



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Miguel Faria Pinto

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Miguel Faria Pinto

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

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

Gostaria, em primeiro lugar, de agradecer à comunidade da Universidade do Minho, onde fui bem recebido e ao qual tenho imenso orgulho em pertencer. Ao Professor Pedro Lobarinhas, o orientador do projeto, pela disponibilidade demonstrada e pelo contínuo apoio e orientação prestada.

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos à empresa MMEC, onde realizei o meu estágio curricular e que desempenhou um papel crucial no desenvolvimento desta dissertação. Agradeço também pela disponibilização de recursos, dados e informações essenciais para a realização do trabalho.

Um especial agradecimento para o Engenheiro José Rodrigues, pela disponibilidade revelada, mesmo quando não a tinha, pela paciência e por todas as contribuições significativas dadas ao longo do projeto, especialmente no auxílio com o programa *DesignBuilder*.

Ao meu orientador da empresa, João Malhão Mendes, pela orientação perspicaz e pelo apoio contínuo ao longo deste processo.

Agradeço ao Perito Rui Pereira por fornecer orientação valiosa, apoio técnico e a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos num contexto prático.

O meu agradecimento estende-se a toda a equipa de engenheiros e peritos da MMEC pela colaboração, suporte contínuo e disponibilidade em qualquer questão.

Por fim, agradeço à minha família pela inabalável colaboração, paciência e incentivo constante para o culminar do projeto.

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

Em Portugal, o setor dos edifícios representa cerca de 31,9% dos consumos energéticos [1]. Neste contexto, torna-se imprescindível a implementação de iniciativas e medidas para estimular a melhoria da eficiência energética e das condições de conforto térmico dos edifícios. Ao longo dos anos, verificou-se uma evolução na legislação nacional e europeia, no âmbito da eficiência energética dos edifícios, desde a aprovação do Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e de Qualidade do Ar Interior (QAI), com o Decreto-Lei 79/2006, até ao mais recente Decreto-Lei n.º 101-D, de 7 de dezembro de 2020 [2].

Assim, a presente dissertação propõe-se a realizar uma análise aprofundada do desempenho energético de um edifício de comércio e serviços com tipologia de hotel. Para este efeito, a utilização da simulação dinâmica, através de vários *software* acreditados pela norma ASHRAE 140-2004, surge como uma ferramenta essencial, tendo-se explorado o *DesignBuilder* no presente documento.

Deste modo, as soluções construtivas, os sistemas técnicos e o enquadramento regulamentar do edifício foram analisados e introduzidos no *software*, seguido da análise dos resultados, tendo-se verificado elevados consumos energéticos no aquecimento de águas quentes sanitárias e elevadas perdas térmicas devido ao sistema de ventilação natural do edifício. Assim, seguiu-se a aplicação de três medidas de melhoria: a substituição do sistema de ventilação natural dos quartos por ventilação mecânica com recuperação de calor, a alteração do sistema AQS e a instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo, tendo sido avaliados os seus impactos energéticos, económicos e de eficiência, com o objetivo de melhorar as referidas falhas no desempenho energético do edifício.

Por último, é estudado o impacto global da integração das três medidas de melhoria, verificando-se uma redução no consumo de energia primária de cerca de 30,2%. O desempenho energético do edifício melhorou, resultando numa classe de eficiência energética, que progrediu de B- para A, tendo-se obtido um período de retorno simples de 9 anos e 4 meses.

PALAVRAS-CHAVE

EDIFÍCIOS; SIMULAÇÃO DINÂMICA, MEDIDAS DE MELHORIA, EFICIÊNCIA

ABSTRACT

In Portugal, the building sector represents approximately 31,9% of energy consumption [1]. In this context, it becomes essential to implement initiatives and measures to stimulate the improvement of energy efficiency and thermal comfort conditions in buildings.. Over the years, there has been an evolution in national and European legislation, regarding building energy efficiency, from the approval of the Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) and Qualidade do Ar Interior (QAI) with Decreto-Lei 79/2006 to the most recent law Decreto-Lei n. º101-D, dated December 7, 2020.

Therefore, this dissertation aims to conduct a thorough analysis of the energy performance of a commercial and service building with a hotel typology. For this purpose, the use of dynamic simulation, through various software accredited by the ASHRAE 140-2004 standard, emerges as an essential tool, with DesignBuilder explored in this document.

In this way, the construction solutions, technical systems, and regulatory framework of the building were analyzed and introduced into the software, followed by the analysis of the results, which revealed high energy consumption in the heating of domestic hot water and high thermal losses due to the building's natural ventilation system. Subsequently, three improvement measures were applied: replacing the natural ventilation system in the rooms with mechanical ventilation with heat recovery, changing the domestic hot water system, and installing a photovoltaic system for self-consumption. Their energy, economic, and efficiency impacts were evaluated with the aim of improving the shortcomings in the building's energy performance.

Finally, the overall impact of integrating the three improvement measures is studied, resulting in a reduction in primary energy consumption of approximately 30.2%. The energy performance of the building improved, resulting in an energy efficiency class progressing from B- to A, with a simple payback period of 9 years and 4 months.

KEYWORDS

BUILDINGS; DYNAMIC SIMULATION, IMPROVEMENT MEASURES, EFFICIENCY

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de símbolos	xxi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Apresentação da empresa	2
1.3. Objetivos	3
1.4. Guia de leitura	4
2. Política Energética.....	5
2.1. Panorama energético português	5
2.1.1. Dependência Energética Exterior.....	6
2.1.2. Evolução do consumo de energia	7
2.1.3. Consumo de energia no setor hoteleiro	9
2.2. Iniciativas legislativas	11
2.2.1. Contexto legislativo Europeu	11
2.2.2. Contexto Legislativo Português.....	12
3. Requisitos do RECS.....	17
3.1. Âmbito de aplicação.....	17
3.2. Requisitos da qualidade térmica da envolvente	17
3.3. Requisitos dos sistemas de ventilação.....	19

3.3.1.	Caudal mínimo de ar novo	19
3.3.1.1.	Critério de ocupação.....	20
3.3.1.2.	Critério edifício	21
3.3.2.	Caudal mínimo de extração de ar	21
3.4.	Requisitos dos Sistemas Técnicos	22
3.5.	Requisitos dos sistemas de iluminação.....	23
3.6.	Requisitos das instalações de elevação	24
3.7.	Requisitos dos indicadores de eficiência energética	24
4.	Caracterização do edifício	25
4.1.	Descrição do edifício	25
4.2.	Zonamento climático.....	27
4.3.	Caracterização da envolvente	28
4.3.1.	Caracterização dos espaços interiores.....	29
4.3.2.	Marcação das envolventes.....	29
4.3.3.	Envolvente opaca	30
4.3.3.1.	Paredes, Pavimentos, Coberturas e PTP.....	31
4.3.3.2.	Envolvente em contacto com o solo	33
4.3.3.3.	Pontes térmicas lineares	34
4.3.3.4.	Portas.....	34
4.3.3.5.	Inércia térmica	34
4.3.4.	Envolvente envidraçada	35
4.3.4.1.	Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados.....	35
4.3.4.2.	Fator solar	37
4.3.4.3.	Fator de obstrução solar.....	38
4.4.	Caracterização dos sistemas técnicos	39
4.4.1.	Sistemas de Ventilação	39
4.4.2.	Sistemas de Climatização	43
4.4.3.	Sistema de Iluminação	46
4.4.4.	Sistema de Produção de AQS	48

4.4.5.	Instalações de elevação.....	50
4.5.	Perfil de Equipamentos	51
4.6.	Perfil de Horário	51
5.	Simulação dinâmica	53
5.1.	Edifício previsto.....	54
5.1.1.	Dados climáticos.....	54
5.1.2.	Modelação Geométrica do edifício.....	55
5.1.3.	Envolvente opaca	57
5.1.4.	Envolvente envidraçada	60
5.1.5.	Caracterização dos espaços interiores.....	62
5.1.6.	Perfis de utilização	63
5.1.7.	Sistemas de climatização e ventilação	64
5.1.7.1.	Modelação do sistema AVAC.....	65
5.1.7.2.	Modelação da UTAN.....	66
5.1.7.3.	Ventiladores de Extração.....	69
5.1.7.4.	Sistemas VRV	69
5.2.	Edifício de referência.....	72
6.	Análise de resultados	75
6.1.	Necessidades energéticas	75
6.2.	Balanço energético.....	76
6.3.	Ganhos internos	77
6.4.	Consumos energéticos	78
6.5.	Análise de resultados do edifício de referência	79
6.6.	Determinação da classe energética	80
6.6.1.	Edifício previsto	80
6.6.2.	Edifício de referência.....	83
6.6.3.	Classe energética.....	84

7.	Medidas de melhoria	87
7.1.	Substituição do sistema de ventilação natural	87
7.2.	Alteração do sistema AQS	101
7.3.	Instalação de sistema fotovoltaico para autoconsumo	104
7.4.	Implementação integral das medidas de melhorias	108
8.	Considerações finais.....	109
8.1.	Conclusões.....	109
8.2.	Trabalhos Futuros.....	111
	Referências Bibliográficas	112
	Anexo 1 – Caracterização dos espaços interiores.....	115
	Anexo 2 – Cálculo do coeficiente de redução	120
	Anexo 3 – Marcação da envolvente	122
	Anexo 4 – Metodologia de cálculo do coeficiente de transmissão térmica	130
	Anexo 5 – Envolvente opaca	131
	Anexo 6 – Elementos em contacto com o solo	138
	Anexo 7 – Inércia térmica.....	141
	Anexo 8 – Fichas técnicas dos vidros	143
	Anexo 9 – Fichas técnicas das caixilharias	145
	Anexo 10 – Verificação dos requisitos da envolvente	149
	Anexo 11 – Caudais de ar novo e de extração e verificação de requisitos.....	151
	Anexo 12 – Fichas técnicas dos equipamentos de ventilação	153
	Anexo 13 – Verificação dos requisitos dos sistemas técnicos	161
	Anexo 14 – Fichas técnicas dos sistemas de climatização	164
	Anexo 15 – Estudo luminotécnico da sala de reuniões	169
	Anexo 16 – Características da iluminação e cumprimento de requisitos.....	170
	Anexo 17 – Fichas técnicas dos sistemas de AQS	171

Anexo 18 – Relatório de desempenho energético do edifício previsto.....	174
Anexo 19 – Perfis horários	176
Anexo 20 – Soluções de iluminação para o edifício de referência	179
Anexo 21 – Fichas técnicas das instalações de elevação	180
Anexo 22 – Fichas técnicas das UTA da Medida de melhoria 1.....	182
Anexo 23 – Relatório de desempenho energético da medida de melhoria 2	184
Anexo 24 – Relatório de desempenho energético da medida de melhoria 3	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Balanço da produção de eletricidade, em Portugal, no ano de 2022 [10].	6
Figura 2 – Incorporação de energias renováveis no setor da eletricidade, na EU-28, em 2021 [11].	6
Figura 3 – Evolução da dependência energética, em Portugal [12].	7
Figura 4 – Evolução do consumo total de energia primária, por fonte energética, em Portugal [12].	8
Figura 5 – Consumo de energia final por setor de atividade, em 2021: (a) a nível europeu; (b) a nível nacional [1], [13].	9
Figura 6 – Consumo de energia final por subsector dos edifícios de serviços, em 2019 [14].	10
Figura 7 – Distribuição medida do consumo de energia numa unidade hoteleira, em 2020 [15].	10
Figura 8 – Fachada principal do hotel abordado no documento.	25
Figura 9 – Imagem satélite do edifício em estudo.	26
Figura 10 – Edifícios integrantes do empreendimento e orientação do hotel.	26
Figura 11 – Metodologia de marcação da envolvente para: (a) pavimentos; (b) coberturas.	30
Figura 12 – Pormenor construtivo da Parede Exterior PE1.	31
Figura 13 – Pormenor construtivo do Pavimento Térreo PAVTER1.	33
Figura 14 – UTAN Midea M-AQX4.	40
Figura 15 – Representação da unidade de entrada de ar autorregulável France Air EM A.	41
Figura 16 – Ventilador de extração VES-SO Modelo SODECA CJBD-2828-6M 1/3.	42
Figura 17 – Representação da unidade exterior do tipo <i>Split</i> UE1.	43
Figura 18 – Representação de dois VRV na cobertura da instalação.	44
Figura 19 – Representação da UI1.	45
Figura 20 – Representação dos coletores solares térmicos na cobertura do hotel.	48
Figura 21 – Representação da caldeira a gás natural do sistema AQS.	49
Figura 22 – Criação de um novo projeto no <i>DesignBuilder</i> .	54
Figura 23 – Folha de cálculo SCE.CLIMA.	55
Figura 24 – Template contendo o ficheiro climático no <i>DesignBuilder</i> .	55
Figura 25 – Representação da geometria do modelo do edifício previsto (alçado principal), com indicação da orientação do estabelecimento.	56

Figura 26 – Representação das zonas do bloco P0 (associado ao Piso -1), no painel de navegação.....	57
Figura 27 – Definição da Sala Técnica 1, como espaço não útil.....	57
Figura 28 – Separador “ <i>Construction</i> ”, ao nível do edifício, no <i>DesignBuilder</i>	58
Figura 29 – Definição da parede exterior PE1 no <i>DesignBuilder</i> e representação visual da mesma.	59
Figura 30 – Separador “ <i>Calculated</i> ”, e valor do <i>U</i> determinado pelo programa.	59
Figura 31 – Infiltração do ar para a Sala dos Pequenos-almoços no modelo do edifício.....	60
Figura 32 – Separador “ <i>Openings</i> ” e <i>template</i> do vão envidraçado VE01.	60
Figura 33 – Definição do vão envidraçado VE01 na janela de edição “ <i>Glazing Type</i> ”	61
Figura 34 – Definição das proteções solares e das palas do edifício no <i>DesignBuilder</i>	62
Figura 35 – Características das proteções solares (<i>Blackout Interior Clara</i>) introduzidas no <i>DesignBuilder</i>	62
Figura 36 – Ferramenta <i>Model Data Grid View</i>	63
Figura 37 – Definição dos controlos de temperatura de <i>setpoint</i> e de <i>setback</i> no modelo do edifício.....	63
Figura 38 – Criação do perfil de ocupação dos quartos no modelo do edifício.	64
Figura 39 – Criação do perfil de horário de ocupação dos quartos e gráfico representativo do horário criado.....	64
Figura 40 – Janela de seleção dos sistemas AVAC dos quartos.	65
Figura 41 – <i>Zone Groups</i> dos sistemas definidos no <i>DesignBuilder</i>	66
Figura 42 – Representação da UTAN no <i>DesignBuilder</i>	67
Figura 43 – Janela de edição da UTAN do edifício.	67
Figura 44 – Introdução das características técnicas da bateria de arrefecimento e aquecimento no <i>DesignBuilder</i>	68
Figura 45 – Esquema representativo da ligação da UTAN às unidades interiores do Sistema 8.	68
Figura 46 – Esquema representativo do sistema AVAC do Quarto 1 do edifício.....	69
Figura 47 – Introdução das características técnicas do ventilador de extração VES-SE no <i>DesignBuilder</i>	69
Figura 48 – Representação das unidades VRV no <i>DesignBuilder</i>	70
Figura 49 – Introdução das características técnicas da UE3 no <i>DesignBuilder</i>	70

Figura 50 – Esquema representativo da ligação da unidade exterior UE3 às unidades interiores do Sistema 1 e do Sistema 2.	71
Figura 51 – Esquema representativo da ligação do <i>Split</i> UE1 às unidades interiores do Sistema 6 e Sistema 7 e da unidade da UTAN às grelhas de insuflação e de extração dos mesmos sistemas.....	71
Figura 52 – Representação da geometria do modelo do edifício de referência (alçado principal) no <i>DesignBuilder</i>	74
Figura 54 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento, ao longo do ano.....	76
Figura 55 – Balanço energético mensal do edifício.	76
Figura 57 – Desagregação dos ganhos internos anuais.	77
Figura 58 – Percentagem do consumo de energia primária no edifício, sem consideração do consumo a partir de fontes de origem renovável.....	78
Figura 59 – Planta de ventilação da cobertura, com a representação dos sistemas de ventilação mecânica do hotel.....	88
Figura 60 – Planta de ventilação do Piso 4, com a representação dos sistemas de ventilação.	89
Figura 61 – Planta esquemática de ventilação da medida de melhoria 1, com a representação das duas unidades de tratamento de ar propostas.	90
Figura 62 – Esquema representativo da UTA1 France air PowerPlay Max2; Legenda: ODA - Admissão ar novo; SUP - insuflação; ETA - Extração; EHA – Exaustão [38].	92
Figura 63 – Alteração na janela de seleção dos sistemas AVAC dos quartos do edifício para a medida de melhoria 1.	93
Figura 64 – <i>Zone Groups</i> dos sistemas definidos no <i>DesignBuilder</i> para a medida de melhoria 1.....	93
Figura 65 – Representação da UTA1 no <i>DesignBuilder</i>	94
Figura 66 – Janela de edição do separador “General” da UTA1 do edifício.	94
Figura 67 – Representação do funcionamento do sistema <i>bypass</i> numa unidade de tratamento de ar com recuperação de calor [39].	95
Figura 68 – Janela de edição do separador “ <i>Outdoor Air System</i> ” da UTA1 do edifício.	95
Figura 69 – Esquema representativo da ligação da UTA1 às unidades interiores do Sistema 1, bem como do VRV-S à unidade interior do referido sistema.	96

Figura 70 – Relação entre a temperatura de bolbo seco exterior (eixo Y esquerdo), com o consumo do permutador de calor (eixo Y direito), ao longo das horas (eixo X), para um dia de verão.....	97
Figura 71 – Relação entre a temperatura de bolbo seco exterior (eixo Y esquerdo), com o consumo do permutador de calor (eixo Y direito), ao longo das horas (eixo X), para um dia de inverno.	98
Figura 72 – Balanço energético mensal do edifício, após implementação da Medida 1, em kWh.	98
Figura 73 – Planta de cobertura exterior do hotel, com a representação dos sistemas técnicos, os painéis solares térmicos previstos (a verde), os painéis solares da medida de melhoria 2 (a azul) e os módulos fotovoltaicos da medida de melhoria 3 (a laranja).	102
Figura 74 – Características de dimensionamento da Sala de Arrumos 1.....	121
Figura 75 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso -1.....	122
Figura 76 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso -1.	123
Figura 77 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 0.	124
Figura 78 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso 0.....	125
Figura 79 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 1.....	126
Figura 80 – Delimitação da envolvente ao nível da cobertura dos pisos 2 e 3.....	127
Figura 81 – Delimitação da envolvente ao nível do pavimento dos pisos 2, 3 e 4.	128
Figura 82 – Delimitação da envolvente ao nível da cobertura do piso 4.....	129
Figura 83 – Ficha técnica do vidro duplo Coll-Lite SKN 165 II, temperado 6 mm.....	143
Figura 84 – Ficha técnica do vidro simples temperado SGG Planiclear.	144
Figura 85 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio do modelo CORTIZO série FACHADA TP52 (<i>dimensões e propriedades térmicas</i>).	145
Figura 86 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio do modelo CORTIZO série FACHADA TP52 (<i>perfis e dimensões</i>).....	146
Figura 87 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT (<i>dimensões e propriedades térmicas</i>).	147
Figura 88 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio do modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT (<i>perfis e dimensões</i>).....	148
Figura 89 – Ficha técnica da UTAN P-1 do modelo Midea M-AQX4.	153

Figura 90 – Ficha técnica da UTAN P-1 do modelo Midea M-AQX4 (<i>características do ventilador de insuflação</i>)	154
Figura 91 – Ficha técnica do ventilador de extração VE3.	155
Figura 92 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-NO.	156
Figura 93 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-SO.	157
Figura 94 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-SE.	158
Figura 95 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-NE.	159
Figura 96 – Ficha técnica do ventilador de extração VE Copas e Piso -1.	160
Figura 97 – Etiqueta energética da UTAN.	161
Figura 98 – Extrato da classificação do desempenho de unidades <i>split</i> , <i>multisplit</i> , VRV, com permuta ar-ar da Portaria n.º 17-A/2016 [30].	162
Figura 99 – Classe de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado, alimentados a partir da rede elétrica com capacidade nominal $\leq 12\text{kW}$ para arrefecimento ou aquecimento, de acordo com o regulamento Delegado (UE) n.º 626/2011 da Comissão Europeia [31].	162
Figura 100 – Ficha técnica do <i>Split</i> UE1.	164
Figura 101 – Ficha técnica do VRV UE2.	165
Figura 102 – Ficha técnica do VRV UE3.	166
Figura 103 – Ficha técnica do VRV UEUTAN.	167
Figura 104 – Ficha técnica da unidade interior UI1.	168
Figura 105 – Excerto do estudo luminotécnico do edifício, para o espaço da Sala de Reuniões.	169
Figura 106 – Ficha técnica do coletor solar térmico HENQ 2.5.	171
Figura 107 – Ficha técnica do depósito termoacumulador modelo VS 2000 2SKL.	172
Figura 108 – Ficha técnica da caldeira a gás natural Baxi – BIOS PLU-70F.	173
Figura 109 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico para o edifício previsto (pág.1).	174
Figura 110 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico para o edifício previsto (pág.2).	175
Figura 111 – Perfil horário de ocupação para a Sala de Pequenos-Almoços e Copa.	176
Figura 112 – Perfil horário de ocupação para a Sala de Reuniões.	176
Figura 113 – Perfil horário de ocupação dos Quartos.	177

Figura 114 – Perfil horário de ocupação de zonas de ocupação reduzida (Circulações, Instalações Sanitárias, Balneários, Entradas).....	177
Figura 115 – Perfil horário de iluminação dos quartos.	177
Figura 116 – Perfil horário de equipamentos dos quartos.	178
Figura 117 – Perfil horário de ventilação do edifício.	178
Figura 118 – Ficha técnica do elevador do modelo XP04864BP.	180
Figura 119 – Ficha técnica do elevador do modelo XP04867BP.	181
Figura 120 – Ficha técnica da UTA1 proposta para a medida de melhoria 1 (pág.1).	182
Figura 121 – Ficha técnica da UTA2 proposta para a medida de melhoria 1 (pág.1).	183
Figura 122 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico da medida de melhoria 2 (pág.1).	184
Figura 123 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico da medida de melhoria 2 (pág.2).	185
Figura 124 – Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico para a medida de melhoria 3.	186

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca e envidraçada exterior de edifícios de comércio e serviços ($U_{máx}$) [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$] [28].....	18
Tabela 2 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{tot, máx}$ [28].....	19
Tabela 3 – Caudais mínimos de extração de ar (Q_{extmin}) [m^3/h] [28].....	22
Tabela 4 – Requisitos mínimos de eficiência para instalações de elevação, segundo a norma ISSO 25745 [28].	24
Tabela 5 – Zona climática de inverno, em função do número de graus-dias do parâmetro climático.	28
Tabela 6 – Zona climática de verão, em função da temperatura média exterior do parâmetro climático.	28
Tabela 7 – Zona climática de inverno, em função do número de graus-dias do parâmetro climático.	28
Tabela 8 – Zona climática de verão, em função da temperatura média exterior do parâmetro climático.	28
Tabela 9 – Código de cores para a delimitação da envolvente.	30
Tabela 10 – Caracterização construtiva da parede exterior PE1.	32
Tabela 10 – Características dos elementos da envolvente opaca com condição de fronteira exterior e interior (U) [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$].	32
Tabela 12 – Caracterização construtiva do pavimento térreo PAVTER1	34
Tabela 13 – Características dos vãos envidraçados do edifício.	35
Tabela 14 – Coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados.	37
Tabela 15 – Fator solar dos vãos envidraçados.	38
Tabela 16 – Características técnicas da UTAN.	40
Tabela 17 – Características técnicas do sistema de ventilação natural dos quartos.....	41
Tabela 18 – Características técnicas dos ventiladores de extração.....	42
Tabela 19 – Características técnicas do <i>Split</i> UE1.	44
Tabela 20 – Características técnicas dos VRV da instalação.	45
Tabela 21 – Características técnicas da UI1.	45
Tabela 22 – Espaços destinados para cada unidade VRV do estabelecimento em estudo.	46

Tabela 23 – Características técnicas dos coletores solar térmicos e dos depósitos termoacumuladores do sistema AQS do imóvel analisado.	48
Tabela 24 – Características técnicas da caldeira a gás natural.	49
Tabela 25 – Resultados do relatório de simulação de desempenho do sistema solar térmico.	50
Tabela 26 – Especificações técnicas dos elevadores do hotel.	50
Tabela 27 – Densidade de potência dos equipamentos internos do edifício.	51
Tabela 28 – Coeficientes de transmissão térmica de referência dos elementos da envolvente (zona climática I2) [33].	72
Tabela 29 – Principais perdas por transferência de calor da envolvente do edifício, em kWh.	77
Tabela 30 – Consumos energéticos do edifício previsto, em kWh _{EP}	78
Tabela 31 – Desagregação dos consumos em função da fonte de energia, em kWh.	78
Tabela 32 – Consumo de energia primária do edifício de referência, em kWh _{EP}	79
Tabela 33 – Distinção dos consumos de energia do tipo S e do tipo T [7].	81
Tabela 34 – Consumos de energia primária do tipo S e do tipo T do edifício previsto.	82
Tabela 35 – Contributo renovável, considerando a aerotermia e o sistema solar térmico para o edifício previsto.	83
Tabela 36 – Consumos de energia primária do tipo S e do tipo T do edifício de referência. ...	84
Tabela 37 – Intervalos do valor de <i>RIEE</i> , para edifícios de comércio e serviços.	85
Tabela 38 – Características técnicas da UTA1 e UTA2 propostas.	92
Tabela 39 – Comparação dos consumos entre o edifício previsto e o edifício da medida 1, em kWh _{EP}	99
Tabela 40 – Comparação dos indicadores de eficiência energética entre o edifício previsto e a Medida 1.	99
Tabela 41 – Análise económica da Medida 1.	100
Tabela 42 – Resultados do relatório de simulação de desempenho do sistema solar térmico.	103
Tabela 43 – Comparação dos consumos de energia primária entre o edifício previsto e o edifício da Medida 2, em kWh _{EP}	103
Tabela 44 – Comparação dos indicadores de eficiência energética entre o edifício previsto e a Medida 2.	104

Tabela 45 – Análise económica da Medida 2.....	104
Tabela 46 – Características técnicas do módulo fotovoltaico.	105
Tabela 47 – Produção estimada de energia de origem solar para autoconsumo do sistema solar fotovoltaico.	106
Tabela 48 – Distribuição da energia elétrica pelos setores de consumo do edifício do tipo S.	106
Tabela 49 – Comparação dos consumos de eletricidade entre o edifício previsto e o edifício da Medida 3.	107
Tabela 50 – Comparação dos indicadores de eficiência energética entre o edifício previsto e a Medida 3.	107
Tabela 51 – Análise económica da Medida 3.....	108
Tabela 52 – Comparação dos resultados das medidas de melhoria estudadas.	108
Tabela 53 – Caracterização dos espaços interiores do edifício, relativamente à área, volume, pé-direito, ocupação e tipo de espaço.....	115
Tabela 54 – Valores por defeito do coeficiente de redução (<i>bztu</i>) do edifício [33].	120
Tabela 55 – Valores das resistências térmicas superficiais.....	130
Tabela 56 – Caracterização construtiva da parede exterior PE2.	131
Tabela 57 – Caracterização construtiva da parede exterior PE3.	131
Tabela 58 – Caracterização construtiva da parede exterior PE4.	132
Tabela 59 – Caracterização construtiva da parede exterior PE5.	132
Tabela 60 – Caracterização construtiva da parede interior PINT1.	133
Tabela 61 – Caracterização construtiva da parede interior PINT2.	133
Tabela 62 – Caracterização construtiva da parede interior PINT3.	134
Tabela 63 – Caracterização construtiva da parede interior PINT4.	134
Tabela 64 – Caracterização construtiva da cobertura exterior COBEXT1.....	135
Tabela 65 – Caracterização construtiva da cobertura exterior COBEXT2.....	135
Tabela 66 – Caracterização construtiva da cobertura interior COBINT1.....	136
Tabela 67 – Caracterização construtiva do pavimento exterior PAVEXT1.	136
Tabela 68 – Caracterização construtiva do pavimento interior PAVINT1.....	137
Tabela 69 – Caracterização construtiva do pavimento interior PAVINT2.....	137
Tabela 70 – <i>U_{bf}</i> de pavimentos em contacto com o solo sem isolamento térmico [33].....	139
Tabela 71 – Caracterização construtiva do pavimento térreo PAVTER1.....	139

Tabela 72 – Caracterização construtiva da parede em contacto com o solo PENT1.....	140
Tabela 73 – Coeficientes de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno.	140
Tabela 74 – Classes de inércia térmica.	141
Tabela 75 – Cálculo da Inércia Térmica do edifício.....	142
Tabela 76 – Coeficiente de transmissão térmica máximo para os elementos da envolvente opaca e envidraçada exterior do edifício ($U_{m\acute{a}x}$) [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$].	149
Tabela 77 – Cálculo da relação entre área de envidraçado e área da fachada correspondente, por orientação.....	150
Tabela 78 – Verificação regulamentar do fator solar dos vãos envidraçados.	150
Tabela 79 – Caudais efetivos de ar novo e verificação dos requisitos do caudal mínimo de ar novo.....	151
Tabela 80 – Caudais efetivos do ar de extração e verificação dos requisitos do caudal mínimo de extração.....	152
Tabela 81 – Características técnicas dos VRV do edifício.	163
Tabela 82 – Características do sistema de iluminação e cumprimento dos requisitos de iluminação previstos no Capítulo 3.5.....	170
Tabela 83 – Determinação da potência de iluminação introduzida no edifício de referência.	179

LISTA DE SÍMBOLOS

Acrónimos

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CE	Certificado Energético
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
DCR	Declaração de Conformidade Regulamentar
DEE	Desempenho Energético do Edifício
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DGS	Direção-Geral da Saúde
SEER	<i>Seasonal Energy Efficiency Ratio</i>
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i>
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
GES	Grande edifício de comércio e serviços
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
PCE	Pré-Certificado Energético
PQ	Perito Qualificado
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
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SACE	Sistemas de automatização e controlo do edifício
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

SFP	<i>Specific Fan Power</i>
TCMA	Taxa de Crescimento Média Anual
TIM	Técnico de Instalação e Manutenção de edifícios e sistemas
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
VRV	Volume de refrigerante variável

Nomenclatura latina e grega

a	Declive que relaciona a diferença de alturas	$mês/km$ ou $°C/km$
A_{env}	Soma das áreas dos vãos envidraçados do edifício ou fração em estudo, por orientação	m^2
$A_{espaço}$	Área de pavimento do espaço	m^2
A_{eve}	Área da envolvente vertical exterior do edifício ou da fração em estudo, por orientação	m^2
A_f	Área do caixilho	m^2
A_g	Área transparente	m^2
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_p	Área interior útil de pavimento	m^2
$A_{p,solo}$	Área interior útil de pavimento em contacto com o solo	m^2
A_{po}	Área opaca	m^2
A_{tot}	Área total de pavimento	m^2
A_u	Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior não útil do ambiente exterior	m^2
A_w	Área do vão envidraçado	m^2
B'	Dimensão característica do pavimento em contacto com o solo	-
b_{ztu}	Coefficiente de redução	-
$DPI_{100\ lux}$	Densidade de potência de iluminação instalada no espaço, por 100 lx	$(W/m^2)/100\ lx$
$DPI_{100\ lux,máx}$	Densidade de potência de iluminação máxima do espaço, por 100 lx	$(W/m^2)/100\ lx$
DPI_{inst}	Densidade de potência de iluminação instalada	$(W/m^2)/100\ lx$

\bar{E}_m	Iluminância média no espaço	lx
$E_{m,projeto}$	Iluminância do projeto	lx
$E_{m,EN12464-1}$	Iluminância máxima admissível da Norma EN 12464-1	lx
$E_{ren,i}$	Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i	kWh/ano
$E_{S,i}$	Consumo de energia dos usos do tipo S, por fonte de energia i	kWh/ano
$E_{T,i}$	Consumo de energia dos usos do tipo T, por fonte de energia i	kWh/ano
ε_p	Eficácia de remoção de poluentes	-
f	Espaço interior não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedados, 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	-
F_d	Fator de luz natural do espaço	-
F_f	Fator de sombreamento do elemento opaco vertical	-
F_o	Fator de sombreamento do elemento opaco horizontal	-
F_{oc}	Fator de ocupação do espaço	-
$F_{pu,i}$	Fator de conversão de energia final para energia primária, para fonte de energia i	kWh _{EP} /kWh
g_{tot,vc_i}	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar i totalmente ativado	-
g_T	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados	-
g_{tot}	Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados	-
g_{tot,vc_i}	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar i totalmente ativado	-
$g_{T,máx}$	Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados	-
I_t	Massa superficial útil por metro quadrado de área interior útil de pavimento	kg/m ²
$IEE_{fóssil,S}$	Indicador de eficiência energética fóssil do tipo S	kWh _{EP} /(m ² .ano)
IEE_{pr}	Indicador de eficiência energética previsto	kWh _{EP} /(m ² .ano)
$IEE_{pr,S}$	Indicador de eficiência energética previsto do tipo S	kWh _{EP} /(m ² .ano)
$IEE_{pr,T}$	Indicador de eficiência energética previsto do tipo T	kWh _{EP} /(m ² .ano)

$IEE_{pr,ren}$	Indicador de eficiência energética previsto renovável	$kWh_{EP}/(m^2.ano)$
IEE_{ref}	Indicador de eficiência energética de referência	$kWh_{EP}/(m^2.ano)$
$IEE_{ref,S}$	Indicador de eficiência energética de referência do tipo S	$kWh_{EP}/(m^2.ano)$
$IEE_{ref,T}$	Indicador de eficiência energética de referência do tipo T	$kWh_{EP}/(m^2.ano)$
l_g	Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho	m
l_{gb}	Desenvolvimento linear da quadrícula inserida no espaço de ar	m
M_{med}	Média ponderada do nível de atividade metabólica	met
M_{si}	Massa superficial útil do elemento i	kg/m^2
P	Perímetro exposto	m
P_{abs}	Potência elétrica absorvida pela unidade de ventilação	W
P_c	Potência nominal total dos equipamentos de controlo do espaço	W
P_{tot}	Potência nominal total dos sistemas de iluminação instalados no espaço	W
$P_{inst,ref}$	Potência elétrica absorvida pela unidade de ventilação no edifício de referência	W
Q_{AN}	Caudal de ar novo	m^3/h
$Q_{AN,área}$	Caudal de ar novo por unidade de área	$m^3/(h.m^2)$
$Q_{AN,1met}$	Caudal mínimo de ar novo, para o nível de atividade metabólica igual a 1	$m^3/(hora.pessoa)$
$Q_{AN,Mmet}$	Caudal de ar novo por ocupante	$m^3/(hora.pessoa)$
Q_{ANF}	Caudal de ar novo mínimo em espaços dotados de ventilação mecânica	m^3/h
Q_{ANmin}	Caudal de ar novo mínimo	m^3/h
Q_{ext}	Caudal de extração	m^3/h
Q_{extmin}	Caudal de extração mínimo	m^3/h
Q_{usable}	Total de calor utilizável estimado produzido por bombas de calor	kWh/ano
q_v	Caudal de ar da unidade de ventilação	m^3/h
r_i	Fator de redução da massa superficial útil do elemento i	-

R_{IEE}	Rácio da classe energética em edifícios de comércio e serviços	-
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_{tot}	Resistência térmica total	$m^2 \cdot ^\circ C)/W$
$Ren_{C\&S}$	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços	-
S_i	Área da superfície interior do elemento i	m^2
U	Coeficiente de transmissão térmica	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
U_f	Coeficiente de transmissão térmica do caixilho	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
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 dos elementos da envolvente	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
U_{po}	Coeficiente de transmissão térmica da área opaca	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
U_W	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
V_{enu}	Volume do espaço interior não útil	m^3
X	Parâmetro climático a corrigir	-
X_{ref}	Parâmetro climático à cota de referência	-
z	Altitude do edifício	km
Z_{REF}	Altitude de referência	km
z_{solo}	Profundidade média	m
η_{tot}	Eficiência da unidade de ventilação, baseada na pressão total	-
ΔP_{tot}	Diferença de pressão total do ventilador	Pa
θ_{enu}	Temperatura do espaço interior não útil	$^\circ C$
θ_{ext}	Temperatura ambiente exterior	$^\circ C$
$\theta_{ext,v}$	Temperatura média exterior	$^\circ C$
θ_{int}	Temperatura interior	$^\circ C$

ψ	Coeficiente de transmissão térmica linear	$[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
Ψ_g	Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho	$[W/(m \cdot ^\circ C)]$
Ψ_{gb}	Coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar	$[W/(m \cdot ^\circ C)]$

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A Revolução Industrial, que teve início no final do século XVIII, marcou o início do consumo irresponsável dos combustíveis fósseis, com a substituição da mão-de-obra humana pela máquina a vapor, e, posteriormente, com a criação de processos de refinamento de petróleo, o que levou a um desenvolvimento económico e social único na história da humanidade.

