Gestão	60	90
2.18	Escada serviço	0	0
2.19	Arquivo	0	170
2.20	Gerência	90	90
2.21	Circulação interna	0	0
2.22	Sala de reuniões privada	150	0
2.23	WC privado	0	70
2.24	Gerência	90	0
Total		4380	6510

Anexo 21. CONSUMOS DE ENERGIA DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Os consumos de energia associados aos sistemas de climatização do edifício de referência são, à semelhança do que acontece com o edifício previsto, calculados por meio da simulação dinâmica do edifício. No entanto, os restantes consumos energéticos relacionados com os sistemas de ventilação, os sistemas de preparação de AQS, a iluminação dos ENU e os sistemas de elevação, que não são diretamente obtidos através do HAP, devem também ser calculados.

➤ Sistemas de ventilação:

Os caudais de ar novo do edifício de referência são diferentes do previsto, sendo necessária a correção da potência dos ventiladores mediante o consumo específico (SFP) de cada um deles. Desta forma, sabendo os caudais de ar a movimentar por cada ventilador e o respetivo SFP, obtidos na Tabela A.39 e no Anexo 13, respetivamente, é possível determinar o consumo de energia associado aos sistemas de ventilação, conforme apresentado na Tabela A.40. De referir que, nos casos em que a potência do ventilador do edifício previsto é superior a 750 W, como para o “REC Geral – Insuflação” (ver Tabela A.35), o SFP do ventilador do edifício de referência toma o valor de 1250 W/(m³/s).

Tabela A.40 – Consumo de energia associado aos sistemas de ventilação do edifício de referência.

Ventilador	SFP [kW/(m ³ /s)]	Caudal		Potência [kW]	Funcionamento			Consumo anual [kWh]
		[m ³ /h]	[m ³ /s]		Dias/ano	Horas/dia	Horas/ano	
REC Auditório – Insuflação	1,070	1150	0,319	0,341	52	4	208	70,93
REC Auditório – Extração	0,930	1150	0,319	0,298	52	4	208	61,98
REC Geral – Insuflação	1,250	2050	0,569	0,712	260	13	3380	2405,90
REC Geral – Extração	0,670	1395	0,388	0,261	260	13	3380	882,18
REC Refeitório – Insuflação	0,500	720	0,200	0,100	260	7	1820	182,00
REC Refeitório – Extração	0,500	720	0,200	0,100	260	7	1820	182,00
REC Showroom – Insuflação	0,660	460	0,128	0,084	312	12	3744	315,74
REC Showroom – Extração	0,540	1510	0,419	0,226	312	12	3744	846,14
Ventilador I.S / Balneários	0,381	1395	0,388	0,148	260	13	3380	499,23
Ventilador I.S Venda	0,470	270	0,075	0,035	312	12	3744	131,79
Ventilador WC Privado	0,349	70	0,019	0,007	260	13	3380	22,98
Total								5600,88

➤ Sistemas de preparação de AQS:

As necessidades de AQS são iguais às calculadas para o edifício de referência, tomando o valor de 3125,18 kWh por ano, como indicado na Tabela A.36. Contudo, como o consumo efetivo está intrinsecamente relacionado com a eficiência energética do equipamento, representada pelo coeficiente de performance (COP), e sabendo que, segundo a Tabela 45, no edifício de referência deve ser considerada uma bomba de calor com uma eficiência igual a 2,80, aplicando a Equação (A.1), obtém-se um consumo efetivo de 1116,13 kWh por ano.

➤ Iluminação dos ENU:

O consumo de energia associado à iluminação dos ENU é igual tanto para o edifício previsto quanto para o edifício de referência, fixando-se em 52,51 kWh anuais, como previamente calculado na Tabela A.37. Isto acontece porque, aquando da realização da dissertação, ainda não tinha sido efetuado o estudo luminotécnico e, por isso, os valores de densidade de potência adotados correspondem aos limites regulamentares, que, tal como indicado na Tabela 45, são também aplicados ao edifício de referência.