Desde então, para além dos avanços tecnológicos na produção de energia, também várias estratégias políticas e ambientais surgiram, a nível global, que permitiu o aumento da geração de energia a partir de fontes renováveis, o aumento da eficiência energética e a diminuição no consumo de combustíveis fósseis. No entanto, a economia global ainda apresenta uma elevada dependência destes recursos, sendo que, atualmente, 60,9% da produção mundial de eletricidade recorre a combustíveis, como carvão, petróleo e gás natural [3]. Tal como foi referido, a combustão destes recursos tem como consequência, não só o esgotamento das suas reservas num futuro próximo, mas também a emissão de grandes quantidades de gases com efeito de estufa, que contribuem significativamente para o aquecimento global.

O setor dos edifícios desempenha um papel significativo no consumo total de energia, representando, em 2022, aproximadamente, 41,7% do consumo e 36% das emissões de CO₂ na Europa [4]. É de referir que, mais de metade deste consumo pode ser reduzido por meio de medidas de eficiência energética, que resultariam numa diminuição anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, constituindo quase a totalidade do compromisso da União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto [5]. Assim, a construção de edifícios mais eficientes é uma matéria de relevância mundial, de modo a reduzir os consumos de energia e diminuir as emissões poluentes para a atmosfera.

Neste sentido, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas para o desempenho energético dos edifícios. A primeira iniciativa da Comissão Europeia voltada para o desempenho energético dos edifícios foi a EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*), emitida em 2002, tendo estabelecido a obrigação, para todos os Estados-

Membros, de implementação de um sistema de certificação energética, para obtenção da licença de utilização em edifícios novos, em reabilitações de edifícios existentes ou na locação e/ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes [6]. A transposição da referida diretiva para o panorama nacional ocorreu em 2006, com a aprovação do Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e a criação de um sistema pioneiro de Pré-certificação, através do denominado pré-certificado (PE). Recentemente, entrou em vigor o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, a partir de 1 de julho de 2021 [2].

Assim, a certificação energética trata-se de um método de comparação de edifícios, com o objetivo de desenvolver soluções, que permitam minimizar o impacto ambiental e aprimorar sistemas com baixa eficiência energética, no sentido do menor consumo de energia, sem comprometer o conforto térmico dos ocupantes [2].

As problemáticas previamente apresentadas vêm reforçar a urgência de encontrar formas de reduzir as necessidades energéticas dos edifícios. Esta necessidade, aliada ao facto de ser uma área com um grande potencial de crescimento em Portugal, serviu de impulso para a realização do projeto.

1.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O mestrado em Engenharia mecânica, na área de especialização Tecnologias Energéticas e Ambientais, proporciona a todos os estudantes a possibilidade de optar entre um trabalho individual de investigação ou um projeto individual desenvolvido em ambiente empresarial. Deste modo, e de forma a obter uma compreensão mais aprofundada dos desafios específicos relacionados com a certificação energética de edifícios, foi optado por realizar a dissertação numa empresa, uma vez que permite uma aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos nos últimos anos, que não seria possível, da mesma forma, num ambiente académico.

A MMEC, sediada no Centro de Negócios Ideia Atlântico n.º 11, em Braga, é uma empresa de prestação de serviços que se destaca pelo seu compromisso com a eficiência energética e sustentabilidade, em projetos na área da indústria e edifícios. A empresa conta com uma equipa de 7 profissionais especializados, incluindo Engenheiros e Peritos Qualificados (PQ), comprometidos com a excelência, que colaboram de maneira integrada

para oferecer soluções inovadoras e sustentáveis no campo da eficiência energética de edifícios.

1.3. OBJETIVOS

Entre os diferentes tipos de edifícios, os hotéis, como edifícios de comércio e serviços, apresentam desafios específicos, no que diz respeito ao consumo energético, devido às suas operações contínuas e à diversidade de serviços que oferecem aos hóspedes. Com a expansão contínua do turismo em Portugal e o aumento das expectativas dos hóspedes, em relação ao conforto e conveniência, o setor hoteleiro tem o desafio de atender às necessidades dos clientes, bem como o de reduzir o impacto ambiental dos seus edifícios. O crescimento do turismo impulsiona a construção e operação de novos hotéis, tornando a eficiência energética uma preocupação revigorante para garantir a sustentabilidade a longo prazo e alinhar as práticas construtivas com os compromissos nacionais e internacionais de redução das emissões de carbono.

Neste contexto, a presente dissertação propõe-se a realizar uma análise aprofundada do desempenho energético de um edifício de comércio e serviços, com tipologia de hotel. O foco principal recai sobre a aplicação de medidas de racionalização dos consumos de energia e avaliação do seu impacto na eficiência energética e na redução do consumo, sem prejudicar o conforto térmico e bem-estar dos ocupantes.

Para alcançar este objetivo, a utilização da simulação dinâmica no hotel surge como uma ferramenta essencial. Ao criar modelos computacionais que representam com precisão as características físicas e operacionais dos edifícios, a simulação dinâmica permite a análise de múltiplos fatores interdependentes, como influências sazonais, padrões de ocupação, elementos da envolvente e interações entre os diferentes sistemas técnicos, permitindo testar soluções que convergem para os objetivos pretendidos e cumprem com as exigências e regulamentações impostas. Existem diversos programas capazes e creditados pela norma ASHRAE 140-2004 de simulação dinâmica, sendo um deles o *EnergyPlus*. Devido à sua complexidade e rudimentaridade gráfica, é comum recorrer a *software* que servem como interfaces ao *EnergyPlus*, permitindo ao utilizador modelar o edifício e introduzir os dados de forma mais simplificada, sendo um deles o *DesignBuilder*, que será explorado durante a dissertação.

1.4. GUIA DE LEITURA

O presente documento é dividido em 7 capítulos. O Capítulo 1 corresponde ao enquadramento, definição de objetivos e estrutura da dissertação. O Capítulo 2 refere-se à revisão bibliográfica, no qual são abordados teoricamente o panorama energético português atual e as iniciativas legislativas de certificação energética de edifícios, aplicadas na União Europeia, bem como a sua transposição para o contexto legislativo português. O Capítulo 3 enumera os vários requisitos de desempenho energético do edifício em estudo, tendo em conta a norma transitória do Artigo 44º do Decreto-lei n.º 101-D/2020 [7]. No Capítulo 4, é descrito o edifício em estudo, em termos de localização, características de construção e sistemas técnicos integrantes. No Capítulo 5, é abordado a criação do modelo do edifício previsto e de referência e o método realizado para a introdução de dados no *software* de simulação dinâmica. O capítulo 6 apresenta a análise detalhada dos resultados obtidos para o edifício previsto e de referência, de modo avaliar o funcionamento do hotel e os possíveis parâmetros com potencial de melhoria. Também é indicado a metodologia de determinação dos indicadores de eficiência energética e do consequente cálculo da classificação energética. O capítulo 7 corresponde à análise das três medidas de melhoria, com vista à otimização do desempenho energético do hotel, sendo realizada uma análise energética, económica e de eficiência de cada medida proposta. É também abordado a conjugação das três medidas implementadas e a sua viabilidade na aplicação no edifício em estudo. Por último, são apresentadas as conclusões relativas ao estudo efetuado e potenciais trabalhos futuros.

2. POLÍTICA ENERGÉTICA

2.1. PANORAMA ENERGÉTICO PORTUGUÊS

A produção de energia elétrica pode ser efetuada por duas grandes áreas: produção por via das fontes renováveis e por via térmica. As energias renováveis são provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar, sendo praticamente inesgotáveis, não alterando o balanço térmico do planeta. Estas energias recorrem a recursos naturais que permitem produzir energia hídrica, eólica, de biomassa, solar, oceânica e geotérmica.

A produção de eletricidade por via térmica recorre a quatro combustíveis de origem fóssil: carvão, gás natural, fuelóleo e gasóleo. O carvão é um combustível que emite uma grande quantidade de gases com efeito de estufa durante a sua combustão e, por isso, sofreu, a nível nacional, uma redução constante ao longo dos últimos anos até à sua completa inutilização, no final do ano de 2021 [8]. O petróleo e os seus derivados são as formas de energia mais consumidas em Portugal, quer como forma de energia primária, quer como energia final. No entanto, a introdução do gás natural foi, até ao momento, o acontecimento mais importante no setor energético nacional, uma vez que é um combustível versátil, competitivo e limpo e que permite a diversificação das fontes de abastecimento de energia primária.

O balanço energético de produção de eletricidade em Portugal em 2022 é apresentado na Figura 1. Em 2022, a produção renovável nacional abasteceu 49% do consumo elétrico, uma redução de 11% relativamente ao ano de 2021, sendo a eólica a principal fonte renovável, abastecendo 25% do consumo. No que concerne ao saldo de trocas com o estrangeiro, Portugal foi importador pelo quarto ano consecutivo, equivalendo a 18% do consumo nacional, um aumento de 6% relativamente a 2021 [9].

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

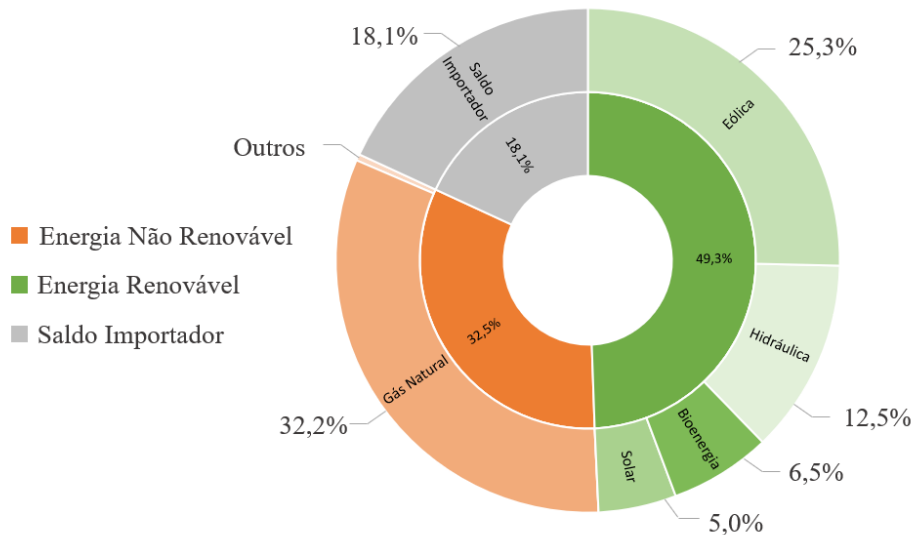


Figura 1 – Balanço da produção de eletricidade, em Portugal, no ano de 2022 [10].

Comparando com a média da União Europeia, Portugal incorporou, aproximadamente, mais 20% de energias renováveis no setor da eletricidade em 2021, demonstrando, assim, a constante aposta nestas fontes de energia (Figura 2) [11].

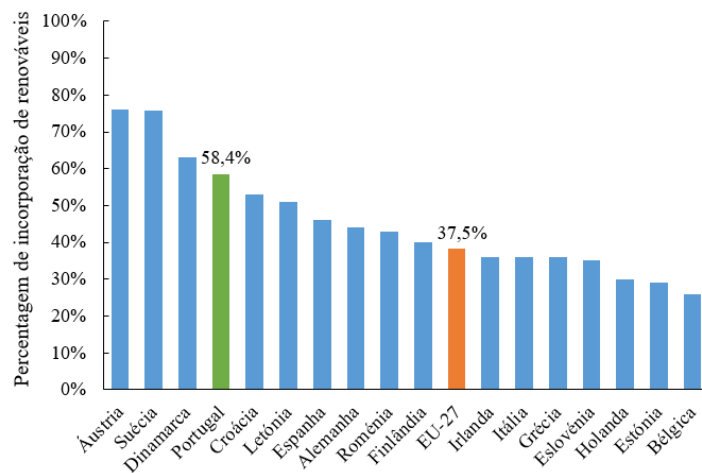


Figura 2 – Incorporação de energias renováveis no setor da eletricidade, na EU-28, em 2021 [11].

2.1.1.1. DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA EXTERIOR

Historicamente, Portugal e os restantes membros da União Europeia apresentam uma elevada dependência energética exterior, fruto da escassez de recursos fósseis em território nacional, o que resulta em importações que têm um impacto substancial, tanto na economia quanto no meio ambiente.

A aposta crescente em energias renováveis e eficiência energética, com particular incidência nos últimos 15 anos, possibilitou que Portugal reduzisse a sua dependência

exterior, sendo que em 2005, 88,8% da energia provinha do exterior e em 2022, este valor passou para 71,2%. Na Figura 3 é apresentada a evolução da dependência energética de Portugal.

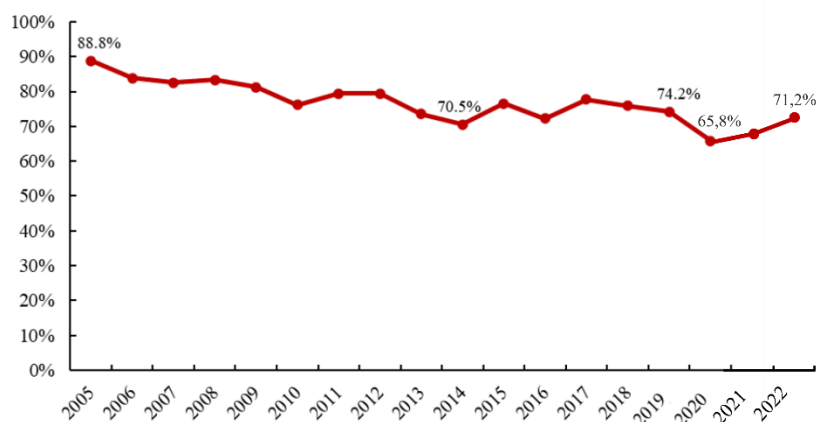


Figura 3 – Evolução da dependência energética, em Portugal [12].

Pela análise da Figura 3, constata-se que a dependência energética, em 2020, atingiu um valor de 65,8%, historicamente mais baixo, que foi resultado da quebra do consumo final de energia devido ao impacto da pandemia COVID-19 e ao facto do saldo importador em teor energético ter diminuído 22%, considerando a redução de importações de carvão de origem fóssil, petróleo bruto e respetivos derivados. No entanto, nos últimos anos, tem-se verificado um aumento da dependência energética exterior, tendo-se verificado um valor de 71,2%, em 2022 [12].

2.1.2. EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

Nos últimos dez anos, tem havido uma diminuição constante no consumo total de energia primária, tal como é possível se observar na Figura 4.

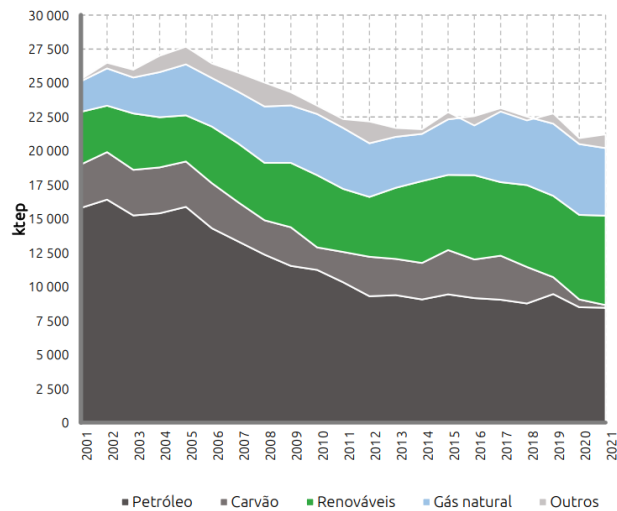


Figura 4 – Evolução do consumo total de energia primária, por fonte energética, em Portugal [12].

Da análise da Figura 4, é possível concluir que os consumos nacionais apresentam uma tendência decrescente, com uma Taxa de Crescimento Média Anual (TCMA) de -1,0%. Esta redução é parcialmente impulsionada pela implementação de políticas, que promovem a produção de energia para autoconsumo, a adoção de sistemas de aproveitamento de energias renováveis e o aprimoramento da eficiência energética dos sistemas. Em termos de representatividade, o petróleo e os seus derivados continuam a ser a fonte energética mais utilizada, apesar da tendência de diminuição do seu peso relativo, representando 40,6% do consumo de energia primária em 2021, seguido das renováveis (31,6%) e do gás natural (23,9%) [1].

Os edifícios são responsáveis por uma grande parte dos consumos energéticos. A nível europeu, em 2021, o setor dos edifícios é responsável por 41,7% das necessidades energéticas (28% dizem respeito a edifícios residenciais e 19% a edifícios de serviços), que corresponde à maior fração de consumo de energia entre os setores de atividade económica. Sendo responsáveis por 36% das emissões de dióxido de carbono (CO₂), a eficiência energética dos edifícios constitui, por isso, um elemento central da política de eficiência energética da União Europeia [13].

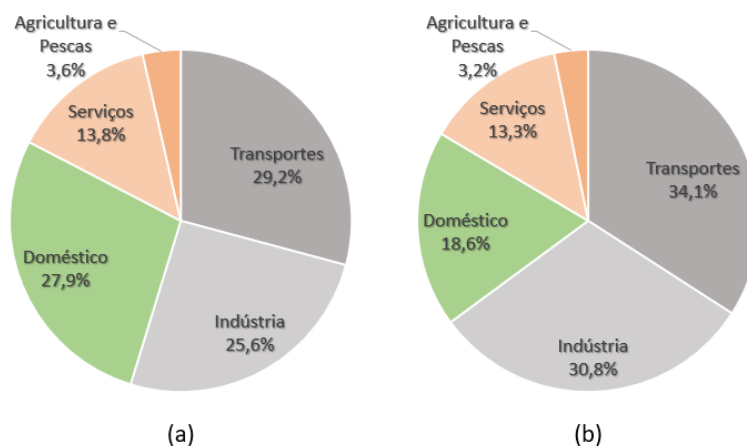


Figura 5 – Consumo de energia final por setor de atividade, em 2021: (a) a nível europeu; (b) a nível nacional [1], [13].

Em linha com os dados da União Europeia, em Portugal, no ano de 2021, o setor dos edifícios foi um dos maiores consumidores finais de energia, com um peso, de cerca de 31,9% do consumo final (18,6% referentes ao setor doméstico e 13,3% ao setor dos serviços), semelhante ao do setor da indústria transformadora (30,8%) e ao dos transportes (34,1%), como se pode observar na Figura 5 (b) [1], [4].

Desta forma, o reforço e a implementação de políticas e práticas de eficiência energética no setor dos edifícios é uma prioridade global, tanto pela vertente económica, como ambiental.

2.1.3. CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR HOTELEIRO

No entanto, ao nível do setor de serviços, existe uma grande variedade de edifícios com diferentes perfis de consumo, sendo, por isso, relevante estudar onde o hotel, como caso de estudo desta dissertação, se enquadra nos vários subsetores dos edifícios de serviços. Assim sendo, na Figura 6, é ilustrado a distribuição dos consumos de energia para os vários subsetores dos edifícios de serviços, referentes ao ano de 2019, concluindo que existe uma distribuição similar entre os vários estados-membros da EU-27 [14].

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

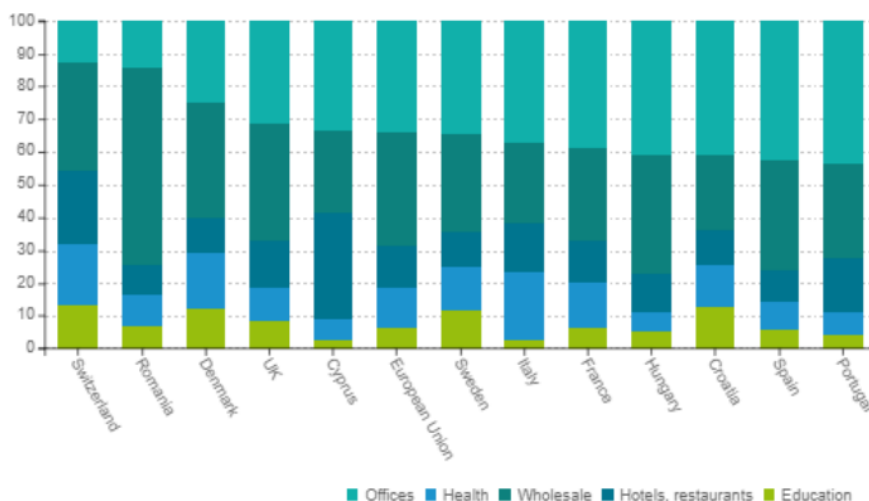


Figura 6 – Consumo de energia final por subsetor dos edifícios de serviços, em 2019 [14].

É de constatar que, na maioria dos países da Figura 6, o subsetor dos escritórios e de comércio representam os principais consumidores de energia, com aproximadamente dois terços do consumo elétrico em toda a União Europeia. Além disso, tal como se pode observar na Figura 6, em Portugal, os hotéis e restaurantes ocupam a terceira posição como principais consumidores de energia final dos edifícios de serviços, contribuindo com cerca de 17% do consumo de eletricidade deste setor [14].

De forma a ser possível a avaliação do potencial de redução do consumo energético dos hotéis, torna-se então relevante estudar a relação existente entre as atividades desenvolvidas nos hotéis e o consumo de energia despendido. Dada a diversidade de unidades hoteleiras, apresenta-se, a título ilustrativo na Figura 7, um perfil típico do consumo de energia numa unidade hoteleira genérica, elaborada no âmbito do projeto “Por um Turismo Sustentável”, promovida pela ENA (Agência de Energia e Ambiente da Arrábida), em 2020 [15].



Figura 7 – Distribuição medida do consumo de energia numa unidade hoteleira, em 2020 [15]

Uma grande parte dos consumos de energia da unidade hoteleira do projeto apresentado são relativos à ventilação e climatização dos espaços, estimando-se um valor de até 50% do consumo energético total. A produção de águas quentes para fins sanitários (AQS) corresponde ao segundo serviço com maior consumo energético (de 15% até 25%). Segundo o projeto apresentado, o consumo de iluminação é estimado estar na faixa entre 12% a 18%, chegando a corresponder até 40% do consumo de eletricidade, dependendo da categoria do estabelecimento e das tecnologias utilizadas. Por último, serviços como a restauração e lavandarias contribuem significativamente para o consumo de energia, especialmente quando os equipamentos utilizados são menos eficientes [16].

2.2. INICIATIVAS LEGISLATIVAS

2.2.1. CONTEXTO LEGISLATIVO EUROPEU

Como referido anteriormente, no cenário internacional, existe um consenso quanto à necessidade de melhorar a qualidade e a eficiência energética dos edifícios, além de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. Neste contexto, os Estados-Membros têm vindo a promover uma série de medidas para impulsionar a melhoria do desempenho energético e do conforto térmico dos edifícios, por meio da criação de regulamentos e normas.

A primeira Diretiva da União Europeia sobre este tema foi publicada em 1993, intitulada Diretiva do Conselho 93/76/CEE, destinada a limitar as emissões de dióxido de carbono, através da melhoria da eficiência energética. No entanto, a diretiva era facultativa e também continha várias ambiguidades (relativas à forma de fornecer informações sobre a eficiência energética), que resultaram numa baixa adesão por parte dos Estados-Membros [17][18].

Esta Diretiva foi sucedida pela Diretiva n.º 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002, também denominada de EPBD, que exige, pela primeira vez, medidas específicas ao setor dos edifícios, estabelecendo o ponto de partida na promoção da eficiência energética [19]. A EPBD estabeleceu a obrigação para todos os Estados-Membros de implementarem um sistema de certificação energética, de modo a obter a licença de utilização em edifícios novos, em reabilitações de edifícios existentes ou na locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes. Os certificados devem também fornecer informações sobre a classe energética do edifício e incluir potenciais medidas de melhoria com viabilidade económica, de forma acessível ao proprietário ou aos potenciais compradores ou arrendatários. Desta forma,

esta diretiva oferece uma maneira simples e acessível de comparar e avaliar o desempenho energético do edifício, tendo os cidadãos um papel mais preponderante na responsabilidade energética. A Diretiva EPBD também impõe requisitos térmicos mínimos para os edifícios novos e para reabilitações de edifícios existentes com mais de 1000 m² [20].

A Diretiva 2010/31/EU surgiu da necessidade de atualizar a Diretiva 2002/91/CE, com o intuito de aumentar a eficiência energética na União Europeia, de modo a alcançar melhores resultados para o cumprimento das metas de 2020. Estas metas impunham a todos os estados-membros a redução efetiva de 20% das emissões de gases com efeito de estufa em relação a 1990, uma quota mínima do consumo de energias renováveis em 20% e um aumento de 20% na eficiência energética, em relação a 2007 [21]. Assim, esta diretiva define novos requisitos mínimos de desempenho energético para os edifícios novos e para edifícios com grandes reabilitações, bem como inspeções aos sistemas de aquecimento e de ar condicionado. Para além disso, os edifícios existentes, quando sujeitos a uma grande renovação, devem atualizar o seu desempenho energético para cumprir com os requisitos aplicáveis.

Mais recentemente, em 2018, surgiu a Diretiva 2018/844, com vista ao reforço das disposições da Diretiva 2010/31/UE. Esta diretiva exige que os estados-membros elaborem estratégias de renovação a longo prazo para apoiar a renovação de edifícios residenciais e não residenciais, com vista a atingir em 2050, uma redução de 80% a 95% das emissões de gases com efeito de estufa, em comparação com 1990 [21]. Para além disso, a diretiva amplia o regime de inspeção prévio de sistemas de aquecimento e ar condicionado para incluir os sistemas combinados (com ventilação) e tendo em conta o desempenho dos sistemas em condições de funcionamento típicas. Por último, existe um incentivo ao uso de sistemas de controlo e automatização em edifícios e à implementação de infraestruturas para o carregamento de veículos elétricos em locais de estacionamento, exigindo a instalação de infraestrutura de dutos e pontos de carregamento [21].

2.2.2.CONTEXTO LEGISLATIVO PORTUGUÊS

Os edifícios em Portugal frequentemente apresentam baixa eficiência energética devido à predominância de construções mais antigas, muitas das quais não tendo sido projetadas com foco no desempenho energético. A falta de investimento em medidas de eficiência energética, como isolamento adequado e sistemas de climatização eficientes, resulta em

elevados consumos de energia para manter o conforto térmico e uma qualidade do ar aceitável, impactando negativamente tanto os custos dos proprietários quanto o meio ambiente.

No entanto, nas últimas décadas, Portugal tem testemunhado uma evolução crescente a nível legislativo e em termos de exigências relacionadas ao desempenho energético dos edifícios. O país tem vindo a adotar regulamentos mais rigorosos e normas técnicas que promovem o aumento da eficiência energética na construção. O primeiro Decreto-lei sobre este tema foi publicado em 1990, intitulado Decreto-Lei n.º 40/1990, que tinha como objetivo impor requisitos de projeto relativos às condições de conforto térmico para novos edifícios e grandes renovações, sem provocar um consumo excessivo de energia. Com este objetivo, o regulamento foca-se na melhoria do desempenho térmico das envolventes, através da implementação de requisitos térmicos para as mesmas [22][23].

A falta de controlo e manutenção dos sistemas técnicos, bem como a falta de requisitos e obrigações relativamente aos valores mínimos de renovação de ar levou a problemas de qualidade do ar interior, com impacto na saúde pública. Por outro lado, o aumento da procura por sistemas de climatização e o aumento generalizado da construção de edifícios, fez com que a União Europeia publicasse a EPBD 2002/91/CE, para todos os estados-membros, descrita no Capítulo 2.2.111.

Esta diretiva foi transposta para o ordenamento jurídico nacional, através do Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), de Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI), o Decreto-Lei 79/2006, relativo ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Decreto-Lei 80/2006, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). O SCE tem como objetivo assegurar, em termos regulamentares, as condições de eficiência energética, a utilização de sistemas de energias renováveis e as condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as indicações do RCCTE e do RSECE. Para além disso, pretende certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios e identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos [24].

Para além disso, embora a Diretiva EPBD 2002/91/CE apenas impunha exigências sobre o desempenho energético, Portugal, no âmbito do RSECE, exigiu a garantia de uma boa qualidade do ar interior (QAI) no interior dos edifícios de serviços [24]. Portugal também

obrigou à verificação dos requisitos numa fase prévia à construção, com a introdução da DCR (Declaração de Conformidade Regulamentar), que não constava na diretiva que deu origem ao decreto-lei mencionado. Embora o custo da certificação é maior, devido à obrigatoriedade de emissão de dois documentos em vez de um, como legislado na Diretiva, o potencial de poupança é maior, uma vez que se pode evitar correções que seriam desfavoráveis no final da construção [25].

Em 2013, os três diplomas da EPBD 2002/91/CE foram transpostos para o ordenamento jurídico nacional, sendo agregados num único decreto-lei, o Decreto-Lei n.º 118/2013, com o intuito de simplificar, otimizar e sistematizar o processo de certificação energética. Este Decreto-Lei aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) em dois regulamentos: o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Esta separação tem o objetivo de facilitar o tratamento e gestão dos projetos, bem como promover uma maior facilidade na interpretação d normas e de terminologia [26].

O REH estabelece os requisitos exclusivamente para os edifícios de habitação, onde assume destaque o comportamento térmico e eficiência dos sistemas. Os sistemas técnicos devem ser avaliados e sujeitos a requisitos, relativos à melhoria do seu comportamento térmico, prevenção de patologias e conforto ambiente [22].

O RECS incide sobre os requisitos de edifícios de comércio e serviços e os seus sistemas técnicos, com destaque para o comportamento térmico, eficiência, qualidade do ar interior e instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos. O RECS também estabelece requisitos de eficiência energética, para os sistemas técnicos, estabelecendo padrões mínimos de eficiência energética para os sistemas de climatização, aquecimento de águas, iluminação, integração de energias renováveis e gestão de energia [22].

Na climatização, este Decreto-Lei também incentiva a utilização de sistemas passivos nos edifícios, com o objetivo de reduzir a dependência nos sistemas ativos de climatização, sem comprometer o desempenho energético do edifício. Relativamente à ventilação, manteve-se a exigência dos caudais mínimos de ar novo nos edifícios novos, privilegiando-se a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica [26].

Também é pela primeira vez introduzido o conceito NZEB, *Nearly Zero Energy Building*, isto é um edifício que apresenta um elevado desempenho energético e necessidades energéticas quase nulas, supridas em grande parte recorrendo a fontes renováveis. Segundo

a legislação, os edifícios novos licenciados após 2021, têm de pertencer a esta categoria e os edifícios novos na propriedade de uma entidade pública devem ter necessidades quase nulas de energia [27].

É de referir que passam a ser reconhecidos como certificações técnicas, o Pré-Certificado Energético (PCE) e o certificado Energético (CE), sendo estes obrigatórios para instrução de atividades urbanas. O Certificado Energético (CE) é um documento técnico único, atribuído a cada edifício ou fração autónoma, emitido por um Perito Qualificado (PQ), que descreve o desempenho energético da propriedade. O Pré Certificado Energético (PCE) é semelhante ao CE, mas é emitido durante a fase de projeto e é fundamental para dar início ao processo de licenciamento de novas construções ou grandes reabilitações em edifícios ou frações autónomas existentes [26].

O Decreto-Lei n.º 118/2013 distingue dois tipos de técnicos intervenientes no processo do SCE, sendo estes, o Perito Qualificado (PQ), para a certificação energética, e o Técnico de Instalação e Manutenção de edifícios e sistemas (TIM) [26].

Para além disso, também foram definidas indicações para a entidade de gestão do SCE, sendo da responsabilidade da ADENE e para as entidades supervisoras (DGEG, DGS e APA). A Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) é responsável pela fiscalização, regulamentado por portaria do membro do Governo responsável pela área da energia e a Direção-Geral da Saúde (DGS) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), são responsáveis pelo acompanhamento da aplicação do decreto-lei, relativamente à qualidade do ar interior [26].

Mais recentemente, o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 transpõe a Diretiva 2018/844 para a ordem jurídica interna nacional, tendo como principal objetivo a regulamentação, conceção e renovação de edifícios e do SCE. Assim, são estabelecidos requisitos para a conceção e renovação dos sistemas técnicos, com o objetivo de criação de edifícios novos com necessidades quase nulas de energia (NZEB), de modo a atingir as metas de renovação da União Europeia até 2050. É também exigido a realização de inspeções periódicas aos edifícios e a instalação de sistemas de automatização e controlo do edifício (SACE), até 31 de dezembro de 2025. Para além disso, todos os edifícios novos ou sujeitos a grandes renovações, são obrigados à instalação de infraestruturas de carregamento de veículos elétricos [7].

Por fim, é importante referir o Artigo 44.º referente à norma transitória entre as duas legislações, que indica que os edifícios cujo procedimento de licenciamento se tenha iniciado e não tenha sido concluído, antes de 1 de julho de 2021, estão dispensados da aplicação dos requisitos da nova legislação, sem prejuízo da obrigação de inclusão no respetivo processo da demonstração do cumprimento dos requisitos decorrentes da legislação aplicável em vigor. No entanto, para efeitos de certificação energética e determinação da classe energética do edifício, estes devem seguir a metodologia de cálculo, prevista no Decreto-Lei n.º 101-D/2020, não se encontrando estes limitados às classes exigidas para edifícios novos e edifícios sujeitos a grandes renovações [7].

3. REQUISITOS DO RECS

O edifício em análise, construído em 2022, teve o seu processo de licenciamento iniciado num período anterior a 1 de julho de 2021, tendo sido concluído após a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 101-D/2020. Desta forma, segundo o Artigo 44º do decreto-lei mencionado, referente à norma transitória entre as duas legislações, o edifício em análise não se encontra obrigado à verificação dos requisitos previstos na nova legislação, tendo ainda assim que cumprir com os requisitos da legislação em vigor, aquando do processo de licenciamento, isto é, os requisitos do Decreto-Lei n.º 118/2013 e as suas revisões legislativas. Porém, para efeitos de certificação, o cálculo da classe energética do edifício em estudo deve obedecer à metodologia de cálculo estipulada na nova legislação, através do Manual SCE [7].

Assim sendo, os requisitos que o edifício em análise tem a obrigação de cumprir, deve obedecer na íntegra o disposto no Decreto-Lei n.º 118/2013 e as revisões legislativas que se enquadra.

3.1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O caso de estudo em análise trata-se de um edifício novo de comércio e serviços, uma vez que o processo de licenciamento tem data de entrada no projeto de arquitetura posterior a 1 de dezembro de 2013, conforme a Alínea (v) do Artigo 2º do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto [26]. Assim, torna-se, portanto, relevante estudar os requisitos aplicáveis a edifícios novos, regulamentados pelo RECS, que serão apresentados nos seguintes subcapítulos.

3.2. REQUISITOS DA QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE

A Portaria n.º 349-B/2013 estabelece os requisitos mínimos de desempenho energético aplicáveis à envolvente térmica dos edifícios, aplicável apenas a edifícios novos e sujeitos a intervenções [28].

Dentro da envolvente, existe a envolvente opaca, que é constituída pelas paredes, pavimentos, coberturas e pontes térmicas, e a envolvente envidraçada, da qual fazem parte os vãos envidraçados.

No âmbito do RECS, apenas a envolvente opaca exterior e a envidraçada exterior apresentam requisitos para o coeficiente de transmissão térmica. Desta forma, na Tabela 1, apresentam-se os valores máximos admissíveis do coeficiente de transmissão térmica ($U_{máx}$) da envolvente opaca exterior e envidraçada exterior, para edifícios de comércio e serviços. É de notar que se inclui os valores para a fase de licenciamento a partir de 31/12/2015, porque é a que o hotel se enquadra [28].

Tabela 1 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca e envidraçada exterior de edifícios de comércio e serviços ($U_{máx}$) [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$] [28].

$U_{máx}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]				
Portugal Continental				
Zona Climática		I1	I2	I3
Envolvente exterior	Elementos opacos verticais	0,70	0,60	0,50
	Elementos opacos horizontais	0,50	0,45	0,40
Vãos envidraçados (portas e janelas) U_w		4,30	3,30	3,30

Deste modo, deve-se proceder à comparação do coeficiente de transmissão térmica (U), obtido a partir da metodologia apresentada no Capítulo 4.3.3, com o coeficiente de transmissão térmica máximo $U_{máx}$, de cada uma das envolventes opacas e envidraçadas exteriores do edifício, para cumprimento do requisito.

Os vãos envidraçados possuem também a obrigação no cumprimento de requisitos, ao nível do fator solar. Assim, os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, não orientados no quadrante Norte, em espaços interiores úteis, devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados, que obedeça à Equação (1) [28](1).

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

Em que:

g_T - Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção, permanentes ou móveis, totalmente ativados;

F_o - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, como palas e varandas;

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

$g_{T,máx}$ - Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados, obtido a partir da Tabela I.12 da Portaria n.º 349-D/2013 [28].

Para grandes edifícios de serviços (GES), no caso da soma da área dos vãos envidraçados verticais for superior a 30% da área da fachada onde os mesmos se inserem, deve-se obedecer à condição da Equação (2), em vez da Equação (1) [28].

$$g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{T,máx} \cdot \frac{0,30}{\left(\frac{A_{env}}{A_{eve}}\right)} \quad (2)$$

Em que:

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

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

Para edifícios de comércio e serviços, o fator solar máximo admissível dos vãos, referido nas condições anteriores, pode ser determinado de acordo com a Tabela 2, independente da inércia térmica, variando apenas consoante a zona climática de verão.

Tabela 2 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{tot,máx}$ [28].

Tipo de edifício	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Edifício de comércio e serviços	0,56	0,56	0,50

A verificação dos requisitos apresentados, para o caso de estudo do hotel, pode ser consultada no Anexo 10.

3.3. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

3.3.1. CAUDAL MÍNIMO DE AR NOVO

Para assegurar os valores de caudal mínimo de ar novo previstos no RECS, os edifícios de comércio e serviços devem ser dotados de soluções de ventilação por meios naturais, meios mecânicos ou uma combinação de ambos. Tanto os sistemas de ventilação natural como mecânica, devem garantir que o caudal de ar novo (Q_{AN}) é superior ao caudal de ar novo mínimo (Q_{ANmin}), que é determinado, em função dos critérios de ocupação e do edifício, de acordo com a Equação (3) [28][29].

$$Q_{AN_{min}} = \text{Máximo} (Q_{AN_{critério ocupação}}; Q_{AN_{critério edificio)}) \quad (3)$$

O valor do caudal de ar novo a introduzir nos espaços, deve ser corrigido pela eficácia de remoção de poluentes, de acordo com a Equação (4). A eficácia de remoção de poluentes avalia de que forma um poluente existente no ar interior é removido do compartimento pelo sistema de ventilação, devendo, para efeitos do cumprimento do requisito de caudal mínimo de ar novo, recorrer-se aos valores previstos na Tabela I.01 da Portaria 353-A/2013 [28].

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

Em que:

Q_{ANF} – Caudal de ar novo mínimo corrigido pela eficácia de remoção de poluentes, [m³/h];

ε_v – Eficácia de remoção de poluentes.

De seguida, deve-se calcular o caudal mínimo de ar novo do edifício, em função da área do edifício e da ocupação e comparar os dois valores, sendo o caudal a considerar o maior dos dois resultados.

3.3.1.1. CRITÉRIO DE OCUPAÇÃO

O caudal mínimo de ar novo pelo critério de ocupação é obtido de acordo com um dos dois métodos distintos: o método prescritivo ou o método analítico, sendo da escolha da responsabilidade do projetista, tendo-se calculado através do método prescritivo no projeto em análise.

Este método baseia-se na determinação dos caudais de ar novo que garantem a diluição da carga poluente devido aos ocupantes do espaço. O valor do caudal de ar novo (Q_{AN}) deve ser obtido pela Equação (5), em que M_{med} corresponde à média ponderada do nível de atividade metabólica [met] e $Q_{AN,1met}$ o caudal mínimo de ar novo, para o nível de atividade metabólica igual a 1 [m³/(hora.pessoa)] [29].

$$Q_{AN} = M_{med} \cdot Q_{AN,1met} \quad (5)$$

Nesta situação, o valor de $Q_{AN,1met}$ deve ser obtido pela Tabela I.04 da Portaria n.º 353-A/2013, em função do tipo de espaço. Em espaços ocupados por mais de um tipo de atividade, tem de ser calculada a média ponderada do nível de atividade metabólica [28].

3.3.1.2. CRITÉRIO EDIFÍCIO

O critério do edifício baseia-se na determinação do caudal de ar novo (Q_{AN}), necessário à diluição da carga poluente devido ao próprio espaço, aos seus materiais e ao tipo de atividade desenvolvida no mesmo, que é obtido através da Equação (6) [29].

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

Em que:

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

$Q_{AN,área}$ - Caudal de ar novo mínimo por unidade de área [$m^3/h.m^2$].

O caudal de ar novo mínimo por unidade de área, deve ser obtido através da Tabela I0.5 da Portaria n.º 353-A/2013, em função da carga poluente do espaço. É de referir que, para espaços em que o tipo de atividade seja “sono”, não deve ser calculado o caudal mínimo de ar novo em função da área, sendo o requisito verificado unicamente em função da ocupação [28].

Por fim, para cumprir o requisito, deve-se verificar que o valor do caudal de cada espaço é superior ao valor do caudal mínimo, obtido pela metodologia supracitada, conforme a Equação (3).

3.3.2. CAUDAL MÍNIMO DE EXTRAÇÃO DE AR

De acordo com o previsto na Tabela I.06 da Portaria 353-A/2013, as instalações sanitárias e balneários dos edifícios de comércio e serviços devem apresentar um caudal de extração (Q_{ext}), igual ou superior ao caudal de extração mínimo, que deve ser obtido de acordo com a Tabela 3, não devendo ser considerado a eficácia de remoção de poluentes (ε_v) no cálculo efetuado [28].

Tabela 3 – Caudais mínimos de extração de ar ($Q_{ext_{min}}$) [m³/h] [28].

Tipo de espaço	Sistema de extração	Caudal mínimo extração
Instalação sanitária privada	Com funcionamento contínuo	$Máx (45 \times (n.º \text{ de urinóis} + n.º \text{ de sanitas}); 10 \times A_{pav})$
	Sem funcionamento contínuo	$Máx (90 \times (n.º \text{ de urinóis} + n.º \text{ de sanitas}); 10 \times A_{pav})$
Balneários	Com funcionamento contínuo	$Máx (45 \times n.º \text{ de duches}; 10 \times A_{pav})$
	Sem funcionamento contínuo	$Máx (90 \times n.º \text{ de duches}; 10 \times A_{pav})$
Instalação sanitária pública		$Máx (90 \times (n.º \text{ de urinóis} + n.º \text{ de sanitas}); 10 \times A_{pav})$

É importante referir que uma instalação sanitária privada corresponde ao espaço que é ocupado apenas por uma pessoa em cada utilização, enquanto uma instalação pública é ocupada por várias pessoas em simultâneo. Para além disso, o funcionamento contínuo corresponde a um sistema de extração com um horário de funcionamento igual ao do espaço, enquanto espaços com funcionamento intensivo apresentam geralmente uma elevada taxa de ocupação. Nos casos em que se verifique a existência de duches, sanitas e/ou urinóis, deve-se calcular os caudais pelo somatório de ambos [29].

Para além deste requisito, as instalações sanitárias devem ser mantidas em depressão relativamente a todos os espaços adjacentes, através de redes de conduta de exaustão independentes e as aberturas de extração de ar devem ser situadas por cima das fontes poluentes [29].

Por fim, existem ainda outros requisitos referentes aos sistemas de ventilação que podem ser consultados nos Artigos 36 e 40 do Decreto-Lei n.º 118/2013 [26].

A verificação regulamentar dos requisitos de caudal mínimo de ar novo e do caudal de extração, para o caso do estabelecimento em estudo, são apresentados no Anexo 11

3.4. REQUISITOS DOS SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas de climatização e ventilação dos edifícios novos de comércio e serviços, devem cumprir com princípios de desempenho energético, de dimensionamento e instalação, regulação e monitorização dos sistemas.

Para além disso, os sistemas técnicos devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Portaria n.º 17-A/2016, baseados na classificação Eurovent, de acordo

com a classe de eficiência mínima exigida na referida portaria. No caso de sistemas que não se enquadrem na lista de produtos certificados da categoria Eurovent, aplica-se o requisito equivalente, em termos de EER e COP, tendo por base o menor valor do intervalo previsto na respetiva matriz de classificação da supracitada portaria [30].

Os sistemas abrangidos pelo Regulamento Delegado (UE) nº 626/2011 da Comissão Europeia no seu Artigo 1.º, isto é, para aparelhos de ar condicionado alimentados a partir da rede elétrica com capacidade nominal ≤ 12 kW para arrefecimento ou aquecimento, é aplicado o referencial de classes de eficiência energéticas, de acordo com a Tabela 1 do referido regulamento, sendo que a classe de eficiência dos equipamentos incluídos na condição descrita é determinada, de acordo com as suas deficiências sazonais [31].

No Anexo 13, pode ser consultada a verificação dos requisitos regulamentares para os sistemas técnicos integrantes do edifício em estudo.

3.5. REQUISITOS DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação a instalar em edifícios de comércio e serviços devem cumprir requisitos gerais e específicos para os parâmetros de iluminação e densidade de potência, bem como requisitos para a instalação, ajustamento, controlo e monitorização dos sistemas.

Os valores máximos admissíveis da iluminância dos espaços não poderão exceder em mais de 30% os valores presentes no ponto 5.3 “Requisitos de iluminação para espaços interiores, tarefas e atividades” da Norma EN 12464-1 (Equação(7)) [28].

$$E_{m,projeto} < E_{m,EN12464-1} \times 1,30 \quad (7)$$

A densidade de potência instalada em cada espaço, por 100 lux, $DPI_{100 \text{ lux}}$, nos edifícios de comércio e serviços, não pode exceder os valores máximos de potência $DPI_{100 \text{ lux},máx}$ (Equação (8)). Para a verificação do requisito considerado, devem ser utilizados os valores de densidade de potência máxima da Tabela I.28 da Portaria n.º 349-D/2013, conforme o tipo de espaço [28].

$$DPI_{100 \text{ lux}} < DPI_{100 \text{ lux},máx} \quad (8)$$

Para além destes requisitos, existem outros requisitos aplicáveis aos sistemas de iluminação, que podem ser consultados no ponto número 7 da Portaria 17-A/2016 [30].

3.6. REQUISITOS DAS INSTALAÇÕES DE ELEVAÇÃO

As instalações de elevação, que incluem os ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes, devem cumprir com as classes de eficiência mínima indicadas na Tabela 4, de acordo com a Norma ISO 25745 [28].

Tabela 4 – Requisitos mínimos de eficiência para instalações de elevação, segundo a norma ISO 25745 [28].

Tipo de espaço	Metodologia	Classe de eficiência energética
Ascensores	ISO 25745-2	B
Ascensores Hidráulicos	ISO 25745-2	B
Escadas mecânicas e tapetes rolantes	ISO 25745-3	B

3.7. REQUISITOS DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O desempenho energético de edifícios de comércio e serviços assenta na comparação dos balanços de energia do edifício previsto e de referência. A classe energética é obtida pela relação entre os dois balanços, sendo que para edifícios novos é exigido que o valor do balanço do edifício previsto seja igual ou inferior ao de referência (Equação (9)) [28].

$$IEE_{pr} \leq IEE_{ref} \quad (9)$$

De acordo com a Portaria n.º 42/2019, os edifícios novos licenciados após 30 de janeiro de 2019, devem satisfazer os requisitos apresentados na Equação (10) e Equação (11) [32].

$$IEE_s \leq 100\% IEE_{s,ref} \quad (10)$$

$$R_{IEE} \leq 1,0 \quad (11)$$

Para além disso, os grandes edifícios de serviços licenciados, após 1 de dezembro de 2013, estão sujeitos a uma classe de eficiência mínima B-, de acordo com o Anexo II da Portaria n.º 17-A/2016 [30].

4. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

No presente capítulo, é caracterizado e descrito o o edifício considerado no estudo, segundo o que vigora no Decreto-Lei n.º 101-D/2020, desde a sua envolvente até aos sistemas técnicos, passando pelos sistemas de iluminação e restantes equipamentos consumidores de energia [7].

O edifício em análise trata-se de um edifício de comércio e serviços, com tipologia Hotel situado na cidade de Guimarães (Figura 8). Construído em 2022, o hotel teve o seu processo de licenciamento iniciado num período anterior a 1 de julho de 2021, cumprindo com a norma transitória do Artigo 44º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020. Assim, para efeitos de certificação, o cálculo da classe energética deve obedecer à metodologia de cálculo estipulada na nova legislação, através do Manual SCE [7].



Figura 8 – Fachada principal do hotel abordado no documento.

4.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O hotel trata-se de um edifício localizado na Rua Rómulo de Carvalho, na freguesia de Azurém, concelho de Guimarães e distrito de Braga. A sua altitude é de 219 metros, acima do nível do mar, com coordenadas geográficas de latitude 41,452026° e de longitude -8,295460°. Na Figura 9, é possível observar a imagem satélite do edifício em estudo, obtido pelo programa *Google Earth*.

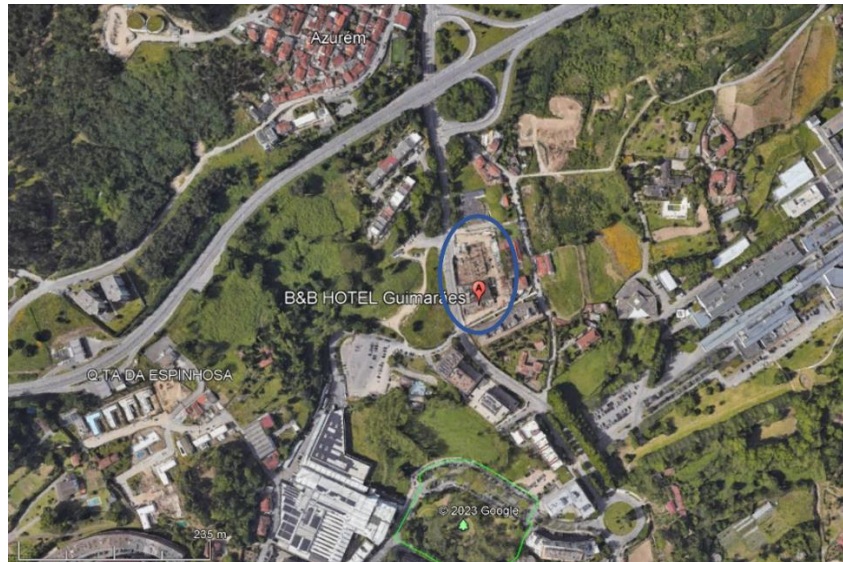


Figura 9 – Imagem satélite do edifício em estudo.

O estabelecimento hoteleiro faz parte de um complexo de edifícios pertencentes ao mesmo empreendimento, composto por três blocos principais. Desta forma, o edifício de habitação (ED Habitação) e o edifício de comércio (ED Base), integrantes do complexo, não serão objeto de análise no estudo, sendo apenas considerado a sua influência no sombreamento e transferência de calor. O esquema do empreendimento mencionado e a orientação dos referidos edifícios encontra-se ilustrada na Figura 10.



Figura 10 – Edifícios integrantes do empreendimento e orientação do hotel.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, define-se como grande edifício de comércio e serviços (GES), o edifício de comércio e serviços, cuja área útil de pavimento (A_p), descontando os espaços complementares, seja igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso

de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas. Desta forma, o hotel insere-se na categoria de grandes edifícios de comércio e serviços (GES), uma vez que possui uma área interior útil de 2186,7 m² [7].

De acordo com o subcapítulo 5.2 do Manual SCE, o edifício está associado à Região A, com uma distância à costa de, aproximadamente, 40,2 km, encontrando-se inserido no interior de uma zona urbana, de Rugosidade de nível I [33].

4.2. ZONAMENTO CLIMÁTICO

O clima e as respetivas variáveis têm um grande impacto na avaliação do desempenho energético dos edifícios. A análise desta influência baseia-se na definição das unidades territoriais para fins estatísticos de nível III (NUTS III), sendo que o concelho de Guimarães pertence à zona do Ave, conforme o Anexo II do Manual SCE [33].

Adicionalmente, para o cumprimento dos requisitos de qualidade térmica da envolvente do edifício, deve-se ter conta a zona climática de verão e inverno, existindo três tipos para cada estação (I1, I2 e I3, para o inverno e V1, V2 e V3, para o verão).

A zona climática mais adequada para o hotel é obtida de acordo com o procedimento enumerado no manual referido, em que inicialmente, deve ser determinado o valor do parâmetro climático da estação (X), sendo este definido a partir do número de graus-dia (GD), na estação de aquecimento, ou a partir da temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$), na estação de arrefecimento. Para além disso, o parâmetro climático deve ser ainda corrigido, de acordo com a Equação (12) [33].

$$X = X_{ref} + a \times (z - z_{REF}) \quad (12)$$

Em que X_{ref} representa o parâmetro climático à cota de referência, a o declive que relaciona a diferença de altitudes [°C/km], z a altitude do edifício [km] e z_{REF} a altitude de referência [km].

Para determinar os valores tabelados de referência (X_{ref} e z_{REF}) e o declive (a) da Equação (12), deve-se recorrer à Tabela 9 do Manual SCE, para a estação de aquecimento e à Tabela 8 para a estação de arrefecimento, podendo-se posteriormente calcular o respetivo valor do parâmetro climático corrigido (X), através da referida equação [33].

Por último, o valor obtido para o parâmetro climático corrigido deve ser comparado com os valores normalizados da zona climática de inverno e de verão do edifício, de acordo com a Tabela 5 e Tabela 6, respetivamente [33].

Tabela 5 – Zona climática de inverno, em função do número de graus-dias do parâmetro climático.

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

Tabela 6 – Zona climática de verão, em função da temperatura média exterior do parâmetro climático.

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

De acordo com a metodologia apresentada anteriormente, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 7 e Tabela 8, para a zona climática de inverno e de verão, respetivamente.

Tabela 7 – Zona climática de inverno, em função do número de graus-dias do parâmetro climático.

Critério	GD_{ref}	a	Z_{REF}	GD	Zona Climática
Estação de aquecimento	1 653	1 500	426	1342,5	I2

Tabela 8 – Zona climática de verão, em função da temperatura média exterior do parâmetro climático.

Critério	$\theta_{ext,vref}$	a	Z_{REF}	$\theta_{ext,v}$	Zona Climática
Estação de arrefecimento	20,8	-3	426	21,4	V2

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que o edifício em estudo se encontra na zona climática de inverno I2 e à zona climática de verão V2.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

A envolvente trata-se do conjunto de elementos de construção que separam os espaços interiores úteis do exterior, dos edifícios adjacentes, dos espaços interiores não úteis e do solo. A envolvente de um edifício, composta por elementos como paredes, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados, tem um impacto direto na eficiência energética, sendo, por isso, relevante realizar o levantamento dimensional do mesmo, que é apresentado no capítulo descrito.

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS INTERIORES

O hotel é constituído por 6 pisos. O piso inferior semienterrado, Piso- 1, é constituído pela receção, sala de refeições, copa, sala de reuniões, balneários, instalações sanitárias e circulações internas. Os pisos restantes apresentam uma semelhança estrutural ao nível da planta, contando com um total de 21 quartos por piso, com a exceção do Piso 0, que tem um número inferior de quartos (11 quartos).

Relativamente à tipologia de utilização, o hotel possui uma área interior total de 2377,30 m², sendo que 2347,70 m² corresponde à tipologia “Hotéis de 3 ou menos estrelas”, e 29,60 m² às duas zonas caracterizadas pela tipologia “Zona Técnica”. Os espaços interiores úteis do espaço têm uma área de 2186,70 m², enquanto os espaços não úteis apresentam uma área de 190,60 m².

Para a avaliação do desempenho energético do edifício, é necessário caracterizar os espaços interiores como espaços úteis ou espaços não úteis, de acordo com o disposto na Tabela 14 do Manual SCE [33]. No que diz respeito aos espaços úteis, estes são caracterizados pelos espaços cuja ocupação é permanente, ou seja, aquela em que se verifique presença humana superior, em média, a duas horas por dia, durante o período de funcionamento do espaço, e que, cumulativamente, apresente uma densidade superior a 0,025 ocupantes/m². No Anexo 1, são numerados os espaços do hotel, com informações técnicas detalhadas para cada um dos espaços, incluindo o seu tipo, pé-direito médio, área e volume. Repare-se que os armazéns e as salas de arrumos foram considerados como espaços não úteis, por não apresentarem uma ocupação permanente do espaço, já que apresentam uma presença humana inferior a duas horas por dia durante o período de funcionamento. Para além disso, as *courettes* e as salas técnicas também foram considerados espaços não úteis, de acordo com o previsto na Tabela 14 do Manual SCE [33]. Para além disso, cada quarto do edifício inclui uma instalação sanitária, tendo-se optado pela união das áreas, de modo a simplificar o modelo construtivo de simulação dinâmica no *DesignBuilder*, como também para reduzir o tempo de simulação.

4.3.2. MARCAÇÃO DAS ENVOLVENTES

Para efeitos da avaliação do desempenho energético de um edifício, a marcação das envolventes possibilita destacar e avaliar os elementos das plantas de construção, de modo a

identificar com maior facilidade o isolamento do edifício e possíveis oportunidades de melhoria da eficiência energética.

Para este fim, deve-se respeitar o código de cores enunciado na Tabela 9, de acordo com o disposto no Manual SCE [33].

Tabela 9 – Código de cores para a delimitação da envolvente.

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

A marcação deve ser efetuada pela superfície interna dos elementos, sendo que, para as paredes, deve ser utilizada uma linha contínua, enquanto, para pavimentos e coberturas, devem ser aplicadas as tramas, indicadas na Figura 11 [33].

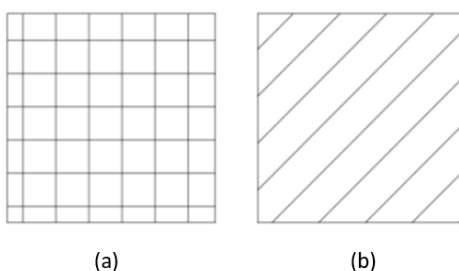


Figura 11 – Metodologia de marcação da envolvente para: (a) pavimentos; (b) coberturas.

Como se nota, as condições de fronteira são definidas pelo coeficiente de redução, cuja metodologia de cálculo se encontra apresentada no Anexo 2. O Anexo 3 apresenta as plantas de cada piso do hotel, com a respetiva marcação da envolvente, segundo a abordagem detalhada previamente.

4.3.3. ENVOLVENTE OPACA

Os elementos da envolvente opaca como paredes, pavimentos, coberturas e pontes térmicas planas (PTP), são definidos pela resistência térmica e pela massa volúmica das camadas que o constituem. Outro parâmetro importante trata-se do coeficiente de transmissão térmica (U), que representa a transmissão de calor que ocorre, em regime permanente, através do elemento construtivo.

4.3.3.1. PAREDES, PAVIMENTOS, COBERTURAS E PTP

A metodologia de cálculo para o coeficiente de transmissão térmica pode ser consultada no Anexo 4. Esta metodologia é idêntica para todos os elementos da envolvente opaca, com alterações no cálculo da resistência térmica, dependendo da condição de fronteira do elemento retratado (exterior ou interior). Neste sentido, é apresentado um exemplo da caracterização construtiva da envolvente opaca para uma parede exterior, identificada como PE1, correspondendo à parede que entra em contacto direto com o exterior no Piso -1 do hotel. O levantamento dimensional e a caracterização dos restantes elementos podem ser consultados no Anexo 5 (Figura 12).

Note-se que no que diz respeito às pontes térmicas planas (PTP), não foi possível contabilizar o seu efeito na envolvente, por falta de informação na identificação dos elementos.

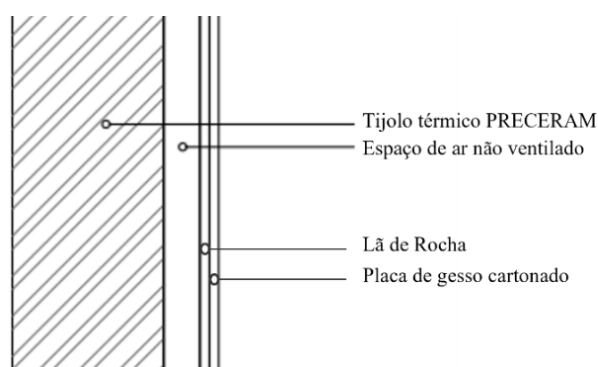


Figura 12 – Pormenor construtivo da Parede Exterior PE1.

Esta é constituída, do exterior para o interior, por: tijolo térmico PRECERAM com 0,19 m de espessura, massa volúmica de 907 kg/m^3 e resistência térmica de $0,90 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$; Espaço de ar não ventilado com espessura igual ou superior a 0,025 m e igual ou inferior a 0,030 m; Isolamento térmico em lã de rocha (MW), com massa volúmica de 100 kg/m^3 , espessura de 0,05 m e resistência térmica de $1,351 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$; Placa de gesso cartonado, com massa volúmica de 750 kg/m^3 , espessura de 0,025 m e resistência térmica de $0,100 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$.

Os dados construtivos supramencionados foram fornecidos pela entidade detentora do hotel. Como se trata de uma parede com condição de fronteira exterior, a resistência térmica total segue a Equação (43), considerando o somatório das resistências térmicas de todas as camadas e das resistências da superfície interior e da superfície exterior da parede.

Tabela 10 – Caracterização construtiva da parede exterior PE1.

Parede Exterior PE1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Tijolo térmico PRECERAM	0,19	907	0,900
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
Lã de rocha (MW)	0,05	100	1,351
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,10
		R_{se}	0,04
		R_{si}	0,13
Resistência térmica total			2,701
Coefficiente de transmissão térmica (U)			0,370 W/m².°C

Seguindo a metodologia de cálculo para o coeficiente de transmissão térmica apresentada no Anexo 4, foi obtido os valores analíticos da resistência térmica total e do coeficiente de transmissão térmica, para todos os elementos da envolvente opaca, com condição de fronteira exterior e interior.

Tabela 11 – Características dos elementos da envolvente opaca com condição de fronteira exterior e interior (U) [W/(m².°C)].

Envolvente opaca	Resistência térmica total (m ² .°C/W)	Coefficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)
PE1	2,701	0,370
PE2	2,206	0,453
PE3	3,064	0,326
PE4	3,51	0,285
PE5	5,359	0,186
PINT1	2,026	0,494
PINT2	2,006	0,499
PINT3	1,711	0,584
PINT4	1,911	0,523
COBEXT1	2,601	0,384
COBEXT2	2,667	0,375
COBINT1	0,25	4
COBINT2	0,368	2,72
PAVEXT1	2,719	0,368
PAVINT1	3,055	0,327
PAVINT2	0,508	1,97

4.3.3.2. ENVOLVENTE EM CONTACTO COM O SOLO

Para a determinação do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente em contacto com o solo, segue-se uma abordagem com algumas diferenças da demonstrada antes, que é apresentada detalhadamente no Anexo 6.

A título de exemplo, é apresentado a caracterização do pavimento térreo PAVTER1 que é, constituído do interior para o solo, por: Revestimento de piso, de espessura 0,010 m, com resistência térmica de 0,008 m²·°C/W; Argamassa de assentamento, de espessura 0,010 m, com resistência térmica de 0,008 m²·°C/W; Betonilha leve para enchimento e regularização, de espessura 0,130 m e resistência térmica de 0,065 m²·°C/W; Laje maciça em betão, de espessura 0,150 m e resistência térmica de 0,075 m²·°C/W; Filme plástico em polietileno, de espessura 0,007 m e resistência térmica de 0,050 m²·°C/W; Inertes, com massa volúmica de 1700 kg/m³, de espessura 0,250 m e resistência térmica de 0,125 m²·°C/W; Manta geotêxtil, de espessura 0,007 m e resistência térmica de 0,030 m²·°C/W; Saibro compacto, de espessura 0,040 m e resistência térmica de 0,020 m²·°C/W.

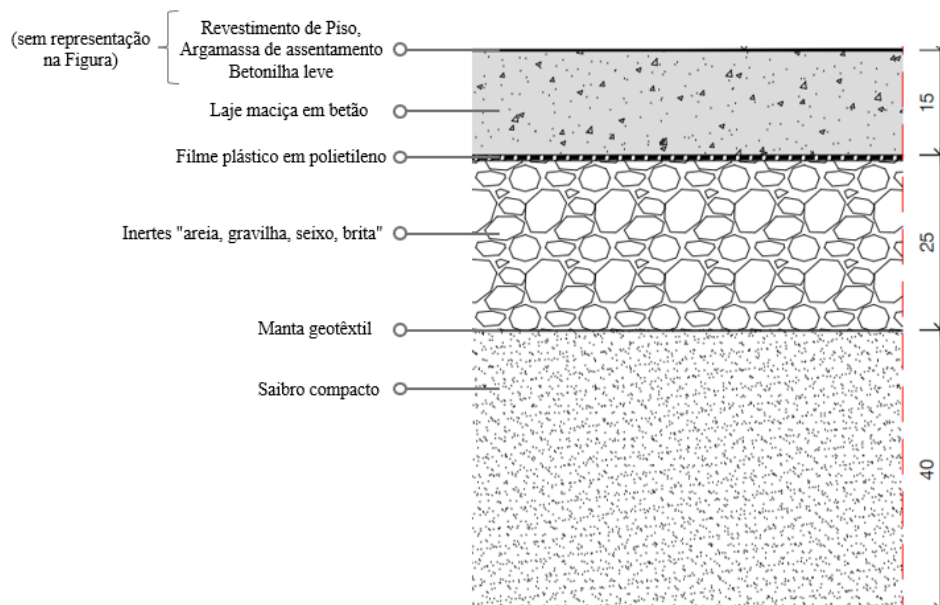


Figura 13 – Pormenor construtivo do Pavimento Térreo PAVTER1.