➤ Sistemas de elevação:

Por fim, também o consumo energético do elevador é igual ao do edifício previsto, uma vez que a Tabela 102 do Manual SCE não contém informações relativamente a este tipo de elementos, estando previamente definido que “para as situações omissas desta tabela devem ser consideradas as condições adotadas para o edifício previsto”. Consequentemente, assume-se que o consumo anual de energia associado ao elevador do edifício de referência se fixa nos 339,20 kWh, como indicado na Tabela A.38 [12].

Anexo 22. MM1 – FICHAS TÉCNICAS DOS VIDROS E VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR

EV1 / EV2 - 8 T (16 AIR) 66.1

8 T (16 AIR) 66.1 / PLANITHERM ONE II #2

Calculado por: **Hélder Pereira**

Calculado em: **19/05/2023**

Localização: **Portugal**

Tipo de vidro

Vidro 1
PLANICLEAR (8mm) - Temperado
PLANITHERM ONE II

Câmara 1
AIR 16 mm

Vidro 2
PLANICLEAR (6mm) - Recozido
PVB STANDARD (0.38mm)
PLANICLEAR (6mm) - Recozido

Dados de desempenho simulados

Factores Luminosos	CIE (15-2004)
Transmissão Luminosa (TL)	68%
Reflexão Exterior (RLE)	22%
Reflexão Interior (RLI)	21%
Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
Transmissão (TE)	41%
Reflexão Exterior (Ree)	34%
Reflexão Interior (Rel)	29%
Absorção A1 (Ae1)	19%
Absorção A2 (Ae2)	7%
Factores Solares	EN410 (2011-04)
Factor Solar (g)	0.47
Coefficiente de Sombreamento (SC)	0.54
Transmissão Térmica (Ug)	EN673-2011
Ug	1.3 W/(m2.K)
Ângulo em relação à vertical	0°
Acústica	EN 12758
Valores acústicos simulados	
Rw	41 (-1; -5) dB
STC (ASTM E413)	41
OITIC (ASTM E1332)	34
Renderização de Cor	CIE (15-2004)
Transmissão (Ra)	96
Reflexão (Ra)	94
Classe de segurança	EN 12600
Resistência ao impacto do pêndulo	1C2/2B2
Anti-Intrusão	EN 356
Resistência à intrusão	NPD
Dimensões	
Espessura Nominal	36.38 mm
Massa	50.403 kg/m²
Sustentabilidade	
Pegada de carbono	
O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)	
Potencial de Aquecimento Global (GWP)	78
(kg, CO ₂ equivalente/m²) Média europeia	



Calumen calcula as características espectrofotométricas e a transmissão térmica do vidro utilizando algoritmos de cálculo que cumprem as seguintes normas: as normas europeias EN 410 e EN 673, a norma internacional ISO9050, a norma japonesa JIS R 3106/3107 e a norma coreana KS L 2514/2525. A saída funcional e as regras de cálculo do Calumen para as normas EN 410 e EN 673 foram validadas pela TÜV Rheinland (relatório 11923R-11-33705). Os desempenhos técnicos obtidos de acordo com a norma NFRC-2010 são fornecidos apenas para a título informativo. Todos os valores certificados devem ser obtidos com software certificado NFRC.

Os índices de atenuação acústica são medidos em condições de laboratório de acordo com as normas EN ISO 10140 e EN 12758. A reprodutibilidade do índice medido é de +/-1dB (EN 12758). Se não existirem valores medidos, o Calumen pode propor um índice calculado. Os índices calculados são fornecidos apenas a título informativo. A precisão do índice Rw é de +/-2dB. NB: as medições in situ podem diferir de acordo com as dimensões do vidro, ambiente, desempenho da estrutura, tipo de instalação, fonte de ruído, etc.

A resistência ao impacto do pêndulo é medida de acordo com EN 12600 e a resistência à intrusão é medida de acordo com EN 356.