A verificação dos requisitos dos coeficientes de transferência máximos dos elementos da envolvente opaca é demonstrada no Anexo 10.

Tabela 12 – Caracterização construtiva do pavimento térreo PAVTER1

Pavimento Térreo PAVTER1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica R_f (m ² .°C/W)
Revestimento de piso	0,010	2300	0,008
Argamassa de assentamento	0,010	1800	0,008
Betonilha leve para enchimento e regularização	0,130	2300	0,065
Laje maciça em betão	0,150	2300	0,075
Filme plástico em polietileno	0,07	1200	0,050
Inertes "areia, gravilha, seixo, brita"	0,250	1700	0,125
Manta geotêxtil	0,007	1000	0,030
Saibro compacto	0,040	1700	0,020
Resistência térmica total R_f			0,381
Coeficiente de transmissão térmica (U_{bf})			0,302 W/m ² .°C

4.3.3.3. PONTES TÉRMICAS LINEARES

A caracterização das pontes térmicas lineares (PTL) é facultativa nos edifícios de comércio e serviços e deve ser efetuada mediante a determinação do coeficiente de transmissão térmica linear (ψ). Para este projeto, foi optado por não realizar a sua caracterização, tendo-se majorado em 5% as necessidades de aquecimento do edifício, no cálculo da classe energética [33].

4.3.3.4. PORTAS

No que diz respeito às portas, estas foram consideradas portas opacas, isto é, com uma área envidraçada inferior a 25% da sua área total, de forma a caracterizar a área da porta com a mesma solução construtiva da parede adjacente a ela.

4.3.3.5. INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica interna trata-se da capacidade de armazenamento de calor dos elementos construtivos. De acordo com o Manual SCE, existem dois métodos para a determinação da classe de inércia térmica interna de um edifício. A primeira opção envolve a realização do cálculo da inércia, que recorre a parâmetros térmicos, com base na massa superficial dos elementos da envolvente, e o segundo método de identificação é efetuado de uma forma qualitativa, de acordo com a Tabela 41 do Manual SCE [33]. Para o caso de estudo,

uma vez que existe informação da massa superficial útil da constituição dos elementos, foi optado pelo primeiro método de identificação da classe de inércia.

A metodologia e o cálculo da inércia térmica média pode ser consultada no Anexo 7. Para o edifício em estudo foi obtido um valor de I_t de 161,77 kg/m², pelo que se pode concluir que o hotel tem uma classe de inércia térmica média.

4.3.4. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

A envolvente envidraçada é constituída pelos vãos envidraçados, ou seja, os elementos cuja área envidraçada é igual ou superior a 25% da sua área total. O levantamento dimensional das características dos vãos envidraçados é essencial para a avaliação do desempenho energético do edifício, dado que através dos vãos, existem perdas e ganhos de calor que influenciam significativamente o balanço térmico global do edifício. Desta forma, torna-se pertinente identificar o tipo e qualidade do vidro, caixilharias e proteções solares.

Por conseguinte, no hotel, existem cinco tipos de vãos envidraçados exteriores, o VE01, VE02, VE03, VE04 e o VE05, descritos sumariamente na Tabela 13.

Tabela 13 – Características dos vãos envidraçados do edifício.

Vão	Tipo Vidro	Caixilharia	Área Total	Fator Solar	N.º	Localização
VE01	Vidro duplo com baixa emissividade (Coll-Lite SKN 165 II, temperado 6 mm)	Caixilharia de alumínio, com corte térmico, modelo CORTIZO série FACHADA TP52	24,63	0,17	1	Sala Pequenos-Almoços (Piso -1)
VE02	Vidro duplo com baixa emissividade (Coll-Lite SKN 165 II, temperado 6 mm)	Caixilharia de alumínio com corte térmico, modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT	1,45	0,17	11	Quartos da Fachada Sul do Piso 0 (Quartos 1 a 11)
VE03	Vidro duplo com baixa emissividade (Coll-Lite SKN 165 II, temperado 6 mm)	Caixilharia de alumínio com corte térmico, modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT	2,35	0,17	42	Quartos da Fachada Norte e Sul (Pisos 1 a 4)
VE04	Vidro duplo com baixa emissividade (Coll-Lite SKN 165 II, temperado 6 mm)	Caixilharia de alumínio com corte térmico, modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT	6,15	0,17	42	Quartos da Fachada Norte e Sul (Pisos 1 a 4)
VE05	Vidro simples temperado (SGG Planiclear temperado 8 mm)	Sem Caixilharia	9,6	0,85	1	Antecâmara (Piso -1)

4.3.4.1. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

Tal como foi enunciado para a envolvente opaca, os vãos envidraçados devem ser caracterizados pelo coeficiente de transmissão térmica (U_w), que representa a transferência

de calor que ocorre entre os ambientes que os separam. Este parâmetro deve ser calculado seguindo a Equação (13) [33] .

$$U_W = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum A_{po} \cdot U_{po} + \sum l_g \cdot \Psi_g + \sum l_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_W} \quad (13)$$

Em que:

U_W - Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar [W/(m².°C)];

U_g - Coeficiente de transmissão térmica da área transparente [W/(m².°C)];

U_f - Coeficiente de transmissão térmica do caixilho [W/(m².°C)];

U_{po} - Coeficiente de transmissão térmica da área opaca [W/(m².°C)];

Ψ_g - Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho [W/(m.°C)];

Ψ_{gb} - Coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar [W/(m.°C)];

A_W - Área do vão envidraçado [m²];

A_g - Área transparente [m²];

A_{po} - Área opaca [m²];

A_f - Área do caixilho [m²];

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

l_{gb} - Desenvolvimento linear da quadrícula inserida no espaço de ar [m].

Os valores necessários para a determinação do coeficiente de transmissão térmica (U_W) foram fornecidos pelos fabricantes dos vidros e caixilharias, podendo ser analisados nas fichas técnicas constantes no Anexo 8 e no Anexo 9. É de salientar que o valor de U_f da ficha técnica do caixilho é relativo às dimensões da fachada ensaiada, tendo sido necessário realizar a conversão do parâmetro para as dimensões nominais dos vãos do edifício. Os valores obtidos para os coeficientes de transmissão térmica de cada vão envidraçado pode ser analisado na Tabela 14.

Tabela 14 – Coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados.

Características do vão envidraçado	VE01	VE02	VE03	VE04	VE05
A_W [m ²]	24,63	1,45	2,35	6,15	9,6
A_g [m ²]	22,81	1,0614	1,8318	5,0293	9,41
A_f [m ²]	1,82	0,3886	0,5182	1,1207	0,19
U_g [W/(m ² .°C)]	1,303	1,303	1,303	1,303	5,62
U_f [W/(m ² .°C)]	1,365	2,2	2,2	2,2	2,2
l_g [m]	39,48	5,92	7,7	15,04	17,52
Ψ_g [W/(m .°C)];	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
U_W [W/(m ² .°C)]	1,44	1,87	1,76	1,66	5,70

A verificação dos requisitos dos coeficientes de transferência máximos dos vãos envidraçados é demonstrada no Anexo 10.

4.3.4.2. FATOR SOLAR

Para determinar os ganhos solares dos vãos envidraçados do edifício, recorre-se ao fator solar, que traduz a fração da radiação solar incidente que é transmitida, de forma direta ou indireta, para o interior. O fator solar (g_{tot}) é calculado, tendo em consideração todos os dispositivos de proteção solar totalmente ativados e o tipo de vidro, em que se recorre seguir à Equação (14), para vidros simples, e à Equação (15) para vidros duplos [33].

$$\text{Vidro simples} \quad g_{tot} = g_{\perp vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,85} \quad (14)$$

$$\text{Vidro duplo} \quad g_{tot} = g_{\perp vi} \cdot \prod_i \frac{g_{tot,vc_i}}{0,75} \quad (15)$$

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 de radiação perpendicular ao vão envidraçado;

g_{tot,vc_i} - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e com um dispositivo de proteção solar i totalmente ativado, através da Tabela 48 do Manual SCE [33].

Relativamente ao $g_{\perp vi}$ dos dois vidros do hotel, este pode ser retirado das fichas técnicas apresentadas no Anexo 8. O valor de g_{tot,vc_i} , é obtido a partir da Tabela 48 do Manual SCE, tendo em conta as proteções solares dos vãos envidraçados [33]. Neste sentido, como o vão envidraçado VE05 não apresenta proteção solar, não se considera o efeito do g_{tot,vc_i} para o cálculo do seu fator solar. O VE01 é caracterizado por uma proteção interior ligeiramente transparente e de cor clara, o que equivale a um g_{tot,vc_i} de 0,38. Os vãos envidraçados VE03, VE04 e VE05 têm a mesma proteção solar interior opaca, de cor clara, obtendo-se um valor de g_{tot,vc_i} de 0,37. Considerando as condições enumeradas, é obtido os valores do g_{tot} , apresentados na Tabela 15, para os vários vãos envidraçados.

Tabela 15 – Fator solar dos vãos envidraçados.

Características do vão envidraçado	VE01	VE02	VE03	VE04	VE05
$g_{\perp vi}$	0,340	0,340	0,340	0,340	0,851
Proteção solar	Cortinas ligeiramente transparentes, cor clara (interior)	Cortinas opacas, cor clara (móvel interior)	Cortinas opacas, cor clara (móvel interior)	Cortinas opacas, cor clara (móvel interior)	Sem proteção
g_{tot,vc_i}	0,38	0,37	0,37	0,37	-
g_{tot}	0,172	0,168	0,168	0,168	0,851

Os requisitos relativos aos fatores solares dos vãos envidraçados são verificados no Anexo 10.

4.3.4.3. FATOR DE OBSTRUÇÃO SOLAR

O efeito da radiação solar incidente num vão envidraçado, pode ser condicionado pela existência de obstruções solares. Desta forma, para contabilizar este efeito, recorre-se ao fator de obstrução solar, que traduz a redução da radiação solar incidente provocada por obstruções exteriores ao edifício, como outras construções e obstruções criadas por elementos do edifício, como palas e varandas, por exemplo.

No estabelecimento analisado, a contabilização do sombreamento provocado por obstruções solares foi realizada, aquando da modelação do edifício no *software* de simulação dinâmica *DesignBuilder*, uma vez que o mesmo possui recursos computacionais precisos para o estudo. Desta forma, mostrou ser dispensável o cálculo analítico dos fatores de sombreamento.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS TÉCNICOS

Os Sistemas Técnicos encontram-se definidos como o conjunto de equipamentos associados ao processo de climatização, incluindo aquecimento, arrefecimento, ventilação natural, mecânica ou híbrida, preparação de águas quentes sanitárias (AQS) e produção de energia renovável. Para os edifícios de comércio e serviços, destaca-se também os sistemas de iluminação e de gestão de energia, os elevadores e as escadas rolantes.

Logo, neste subcapítulo, é apresentado a caracterização dos variados sistemas técnicos existentes, para a unidade em análise.

4.4.1. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

A ventilação é responsável pelas trocas de ar com o exterior e pela circulação de ar no interior das instalações, que é fundamental para renovar o oxigénio do espaço e retirar humidade, fumos, odores e bactérias desse mesmo espaço. Pode-se falar de muitos tipos de ventilação, sendo os principais a ventilação natural, mecânica e mista.

Os sistemas de ventilação natural são constituídos por componentes, designadamente, aberturas, passagens de ar interiores e condutas, que garantem, a renovação do ar exclusivamente através dos efeitos da diferença de temperatura e da ação do vento, sem qualquer mecanismo mecânico. A ventilação mecânica baseia-se na utilização de sistemas e equipamentos que promovem a renovação do ar interior por extração e/ou insuflação de ar. Por fim, os sistemas mistos de ventilação são uma combinação dos sistemas de ventilação natural e mecânica.

Os valores de ar novo insuflados para cada espaço e a verificação dos requisitos de ar novo mínimo encontra-se analisada, de forma detalhada, no Anexo 11.

O sistema de ventilação mecânica do imóvel em análise é composto por uma UTAN (unidade de tratamento de ar novo) e 10 ventiladores de extração.

A UTAN encontra-se instalada na cobertura do edifício e é responsável pela ventilação do Piso -1. Este equipamento apenas utiliza ar novo recolhido do exterior, não possuindo, desta forma, um sistema de recuperação de calor, para aproveitamento da energia térmica do ar recirculado. A UTAN é composta por um ventilador de insuflação, com um caudal de insuflação de 2050 m³/h e um filtro de bolsas compacto sintético, para a retenção das partículas transportadas pelo ar, com uma perda de carga média de 124 Pa e uma classe energética B. Existem duas baterias de aquecimento e arrefecimento para o controlo da

temperatura do ar insuflado, que auxiliam no processo de climatização do hotel. Estas baterias funcionam por expansão direta (refrigerante R410A) e possuem uma potência térmica de aquecimento de 9,00 kW (EER: 3,32; SEER: 3,80) e uma potência térmica de arrefecimento de 9,00 kW (EER: 3,13; SEER: 5,10). Por fim, o ar novo é encaminhado, por uma rede de condutas até aos locais a ventilar, nomeadamente a Sala Pequenos-Almoços, Sala de Reuniões, Copa e toda a zona de entrada do Piso -1. Na Figura 14, é ilustrado uma representação da UTAN aludida e a Tabela 16 descreve sumariamente as suas características técnicas.



Figura 14 – UTAN Midea M-AQX4.

Tabela 16 – Características técnicas da UTAN.

Referência Interna	VE - INS
Marca e Modelo	Midea M-AQX4
Dimensões (mm)	Profundidade: 870 mm; Comprimento: 1520; Altura: 840
Peso (kg)	144
Potência absorvida do motor de insuflação (KW)	0,28
Caudal de ar insuflação (m³/h)	2050
SFP (W/m³/s)	110
Espaço	Sala Pequenos-Almoços, Copa, Circulação 4, Sala de Reuniões, Receção (Piso -1)

No que diz respeito à ventilação dos Pisos 0 ao Piso 4, cada quarto do hotel possui duas grelhas autorreguláveis, que realizam a ventilação natural dos espaços. Este sistema é composto por duas unidades: a unidade exterior, correspondente à grelha de fachada contruída em poliestireno (anticorrosão), localizada na envolvente exterior do edifício, e a unidade interior da gama EM A, que permite a autorregulação do ar de entrada no quarto. Este sistema tem a vantagem de possuir isolamento acústico e de dispor de elementos sensíveis à ação do vento, que permite assegurar um caudal de ar aproximadamente

constante de 30 m³/h, independentemente da atuação do vento. Na Tabela 17, encontram-se definidas algumas específicas técnicas do sistema anteriormente mencionado.



Figura 15 – Representação da unidade de entrada de ar autorregulável France Air EM A.

Tabela 17 – Características técnicas do sistema de ventilação natural dos quartos.

Marca e Gama	France Air EM A
Pressão de autorregulação (Pa)	20
Isolamento acústico de fachada (dB)	41
Unidade Exterior	
Grelhas de fachada	GAPM 125 (com espuma)
Dimensões das grelhas	150 x 150 x 20 mm (L x H x Espessura)
Unidade Interior	
Entrada de ar	Autorregulável Gama EM A 30
Caudal nominal de insuflação de ar (m³/h)	30

Além do equipamento previsto anteriormente, o sistema de ventilação do edifício é composto por 10 ventiladores de extração instalados na cobertura, sendo que, quatro deles realizam a extração das instalações sanitárias dos quartos (VES-NO, VES-SO, VES-NE, VES-SE); um que efetua a extração de ar viciado nas instalações sanitárias e balneários do Piso -1 (VE Copas e Piso -1); outro que é encarregado pela extração do ar viciado na zona técnica do piso -1 (VE3) e os quatro restantes que desempenham funções de desenfumagem e pressurização. Na Figura 16, encontra-se ilustrado um dos ventiladores de extração do complexo em estudo, juntamente com algumas características detalhadas, que são apresentadas na Tabela 18. As especificações apontadas para o ponto de desenho indicam o caudal mínimo de ar novo e a pressão mínima, os quais foram derivados das plantas do hotel. Salienta-se que não são apresentadas as características técnicas dos ventiladores de desenfumagem e pressurização, uma vez que não são relevantes para a simulação dinâmica do imóvel em avaliação.



Figura 16 – Ventilador de extração VES-SO Modelo SODECA CJBD-2828-6M 1/3.

Tabela 18 – Características técnicas dos ventiladores de extração.

Referência Interna	VES-NO	VES-SO	VES-SE	VES-NE	VE Copas e Piso -1	VE3
Marca	SODECA					
Modelo	CJBD-2525-6M 1/3	CJBD-2828-6M 1/3	CJBD-2828-6M 1/3	CJBD-1919-4M 1/5	CJBD-2525-4M 1/2	NEOLINEO-200/V
Quantidade	1	1	1	1	1	1
Peso (kg)	27,6	32,5	32,5	19,4	62,48	4
Ponto de serviço (PS)						
Caudal de ar extração de serviço (m ³ /h)	1585	2697	2035	1221	2480	515,7
Pressão total (Pa)	173,4	191,6	217,3	184,2	310,4	161
Potência mecânica (W)	159,8	196,7	171,6	115	342,2	130
SFP [W/(m ³ /h)]	0,1008	0,0735	0,084	0,094	0,1385	0,2521
Eficiência total (%)	47,78	72,97	71,60	54,32	62,49	18,63
Ponto de Desenho						
Caudal de ar extração min (m ³ /h)	1560	2660	1780	1200	2155	300
Pressão (Pa)	150	150	150	150	200	50

Para o cálculo da eficiência dos ventiladores, recorreu-se à Equação (16), conforme a Equação 49 do Manual SCE, tendo sido utilizado as informações relativas às condições no ponto de serviço [33].

$$\eta_{tot} = \frac{\Delta P_{tot}}{3600 \times SFP} \quad (16)$$

Em que:

η_{tot} - Eficiência da unidade de ventilação, baseada na pressão total;

ΔP_{tot} - Diferença de pressão total do ventilador [Pa];

SFP - Potência específica da unidade de ventilação [(W/(m³/h))], tendo sido determinada de acordo com a Equação (17) [33].

$$SFP = \frac{P_{abs}}{Q_v} \quad (17)$$

Em que:

P_{abs} - Potência elétrica absorvida pela unidade de ventilação [W];

Q_v - Caudal de ar da unidade de ventilação [m³/h].

4.4.2. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Para efeitos do desempenho energético dos edifícios, os sistemas de climatização devem ser caracterizados no seu desempenho e eficiência energética. Deste modo, é apresentado o projeto de instalação dos sistemas de climatização, fornecido pela entidade proprietária do projeto, incluindo a apresentação dos equipamentos e das suas características técnicas. As fichas técnicas de cada equipamento de climatização podem ser conferidas no Anexo 14, assim como a verificação regulamentar dos requisitos no Anexo 13.

O estabelecimento em análise dispõe de um sistema de climatização, composto por seis unidades de expansão direta, sendo cinco do tipo VRV (Volume de Refrigerante Variável) e uma unidade do tipo *Split*, alimentadas por energia elétrica.

Relativamente ao equipamento do tipo *Split* UE1, este é responsável pelo aquecimento e arrefecimento do Piso -1, sendo constituída por duas unidades: a unidade exterior, onde estão incorporados o condensador, os compressores, a válvula inversora de ciclo e as placas elétricas e a unidade interior (do tipo conduta), que possui o evaporador e ventilador, que realizam a circulação do ar nos espaços. As especificações técnicas do equipamento estão apresentadas na Tabela 19.



Figura 17 – Representação da unidade exterior do tipo *Split* UE1.

Tabela 19 – Características técnicas do *Split* UE1.

Referência Interna	UE1	
Marca	Midea	
Modelo	Unidade Interior	MTI-36HWFNX-QRD0W(GA)
	Unidade Exterior	MOD30U-36HFN8-RRD0W(GA)
Quantidade	1	
Dimensões (mm)	Unidade Interior	1.570x330x805
	Unidade Exterior	1.090x885x500
Peso (kg)	Unidade Interior	48,20
	Unidade Exterior	85
Capacidade térmica nominal (KW)	Arrefecimento	10,55
	Aquecimento	11,72
Eficiências	COP	3,71
	EER	2,70
Eficiências sazonais	SCOP	4,00
	SEER	6,10
Classe energética	Arrefecimento	A+
	Aquecimento	A++
Espaço	Sala Pequenos-Almoços, Copa, Recepção, Circulação 4 (Piso-1)	

No que diz respeito aos sistemas VRV, estes operam num sistema de climatização centralizado, em que as unidades de produção térmica se encontram localizadas no exterior do edifício, em que a energia térmica é transportada para as unidades interiores, através de uma rede de condutas de um fluido refrigerante. Cada unidade exterior se encontra ligado a várias unidades interiores, tendo a vantagem de regular o funcionamento de cada espaço, dependendo das necessidades térmicas. Ademais, estes equipamentos possuem um sistema de inversão de ciclo, permitindo aquecer ou arrefecer espaços distintos do hotel, simultaneamente. Logo, na Tabela 20, são indicadas as diferentes características técnicas das três unidades exteriores, do tipo VRV, da instalação.



Figura 18 – Representação de dois VRV na cobertura da instalação.

Tabela 20 – Características técnicas dos VRV da instalação.

Referência Interna		UE2	UE3	UEUTAN
Marca		Midea		
Modelo		MV6-i730WV2GN1-E	MV6-1175WV2GN1-E	MDV-V100W/DN1(C)
Quantidade		1	1	1
Refrigerante		R410A		
Dimensões (mm)		1800x2000x910	(1405x1805x910) x2	1025x950x510
Peso (kg)		452	368 + 368	82
Capacidade térmica nominal (KW)	Aquecimento	73	117,5	9
	Arrefecimento	73	117,5	9
Eficiências	COP	3,76	3,51	3,32
	EER	3,49	4,24	3,13
Eficiências Sazonais	SCOP	3,86	-	3,80
	SEER	6,51	-	5,10
Nº máximo de unidades interiores		43	64	6

Destaca-se que o equipamento UE3 é composto por duas unidades exteriores, cujos modelos são MV6-560WV2GN1-E e MV6-615WV2GN1-E, razão pela qual apresenta uma maior capacidade térmica nominal que os restantes sistemas VRV do hotel.

Para além das três unidades exteriores apontadas previamente, os equipamentos VRV estão ligados às suas unidades interiores, que correspondem ao mesmo modelo UI1, cujas especificações técnicas estão listadas na Tabela 21.



Figura 19 – Representação da UI1.

Tabela 21 – Características técnicas da UI1.

Referência Interna	UI1	
Marca e Modelo	Midea MI2-22GDN1	
Tipo de unidade Interior	Tipo moral	
Quantidade	95	
Dimensões (mm)	935x385x320	
Peso (kg)	12,1	
Capacidade térmica nominal (KW)	Arrefecimento	2,2
	Aquecimento	2,4
Potência elétrica absorvida (W)	28	
Espaços a servir	Quarto 1 a Quarto 95	

Por último, na Tabela 22, é enumerado os espaços que cada unidade exterior realiza a climatização no estabelecimento considerado.

Tabela 22 – Espaços destinados para cada unidade VRV do estabelecimento em estudo.

Unidade Exterior		Unidade Interior	Espaços a climatizar
UE2	Piso 0	4 UI	Quarto 1 ao Quarto 4
	Piso 1	9 UI	Quarto 12 ao Quarto 20
	Piso 2	9 UI	Quarto 33 ao Quarto 41
	Piso 3	9 UI	Quarto 54 ao Quarto 62
	Piso 4	9 UI	Quarto 75 ao Quarto 83
EU3	Piso 0	7 UI	Quarto 5 ao Quarto 11
	Piso 1	12 UI	Quarto 21 ao Quarto 32
	Piso 2	12 UI	Quarto 42 ao Quarto 53
	Piso 3	12 UI	Quarto 63 ao Quarto 74
	Piso 4	12 UI	Quarto 84 ao Quarto 95
UEUTAN		-	UTAN1

Como é de prever, a unidade UE2 é a que possui um maior número de quartos a climatizar, já que possui uma maior potência térmica nominal que o equipamento UE1.

4.4.3. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Na certificação energética de um edifício de comércio e serviços, é necessário realizar a caracterização dos sistemas de iluminação fixa, para avaliar o seu desempenho energético. Logo, deve-se ter em consideração vários parâmetros tais como a quantidade e potência de luminárias, a iluminância e a densidade de potência de iluminação dos sistemas.

Os detalhes técnicos das luminárias e da iluminância, em cada compartimento, foram fornecidos pela empresa, responsável pelo projeto de iluminação, na base de um estudo luminotécnico realizado ao hotel, cujo extrato da Sala de Reuniões, zona com maior valor de iluminância de projeto, pode ser consultado no Anexo 15.

Com base nos dados obtidos, a iluminação interior é constituída por 1149 luminárias LED com uma potência instalada de 12,78 kW. Deste total, 1135 luminárias perfazem um total de 12158 W nos espaços úteis do edifício, enquanto 15 luminárias, que abrangem os espaços não úteis, como zonas técnicas e as salas de arrumos, contribuem com um total de 620 W. O controlo dos sistemas de iluminação interior do edifício realiza-se de forma manual, de acordo com as necessidades do utilizador do espaço.

Quanto à densidade de potência de iluminação (DPI), esta variável traduz a potência de instalação em cada espaço por m² da área de pavimento, devendo ser determinada, adotando a Equação (18) [33].

$$DPI_{inst} = \frac{(P_{tot} \times F_{oc} \times F_d) + P_c}{A_{espaço}} \quad (18)$$

Onde:

P_{tot} - Potência nominal total dos sistemas de iluminação instalados no espaço [W];

F_{oc} - Fator de controlo por ocupação;

F_d - Fator de controlo por disponibilidade de luz natural;

P_c - Potência nominal total dos equipamentos de controlo do espaço [W];

$A_{espaço}$ - Área de pavimento do espaço [m²].

Para verificação do cumprimento dos requisitos descritos no Capítulo 3.5, a densidade de potência (DPI) instalada em cada espaço, por 100 lux ($DPI_{100 \text{ lux}}$), deve ser calculada, de acordo com a Equação (19), sendo \bar{E}_m , a iluminância média do espaço [lux], que deve ser determinada conforme o Anexo IV do Manual SCE, em função do tipo do edifício e do tipo de utilização do espaço [33].

$$DPI_{100 \text{ lux}} = DPI_{inst} \times \frac{100}{\bar{E}_m} \quad (19)$$

Na Tabela 82 do Anexo 16, encontram-se descritos as características técnicas dos sistemas de iluminação, isto é, a quantidade, tipo e potência de luminárias, assim como a iluminância do sistema interior, obtida através das informações do estudo luminotécnico realizado no edifício. O valor do DPI e a verificação do cumprimento dos requisitos mínimos enunciados no Capítulo 3.5, também pode ser analisada no referido anexo. É importante destacar que os quartos do hotel não necessitam de cumprir com os requisitos de iluminação referidos, uma vez que não se encontram definidos na Norma EN 12464-1. Porém, as instalações sanitárias de cada quarto apresentam ainda assim obrigatoriedade no cumprimento dos requisitos [34].

4.4.4. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AQS

O sistema de produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS) do estabelecimento é composto por um sistema solar térmico, do tipo circulação forçada, composto por 16 painéis solares térmicos, com armazenamento em 2 depósitos de água sanitária de 2000 litros, com montagem em paralelo e apoiado por duas caldeiras de condensação a gás natural. Este sistema converte a energia solar em calor útil, através de coletores solares, instalados na cobertura do edifício, por onde circula um fluido de transferência térmica. O fluido é conduzido, por uma rede de tubagens, aos 2 depósitos de acumulação térmica de 2000 litros, onde é armazenada a energia térmica. Sempre que as necessidades do sistema forem superiores à potência, a unidade de apoio do tipo caldeira entrará em funcionamento. Na Tabela 23 e na Tabela 24, são apresentadas algumas características técnicas dos coletores solares, dos depósitos de acumulação, bem como das duas caldeiras de gás natural do edifício.



Figura 20 – Representação dos coletores solares térmicos na cobertura do hotel.

Tabela 23 – Características técnicas dos coletores solar térmicos e dos depósitos termoacumuladores do sistema AQS do imóvel analisado.

Coletor Solar Térmico	
Marca e Modelo	HENQ 2.5
Quantidade	16
Área dos coletores (m ²)	36,64
Área de abertura (m ²)	2,29
Coeficientes de perdas térmicas (W/m ² .K)	a1 – 4,24
	a2 – 0,019
Rendimento ótico (%)	79
Depósito termoacumulador AQS	
Marca e Modelo	Proteu VS 2000 2SKL (33,7-30-24) SA
Capacidade (l)	2000
Construção	Aço Inox AISI 444
Dimensões	2600 (altura) X 1340 (diâmetro)
Temperatura máxima da água (°C)	90



Figura 21 – Representação da caldeira a gás natural do sistema AQS.

Tabela 24 – Características técnicas da caldeira a gás natural.

Marca e Modelo	Baxi – BIOS PLU-70F
Quantidade	2
Fonte de energia	Gás Natural
Potência térmica (kW)	70
Eficiência (%)	95
Capacidade água (l)	6
Pressão máxima de serviços (bar)	4

De acordo com a Tabela I.18 da Portaria n.º 17-A/2016, a caldeira a gás natural apresenta uma classe de eficiência energética de A++, uma vez que a eficiência da caldeira é superior a 96%, cumprindo com os requisitos mínimos de eficiência estabelecidos pela mesma portaria [30].

Dada a falta de informação relativa às necessidades de AQS, foram considerados os valores tabelados na Tabela 23 da Portaria n.º 138-I/2020, obtendo-se um consumo diário de águas quentes sanitárias, correspondente a 97 litros/cama, para a variável “Hotéis 3 estrelas, sem lavandaria” [34].

Os sistemas solares térmicos devem ser caracterizados de acordo com os vários parâmetros, que permitam aferir a sua produção, através da aplicação de cálculo SCE.ER da DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia) [33]. De acordo com as especificações técnicas destacadas anteriormente, obteve-se o relatório de simulação de desempenho do sistema, cujos resultados se encontram enumerados na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultados do relatório de simulação de desempenho do sistema solar térmico.

Mês	Necessidades de energia (kWh)	Energia de origem solar (kWh)	Energia com origem no apoio (kWh)
Janeiro	13 096	1 221	11 875
Fevereiro	11 655	1 664	9 991
Março	12 556	2 409	10 147
Abril	11 943	2 788	9 155
Maio	11 865	3 052	8 814
Junho	10 815	3 417	7 399
Julho	10 710	3 690	7 020
Agosto	10 748	4 016	6 731
Setembro	10 760	3 126	7 634
Outubro	11 861	2 198	9 662
Novembro	12 116	1 333	10 782
Dezembro	12 894	1 083	11 810
Total	141 018	29 988	111 020

O relatório de simulação de desempenho do sistema pode ser conferido no Anexo 18.

Por conseguinte, conclui-se que, das necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), apenas 21% são satisfeitas pela contribuição renovável do edifício, isto é, pelo sistema solar térmico.

4.4.5. INSTALAÇÕES DE ELEVAÇÃO

As instalações de elevação também devem ser caracterizadas, através da determinação do consumo de energia durante a manobra, considerando os períodos de pausa e *standby*, sendo que, no estabelecimento em estudo, estes valores foram fornecidos pela entidade gestora do projeto. Na unidade hoteleira em avaliação, está prevista a implementação de dois elevadores de acesso, que fazem a ligação dos 6 pisos do edifício. As características técnicas dos dois elevadores estão detalhadas na Tabela 26 e as fichas técnicas podem ser consultadas no Anexo 21.

Tabela 26 – Especificações técnicas dos elevadores do hotel.

Referência Interna	XP04864BP	XP04867BP
Marca	Orona	
Capacidade de carga (kg)	630	630
Velocidade (m/s)	1	1
Troço (m)	17	17
Consumo de energia, por ano (kWh)	968	866
Classe de eficiência energética	B	B

Ambos os elevadores possuem uma classe de eficiência energética B, pelo que cumpre com o requisito mínimo previsto na Tabela 4 do Capítulo 3.6 [28].

4.5. PERFIL DE EQUIPAMENTOS

Os equipamentos correspondem a uma grande fração dos consumos de energia de um edifício, sendo importantes para o cálculo do desempenho energético. No entanto, no caso em estudo, foram adotados valores padrões para a densidade de potência dos equipamentos, devido à ausência de informação sobre que tipo de equipamentos subsistiam no hotel. Neste contexto, foi assumido os valores de densidade, listados na Tabela 27, alguns dos quais previstos no Decreto-Lei n.º 79/2006. A Copa apresenta uma potência de 250 W/m², uma vez que foi considerada uma cozinha de um hotel de 3 ou menos estrelas. No que diz respeito às salas técnicas e às salas de arrumos, devido à presença de servidores, foi considerada uma potência de 500 W/m². Para os restantes espaços, foi assumido o valor de 3 W/m², com base no Decreto-Lei n.º79/2006. Os horários dos equipamentos do edifício podem ser consultados no Anexo 19 [35].

Tabela 27 – Densidade de potência dos equipamentos internos do edifício.

Espaços	Densidade de Potência (W/m ²)
Circulação	3
Instalações sanitárias	3
Copa	250
Sala Pequenos-Almoços	3
Entradas	3
Quartos	3
Arrumos	250
Salas Técnicas	250
Armazém	3

4.6. PERFIL DE HORÁRIO

No contexto da análise do estabelecimento retratado, a determinação da ocupação dos espaços foi realizada, mediante o levantamento das plantas de arquitetura. Este cálculo levou em consideração a quantidade de pessoas por sala, estimada a partir da contagem de mesas e cadeiras presentes no espaço.

No que diz respeito aos quartos, estes foram classificados como quartos duplos, com 2 ocupantes por espaço. A ocupação da sala de pequenos-almoços foi planejada para 20 pessoas, tendo em consideração a disposição das mesas e cadeiras, observadas durante a

visita, além das informações fornecidas pelo cliente. Para a copa, foi definida uma ocupação de 4 pessoas, sendo esse o número de pessoas que trabalham diariamente no estabelecimento. Na sala de reuniões, foi estipulada uma ocupação de 6 pessoas, enquanto para a recepção, foi estabelecida uma capacidade de 2 pessoas, levando em consideração o número de cadeiras, indicado no *layout*. Para os restantes espaços, como zonas de circulação, salas de arrumos, zonas técnicas, instalações sanitárias e elevadores, como correspondem a zonas de ocupação passageira, foi assumido uma capacidade de 1 pessoa por espaço. Na Tabela 53 do Anexo 1, pode-se conferir os valores de ocupação, para cada zona do imóvel em avaliação.

O hotel opera ininterruptamente ao longo dos 12 meses por ano, durante os 7 dias da semana. Com base nesta informação, foram estabelecidos os perfis de horário relacionados com a ocupação, iluminação, equipamentos e ventilação do espaço, os quais são detalhados no Anexo 19.

5. SIMULAÇÃO DINÂMICA

Para efeitos da avaliação do desempenho energético do hotel, após a caracterização das várias componentes, deve-se proceder ao cálculo da classificação energética do edifício. Para este meio, devem ser comparados os balanços de energia, previsto e de referência, que é realizado a partir do Indicador de Eficiência Energética (IEE). As necessidades e os consumos de energia, para o cálculo do IEE, devem ser determinadas, com base na simulação dinâmica multizona ou do cálculo dinâmico simplificado monozona, estabelecido no Despacho n.º 6476-H/2021 [33]. Posto isto, no estabelecimento em análise, para a determinação do IEE, foi utilizado a simulação dinâmica multizona, através de um dos *softwares* acreditados pela norma ASHRAE 140-2004, denominado de *DesignBuilder*.

O *EnergyPlus* é um programa de simulação dinâmica de edifícios, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, para a análise aprofundada dos sistemas de climatização, ventilação, iluminação, AQS e de outros fluxos de energia. Porém, a grande desvantagem do programa prende-se com a complexa introdução de dados.

Desta forma, surge programas como o *DesignBuilder*, que serve como uma interface gráfica que usa o *EnergyPlus* como motor de simulação subjacente, reduzindo o tempo de inserção de dados. Este programa possui uma interface gráfica intuitiva, que simplifica a modelação do edifício, usando uma abordagem visual para a criação da geometria, definição de materiais, sistemas AVAC e outros parâmetros. Além disso, o *DesignBuilder* incorpora recursos como bibliotecas de componentes pré-definidos, facilitando a inserção de dados no *software*. Por último, o programa dispõe de diversas ferramentas de análise de resultados, que permitem obter informações relativas às necessidades energéticas, consumos e conforto dos ocupantes. Estas análises são conduzidas em conformidade com os regulamentos de construção e os padrões para certificação energética, proporcionando uma avaliação abrangente e alinhada às normas específicas de cada localidade.

Desta forma, neste capítulo, é apresentado a metodologia de inserção dos dados no modelo geométrico do *DesignBuilder*, tanto para o edifício previsto, como para o edifício de referência, com vista à obtenção da classificação energética do hotel.

5.1. EDIFÍCIO PREVISTO

Para a simulação dinâmica do edifício previsto, foi elaborado o modelo geométrico, juntamente com a inserção de todos os parâmetros abordados no Capítulo 4. Assim, a abordagem de construção do modelo e a introdução das características técnicas é explicada nos seguintes subcapítulos.

5.1.1. DADOS CLIMÁTICOS

Durante a criação de um novo projeto, deve-se selecionar o nome do edifício, o tipo de análise e a sua localização. O *DesignBuilder* possui diferentes *templates* que correspondem a localizações de diversos países, com informações relativas às condições climáticas, período de duração das estações de aquecimento e arrefecimento, entre outros aspetos. Na Figura 22, apresenta-se a janela de criação de um novo projeto no *software*.

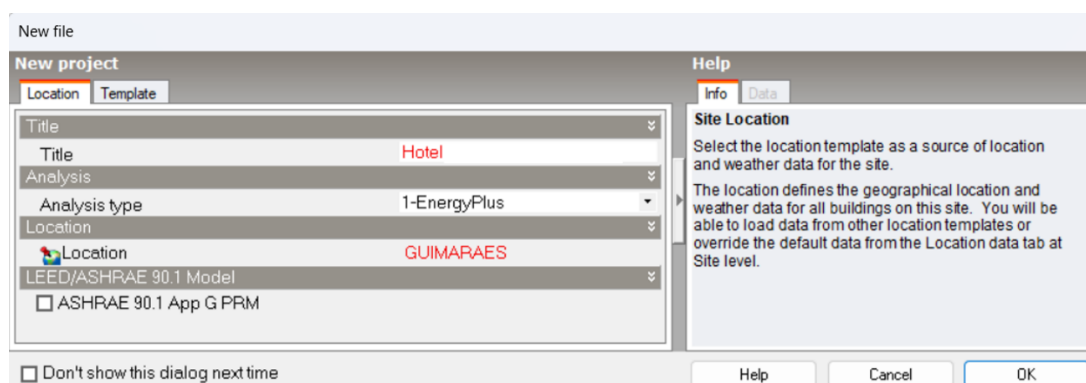


Figura 22 – Criação de um novo projeto no *DesignBuilder*.

Como o *DesignBuilder* não dispõe de um *template* da localização onde o hotel se encontra (Guimarães), procedeu-se à criação de um novo, com os dados climáticos retirados do *software* SCE.CLIMA. Este programa é fornecido pela DGEG, que permite adaptar os arquivos climáticos, dependendo do município, altitude e zona climática determinada no Capítulo 4.2. O *software* gera um ficheiro no formato *.epw* (*EnergyPlus Weather*), com as informações inseridas na aplicação. Na Figura 23, é ilustrada a folha de cálculo do SCE.CLIMA, contendo a informação relativa às zonas climáticas de verão e inverno, calculadas no Capítulo 4.2.

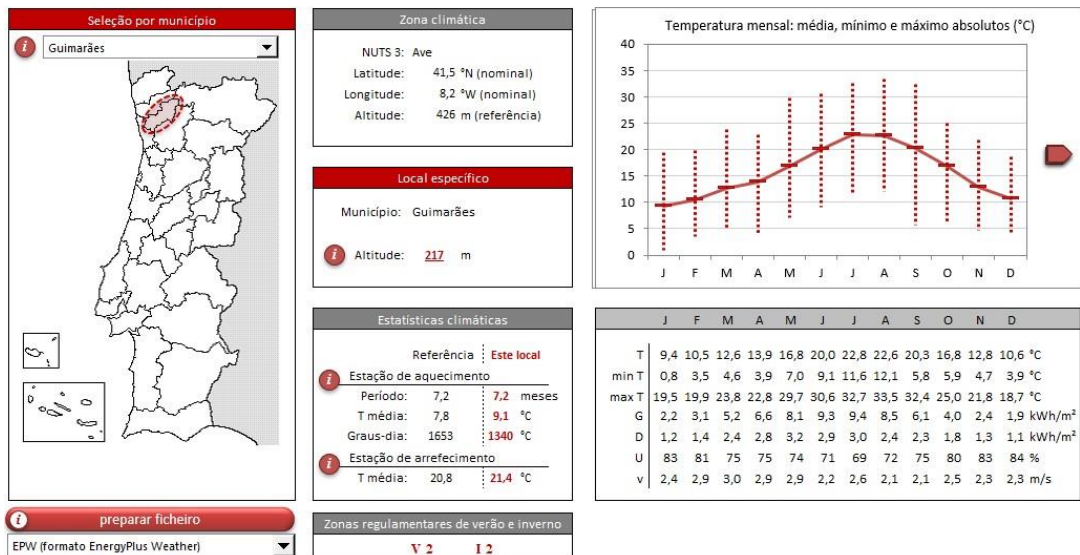


Figura 23 – Folha de cálculo SCE.CLIMA.

A introdução do ficheiro .epw no *DesignBuilder* é realizada a partir do separador *Location* no Painel de Navegação. Na Figura 24, apresenta-se o novo *template*, contendo o ficheiro climático criado para a localização de Guimarães, a uma altitude de 217 m, bem como as coordenadas e a elevação acima da água do mar, obtidas a partir do *Google Earth*.

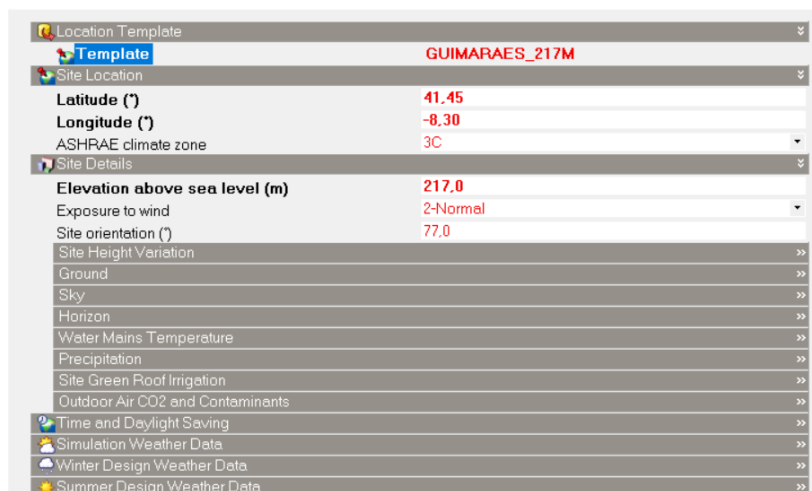


Figura 24 – Template contendo o ficheiro climático no *DesignBuilder*.

5.1.2. MODELAÇÃO GEOMÉTRICA DO EDIFÍCIO

Após a inserção das características climáticas, segue-se a construção do modelo geométrico, onde se recorre às ferramentas de desenho que o *DesignBuilder* põe ao seu dispor, na secção *Layout*. Desta forma, na Figura 25, é apresentado o modelo geométrico do edifício previsto, com a indicação da orientação. Os elementos a cinzento representam as soluções construtivas da envolvente exterior do edifício, como paredes e coberturas

exteriores. Já os elementos ilustrados a cinzento-claro correspondem aos vãos envidraçados e às portas. A cor verde, estão apresentados os *Component Block*, que representam as condições solo, de modo a simular o contacto do pavimento térreo PAVTER1 e da parede enterrada PENT1. Por último, a cor rosa, está ilustrado o *Component Block* relativo ao edifício de habitação, pertencente ao mesmo complexo de edifícios do hotel, não tendo relevância nos fluxos de energia térmica para a simulação dinâmica do modelo.

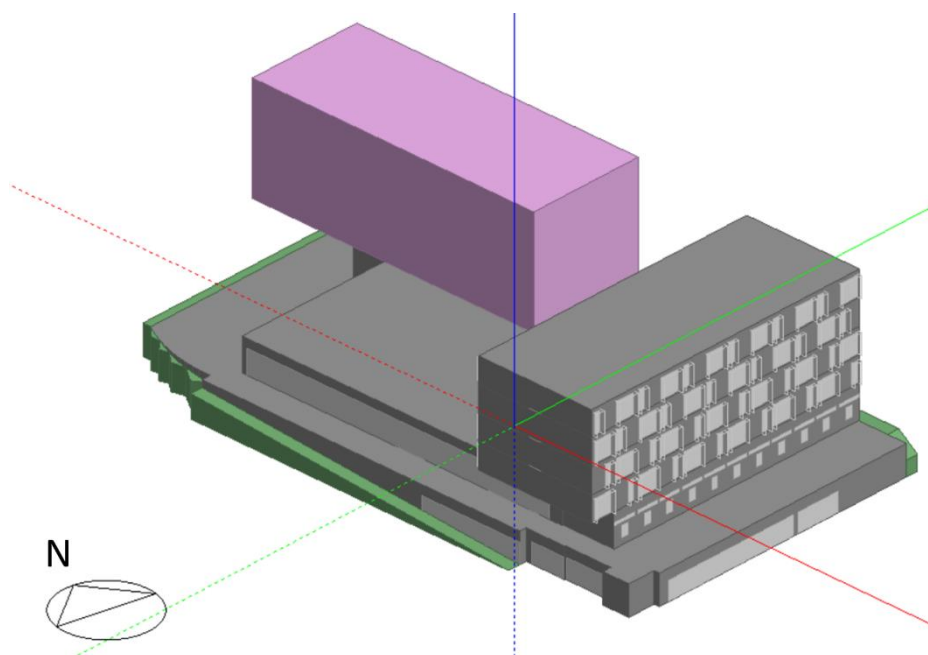


Figura 25 – Representação da geometria do modelo do edifício previsto (alçado principal), com indicação da orientação do estabelecimento.

Em seguida, as zonas do modelo são introduzidas, tendo em conta cada espaço do edifício. O painel de navegação do *DesignBuilder* exibe uma estrutura hierarquizada de dados, que começa por identificar o edifício, passando para os blocos, zonas e, por fim, os elementos construtivos. No modelo do edifício em estudo, optou-se por subdividir cada piso num bloco de construção, de modo a tornar o processo de inserção de dados mais eficiente. Por conseguinte, na Figura 26, estão listadas as zonas correspondentes ao bloco P0, isto é, as zonas localizadas no Piso -1 do edifício.



Figura 26 – Representação das zonas do bloco PO (associado ao Piso -1), no painel de navegação.

Repare-se que as zonas marcadas a verde indicam os espaços não úteis, ao passo que os destacados a preto representam os espaços úteis. A definição dos espaços foi realizada, recorrendo ao separador *Activity*, sendo que, na Figura 27, se apresenta um exemplo da definição para a Sala Técnica 1. Como se trata de um espaço não útil, deve-se alterar o tipo de zona (*zone type*) para *Semi-exterior unconditioned*.

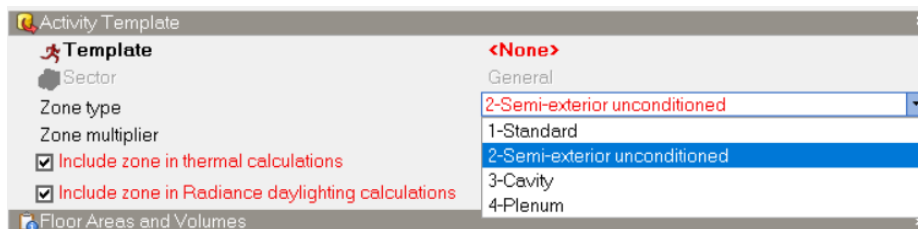


Figura 27 – Definição da Sala Técnica 1, como espaço não útil.

5.1.3. ENVOLVENTE OPACA

Para a introdução das propriedades construtivas de todos os elementos da envolvente opaca, recorre-se ao separador “*Construction*”, onde se define o *template* de construção. O *DesignBuilder* possui diversos *templates* pré-definidos, tendo-se criado cópias dos mesmos, para cada tipo de solução construtiva. O programa possui uma funcionalidade denominada de “*data inheritance*”, na qual os dados de construção são herdados do nível superior de hierarquia. Em outras palavras, os dados de bloco são herdados do nível de construção, os dados de zona são herdados dos dados de bloco e os dados de superfície são herdados dos

dados de zona. Esta funcionalidade permite realizar configurações ao nível do edifício, as quais se tornam ativas em todo o modelo. Por outro lado, é possível efetuar configurações, ao nível do bloco, de modo a alterar os dados de todas as zonas e superfícies relativas a esse bloco, agilizando o processo de inserção das características da envolvente. Na Figura 28, é exibida a janela destinada à caracterização construtiva do modelo do hotel em análise. As paredes, pavimentos e coberturas introduzidas, ao nível do edifício, representam as configurações mais comuns para cada elemento, de modo a aproveitar a funcionalidade descrita. Os elementos que não se adequam aos estabelecidos, ao nível do edifício, foram alterados manualmente.

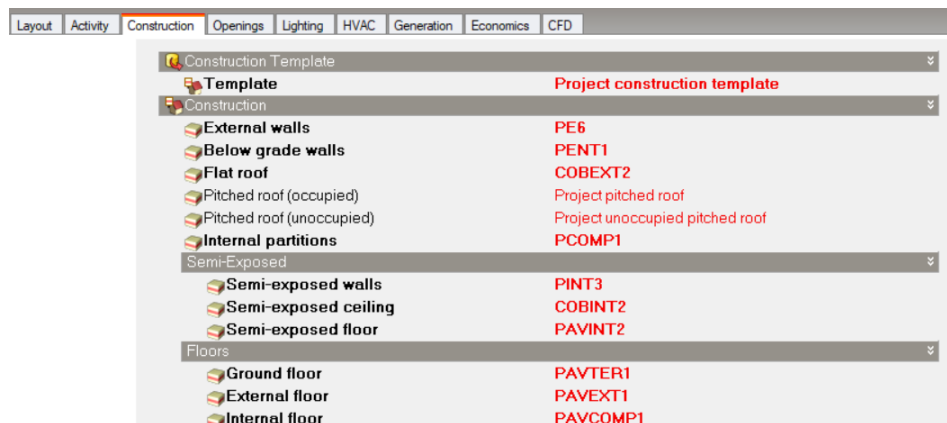


Figura 28 – Separador “Construction”, ao nível do edifício, no *DesignBuilder*.

Na Figura 29, encontra-se exemplificado a configuração de um componente construtivo, nomeadamente a parede exterior PE1, categorizada como “*External Walls*”. Também se pode observar a caracterização das diferentes camadas do elemento da envolvente e os respetivos materiais constituintes. O *DesignBuilder* gera a representação visual da solução construtiva especificada, destacada à direita, obtida a partir do separador “*Image*”.

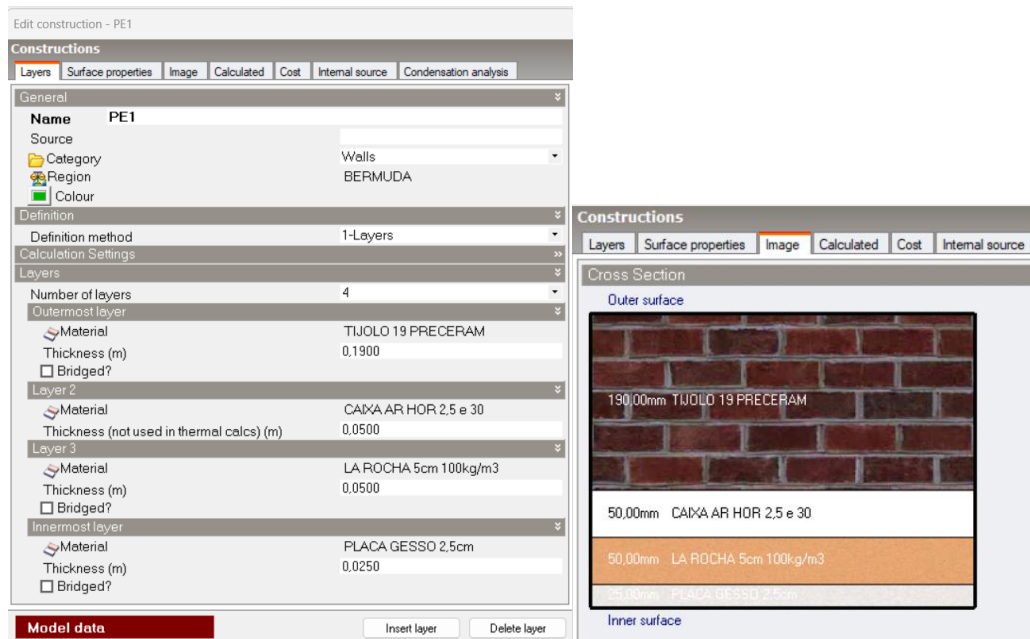


Figura 29 – Definição da parede exterior PE1 no *DesignBuilder* e representação visual da mesma.

A partir do separador “*Calculated*”, o utilizador pode observar as propriedades globais da parede, como o coeficiente de transmissão térmica, resistência térmica, entre outros. Neste contexto, pode-se confirmar se o valor obtido do coeficiente de transmissão térmica no Capítulo 4.3.3, se encontra próximo do valor do projeto calculado (Figura 30).

Layers	Surface properties	Image	Calculated	Cost	Internal source
Inner surface					
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)				2,152	
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)				5,540	
Surface resistance (m ² -K/W)				0,130	
Outer surface					
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)				19,870	
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)				5,130	
Surface resistance (m ² -K/W)				0,040	
No Bridging					
U-Value surface to surface (W/m ² -K)				0,414	
R-Value (m ² -K/W)				2,585	
U-Value (W/m²-K)				0,387	
With Bridging (BS EN ISO 6946)					
Thickness (m)				0,3150	
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)				21,0000	
Upper resistance limit (m ² -K/W)				2,585	
Lower resistance limit (m ² -K/W)				2,585	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)				0,414	
R-Value (m ² -K/W)				2,585	
U-Value (W/m²-K)				0,387	

Figura 30 – Separador “*Calculated*”, e valor do *U* determinado pelo programa.

As caracterizações de todos os elementos construtivos do hotel seguem a abordagem indicada anteriormente, tendo-se concluído que os valores de *U* determinados pelo

DesignBuilder, se encontram próximos do valor de projeto calculado analiticamente no Capítulo 4.3.3.

No separador *Construction*, também se deve ativar a opção “*Model Infiltration*”, que corresponde às infiltrações devido à permeabilidade do ar. O valor introduzido no *software*, para cada zona do modelo, diz respeito aos valores previstos pela legislação, conforme a Tabela 61 do Manual SCE. Na Figura 31, é apresentado o valor de infiltração de ar, introduzido para a Sala de Pequenos Almoços, tendo sido considerada um espaço com uma fachada exposta e com caixilharia com classe de permeabilidade ao ar 2 ou superior [33].



Figura 31 – Infiltração do ar para a Sala dos Pequenos-almoços no modelo do edifício.

5.1.4. ENVOLVENTE ENVIDRAÇADA

Para a definição dos vãos envidraçados, recorre-se à secção “*Openings*”, em que se introduz o tipo de vidro, o tipo de caixilharia e o sistema de sombreamento. Tal como para a envolvente opaca, o programa inclui uma seleção de *Templates* predefinidos, permitindo a criação de um *Template* personalizado, para adaptar o modelo às características dos vãos envidraçados do hotel em análise. A Figura 32 exhibe a interface da secção “*Openings*”, para inserção das especificações técnicas dos vãos envidraçados no modelo. Quanto às caixilharias, a opção “*Frames and Dividers*” foi desabilitada, uma vez que o cálculo do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados, já levou em consideração o efeito das caixilharias.

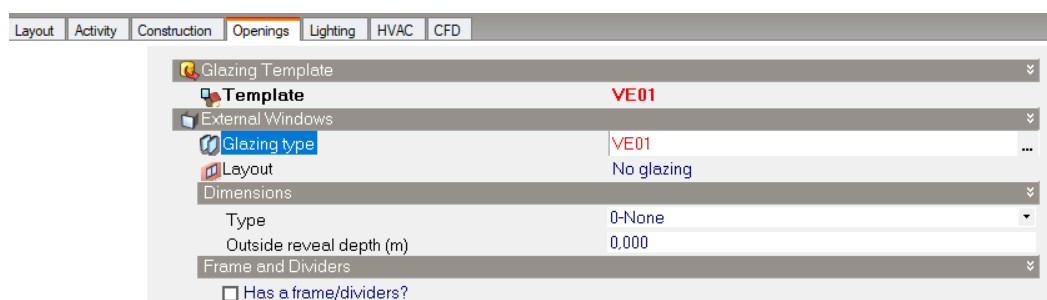


Figura 32 – Separador “*Openings*” e *template* do vão envidraçado VE01.

Para editar os vãos envidraçados, recorre-se a dois métodos distintos: o método *Material Layers*, no qual se especifica o número de camadas e o tipo de materiais utilizados; ou o método *Simple*, no qual são introduzidas as características térmicas e solares do vão, sem

a indicação das características de cada material. No caso em estudo, optou-se pelo segundo método, uma vez que as características dos vidros são conhecidas, através das fichas técnicas e dos cálculos efetuados. O coeficiente SHGC representa o fator solar da área transparente para uma incidência de radiação perpendicular ao vão envidraçado ($g_{\perp vi}$) e o *Light Transmission* corresponde à transmissão luminosa do vidro. Ambos os valores foram obtidos partir das fichas técnicas dos vidros, fornecidas pelas entidades do projeto. Já o valor do coeficiente de transmissão térmica U corresponde ao valor calculado no Capítulo 4.3.4.1. A título de exemplo, na Figura 33, é apresentada a inserção dos parâmetros no vão envidraçado VE01, sendo que, se seguiu uma abordagem semelhante para os demais vãos envidraçados do edifício.

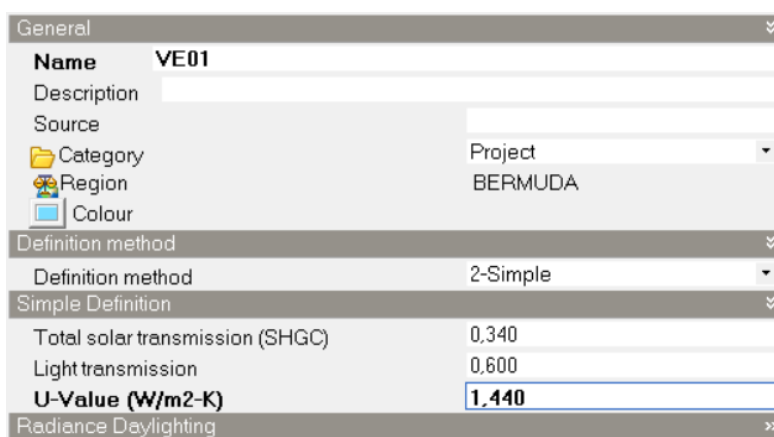


Figura 33 – Definição do vão envidraçado VE01 na janela de edição “*Glazing Type*”.

A proteção solar do hotel é constituída pelos *blackouts* interiores de cor clara, instalados em cada quarto. Desta forma, foi ativada a opção “*Windows Shading*” e definido o *setpoint* de 300 W/m^2 , como se pode observar na Figura 34. Como resultado, as proteções solares móveis dos vãos envidraçados são ativadas, sempre que a radiação incidente na fachada exceda os 300 W/m^2 . Adicionalmente, as palas de sombreamento presentes na envolvente opaca de cada quarto, foram introduzidas, a partir da ferramenta “*Local Shading*”, como se ilustra na Figura 34.

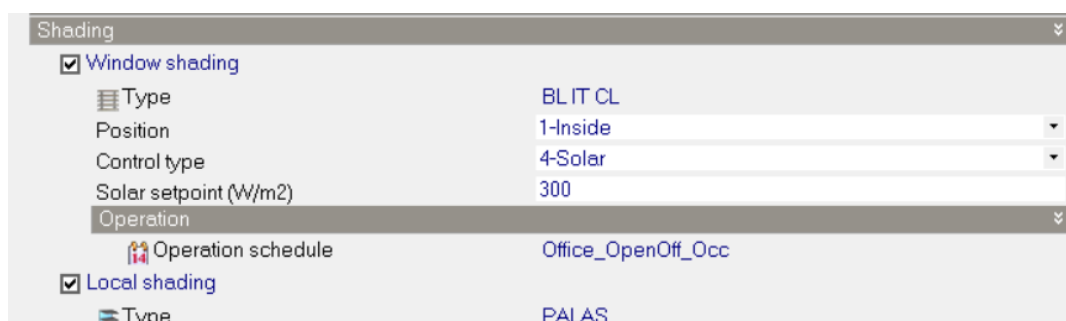


Figura 34 – Definição das proteções solares e das palas do edifício no *DesignBuilder*.

As proteções solares foram introduzidas, tendo-se alterado os parâmetros de uma proteção solar da biblioteca do *software* (Figura 35).

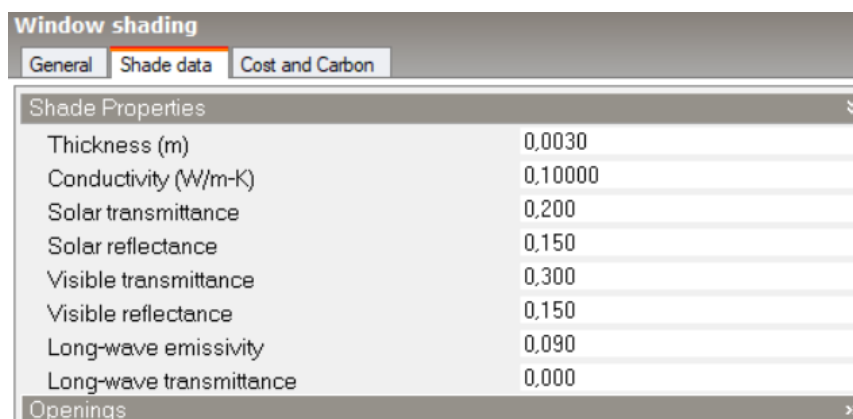


Figura 35 – Características das proteções solares (*Blackout Interior Clara*) introduzidas no *DesignBuilder*.

5.1.5. CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS INTERIORES

A caracterização dos espaços interiores deve ser realizada, com a introdução de dados referentes à ocupação, iluminação e carga térmica, a partir dos separadores “*Activity*” e “*Lightning*”.

No entanto, no hotel em análise, recorreu-se à ferramenta *Model Data Grid View*, para o mesmo propósito. Esta funcionalidade permite a exportação dos dados no formato .csv (*comma separated value*), através da opção *Export*. De seguida, estes dados são importados e editados numa folha de cálculo Excel própria, para, posteriormente, serem introduzidos de novo no *DesignBuilder*, através da opção *Import*, agilizando o processo de inserção de dados, em comparação com a inserção manual [36]. Assim, recorrendo a uma folha de Excel disponibilizada pela empresa, procedeu-se à introdução dos dados relativos à ocupação, iluminação, carga térmica e dos caudais de ar novo de cada espaço.

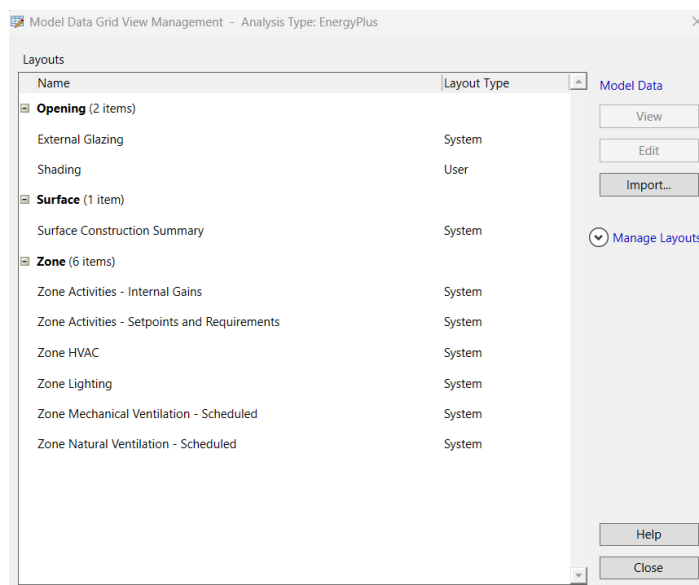


Figura 36 – Ferramenta *Model Data Grid View*.

Relativamente aos valores de ocupação e dos ganhos térmicos introduzidos no modelo geométrico, estes podem ser consultados nos Capítulos 4.5 e 4.6. No que diz respeito aos sistemas de iluminação, a potência inserida em cada espaço corresponde à obtida a partir do estudo luminotécnico realizado ao hotel, podendo ser consultada no Anexo 16. Adicionalmente, foi definido a temperatura de *setpoint* e de *setback*, isto é, a temperatura pretendida, quando a zona em causa está ocupada ou não ocupada, respetivamente. A inserção das temperaturas mencionadas é realizada no separador *Activity*, de acordo com a Figura 37.

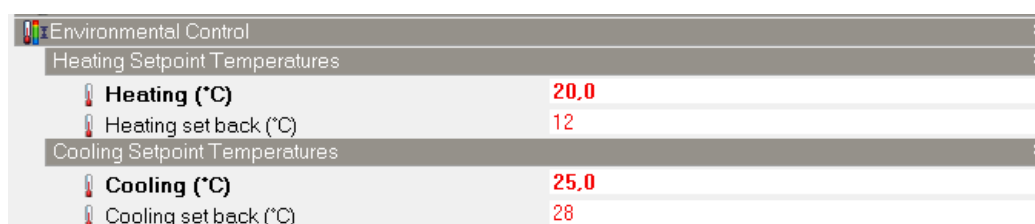


Figura 37 – Definição dos controlos de temperatura de *setpoint* e de *setback* no modelo do edifício.

5.1.6. PERFIS DE UTILIZAÇÃO

A definição de cada um dos horários de funcionamento encontra-se detalhada no Anexo 19. O processo de introdução de cada um dos perfis no *DesignBuilder* é semelhante, pelo que, é apresentado um exemplo da inserção do *template* para o perfil de ocupação dos quartos. A introdução dos dados é realizada a partir do separador *Activity*, ao nível do quarto, na opção apresentada na Figura 38.

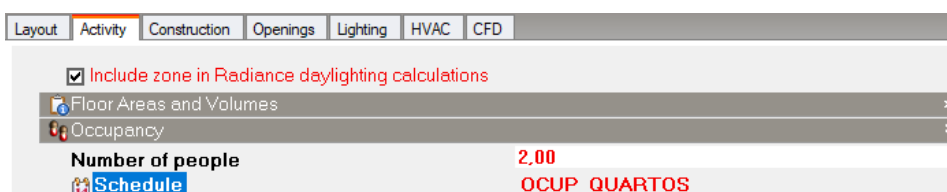


Figura 38 – Criação do perfil de ocupação dos quartos no modelo do edifício.