Os valores fornecidos por Calumen III (EN 410, EN 673, ISO9050, JIS R 3106/3107, KS L 2514/2525, EN 356, EN 12600, NFRC-2010) são fornecidos para fins informativos e estão sujeitos a alterações. Eles não devem ser usados para garantir o desempenho do produto. Apenas os valores que constam das declarações de desempenho disponíveis no site de marcação CE da Saint-Gobain Glass são oficiais. O UTILIZADOR deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, nomeadamente em termos de espessura e cor. Além disso, o UTILIZADOR é responsável por verificar se as combinações de vidro atendem aos requisitos regulamentares e legais, nacionais ou locais.

Figura A.35 – Ficha técnica do novo vidro para o vão envidraçado tipo 1 e 2 [41].

EV3 / EV4 / EV5 - 6 T (16 AIR) 55.1

6 T (16 AIR) 55.1 / PLANITHERM ONE II #2

Calculado por: **Hélder Pereira**

Calculado em: **19/05/2023**

Localização: **Portugal**

Tipo de vidro

Vidro 1
PLANICLEAR (6mm) - Temperado
PLANITHERM ONE II

Câmara 1
AIR 16 mm

Vidro 2
PLANICLEAR (5mm) - Recozido
PVB STANDARD (0.38mm)
PLANICLEAR (5mm) - Recozido

Dados de desempenho simulados

	Factores Luminosos	CIE (15-2004)
	Transmissão Luminosa (TL)	69%
	Reflexão Exterior (RLe)	23%
	Reflexão Interior (RLi)	21%
	Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
	Transmissão (TE)	42%
	Reflexão Exterior (Ree)	36%
	Reflexão Interior (Rel)	30%
	Absorção A1 (Ae1)	16%
	Absorção A2 (Ae2)	6%
	Factores Solares	EN410 (2011-04)
	Factor Solar (g)	0.48
	Coefficiente de Sombreamento (SC)	0.55
	Transmissão Térmica (Ug)	EN673-2011
	Ug	1.3 W/(m2.K)
	Ângulo em relação à vertical	0°
	Acústica	EN 12758
	Valores acústicos simulados	
	Rw	40 (-2; -6) dB
	STC (ASTM E413)	40
	OITIC (ASTM E1332)	32
	Renderização de Cor	CIE (15-2004)
	Transmissão (Ra)	97
	Reflexão (Rf)	94
	Classe de segurança	EN 12600
	Resistência ao impacto do pêndulo	1C2/2B2
	Anti-Intrusão	EN 356
	Resistência à intrusão	NPD
	Dimensões	
	Espessura Nominal	32.38 mm
	Massa	40.403 kg/m²
	Sustentabilidade	
	Pegada de carbono	
	O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)	
	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	66
	(kg. CO ₂ equivalente/m²) Média europeia	



Verified Results
EN 410
EN 673

www.tuv.com
ID: 0000036859

Calumen calcula as características espectrofotométricas e a transmissão térmica do vidro utilizando algoritmos de cálculo que cumprem as seguintes normas: as normas europeias EN 410 e EN 673, a norma internacional ISO9050, a norma japonesa JIS R 3106/3107 e a norma coreana KS L 2514/2525. A saída funcional e as regras de cálculo do Calumen para as normas EN 410 e EN 673 foram validadas pela TÜV Rheinland (relatório 11923R-11-33705). Os desempenhos técnicos obtidos de acordo com a norma NFRC-2010 são fornecidos apenas para a título informativo. Todos os valores certificados devem ser obtidos com software certificado NFRC.

Os índices de atenuação acústica são medidos em condições de laboratório de acordo com as normas EN ISO 10140 e EN 12758. A reprodutibilidade do índice medido é de +/-1dB (EN 12758). Se não existirem valores medidos, o Calumen pode propor um índice calculado. Os índices calculados são fornecidos apenas a título informativo. A precisão do índice Rw é de +/-2dB. NB: as medições in situ podem diferir de acordo com as dimensões do vidro, ambiente, desempenho da estrutura, tipo de instalação, fonte de ruído, etc.