Os horários de funcionamento podem ser realizados de duas formas: “7/12 Schedules”, no qual cada dia da semana e cada mês do ano apresenta uma configuração única, e “Day Schedules”, onde é utilizado um formato de dados compacto, em base de texto. No modelo em estudo, optou-se pelo método “Day Schedules”, apresentando-se na Figura 39, um exemplo de formatação dos dados, para a ocupação dos quartos.

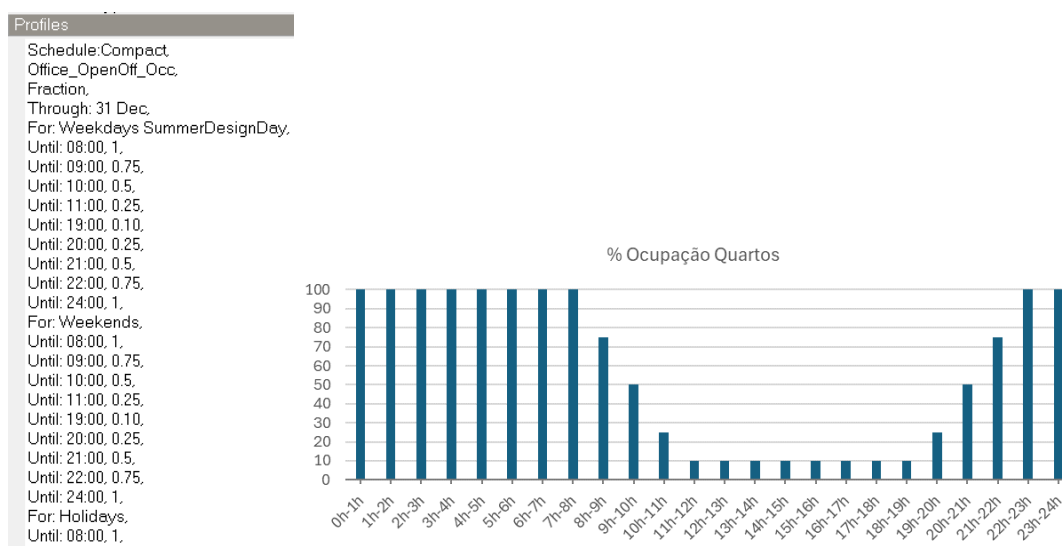


Figura 39 – Criação do perfil de horário de ocupação dos quartos e gráfico representativo do horário criado.

Os restantes perfis de horários foram elaborados de forma semelhante, sendo que o perfil de iluminação é configurado, através do separador *Lightning*, o perfil de utilização de equipamentos pelo separador *Activity* e os perfis de ventilação e climatização no separador *HVAC*.

5.1.7. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E VENTILAÇÃO

Por fim, é necessário configurar os sistemas AVAC, pelo separador “HVAC”, onde podem ser definidos os principais parâmetros de ventilação e de aquecimento e arrefecimento. Isto inclui a escolha entre ventilação mecânica e natural, a introdução dos caudais de ar novo e a inserção dos horários das baterias de climatização, para cada zona do

modelo geométrico. No caso em estudo, conforme previamente mencionado, a introdução dos parâmetros no modelo foi efetuada, por meio da ferramenta *Model Data Grid View*.

A título de exemplo, na Figura 40, é apresentado a janela “HVAC”, relativa ao Quarto 1. Uma vez que o espaço é ventilado exclusivamente por ventilação natural, foi desabilitada a opção “*Mechanical Ventilation*” e acionada a opção “*Natural Ventilation*”. De seguida, procedeu-se à introdução dos valores dos caudais de ar novo efetivos para o Quarto 1, detalhados no Anexo 11. Os valores de caudal de ar novo tiveram de ser convertidos de m³/h para ACH (*air changes per hour*), uma vez que o *software* utiliza essa unidade de medida. Como os quartos possuem climatização, por meio das unidades VRV, foram habilitadas as opções de “*Heating*” e “*Cooling*” e os horários de funcionamento das baterias de aquecimento e arrefecimento foram inseridos.

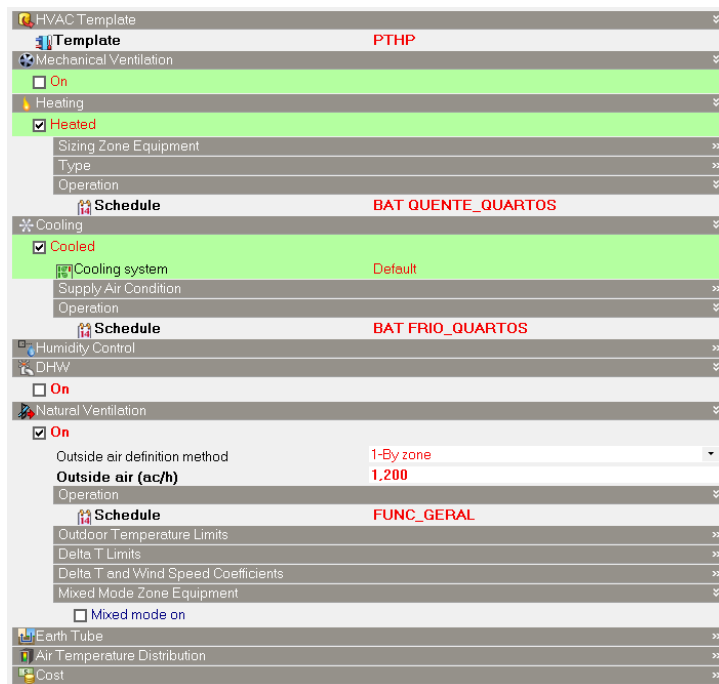


Figura 40 – Janela de seleção dos sistemas AVAC dos quartos.

5.1.7.1. MODELAÇÃO DO SISTEMA AVAC

Antes de explicar a metodologia de modelação dos sistemas AVAC no *DesignBuilder*, torna-se importante agrupar as zonas em “*zone groups*” (grupos de zona), isto é, zonas que possuem idênticas configurações de equipamentos AVAC. Assim, na Figura 41, são apresentados os 12 “*zone groups*” considerados no *software*. Esta subdivisão foi estabelecida com base na condição de que todas as zonas de um grupo, devem ter o mesmo número de equipamentos. Adicionalmente, nos espaços úteis do edifício que não contam com qualquer

sistema AVAC, é necessário inserir uma bomba fictícia, uma vez que a legislação exige a obrigação de climatização em todos os espaços úteis.



Figura 41 – Zone Groups dos sistemas definidos no *DesignBuilder*.

Os sistemas 1 a 4 representam os equipamentos AVAC dos quartos, abrangendo a climatização realizada pelas duas unidades VRV (UE2 e UE3) e a extração efetuada pelos quatro ventiladores de extração (VES-SE, VES-SO, VES-NO e VES-NE). Já o ventilador VE-Copa, responsável pela extração do Piso -1 e das Salas de Arrumos de cada piso, foi dividido em 3 grupos, de acordo com as condições de climatização de cada sistema. Dessa forma, o sistema 5A abrange as zonas de espaços úteis sem equipamentos de climatização; o sistema 5B cobre as zonas de espaços não úteis, sem condições de aquecimento e arrefecimento, como as Salas de Arrumos (Pisos 0 a 4). No que concerne o sistema 6, este corresponde à Copa do Piso -1, que conta com extração de ar pela VE-Copa, ventilação mecânica por meio da UTAN P-1 e climatização pelo *Split* UE1. A diferença entre o sistema 6 e o 7 está relacionada com a ausência de sistemas de extração de ar no sistema 7, nomeadamente na Sala dos Pequenos-Almoços e Recepção. O sistema 8, referente à Sala de Reuniões, possui apenas ventilação mecânica pela UTAN P-1. Por outro lado, o sistema 9 corresponde à extração das zonas das circulações dos pisos dos quartos (Piso 0 a Piso 4). Os sistemas 10 e 11 estão associados às zonas técnicas do edifício. Por último, o sistema 0 foi criado para incluir as zonas dos espaços úteis sem qualquer sistema técnico associado, por meio da introdução das mencionadas bombas fictícias.

5.1.7.2. MODELAÇÃO DA UTAN

Relativamente à unidade de tratamento de ar novo, que realiza a ventilação mecânica dos espaços úteis do Piso -1, esta é composta por uma unidade VRV, UEUTAN, com duas

baterias de aquecimento e arrefecimento e um ventilador de insuflação, não contendo qualquer sistema de recuperação ou recirculação de calor. Na Figura 42, é ilustrado um esquema da representação da UTA, com a inclusão do ventilador de insuflação e das baterias, tendo sido introduzida através da opção “Add Generic Air Loop”. A bateria de aquecimento extra resulta de um defeito no *template* utilizado, tendo-se inserido um horário de funcionamento “Off 24/7”, para desabilitar a bateria mencionada.

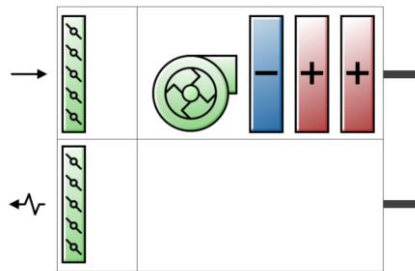


Figura 42 – Representação da UTAN no DesignBuilder.

De seguida, na janela de edição da UTAN, procedeu-se à introdução do caudal de ar novo da unidade e do horário de funcionamento no separador “General”, tendo-se desabilitado a opção de recirculação e recuperação de calor no separador “Outdoor Air System”, como se ilustra na Figura 43.

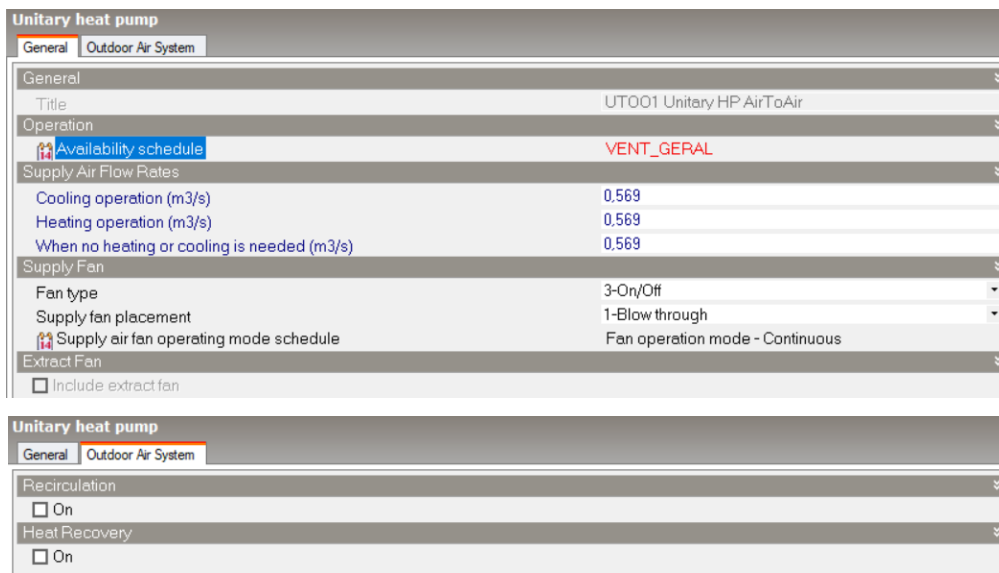


Figura 43 – Janela de edição da UTAN do edifício.

Os valores das capacidades térmicas nominais e das eficiências sazonais da UEUTAN são inseridos nas janelas de edição da “DX Cooling Coil” (bateria de arrefecimento) e da “DX Heating Coil” (bateria de aquecimento). A opção “Defrost” foi desativada, dado a falta de

informação relativa ao sistema de descongelamento das baterias da unidade. De maneira análoga, foi definido a pressão de trabalho e a eficiência do ventilador de insuflação.

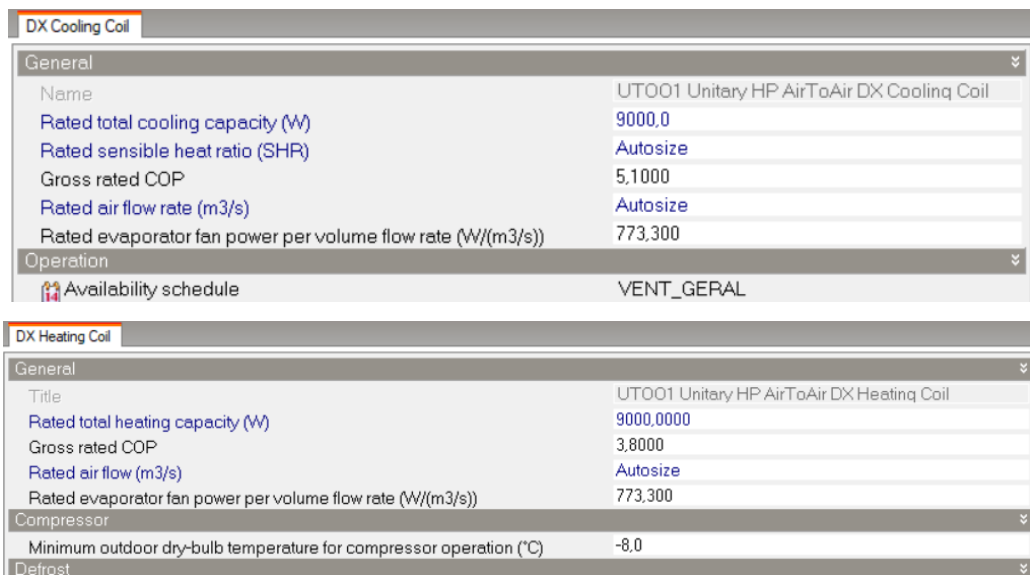


Figura 44 – Introdução das características técnicas da bateria de arrefecimento e aquecimento no *DesignBuilder*.

Em cada zona dos sistemas ventilados pela UTAN, foi inserido a unidade interior, sob a forma de grelhas lineares, bem como os valores dos caudais de ar novo para cada espaço. Por fim, deve-se proceder ao desenho da rede de condutas, que liga a UTAN às unidades interiores. Assim, na Figura 45, encontra-se ilustrado um esquema de ligação da UTAN com o Sistema 1 da Figura 41.

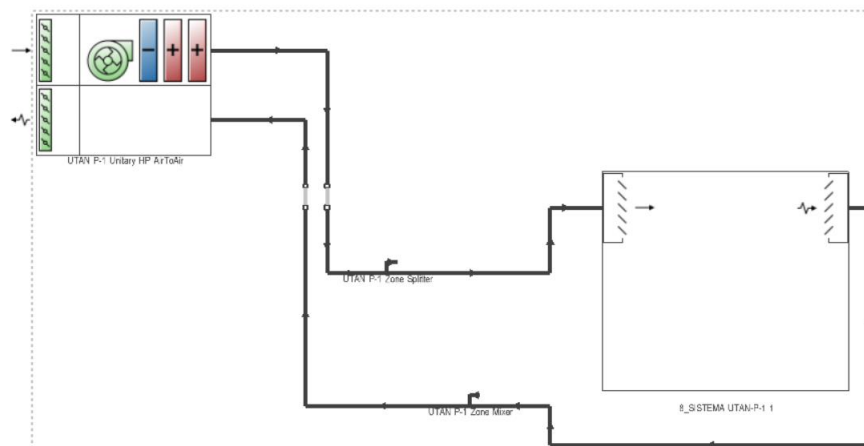


Figura 45 – Esquema representativo da ligação da UTAN às unidades interiores do Sistema 8.

5.1.7.3. VENTILADORES DE EXTRAÇÃO

Os ventiladores de extração são inseridos a partir da opção “Add zone exhaust fan”. Na Figura 46, é apresentado um exemplo da inserção do ventilador de extração VES-SE no Quarto 1, estando incluído, no esquema, a unidade interior do sistema VRV UE3.

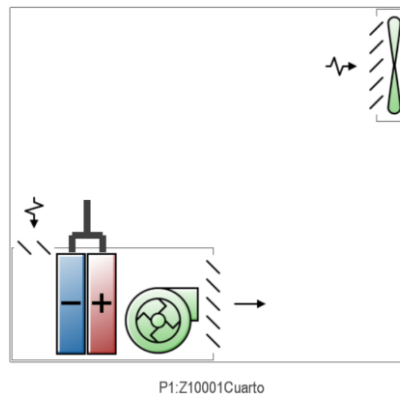


Figura 46 – Esquema representativo do sistema AVAC do Quarto 1 do edifício.

Para cada quarto, foram inseridos os horários de funcionamento (funcionamento geral de ventilação) e os valores máximos de caudal de ar extraído, tendo-se obtido o valor de 60 m³/h, a partir das plantas fornecidas. Os valores de pressão e rendimento do ventilador, tal como mostrado na Figura 47, estão disponíveis na Tabela 18, para todos os ventiladores de extração do hotel.

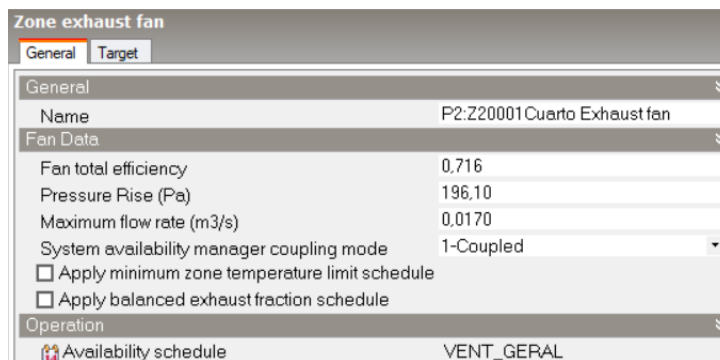


Figura 47 – Introdução das características técnicas do ventilador de extração VES-SE no *DesignBuilder*.

5.1.7.4. SISTEMAS VRV

Quanto aos sistemas VRV, na Figura 48, é apresentado um esquema da representação das unidades exteriores no *DesignBuilder*.

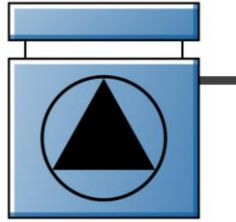


Figura 48 – Representação das unidades VRV no *DesignBuilder*.

As características técnicas destes equipamentos, como o perfil horário, capacidade nominal de climatização e as eficiências COP/EER, são introduzidas nas janelas de edição das unidades exteriores. Como exemplo, na Figura 49, apresenta-se a definição da unidade UE3.

VRF Outdoor Unit			
General	Cooling	Heating	Heat Recovery
General			
Gross rated total cooling capacity (W)	117500,00		
Gross rated cooling COP	3,51		

VRF Outdoor Unit			
General	Cooling	Heating	Heat Recovery
General			
Gross rated heating capacity (W)	117500,00		
Gross rated heating COP	4,24		

Figura 49 – Introdução das características técnicas da UE3 no *DesignBuilder*.

Adicionalmente, em cada zona dos sistemas climatizados por estes equipamentos, deve ser introduzido as unidades interiores, através da opção “*Add VRV indoor unit*”, tendo sido aplicado um *template* pré-definido para a definição das mesmas. Tal como na modelação da UTAN, deve-se desenhar a ligação das unidades exteriores às interiores dos sistemas VRV. Desta forma, a Figura 50, ilustra um exemplo do esquema de ligação do UE3 com o Sistema 1 e o Sistema 2 da Figura 41.

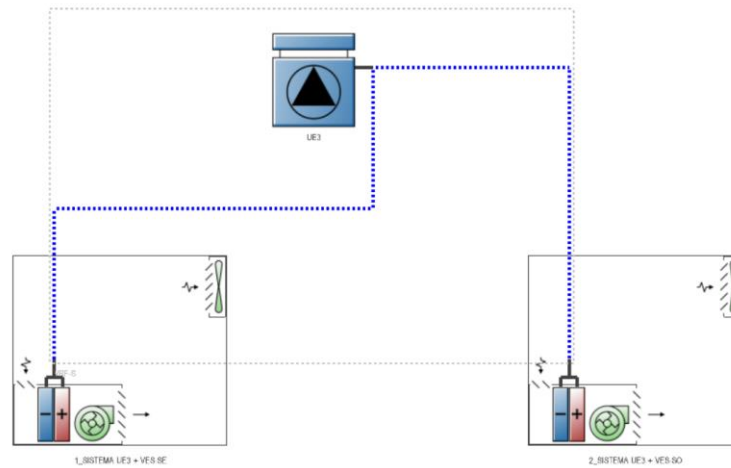


Figura 50 – Esquema representativo da ligação da unidade exterior UE3 às unidades interiores do Sistema 1 e do Sistema 2.

O equipamento do tipo *Split* UE1, responsável pela climatização do Piso -1, foi configurado, de forma semelhante, aos sistemas VRV, uma vez que este é constituído por uma unidade exterior e interior.

O desenho das ligações do sistema 6 englobe todas as abordagens apresentadas para os vários equipamentos, uma vez que este sistema possui extração de ar pela VE-Copa, ventilação mecânica por meio da UTAN P-1 e climatização, por parte do *Split* UE1. Tratando-se de um caso particular na definição das ligações, considerou-se pertinente a apresentação do esquema, consoante a Figura 51.

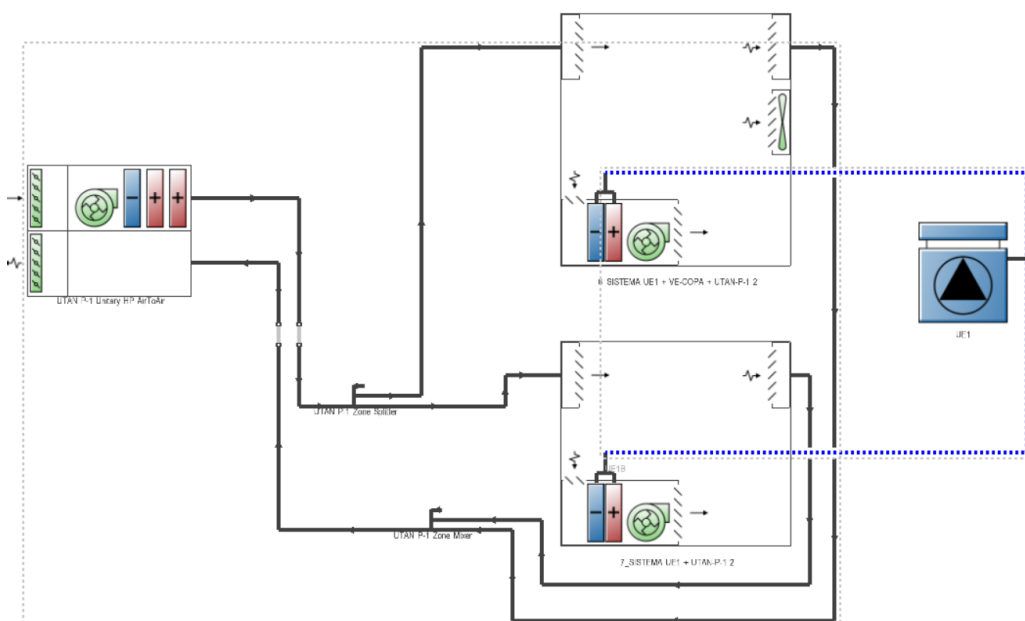


Figura 51 – Esquema representativo da ligação do *Split* UE1 às unidades interiores do Sistema 6 e Sistema 7 e da unidade da UTAN às grelhas de insuflação e de extração dos mesmos sistemas.

5.2. EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Para a simulação dinâmica do edifício de referência e determinação do indicador de eficiência energética de referência (IEE_{ref}), deve ser adotado o mesmo método de cálculo considerado para o edifício previsto, repetindo-se o processo até então descrito, com os dados de referência. Segue-se assim a descrição das alterações realizadas ao modelo do edifício previsto, com a introdução dos dados de entrada de referência no *software* de simulação.

Relativamente aos elementos da envolvente opaca, como paredes, pavimentos e coberturas, foram considerados os coeficientes de transmissão térmica para os valores de referência, apresentados na Tabela 28, de acordo com a zona climática I2 [33]. Estes valores foram obtidos no modelo, a partir da alteração da espessura de isolamento da solução construtiva.

Tabela 28 – Coeficientes de transmissão térmica de referência dos elementos da envolvente (zona climática I2) [33].

Envolvente	Coeficiente de transmissão térmica de referência U_{ref} (W/m ² .°C)
Elementos opacos verticais	0,60
Elementos opacos horizontais	0,45
Vãos envidraçados exteriores	3,30

Para além disso, para os elementos com condição fronteira exterior, foi considerado uma absorptância solar (α_{sol}) igual a 0,4 [33].

No que concerne as alterações na envolvente envidraçada, segundo a legislação, quando a área dos vãos envidraçados verticais for superior a 30% da área da fachada em que estes se inserem, deve-se reduzir a área dos vãos até aos 30% da área da fachada, sendo que, a área excedente passa a ser considerada igual, ao elemento da envolvente opaca contíguo. No hotel em estudo, verifica-se que os vãos das fachadas a sudoeste (SW) e sudeste (SE) estão suscetíveis às mudanças mencionadas, enquanto os restantes permanecem inalterados. Ainda no que diz respeito à modelação dos edifícios, os dispositivos de proteção solares móveis e os elementos de sombreamento do tipo palas foram retirados do modelo, tendo-se desabilitado a opção “*Local Shading*” e “*Window Shading*” no separador “*Openings*” do *software*. Por fim, foi alterado o valor do coeficiente de transmissão térmica (U_{ref}) para 3,30 para todos os vãos envidraçados exteriores (Tabela 28), bem como o valor do fator solar (g_{tot}) para 0,20, tendo em conta a zona climática V2 [33].

No que diz respeito à iluminação, foi considerado os valores de iluminância média (\bar{E}_m), conforme o Anexo IV do Manual SCE, em função do tipo de edifício e de atividade do espaço, de acordo com a Norma EN 12464 [33]. No entanto, relativamente à potência instalada no edifício de referência, devem ser considerados diferentes valores de densidade de potência máxima ($DPI_{100\text{ lux,máx}}$) dos utilizados no cumprimento dos requisitos do edifício previsto. Isto porque o hotel deve obedecer à metodologia da nova legislação para o cálculo da classe energética, através do Manual SCE. Desta forma, deve-se recorrer à Portaria n.º 138-I/2021 para a determinação do $DPI_{100\text{ lux,máx}}$, em função do tipo de atividade do espaço [33]. A partir dos dados referidos, a potência de iluminação de referência deve ser obtida a partir da Equação (20), que se trata do método reverso de cálculo descrito no Capítulo 4.4.3. Para o cálculo do DPI, não se tem em consideração os sistemas de controlo de iluminação em função da ocupação e luz natural, conforme a Tabela 102 do Manual SCE [33].

$$P_{inst,ref} = \frac{DPI_{100\text{ lux,máx}} \times \bar{E}_m \times A_{espaço}}{100} \quad (20)$$

Outra alteração realizada ao modelo do edifício de referência, foi a retificação dos valores dos caudais de ar novo, que devem ser determinados pelo método prescritivo, afetados de uma eficácia de remoção de poluentes de 0,8. Para o hotel, o método escolhido para o cálculo do caudal de ar novo do edifício previsto foi o método prescritivo, pelo que para o edifício de referência, apenas se dividiu os valores por 0,8, como se pode consultar na Tabela 79 do Anexo 11 [33]. Os valores referidos foram introduzidos nas janelas de edição das grelhas de insuflação, para cada espaço correspondente.

Ainda sobre as alterações na referência para os sistemas de ventilação, os ventiladores com uma potência igual ou superior a 750 W no edifício previsto, devem assumir uma potência, calculada através do produto entre o caudal de ar e 1250 W/(m³/s). No hotel em estudo, as potências absorvidas dos ventiladores de extração e do ventilador da UTAN são inferiores a 750 W, pelo que os valores da potência absorvida se mantêm iguais aos do edifício previsto [33].

Por fim, relativamente aos sistemas de climatização, o *split* e as unidades VRV devem ser substituídos pelos sistemas previstos na Tabela 105 do Manual SCE, em função do tipo de uso. Por conseguinte, todos os sistemas do hotel são substituídos por uma bomba de calor do

tipo *chiller* de compressão, com permuta exterior a ar e com uma eficiência igual a 3,00 e 2,90 para aquecimento e arrefecimento, respetivamente [33].

As alterações no modelo geométrico realizadas podem ser observadas na Figura 52, em comparação com a Figura 25 para o edifício previsto, em que se verifica a ausência de elementos de sombreamento e das palas, bem como a redução da área dos vãos envidraçados.

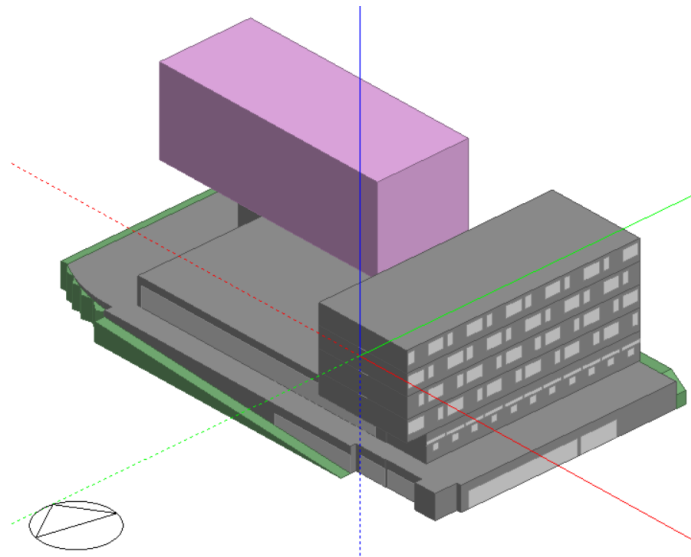


Figura 52 – Representação da geometria do modelo do edifício de referência (alçado principal) no *DesignBuilder*.

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a criação do modelo e introdução de todas as variáveis inerentes à simulação dinâmica do hotel, foram realizadas diversas simulações do edifício previsto e de referência, com o objetivo de avaliar o seu funcionamento e os possíveis parâmetros com potencial de melhoria. O *DesignBuilder* permite selecionar quais os parâmetros que se pretende analisar, por espaço ou para a totalidade do edifício, permitindo uma maior facilidade e flexibilidade na análise de resultados.

Assim, de modo a analisar as condições de conforto térmico e os consumos energéticos, realizou-se uma primeira simulação ao edifício previsto, para um período de um ano. Esta simulação tem em conta todas as características da envolvente, os sistemas técnicos (com exceção do sistema AQS) e as cargas presentes no hotel, como a iluminação, equipamentos, ganhos solares e ocupação. O gráfico apresentado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, representa a variação mensal da temperatura do bolbo seco, no exterior do hotel.

6.1. NECESSIDADES ENERGÉTICAS

Na Figura 53, apresenta-se a comparação das necessidades de aquecimento (apresentadas a vermelho) e de arrefecimento (apresentadas a azul), tendo-se concluído que com o aumento da temperatura de bolbo seco exterior, as necessidades de aquecimento diminuem, sendo, praticamente negativas, durante a estação de arrefecimento, nos meses de junho a setembro. Os gastos de energia por arrefecimento têm o efeito oposto, isto é, são consideravelmente superiores durante a estação de arrefecimento.

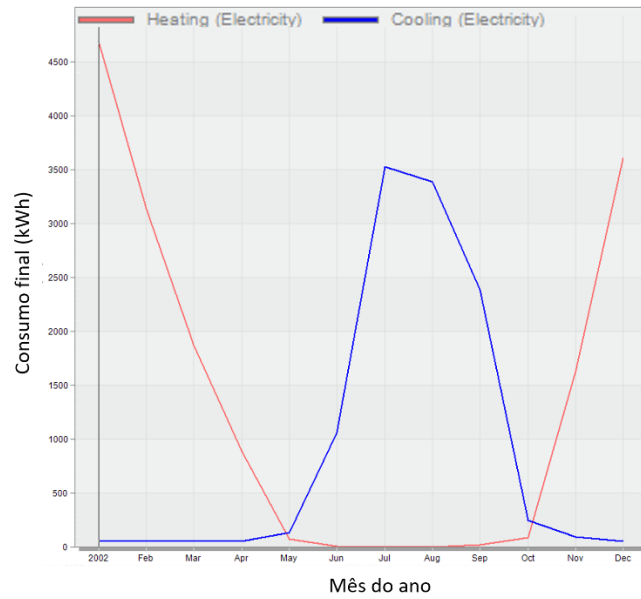


Figura 53 – Necessidades de aquecimento e arrefecimento, ao longo do ano.

6.2. BALANÇO ENERGÉTICO

O balanço dos ganhos e das perdas através da envolvente do edifício são apresentados na Figura 54 e Tabela 29.

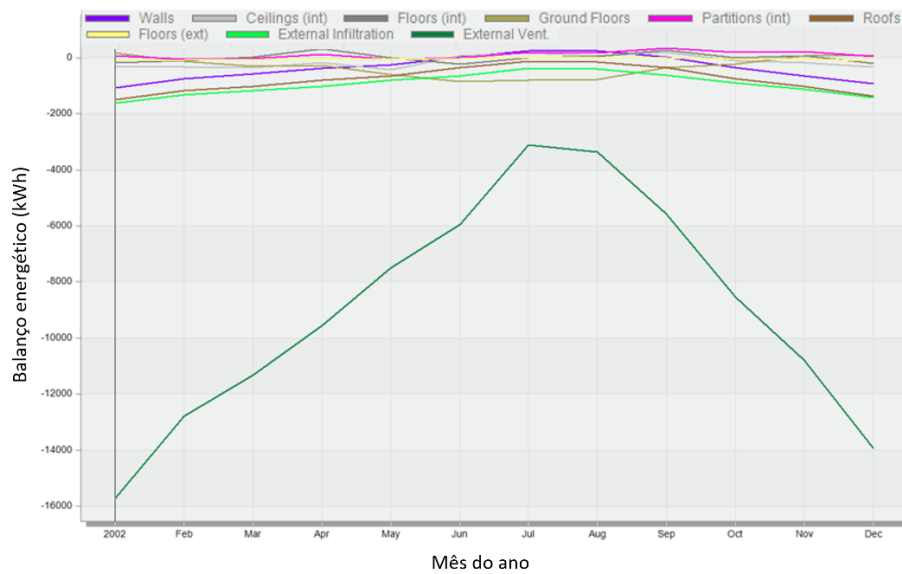


Figura 54 – Balanço energético mensal do edifício.

Tabela 29 – Principais perdas por transferência de calor da envolvente do edifício, em kWh.

Elementos	Balanco energético (kWh)
Parede Exterior	-4 385
Teto	-1 671
Pavimento Interior	10
Pavimento Térreo	-3 967
Parede Interior	1 219
Cobertura	- 9 209
Pavimento Exterior	- 541
Infiltração Exterior	-11 436
Ventilação Exterior	- 108 138
Total	-138 118

Verifica-se que o balanço energético relativo à envolvente é negativo, havendo perdas no valor de 138,1 MWh, sendo que apenas existem ganhos pelos elementos da envolvente interior. Adicionalmente, a ventilação exterior é o elemento com maiores perdas térmicas pela envolvente, representando, cerca de 78% das perdas térmicas do edifício. Isto está relacionado com a ventilação natural dos quartos, uma vez que as grelhas autoreguláveis dos quartos não possuem capacidade de controlo da temperatura do ar insuflado por ventilação natural.

6.3. GANHOS INTERNOS

Os ganhos internos, isto é, o ganho de energia devido à iluminação, equipamentos, e ocupação de todo o edifício encontram-se apresentados na Figura 55.

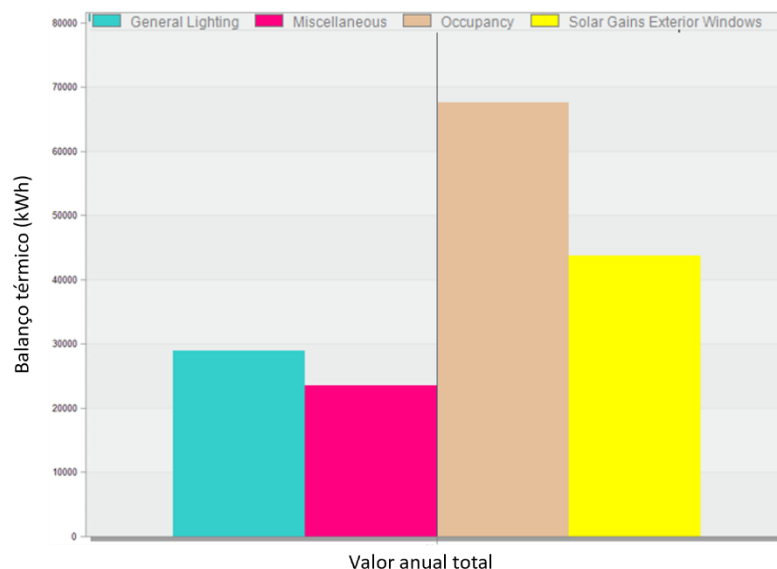


Figura 55 – Desagregação dos ganhos internos anuais.

Assim, verifica-se que a ocupação dos espaços representa o parâmetro com maior impacto nos ganhos internos (67,5 MWh), o que pode ser derivado da natureza dinâmica deste tipo de edifícios, que apresenta geralmente um fluxo constante de utilizadores dos espaços. Os ganhos solares são a segunda maior parcela, com cerca de 43,7 MWh, correspondendo a maiores valores durante a estação de arrefecimento.

6.4. CONSUMOS ENERGÉTICOS

Na Figura 56, apresenta-se a desagregação dos consumos de energia primária anuais do edifício, por tipologia, em consumos para aquecimento, arrefecimento, iluminação, ventiladores, aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS) e para os usos não regulados.

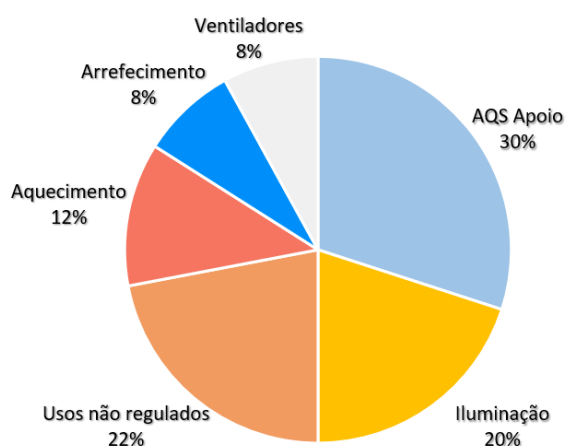


Figura 56 – Percentagem do consumo de energia primária no edifício, sem consideração do consumo a partir de fontes de origem renovável.

Tabela 30 – Consumos energéticos do edifício previsto, em kWh_{EP}.

Tipologia	Consumo energético (kWh _{EP} /ano)
Aquecimento	41 921
Arrefecimento	27 101
Iluminação	72 636
Usos não regulados	79 203
Ventiladores	26 443
AQS (Apoio)	108 002
Total	355 305

O edifício em estudo possui um maior consumo de gás natural em relação à energia elétrica, como se apresenta na Tabela 31.

Tabela 31 – Desagregação dos consumos em função da fonte de energia, em kWh.

Gás Natural	105 234
Eletricidade	100 028
Solar	29 997

Através da análise dos resultados apresentados, constata-se que o aquecimento de águas quentes sanitárias é o maior consumidor do edifício, representando 30% do consumo de energia primária. Este valor elevado é resultado do grande número de quartos do hotel, que eleva significativamente as necessidades por águas quentes sanitárias. Neste contexto, é importante salientar que o gás natural do edifício é exclusivamente alocado para suprir estas necessidades.

O hotel apresenta maiores consumos durante a estação de aquecimento, devido às elevadas perdas térmicas verificadas pela ventilação natural dos quartos, que provoca uma redução da temperatura nos espaços interiores no inverno.

6.5. ANÁLISE DE RESULTADOS DO EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Depois de criado o modelo do edifício de referência, procedeu-se à simulação dinâmica, num período de um ano, tendo-se obtido os consumos de energia primária anuais, por tipologia, apresentados na Tabela 32. Relativamente aos sistemas AQS, de acordo com a legislação, no edifício de referência, os sistemas devem ser substituídos pelos previstos na Tabela 105 do Manual SCE. Desta forma, a caldeira prevista é substituída por uma caldeira com eficiência de 0,89, alimentada a gás natural e as necessidades supridas pelo solar térmico são satisfeitas pelo mesmo sistema de apoio [33]. Assim sendo, considerando as necessidades energéticas de AQS apresentadas no Anexo 18 e uma eficiência de caldeira 0,89, obtêm-se um consumo de energia primária de AQS com o valor de 161 895 kWh_{EP}/ano no edifício de referência.

Tabela 32 – Consumo de energia primária do edifício de referência, em kWh_{EP}.

Tipologia	Consumo energético (kWh _{EP} /ano)
Aquecimento	48 351
Arrefecimento	34 616
Iluminação	64 113
Usos não regulados	79 203
Ventiladores	22 007
AQS (Apoio)	161 895
Total	410 185

Os resultados da simulação para o edifício de referência estão de acordo com as alterações efetuadas no modelo geométrico. Quanto ao aquecimento e arrefecimento, verifica-se que, como seria de prever, a referência apresenta maiores consumo de energia primária na climatização. Os valores de iluminância média da Norma EN 12193 e os menores

valores da potência instalada de iluminação na referência, provocam um consumo primário de iluminação inferior ao do edifício previsto. Os usos não regulados constituem a única parcela que mantêm os consumos do edifício previsto, uma vez que não é alterado a densidade de potência dos equipamentos. Por outro lado, o consumo dos ventiladores na referência é inferior ao dos do edifício previsto, já que a referência considera os valores dos caudais de ar novo do método prescritivo. Como indicado previamente, uma vez que todas as necessidades de AQS são satisfeitas unicamente pela caldeira a gás natural, com uma eficiência inferior à caldeira do edifício previsto, os consumos de AQS da referência são consideravelmente superiores.

6.6. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA

Tal como apresentado no Capítulo 5, em edifícios de comércio e serviços, a avaliação do desempenho energético é realizada pela comparação dos balanços de energia primário, por meio da determinação dos Indicadores de Eficiência Energética (IEE), para o edifício previsto e de referência.

6.6.1. EDIFÍCIO PREVISTO

O indicador de eficiência energética previsto IEE_{pr} , representa a totalidade dos consumos anuais de energia primária por unidade de área, sendo determinado pela Equação (21) [33].

$$IEE_{pr,S} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad (21)$$

Em que:

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

$IEE_{pr,S}$ - Indicador de eficiência energética previsto do tipo S [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$], que representa os consumos de energia primária regulados;

$IEE_{pr,T}$ - Indicador de eficiência energética previsto do tipo T [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$], que representa os consumos de energia primária não regulados;

$IEE_{pr,ren}$ - Indicador de eficiência energética previsto renovável [$\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$], que representa a produção de energia a partir de fontes renováveis, para autoconsumo nos usos regulados.

Na Tabela 33, é apresentado a distinção entre os consumos do tipo S e do tipo T, de acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020 [7].

Tabela 33 – Distinção dos consumos de energia do tipo S e do tipo T [7].

Consumos do tipo S	Consumos do Tipo T
Aquecimento e arrefecimento ambiente para conforto humano, incluindo humedificação 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
AQS (Apoio)	Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S

A determinação dos indicadores de eficiência energética do tipo S e do tipo T é realizada de acordo com a Equação (22) e Equação (23), respetivamente [33].

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (22)$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_{tot}} \cdot \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (23)$$

Em que:

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

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

$F_{pu,i}$ - Fator de conversão de energia final para energia primária, para fonte de energia i [kWh_{EP}/kWh];

$E_{T,i}$ - Consumo de energia dos usos do tipo T, por fonte de energia i [kWh/ano].

Adicionalmente, é necessário determinar quais os fatores de conversão. Como mencionado anteriormente, no edifício previsto, são utilizadas três fontes de energia: eletricidade, gás natural e solar, pelo que se obtém os fatores de conversão apresentados, a partir da Tabela 106 do Manual SCE [33].

$$F_{pu,eletricidade} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \quad (24)$$

$$F_{pu,gás\ natural} = 1,0 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \quad (25)$$

$$F_{pu,solar} = 1,0 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \quad (26)$$

Conhecidos estes parâmetros, segue-se a Tabela 34, na qual estão especificados os consumos energéticos inerentes ao hotel.

Tabela 34 – Consumos de energia primária do tipo S e do tipo T do edifício previsto.

Sistema	Tipo	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]	Edifício previsto [kWh _{EP} /ano]
Aquecimento elétrico	S	2,50	41 921
Arrefecimento elétrico	S	2,50	27 101
Iluminação Interior	S	2,50	72 636
Equipamentos elétricos	T	2,50	69 259
Ventilação Espaços úteis	S	2,50	11 006
Ventilação Extração	S	2,50	15 438
Ventilação Espaços não úteis	T	2,50	4 750
Bombas AQS	S	2,50	2 767
AQS – Gás Natural	S	1,00	105 234
Meios de Elevação	T	2,50	4 586
Outros consumos (eletricidade)	T	2,50	607
Total de energia dos consumos de tipo S			276 193
Total de energia dos consumos de tipo T			79 202

Quanto à energia produzida a partir de fontes de origem renovável, deve ser determinada através da Equação (27) [33].

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

Em que:

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

Para o estabelecimento em análise, no cálculo do $E_{ren,i}$, deve ser considerado o consumo de energia a partir do sistema solar térmico do edifício, bem como o contributo aerotérmico ou geotérmico proveniente dos sistemas de climatização, nos casos em que o valor do COP/EER for superior a 2,5. A aerotermia é um processo de aproveitamento de energia térmica do ar, que é utilizada para aquecimento ou arrefecimento, dependendo das necessidades de conforto do edifício. É considerada uma fonte de energia renovável, uma vez que aproveita a energia térmica naturalmente presente no ar. O contributo desta parcela de fração renovável pode ser calculado de acordo com a Equação (28) [33].

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

Em que:

Q_{usable} - Energia útil para o uso no aquecimento, arrefecimento ou preparação de AQS, suprida por bombas de calor [kWh/ano];

SPF - Fator médio de desempenho sazonal estimado.

No hotel em avaliação, o *Split* Técnico e todas as unidades exteriores do tipo VRV apresentam um COP/EER superior a 2,5, pelo que tem de ser considerado o contributo da aerotermia, na energia a partir de fontes renováveis, pelo que são obtidos os valores apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 – Contributo renovável, considerando a aerotermia e o sistema solar térmico para o edifício previsto.

Unidade	COP	EER	$E_{ren,aquecimento}$ [kWh/ano]	$E_{ren,arrefecimento}$ [kWh/ano]
Split UE1	3,71	2,70	2519,3	4543,0
VRV EU2	3,76	3,49	22305,6	12090,5
VRV EU3	3,51	4,24	17664,8	24082,4
VRV UEUTAN	3,32	3,13	2587,1	629,6
Total fração renovável aerotermia			45077	41346
Energia Sistema Solar Térmico			29997	
Total de energia produzida a partir de fontes renováveis			116420	

Desta forma, a partir da Equação (22), Equação (23) e Equação (27), obtêm-se os valores dos indicadores de eficiência $IEE_{pr,S}$, $IEE_{pr,T}$, e $IEE_{pr,ren}$, considerando uma área total de pavimento de 2377,3 m².

$$IEE_{pr,S} = 165,11 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (29)$$

$$IEE_{pr,T} = 33,22 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (30)$$

$$IEE_{pr,ren} = 48,97 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (31)$$

O indicador de eficiência energética para o edifício previsto é então obtido a partir da Equação (32).

$$IEE_{pr} = 149,46 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})] \quad (32)$$

6.6.2. EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

No que diz respeito à determinação do balanço de energia do edifício de referência, representado pelo indicador de eficiência energética (IEE_{ref}), este é determinado em função

dos consumos de energia do tipo S e do tipo T, não considerando a existência de fontes de energia renovável, a partir da Equação (33).

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad (33)$$

Os indicadores de eficiência energética do tipo S e do tipo T são diferenciados, de acordo com a Tabela 36, e determinados tal como no edifício previsto.

Tabela 36 – Consumos de energia primária do tipo S e do tipo T do edifício de referência.

Sistema	Tipo	F_{pu} [kWh _{EP} /kWh]	Edifício previsto [kWh _{EP} /ano]
Aquecimento elétrico	S	2,50	48 351
Arrefecimento elétrico	S	2,50	34 616
Iluminação Interior	S	2,50	641 113
Equipamentos elétricos	T	2,50	69 259
Ventilação Espaços úteis	S	2,50	6 101
Ventilação Extração	S	2,50	15 906
Ventilação Espaços não úteis	T	2,50	4 750
Bombas AQS	S	2,50	3 447
AQS – Gás Natural	S	1,00	158 448
Meios de Elevação	T	2,50	4 586
Outros consumos (eletricidade)	T	2,50	607
Total de energia dos consumos de tipo S			907 982
Total de energia dos consumos de tipo T			79 202

Desta forma, de maneira análoga ao efetuado para o edifício previsto, é obtido os valores dos indicadores de eficiência de referência apresentados.

$$IEE_{ref,S} = 139,22 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})] \quad (34)$$

$$IEE_{ref,T} = 33,22 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})] \quad (35)$$

$$IEE_{ref} = 172,54 \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2.\text{ano})] \quad (36)$$

6.6.3. CLASSE ENERGÉTICA

O processo de avaliação do desempenho energético do edifício termina com o cálculo da respetiva classe energética, sendo que, nos edifícios de comércio e serviços, esta é determinada a partir do rácio da classe energética (R_{IEE}), conforme a Equação (37) [33].

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (37)$$

A classe energética é obtida pela correspondência do valor do R_{IEE} , com os intervalos apresentados na Tabela 37 [33].

Tabela 37 – Intervalos do valor de R_{IEE} , para edifícios de comércio e serviços.

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	$R_{IEE} > 2,50$

Assim, a partir dos resultados obtidos dos indicadores de eficiência energética da Equação (32) e Equação (36), obtêm-se um rácio de classe energética de 0,83.

$$R_{IEE} = \frac{165,11 - 48,97}{139,23} = 0,83 \quad (38)$$

Finalmente, pelos intervalos da Tabela 37, uma vez que $0,75 < R_{IEE} \leq 1,00$, conclui-se que o hotel em estudo possui uma classe energética correspondente a B -, cumprindo com o requisito de classe mínima B -, conforme consta no Anexo II da Portaria n.º 17-A/2016 [30].

Para além disso, como se pode comprovar pelos indicadores de eficiência energética obtidos, o hotel em estudo cumpre com os requisitos de eficiência energética da Equação (10) e Equação (11) do Capítulo 3.7, obrigatórios para os edifícios novos licenciados após 30 de janeiro de 2019, segundo a Portaria n.º 42/2019 [32].

Com a entrada em vigor do Decreto-lei n.º 101-D/2020, torna-se necessário a determinação de dois novos indicadores: o indicador de energia primária renovável ($Ren_{C\&S}$) e o indicador de eficiência energética fóssil do tipo S ($IEE_{fóssil,S}$) [7]. Os parâmetros mencionados apresentam ambos requisitos, segundo a nova legislação, que não serão aplicados no hotel em estudo, uma vez que, tal como referido anteriormente, o edifício não é obrigado à verificação dos requisitos previstos na nova legislação. No entanto, deve na mesma seguir a metodologia de cálculo da classe energética do edifício, de acordo com a nova

legislação, pelo que foram calculados os dois indicadores, de acordo com a abordagem apresentada.

O $Ren_{C\&S}$ representa a relação entre a energia primária renovável para autoconsumo nos usos regulados, pela energia primária total para a produção de AQS, sendo determinado de acordo com a Equação 161 do Manual SCE. Já o $IEE_{fóssil,S}$ resulta do somatório dos consumos anuais de energia primária fóssil do tipo S, incluindo energia elétrica da rede, sendo calculado através da Equação 162 do Manual SCE [33]. A partir das equações mencionadas, foram obtidos os valores apresentados na Equação (39) e Equação (40).

$$Ren_{C\&S} = 1.11 \quad (39)$$

$$IEE_{fóssil,S} = 116.14 \quad (40)$$

7. MEDIDAS DE MELHORIA

Após a análise dos resultados obtidos através da simulação dinâmica, torna-se fundamental identificar potenciais medidas de melhoria do desempenho energético do edifício, que promovam a diminuição dos consumos ou necessidades energéticas anuais e que apresentem uma boa relação custo/benefício. As medidas avaliadas no presente documento foram identificadas através da análise dos parâmetros do modelo do hotel, com pior desempenho energético e com consumos excessivos. Desta forma, para cada uma das medidas propostas, foram calculados os custos de investimento, a poupança energética anual e o período de retorno. Com este objetivo, de seguida, são apresentadas as várias medidas de eficiência energética implementadas no hotel:

- **Medida de Melhoria 1:** Substituição do sistema de ventilação natural e alteração dos caudais efetivos;
- **Medida de Melhoria 2:** Alteração do sistema AQS;
- **Medida de Melhoria 3:** Implementação de um sistema de produção fotovoltaico para autoconsumo;
- Incorporação integral das medidas de melhoria.

7.1. Substituição do sistema de ventilação natural

Como apresentado no Capítulo 4.4.1, a ventilação de cada quarto do hotel é efetuada a partir de duas grelhas autorreguláveis. Estas grelhas permitem regular a insuflação natural do espaço, através da diferença de pressão existente entre o interior e o exterior do edifício, possibilitando a entrada de um caudal de ar aproximadamente constante, independente da ação do vento.

Tal como foi demonstrado no Capítulo 6.2, no edifício previsto, verifica-se que mais de 77% das perdas térmicas, pela transferência de calor da envolvente do edifício são relativas à ventilação exterior do edifício. Este elevado valor está relacionado com a ventilação natural, uma vez que este sistema influencia a temperatura e a humidade interior dos espaços, dependendo das condições climáticas exteriores. Assim, a ventilação natural pode revelar-se benéfico para a redução das necessidades de climatização ou pode induzir o efeito oposto,

isto é, permitir a insuflação de ar a temperaturas inferiores na estação de aquecimento ou a temperaturas superiores na estação de arrefecimento, aumentando a necessidade de climatização, para manter o conforto térmico. Posto isto, embora a ventilação natural seja uma estratégia sustentável, é também um tipo de sistema muito irregular.

Assim sendo, devido às elevadas perdas térmicas obtidas pela simulação dinâmica, foi estudado a possibilidade de substituição dos equipamentos de ventilação natural e de extração dos quartos por um sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor, que permite um ajuste mais preciso às condições dos espaços interiores.

De forma a determinar o tipo de unidade de ventilação mecânica mais adequado a ser implementado, realizou-se uma análise detalhada do sistema de ventilação existente no edifício. Como referido anteriormente, existe uma UTAN, que realiza a ventilação do Piso -1 e quatro ventiladores de extração. Estes ventiladores desempenham a função de extrair o ar das instalações sanitárias de cada quarto do Piso 0 ao Piso 4, estando instalados na cobertura do edifício, conforme ilustrado na Figura 57. Os ventiladores VES-NE e VES-SE encontram-se na fachada este do edifício, enquanto o VES-NO e o VES-SO estão posicionados na fachada oeste.

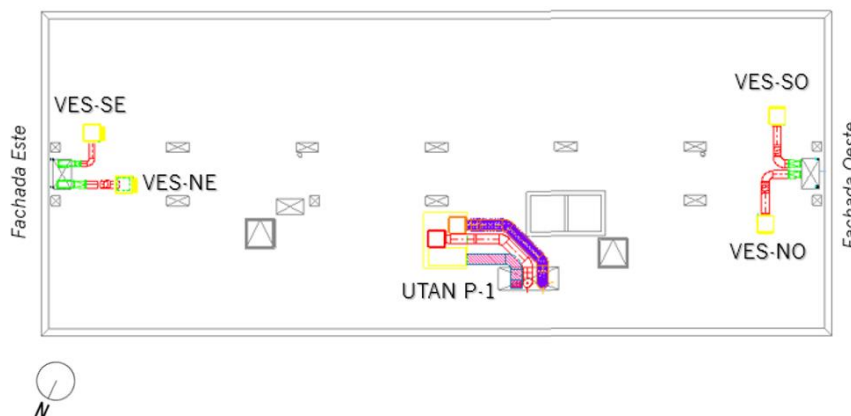


Figura 57 – Planta de ventilação da cobertura, com a representação dos sistemas de ventilação mecânica do hotel.

Na Figura 58, são apresentadas as condutas e grelhas dos sistemas de ventilação do Piso 4 do edifício. A análise visual da Figura 58 permite concluir que os ventiladores VES-NE e VES-SE, localizados na fachada este, desempenham a função de extrair o ar de nove quartos (Quarto 75 a Quarto 79; Quarto 92 a Quarto 95). Por outro lado, os ventiladores VES-NO e VES-SO, situados na fachada oeste, são responsáveis pela extração de ar de doze quartos (Quarto 80 a Quarto 91). Observa-se também a presença de duas grelhas de extração para

cada quarto, correspondendo à ventilação natural previamente mencionada. Os restantes pisos com quartos, exibem uma configuração idêntica no *layout* de ventilação, com exceção do Piso 0, onde não são encontrados quartos orientados para a direção norte.

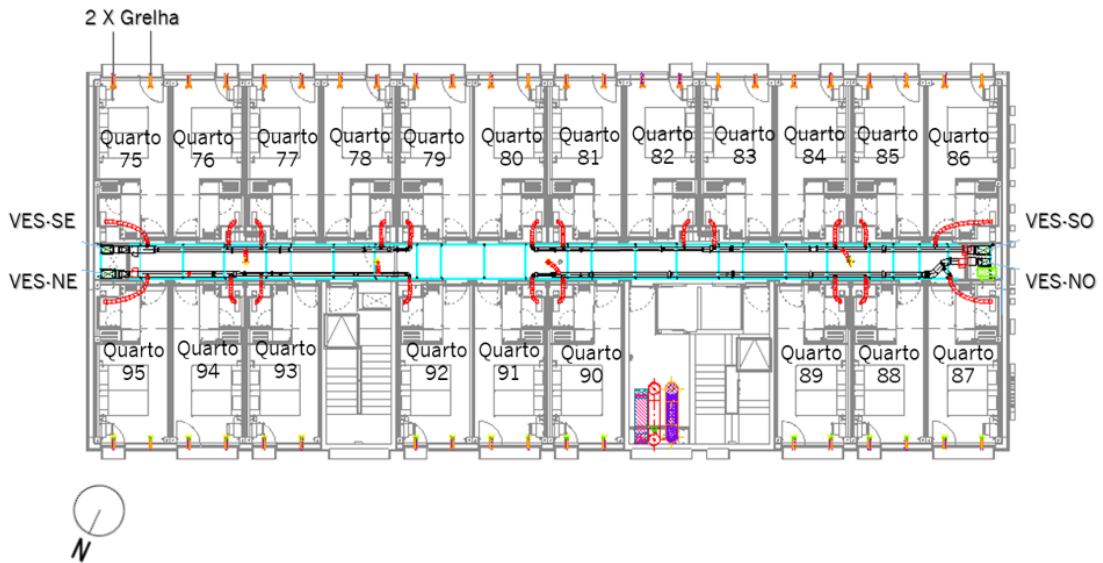


Figura 58 – Planta de ventilação do Piso 4, com a representação dos sistemas de ventilação.

De modo a preservar a estrutura do sistema AVAC, realiza-se a substituição dos ventiladores de extração por duas Unidades de Tratamento de Ar (UTAs). A UTA 1 substitui os ventiladores da fachada este, VES-NE e VES-SE, realizando a ventilação mecânica para nove quartos (Quarto 75 a Quarto 79; Quarto 92 a Quarto 95), enquanto a UTA 2 substitui os ventiladores VES-NO e VES-SO, sendo responsável pela insuflação e extração de ar de doze quartos (Quarto 80 a Quarto 91). Esta medida permite a utilização eficiente das condutas de extração de ar já existentes na estrutura AVAC do edifício, originando benefícios económicos. As grelhas autorreguláveis seriam removidas de cada quarto para permitir uma integração mais eficaz das UTA no sistema de ventilação. A Figura 59 apresenta uma representação esquemática da localização das unidades exteriores das UTA, na cobertura do edifício, não correspondendo à área real dos equipamentos.

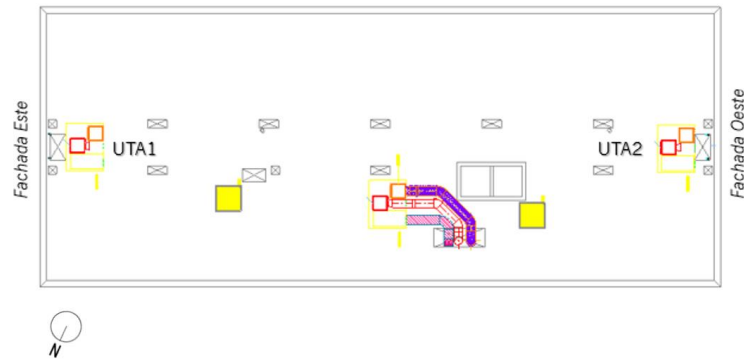


Figura 59 – Planta esquemática de ventilação da medida de melhoria 1, com a representação das duas unidades de tratamento de ar propostas.

As duas UTA ilustradas realizam a extração de ar das instalações sanitárias, aproveitando a energia térmica do ar extraído para aquecimento do ar de insuflação. Assim sendo, deve ser selecionado um tipo de unidade de tratamento de ar, com um permutador de ar com fluxos de caudais totalmente separados e sem fugas, de modo a não permitir a contaminação do ar de insuflação através das instalações sanitárias.

Assim sendo, dentro dos diferentes tipos de recuperadores de calor (roda térmica, placas, fluxos cruzados, entre outros), foi selecionado um recuperador de baterias (*Run-around coil*). Trata-se de um sistema que utiliza duas baterias de serpentinas, localizadas na corrente de ar de exaustão e na corrente de ar de insuflação. As baterias são interligadas por uma rede de tubagem hidráulica, com uma eletrobomba, que permite a circulação do fluido térmico, normalmente água. O fluido térmico transfere a energia térmica entre as bobinas, através de um circuito fechado, permitindo o aquecimento do ar de insuflação, antes da sua distribuição para os restantes espaços do edifício. Para prevenir o congelamento do fluido dentro da tubagem, é adicionada uma quantidade de glicol ao mesmo, reduzindo assim a sua temperatura de congelamento [37].

Neste tipo de sistemas, os fluxos de ar encontram-se totalmente separados, impossibilitando qualquer mistura ou fugas entre eles, o que torna este tipo de recuperador ideal para o aproveitamento da energia térmica de espaços contaminados. Porém, a eficiência é normalmente mais baixa do que em outros recuperadores. Por outro lado, este sistema apenas permite recuperar calor sensível e as tubagens normalmente são de pequena dimensão, diminuindo a potência absorvida do equipamento [37].

Escolhido o tipo de permutador de calor da unidade de tratamento de ar, procedeu-se à seleção das UTA, utilizando, para este efeito, o *software* Airgimax da France Air, um programa de seleção de unidades de tratamento de ar modulares Eurovent. O utilizador coloca os dados relativos às especificações técnicas da UTA pretendida e o *software*, então, gera as unidades do catálogo empresarial com as características solicitadas [38].

Um dos parâmetros a introduzir no programa trata-se do caudal de ar de insuflação e extração das duas unidades. Como referido anteriormente, cada quarto do edifício possui um caudal de insuflação de 60 m³/h. Porém, na determinação dos valores a substituir no edifício de referência, foi considerado o valor do método prescritivo, afetado por uma eficácia de remoção de poluentes de 0,8, isto é, um caudal de 45 m³/h. Tal como foi referido no Capítulo 6.5, a diminuição do caudal de ar novo no edifício de referência diminuiu consideravelmente o consumo energético dos ventiladores, tendo-se concluído que o valor efetivo do edifício previsto se encontra sobredimensionado. Desta forma, foi considerado o valor do edifício de referência para cada quarto, cumprindo igualmente com o requisito imposto pela Portaria n.º 353-A/2013, que define um caudal de ar mínimo de 32 m³/h para estes espaços, de acordo com o Anexo 11 [28].

Relativamente ao caudal de extração das instalações sanitárias dos quartos, também se verificou, pelo mesmo processo, que o valor efetivo de projeto se encontra sobredimensionado, tendo sido, por isso, reduzido para o valor do caudal mínimo de extração (45 m³/h), que pode ser consultado no referido anexo. Para além disso, os ventiladores também realizam a extração de ar dos corredores dos Pisos 0 a 5, pelo que foi considerado os valores definidos nas plantas para o cálculo do ar de extração destes espaços.

Tendo em conta as considerações descritas, foram introduzidos no *software* Airgimax, os *inputs* relativos aos caudais e aos dados climáticos do edifício, estes últimos obtidos a partir da realização de duas simulações de aquecimento (*Heating Design*) e arrefecimento (*Cooling Design*). Para as duas unidades, foi ponderado o valor de pressão externa nominal de 150 Pa, correspondendo ao valor efetivo de projeto, presente nas plantas de ventilação. Além disso, foram selecionados os valores padrões de eficiência dos filtros de ar e não foi considerado o efeito da humidificação.

Desta forma, o *software* gera as unidades de tratamento de ar, consoante os *inputs*, cujas características técnicas se encontram apresentadas na Figura 60. Os valores do SFP e da

eficiência do ventilador foram calculados, conforme o apresentado no Capítulo 4.4.1, de acordo com a Equação (16). As fichas técnicas das UTA podem ser consultadas no Anexo 22.

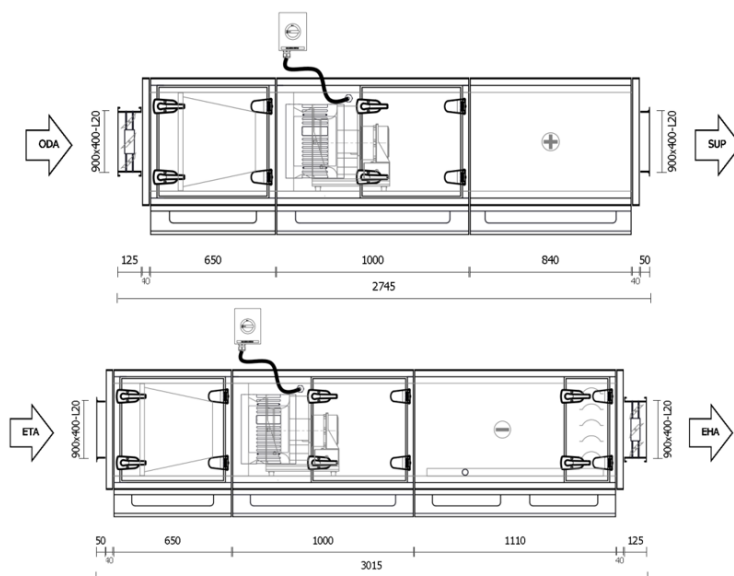


Figura 60 – Esquema representativo da UTA1 France air PowerPlay Max2; Legenda: ODA - Admissão ar novo; SUP - insuflação; ETA - Extração; EHA – Exaustão [38].

Tabela 38 – Características técnicas da UTA1 e UTA2 propostas.