A resistência ao impacto do pêndulo é medida de acordo com EN 12600 e a resistência à intrusão é medida de acordo com EN 356. Os valores fornecidos por Calumen III (EN 410, EN 673, ISO9050, JIS R 3106/3107, KS L 2514/2525, EN 356, EN 12600, NFRC-2010) são fornecidos para fins informativos e estão sujeitas a alterações. Eles não devem ser usados para garantir o desempenho do produto. Apenas os valores que constam das declarações de desempenho disponíveis no site de marcação CE da Saint-Gobain Glass são oficiais. O UTILIZADOR deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, nomeadamente em termos de espessura e cor. Além disso, o UTILIZADOR é responsável por verificar se as combinações de vidro atendem aos requisitos regulamentares e legais, nacionais ou locais.

Figura A.36 – Ficha técnica do novo vidro para o vão envidraçado tipo 3,4 e 5 [41].

EV6 - 8 T (16 AIR) 55.1

8 T (16 AIR) 55.1 / PLANITHERM ONE II #2

Calculado por: **Hélder Pereira**

Calculado em: **19/05/2023**

Localização: **Portugal**

Tipo de vidro

Vidro 1
PLANICLEAR (8mm) - Temperado
PLANITHERM ONE II

Câmara 1
AIR 16 mm

Vidro 2
PLANICLEAR (5mm) - Recozido
PVB STANDARD (0.38mm)
PLANICLEAR (5mm) - Recozido

Dados de desempenho simulados

	Factores Luminosos	CIE (15-2004)
	Transmissão Luminosa (TL)	69%
	Reflexão Exterior (RLe)	22%
	Reflexão Interior (RLi)	21%
	Factores Energéticos	EN410 (2011-04)
	Transmissão (TE)	41%
	Reflexão Exterior (Ree)	34%
	Reflexão Interior (Rei)	30%
	Absorção A1 (Ae1)	19%
	Absorção A2 (Ae2)	6%
	Factores Solares	EN410 (2011-04)
	Factor Solar (g)	0.47
	Coefficiente de Sombreamento (SC)	0.54
	Transmissão Térmica (Ug)	EN673-2011
	Ug	1.3 W/(m2.K)
	Ângulo em relação à vertical	0°
	Acústica	EN 12758
	<i>Valores acústicos simulados</i>	
	Rw	41 (-1; -5) dB
	STC (ASTM E413)	41
	OITC (ASTM E1332)	34
	Renderização de Cor	CIE (15-2004)
	Transmissão (Ra)	96
	Reflexão (Rf)	94
	Classe de segurança	EN 12600
	Resistência ao impacto do pêndulo	1C2/2B2
	Anti-Intrusão	EN 356
	Resistência à intrusão	NPD
	Dimensões	
	Espessura Nominal	34.38 mm
	Massa	45.403 kg/m²
	Sustentabilidade	
	Pegada de carbono	
	<i>O valor é calculado em relação à composição calculada com base na norma EN 15804+A2 (2019)</i>	
	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	72
	(kg. CO ₂ equivalente/m²) Média europeia	



Calumen calcula as características espectrofotométricas e a transmissão térmica do vidro utilizando algoritmos de cálculo que cumprem as seguintes normas: as normas europeias EN 410 e EN 673, a norma internacional ISO9050, a norma japonesa JIS R 3106/3107 e a norma coreana KS L 2514/ 2525. A saída funcional e as regras de cálculo do Calumen para as normas EN 410 e EN 673 foram validadas pelo TÜV Rheinland (relatório 11923R-11-33705). Os desempenhos técnicos obtidos de acordo com a norma NFRC-2010 são fornecidos apenas para a título informativo. Todos os valores certificados devem ser obtidos com software certificado NFRC.

Os índices de atenuação acústica são medidos em condições de laboratório de acordo com as normas EN ISO 10140 e EN 12758. A reprodutibilidade do índice medido é de +/-1dB (EN 12758). Se não existirem valores medidos, o Calumen pode propor um índice calculado. Os índices calculados são fornecidos apenas a título informativo. A precisão do índice Rw é de +/-2dB. NB: as medições in situ podem diferir de acordo com as dimensões do vidro, ambiente, desempenho da estrutura, tipo de instalação, fonte de ruído, etc.

A resistência ao impacto do pêndulo é medida de acordo com EN 12600 e a resistência à intrusão é medida de acordo com EN 356.

Os valores fornecidos por Calumen III (EN 410, EN 673, ISO9050, JIS R 3106/3107, KS L 2514/2525, EN 356, EN 12600, NFRC-2010) são fornecidos para fins informativos e estão sujeitas a alterações. Eles não devem ser usados para garantir o desempenho do produto. Apenas os valores que constam das declarações de desempenho disponíveis no site de marcação CE da Saint-Gobain Glass são oficiais. O UTILIZADOR deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, nomeadamente em termos de espessura e cor. Além disso, o UTILIZADOR é responsável por verificar se as combinações de vidro atendem aos requisitos regulamentares e legais, nacionais ou locais.

Figura A.37 – Ficha técnica do novo vidro para o vão envidraçado tipo 6 [41].

Tabela A.41 – Verificação do requisito do coeficiente de transmissão térmica máximo para cada tipo de vão envidraçado, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1.

Tipo de Vão	U_g [W/(m ² . °C)]	U_f [W/(m ² . °C)]	A_w [m ²]	A_g [m ²]	A_f [m ²]	l_g [m]	ψ_g [W/(m. °C)]	U_w [W/(m ² . °C)]	$U_{w,máx}$ [W/(m ² . °C)]	Regulamentar?
EV1	1,30	3,50	6,20	5,90	0,30	9,72	0,11	1,577	3,30	Sim
EV2										
EV3										
EV4										
EV5										
EV6										

Tabela A.42 – Verificação do requisito do fator solar máximo, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1.

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m ²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV1	VE1	6,20	NE	0,47	-	0,47	1,00	1,00	1,00	1,00	0,47	0,56	Sim	0,515
EV1	VE2	6,20	NE	0,47	-	0,47	1,00	1,00	1,00	1,00	0,47	0,56	Sim	0,515
EV1	VE3	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE4	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE5	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE6	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE7	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE8	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515

Tabela A.42 – Verificação do requisito do fator solar máximo, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1 (continuação).

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m ²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV1	VE9	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE10	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE11	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV1	VE12	6,20	NO	0,47	-	0,47	0,82	1,00	1,00	0,82	0,38	NA	NA	0,515
EV2	VE13	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	0,82	1,00	1,00	0,82	0,24	NA	NA	0,390
EV2	VE14	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	0,82	1,00	1,00	0,82	0,24	NA	NA	0,390
EV2	VE15	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	0,82	1,00	1,00	0,82	0,24	NA	NA	0,390
EV3	VE16	9,38	SO	0,48	-	0,48	1,00	0,93	1,00	0,93	0,45	0,56	Sim	0,526
EV2	VE17	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	1,00	0,85	1,00	0,85	0,25	NA	NA	0,390
EV2	VE18	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	1,00	0,77	1,00	0,77	0,22	NA	NA	0,390
EV2	VE19	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	1,00	0,69	1,00	0,69	0,20	NA	NA	0,390
EV4	VE20	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE21	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE22	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE23	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE24	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE25	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE26	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE27	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE28	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE29	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398

Tabela A.42 – Verificação do requisito do fator solar máximo, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1 (continuação).

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m ²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV4	VE30	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE31	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE32	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE33	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE34	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE35	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE36	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE37	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE38	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE39	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE40	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE41	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE42	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE43	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE44	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE45	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV2	VE46	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	1,00	0,85	1,00	0,85	0,25	NA	NA	0,390
EV2	VE47	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	1,00	0,77	1,00	0,77	0,22	NA	NA	0,390
EV2	VE48	6,20	NO	0,47	0,61	0,29	1,00	0,69	1,00	0,69	0,20	NA	NA	0,390
EV4	VE49	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE50	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398

Tabela A.42 – Verificação do requisito do fator solar máximo, utilizando os vidros propostos pela medida de melhoria 1 (continuação).

Tipo de Vão	ID Vão	Área [m²]	Ori.	$g_{\perp,vi}$	g_{tot,vc_i}	g_{tot}	F_o	$F_{f,esq}$	$F_{f,dir}$	$F_o \cdot F_f$	$g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f$	$g_{tot,máx}$	Regulamentar?	$g_{simulação}$
EV4	VE51	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE52	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE53	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE54	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE55	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE56	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE57	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE58	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE59	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE60	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE61	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE62	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398
EV4	VE63	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,94	0,69	1,00	0,65	0,19	NA	NA	0,398
EV4	VE64	3,08	NO	0,48	0,61	0,29	0,82	0,69	1,00	0,57	0,17	NA	NA	0,398

Anexo 23. CUSTO INICIAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Tabela A.43 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 13 módulos.

Componente	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Módulo Solar Monocristalino 365 Wp	295 €	13	3835 €
Módulo suporte telhado inclinado horizontal	204 €	2	408 €
Suplemento suporte telhado inclinado horizontal	113 €	11	1243 €
Inversor Solar PV Box 2,5 kW	4378 €	1	4378 €
Kit cabos CC ligação rápida	48 €	2	96 €
Custo total			9960 €

Tabela A.44 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 20 módulos.

Componente	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Módulo Solar Monocristalino 365 Wp	295 €	20	5900 €
Módulo suporte telhado inclinado horizontal	204 €	3	612 €
Suplemento suporte telhado inclinado horizontal	113 €	17	1921 €
Inversor Solar PV Box 5 kW	5063 €	1	5063 €
Kit cabos CC ligação rápida	48 €	3	144 €
Custo total			13640 €

Tabela A.45 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 39 módulos.

Componente	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Módulo Solar Monocristalino 365 Wp	295 €	39	11505 €
Módulo suporte telhado inclinado horizontal	204 €	8	1632 €
Suplemento suporte telhado inclinado horizontal	113 €	31	3503 €
Inversor Solar PV Box 10 kW	8181 €	1	8181 €
Kit cabos CC ligação rápida	48 €	8	384 €
Custo total			25205 €

Tabela A.46 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 52 módulos.

Componente	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Módulo Solar Monocristalino 365 Wp	295 €	52	15340 €
Módulo suporte telhado inclinado horizontal	204 €	10	2040 €
Suplemento suporte telhado inclinado horizontal	113 €	42	4746 €
Inversor Solar PV Box 2,5 kW	4378 €	1	4378 €
Inversor Solar PV Box 10 kW	8181 €	1	8181 €
Kit cabos CC ligação rápida	48 €	10	480 €
Custo total			35165 €

Tabela A.47 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 59 módulos.

Componente	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Módulo Solar Monocristalino 365 Wp	295 €	59	17405 €
Módulo suporte telhado inclinado horizontal	204 €	11	2244 €
Suplemento suporte telhado inclinado horizontal	113 €	48	5424 €
Inversor Solar PV Box 5 kW	5063 €	1	5063 €
Inversor Solar PV Box 10 kW	8181 €	1	8181 €
Kit cabos CC ligação rápida	48 €	11	528 €
Custo total			38845 €

Tabela A.48 – Custo inicial do sistema fotovoltaico composto por 78 módulos.

Componente	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Módulo Solar Monocristalino 365 Wp	295 €	78	23010 €
Módulo suporte telhado inclinado horizontal	204 €	16	3264 €
Suplemento suporte telhado inclinado horizontal	113 €	62	7006 €
Inversor Solar PV Box 10 kW	8181 €	2	16362 €
Kit cabos CC ligação rápida	48 €	16	768 €
Custo total			50410 €