Referência Interna	UTA1	UTA2
Marca	France air	
Modelo	PowerPlay Max2 BEG-22-17R/2.5/13R/2.5-H-EC/IE5/2.4/2.4-F7-M5-X-X-R1-C5-X	PowerPlay Max2 BEG-32-14R/2.5/8R/2.5-H-EC/IE5/2.5/2.1-F7-M5-X-X-R1-C5-X
Tamanho da unidade	22	32
Tipo de recuperador de calor	Baterias (RAC)	Baterias (RAC)
Eficiência térmica de recuperação (%)	72	66
Ventilador Insuflação		
Pressão (Pa)	150	150
Caudal nominal insuflação (m ³ /h)	1600	2200
Potência absorvida (W)	250	290
SFP (W/l/s)	0,563	0,475
Eficiência de insuflação (%)	26,67	31,61
Ventilador Extração		
Pressão (Pa)	150	150
Caudal nominal extração (m ³ /h)	2400	3375
Potência absorvida (W)	450	450
SFP (W/l/s)	0,675	0,480
Eficiência de insuflação (%)	22,22	31,25

De seguida, é necessário definir de novo os modelos de simulação dinâmica no *DesignBuilder* para o edifício previsto e de referência. Em primeiro lugar, realiza-se a

introdução dos sistemas AVAC, através do separador “HVAC”, onde utilizando a ferramenta *Model Data Grid View*, foi desabilitado a opção “*Natural Ventilation*” e acionado a opção “*Mechanical Ventilation*”. Posteriormente, realizou-se as alterações relativas ao valor do caudal de ar novo dos quartos, tendo sido convertido de m³/h para ACH (*air changes per hour*) (Figura 60). Relativamente à climatização dos quartos, não se realizou qualquer alteração no programa.

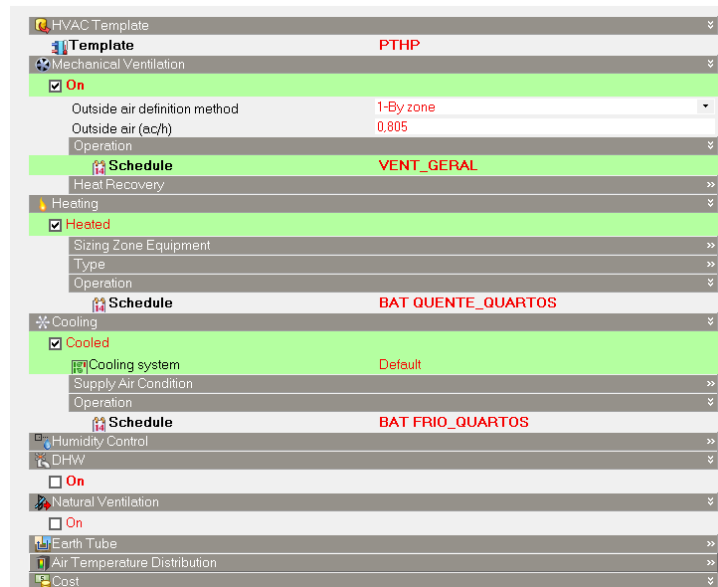


Figura 61 – Alteração na janela de seleção dos sistemas AVAC dos quartos do edifício para a medida de melhoria 1.

No que conerne ao agrupamento das “*zone groups*” (grupos de zona), para os sistemas 1 a 4, que representam os equipamentos AVAC dos quartos do edifício, foram retirados os ventiladores de extração e adicionadas as unidades de tratamento de ar novo. Para além disso, foi alterado o sistema 9, que corresponde à extração das zonas das circulações dos pisos dos quartos (Figura 62).



Figura 62 – *Zone Groups* dos sistemas definidos no *DesignBuilder* para a medida de melhoria 1.

De seguida, procedeu-se à modelação das unidades de tratamento de ar, com recuperação de calor. Na Figura 63 , é apresentado um esquema da representação da UTA1, com o ventilador de insuflação e de extração, que foi introduzido através da opção “*Add Generic Air Loop*”.

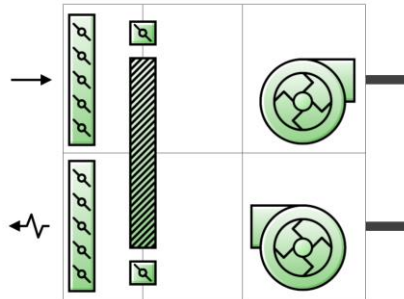


Figura 63 – Representação da UTA1 no *DesignBuilder*.

Posteriormente, foram inseridos os valores do caudal de ar novo da unidade e o horário de funcionamento no separador “*General*” da janela de edição das unidades propostas, como se ilustra na Figura 64.

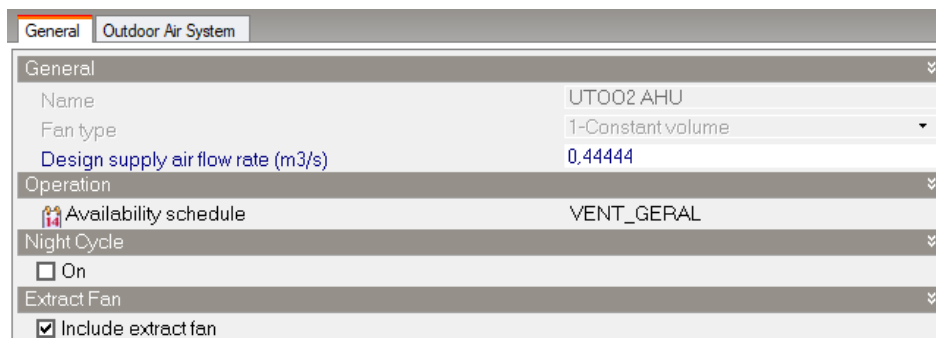


Figura 64 – Janela de edição do separador “*General*” da UTA1 do edifício.

Além disso, no separador “*Outdoor Air System*”, foi habilitado a opção de recuperação de calor e inserido a eficiência de transferência de calor apenas para calor sensível, uma vez que os recuperadores de baterias não permitem a recuperação de calor latente (Figura 66).

Também foi ativado a opção “*Supply air outlet temperature control*”, que está relacionado com o sistema *bypass* do recuperador de calor. O sistema *bypass* utiliza um *damper* ajustável, que permite regular a quantidade de ar que flui pelo permutador de calor e o ar que é desviado diretamente, esquematizado na Figura 65. Este sistema é importante em situações, em que o funcionamento do recuperador de calor não se releva vantajoso para o edifício. Assim, este tipo de sistema permite um maior controlo sobre a transferência de

calor entre o ar de exaustão e o ar novo insuflado, para uma melhor adaptação a diferentes condições climáticas [39].

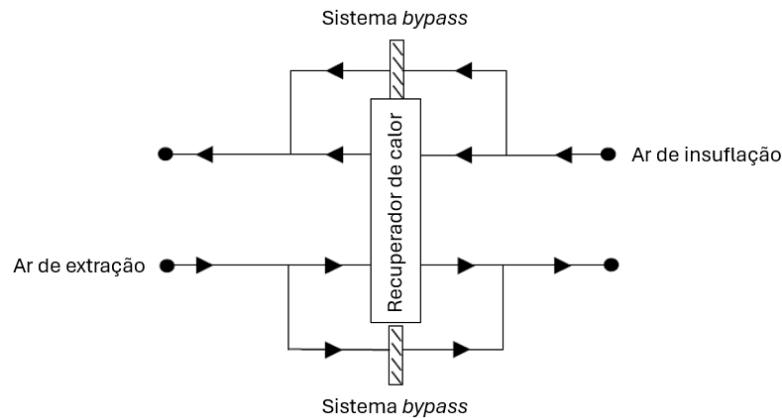


Figura 65 – Representação do funcionamento do sistema *bypass* numa unidade de tratamento de ar com recuperação de calor [39].

No contexto do edifício analisado, foi adotada uma temperatura de referência, estabelecida em 20 °C. Isto implica que o sistema *bypass* seja automaticamente ajustado pelo programa, de modo a alcançar uma temperatura final do ar de insuflação de 20 °C. A opção “Defrost” foi desativada, dado a falta de informação relativa ao sistema de descongelamento da unidade [39].

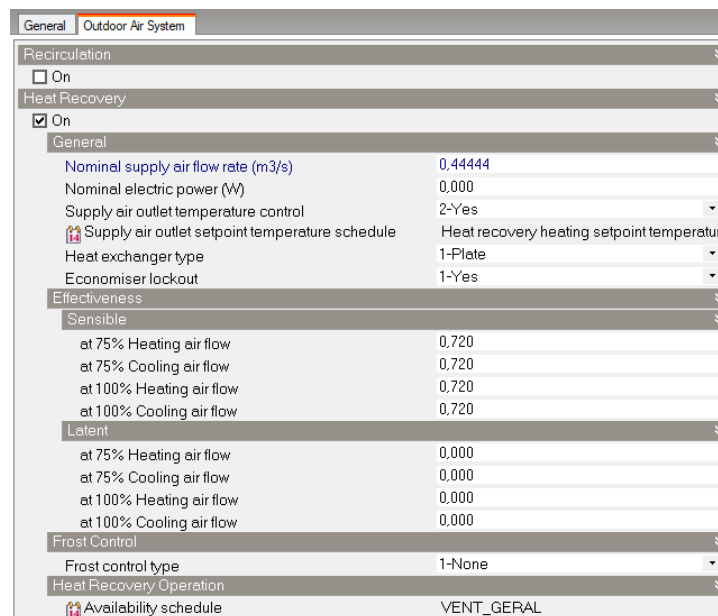


Figura 66 – Janela de edição do separador “Outdoor Air System” da UTA1 do edifício.

Os valores das capacidades térmicas nominais e das eficiências dos ventiladores de insuflação e extração foram introduzidos nas janelas de edição da “DX Cooling Coil” e da “DX Heating Coil”, de maneira análoga, ao realizado no edifício previsto.

Por último, em cada zona dos sistemas ventilados pelas UTA, deve ser introduzido as unidades interiores, sob a forma de grelhas lineares, bem como os valores dos caudais de ar novo para cada espaço. Finalmente, deve-se proceder ao desenho da rede de condutas que liga as UTA às unidades interiores, de maneira semelhante ao explicado no Capítulo 5.1.7.2, apresentando-se um esquema representativo da ligação da UTA1 ao Sistema 1, na Figura 67.

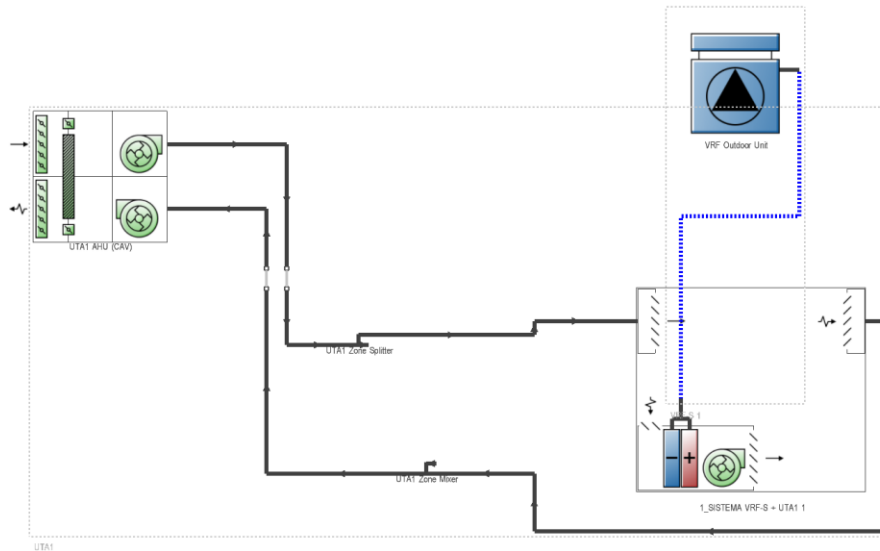


Figura 67 – Esquema representativo da ligação da UTA1 às unidades interiores do Sistema 1, bem como do VRV-S à unidade interior do referido sistema.

Para a simulação dinâmica do edifício de referência, foram realizadas algumas alterações ao modelo de referência do edifício, tendo-se introduzido o sistema AVAC, de maneira idêntica ao explicado anteriormente. Os valores dos caudais de ar novo inseridos correspondem aos introduzidos no edifício previsto, uma vez que são os determinados pelo método prescritivo, afetados de uma eficácia de remoção de poluentes de 0,8. As potências absorvidas dos ventiladores de insuflação e de extração das UTA propostas são inferiores a 750 W (Tabela 38), pelo que os valores da potência absorvida se mantêm iguais ao do edifício previsto da medida de melhoria. Além disso, no separador “*Outdoor Air System*”, foi desabilitada a opção de recuperação de calor, uma vez que segundo o Decreto-lei n.º 101-D/2020, no edifício de referência, não se deve considerar a influência de recuperação de calor na ventilação [33].

Após a criação do modelo e introdução de todas os parâmetros inerentes à simulação dinâmica, procedeu-se à análise dos resultados obtidos.

De modo a verificar o correto funcionamento do recuperador de calor, foi efetuado uma simulação para um dia de verão (15 de julho), tendo-se avaliado a relação entre a temperatura

de bolbo seco exterior com o consumo de energia do permutador, ao longo de 24h. Pela análise da Figura 68, conclui-se que durante a noite, como a temperatura exterior é inferior à temperatura de *setpoint* considerada no programa (20 °C), existe recuperação do calor de extração de modo a aquecer o fluxo de ar insuflado. Assim, quando a temperatura exterior começa a aumentar, o consumo de recuperação diminui, sendo desativado a partir das 10.00h, uma vez que se verifica que a temperatura de insuflação é igual ou superior a 20 °C, não existindo necessidade de recuperação. Assim, durante o dia, o ar de insuflação e de extração é desviado diretamente para os espaços interiores do edifício, através do “*dampers*” do sistema *bypass*.

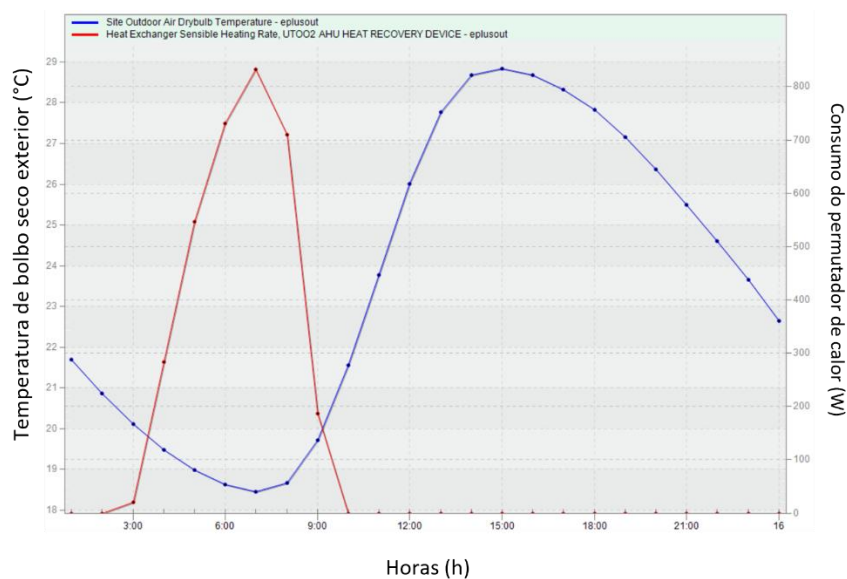


Figura 68 – Relação entre a temperatura de bolbo seco exterior (eixo Y esquerdo), com o consumo do permutador de calor (eixo Y direito), ao longo das horas (eixo X), para um dia de verão.

De maneira semelhante, efetuou-se a mesma simulação para um dia de inverno (15 de janeiro), tendo-se verificado que, ao contrário dos resultados obtidos para a simulação da Figura 68, o permutador de calor encontra-se sempre ativado durante as 24h. Isto porque a temperatura exterior, no dia 15 de janeiro, nunca ultrapassa os 20 °C. Assim, durante a noite, quando a temperatura exterior é inferior, o recuperador de calor atinge o seu pico de funcionamento, enquanto de dia, reduz os níveis de recuperação (Figura 69).

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

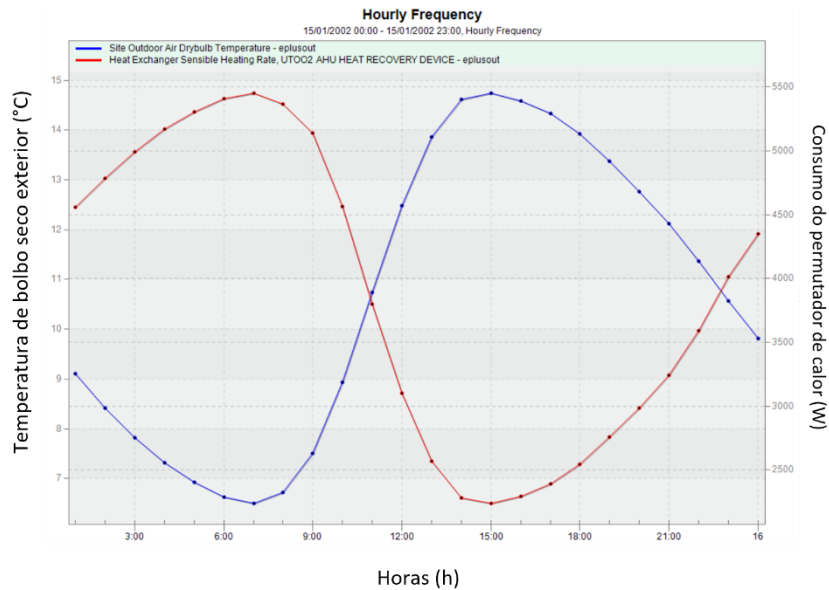


Figura 69 – Relação entre a temperatura de bolbo seco exterior (eixo Y esquerdo), com o consumo do permutador de calor (eixo Y direito), ao longo das horas (eixo X), para um dia de inverno.

De seguida, foi efetuado uma simulação dinâmica, durante um período de um ano. Como seria de esperar, a remoção da ventilação natural no edifício, removeu por completo as perdas térmicas associadas à ventilação natural dos quartos. A Figura 70 apresenta o gráfico do balanço de ganhos e de perdas, com o mesmo intervalo de valores utilizados na Figura 54, sendo que, para os restantes valores dos elementos da envolvente, as alterações não foram significativas.

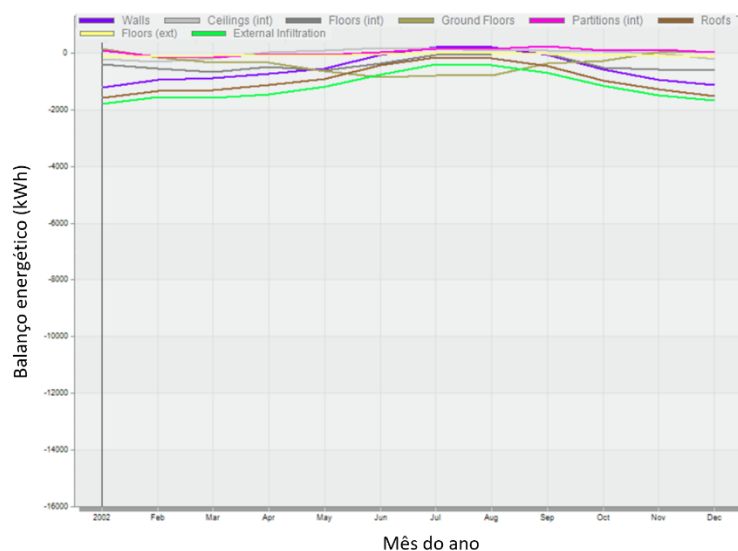


Figura 70 – Balanço energético mensal do edifício, após implementação da Medida 1, em kWh.

A Tabela 29 apresenta a comparação dos consumos de energia primária por tipologia para o modelo do edifício previsto e do da medida de melhoria.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Tabela 39 – Comparação dos consumos entre o edifício previsto e o edifício da medida 1, em kWh_{EP}.

Sistema	Consumo previsto (kWh _{EP} /ano)	Consumo da Medida 1 (kWh _{EP} /ano)	Diferença (kWh _{EP} /ano)	Percentagem de diferença (%)
Aquecimento	41 921	5 553	- 47 474	- 87
Arrefecimento	27 101	40 450	+ 13 349	+ 49
Iluminação	72 636	72 636	-	
Usos não regulados	79 203	79 213	-	
Ventiladores	26 443	40 215	+ 13 772	+ 52
AQS (Apoio)	108 002	108 002	-	
Total	355 305	346 067	- 9 238	- 2,6

Conforme previsto, a implementação da medida de melhoria resultou num aumento significativo dos consumos associados aos ventiladores. Isto ocorreu devido à introdução das UTA, cada uma equipada com dois ventiladores. Os gastos com o aquecimento do sistema sofreram uma redução significativa, de mais de 87%. Isto deve-se à eliminação das perdas de carga, decorrentes da ventilação natural, resultando numa menor necessidade de aquecimento do edifício no inverno. No entanto, os gastos com o arrefecimento aumentaram com a implementação das unidades de tratamento de ar, pelo que se pode concluir que a ventilação natural é benéfica para o arrefecimento do edifício, durante a estação de arrefecimento. Em última análise, constata-se que, embora fosse esperado um aumento no consumo total do edifício com a implementação das UTA, este consumo foi ligeiramente reduzido, em cerca de 2,6%, o que está relacionado com a redução dos valores efetivos do caudal de ar de insuflação e de extração.

Com base nos resultados apresentados, foram obtidos os índices de eficiência energética, com o propósito de avaliar se houve alguma alteração significativa na classificação do edifício.

Tabela 40 – Comparação dos indicadores de eficiência energética entre o edifício previsto e a Medida 1.

Indicadores de eficiência energética	Edifício previsto	Medida 1
$IEE_{pr,S}$	165,11	152,74
$IEE_{pr,T}$	33,32	33,32
$IEE_{pr,ren}$	48,97	40,49
IEE_{pr}	194,46	145,47
R_{IEE}	0,83	0,78
Classe energética	B-	B-

Pela Tabela 76, conclui-se que a implementação da medida proposta não resulta numa alteração da classe energética do edifício, verificando-se, contudo, uma redução do rácio da classe, que corresponde a uma ligeira melhoria no desempenho energético do hotel. Isto deve-se ao facto dos consumos de arrefecimento e ventilação terem aumentado consideravelmente, apesar do consumo de aquecimento ter reduzido. Para além disso, os resultados obtidos estão relacionados com o facto de mais de metade do consumo do edifício ser relativo ao consumo de AQS (Figura 56), e, por isso, mesmo que existam melhorias nas necessidades de climatização e ventilação, estas melhorias não são suficientes para alterar a classificação geral.

Consequentemente, foi realizada uma análise económica da medida de melhoria, para avaliar a potencial viabilidade da mesma. Note-se que os valores de investimento não consideram o custo associado à mão-de-obra, para a remoção dos ventiladores e instalação das unidades de tratamento de ar, bem como das condutas de insuflação.

Tabela 41 – Análise económica da Medida 1.

Análise do investimento	
Preço UTA1 (€)	16 480,60
Preço UTA2 (€)	19 448,60
Investimento (com IVA) (€)	35 929
Preço unitário de eletricidade (€/kWh)	0,178
Poupança anual (€)	658
Período de retorno (anos)	54,6

Pela observação da Tabela 41, verifica-se que o investimento é muito elevado, o que resulta num período de retorno de 54 anos, que não é, de todo, viável economicamente. No entanto, a medida de melhoria ainda é relevante no contexto do edifício em análise, pelos diversos fatores enumerados de seguida.

Em primeiro lugar, os sistemas de ventilação mecânica são mais eficientes do que os de ventilação natural, permitindo um controlo mais preciso do fluxo de ar e adaptação às necessidades do edifício em diferentes condições climáticas. Adicionalmente, as unidades de tratamento de ar implementadas incluem filtros e pré-filtros, para remover partículas e contaminantes do ar, contribuindo para uma melhor qualidade do ar interior do que com o sistema previamente utilizado, sendo especialmente importante para o edifício em questão, uma vez que este se encontra localizado no interior de uma zona urbana. Outro fator importante está relacionado com as elevadas perdas de carga verificadas com a ventilação

natural, que são eliminadas a partir da introdução destes sistemas. A recuperação de calor, para além de permitir reduzir as necessidades de aquecimento do edifício, melhora a eficiência energética do sistema de ventilação e auxilia a manter uma temperatura interna mais estável (pelo sistema *bypass*), contribuindo para o conforto térmico dos ocupantes.

Por estes motivos enumerados, conclui-se que a medida de melhoria apresentada é relevante no contexto do edifício em questão, no sentido de melhorar a eficiência energética e o conforto térmico.

7.2. ALTERAÇÃO DO SISTEMA AQS

Como comprovado pela Figura 56, o maior consumidor do edifício trata-se do aquecimento de águas quentes sanitárias, representando mais de metade (52%) do consumo de energia do hotel. Este valor elevado é resultado do grande número de quartos, que eleva significativamente a necessidade de AQS. Para além disso, é importante notar que todo o consumo de gás natural do edifício é utilizado exclusivamente para suprir estas necessidades, sendo que o edifício tem maior consumo de gás natural do que consumo de eletricidade. Desta forma, torna-se relevante estudar o sistema solar térmico do hotel e verificar os parâmetros com potencial de melhoria.

Tal como é referido no Capítulo 4.4.4, o sistema de AQS do hotel é composto por 16 painéis solares térmicos, com armazenamento em 2 depósitos de água sanitária de 2000 litros, com montagem em paralelo e apoiado por duas caldeiras de condensação a gás natural. Uma vez que os 2 depósitos apresentam uma grande capacidade de armazenamento, torna-se relevante estudar a aplicação de um maior número de painéis solares térmicos, de modo a suprir as necessidades de AQS elevadas do edifício.

Deste modo, é importante o estudo das dimensões da cobertura exterior do hotel, para determinar o número de módulos a instalar na estrutura. É de notar que é pretendido a implementação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo (Capítulo 7.3), pelo que ao analisar o projeto de cobertura do edifício, foi considerado espaço para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Na Figura 71, apresenta-se a planta da cobertura exterior, com a representação dos sistemas técnicos, dos coletores solar térmicos do edifício previsto e dos aplicados na medida de melhoria, bem como dos painéis fotovoltaicos, que irão ser objeto de estudo no Capítulo 7.3.

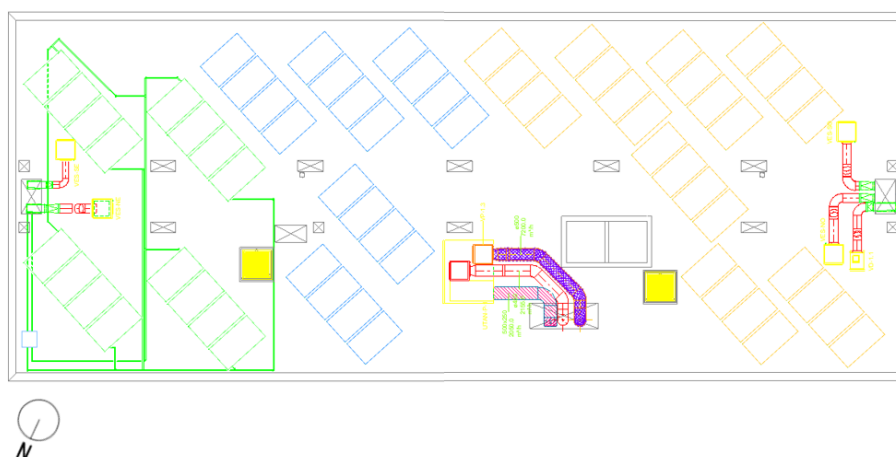


Figura 71 – Planta de cobertura exterior do hotel, com a representação dos sistemas técnicos, os painéis solares térmicos previstos (a verde), os painéis solares da medida de melhoria 2 (a azul) e os módulos fotovoltaicos da medida de melhoria 3 (a laranja).

Assim, o sistema proposto é constituído por 36 painéis solares térmicos (16 painéis do edifício previsto e 20 propostos pela medida de melhoria), orientados a sul (0°) e com uma inclinação de 35° . O módulo selecionado corresponde ao HENQ 2.5, com as mesmas características técnicas apresentadas na Tabela 23. Também foi considerado os mesmos reservatórios de armazenamento térmico e a caldeira a gás natural presente no edifício previsto, cujas características podem ser consultadas na Tabela 23 e na Tabela 24, respetivamente.

Tal como para o edifício previsto, a medida de melhoria foi dimensionada com recurso à aplicação de cálculo SCE.ER da DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia), que indica uma estimativa da energia produzida. Após a introdução de todos os dados referentes aos módulos fotovoltaicos, ao armazenamento e à caldeira a gás natural, o SCER.ER efetua o cálculo de uma estimativa da produção anual de energia, que se encontra apresentada na Tabela 78. Saliente-se que foram considerados as mesmas necessidades de AQS do edifício previsto, segundo a Tabela 23 da Portaria n.º138-I/2020, dado a falta de informação [34]. O relatório de simulação de desempenho do sistema pode ser consultado no Anexo 23 Anexo 23 – Relatório de desempenho energético da medida de melhoria 2.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Tabela 42 – Resultados do relatório de simulação de desempenho do sistema solar térmico.

Mês	Necessidades de AQS (kWh)	Energia de origem solar (kWh)	Energia com origem no apoio (kWh)
Janeiro	13 096	2 969	10 127
Fevereiro	11 655	4 370	7 285
Março	12 556	6 609	5 947
Abril	11 943	7 363	4 580
Maio	11 865	8 034	3 831
Junho	10 815	8 956	1 859
Julho	10 710	9 246	1 465
Agosto	10 748	8 924	1 823
Setembro	10 760	7 835	2 925
Outubro	11 861	5 835	6 026
Novembro	12 116	3 501	8 615
Dezembro	12 894	2 997	9 897
Total	141 018	76 638	64 380

Desta forma, conclui-se que, das necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), 54% são satisfeitas pelos coletores solares térmicos, enquanto 46% pelo sistema de apoio, isto é, pelas caldeiras a gás natural.

Comparando os consumos de energia primária entre o edifício previsto e o edifício da medida proposta, a implementação de mais 20 painéis solares térmicos permite a redução de, aproximadamente, 12,7% dos consumos de energia primária do edifício (Tabela 43).

Tabela 43 – Comparação dos consumos de energia primária entre o edifício previsto e o edifício da Medida 2, em kWh_{EP}.

Comparação dos consumos de energia	
Consumo previsto (kWh _{EP} /ano)	355 305
Consumo da Medida 2 (kWh _{EP} /ano)	310 037
Diferença (kWh _{EP} /ano)	- 45 268
Percentagem de diferença (%)	-12,7

De seguida, apresenta-se a influência que a implementação da medida no sistema solar térmico tem na classificação energética do edifício.

Tabela 44 – Comparação dos indicadores de eficiência energética entre o edifício previsto e a Medida 2.

Indicadores de eficiência energética	Edifício previsto	Medida 2
$IEE_{pr,S}$	165,11	165,28
$IEE_{pr,T}$	33,32	33,32
$IEE_{pr,ren}$	48,97	68,37
IEE_{pr}	194,46	130,23
R_{IEE}	0,83	0,70
Classe energética	B-	B

Através da Tabela 44, conclui-se que a medida resulta numa alteração da classe, de B- para B. Para avaliar a viabilidade da medida proposta, é essencial realizar o cálculo do retorno do investimento, conforme indicado na Tabela 45.

Tabela 45 – Análise económica da Medida 2.

Análise do investimento	
Preço coletor solar (€)	12 800
Preço estrutura suporte (€)	3 025
Conjunto de ligações hidráulicas (€)	450
Investimento (com IVA) (€)	16 275
Preço unitário de gás natural (€/kWh)	0,06
Poupança anual (€)	2 728
Período de retorno (anos)	6,0

Assumindo o preço unitário de gás natural de 0,06 €/kWh, verificou-se que o retorno do investimento seria obtido ao fim de 6 anos, o que viabiliza a medida de melhoria proposta para o edifício.

7.3. INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO

A medida de melhoria 3 visa a instalação de uma unidade de produção para autoconsumo, de modo a reduzir os consumos energéticos de eletricidade do edifício, a partir da rede pública. Os painéis solares fotovoltaicos funcionam através da instalação de módulos, que convertem a luz solar em energia elétrica, que é injetada instantaneamente na instalação de consumo, não possuindo um sistema de armazenamento de energia elétrica. O sistema de inversão do módulo fotovoltaico converte a eletricidade gerada, em forma de corrente contínua, para corrente alternada, adequada para o uso interno no imóvel.

Deste modo, é proposta a instalação de um sistema fotovoltaico para autoconsumo constituído por 28 módulos fotovoltaicos, orientados a sul (0°), com uma inclinação de 35° , com estrutura de suporte e sistema de contagem de energia produzida.

O local escolhido corresponde à cobertura exterior do edifício, sendo que o número de módulos considerado foi obtido, tendo em conta a aplicação do sistema solar térmico, previsto no Capítulo 7.2. A localização dos módulos na planta de cobertura do edifício pode ser consultada na Figura 71, tendo-se considerado 28 módulos fotovoltaicos, de modo a obter uma contribuição renovável do sistema solar térmico para AQS de 54%.

O módulo escolhido foi o modelo JAM72S30-550 da JA SOLAR, sendo as características elétricas apresentadas na Tabela 46, obtidas a partir da ficha técnica do equipamento.

Tabela 46 – Características técnicas do módulo fotovoltaico.

Marca e Modelo	JA SOLAR JAM72S30-550
Dimensões	Comprimento: 2279 mm; Largura: 1134 mm
Peso	28,6 kg
Azimute	0°
Orientação	35°
Número de células	144
Material da célula	Silício Monocristalino
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto-circuito (I_{sc})	14,0 A
Potência de pico (W_p)	550 W
Tensão máxima (V_{mpp})	42,0 V
Coefficiente de variação com a temperatura (δV_{oc})	- 0,28 %/K
Coefficiente de variação com a temperatura (δI_{sc})	0,045 %/K
Coefficiente de variação com a temperatura máximo ($\delta P_{m\acute{a}x}$)	- 0,35 %/K

O sistema foi dimensionado com recurso à aplicação SCE.ER, que permite introduzir as características técnicas da Tabela 46, criando uma estimativa de energia produzida. Relativamente ao sistema de inversão dos módulos fotovoltaicos foram considerados os dados padrão no *software*.

Os resultados da simulação estão apresentados na Tabela 47, sendo que o relatório de simulação de desempenho do sistema pode ser consultado no Anexo 24.

Tabela 47 – Produção estimada de energia de origem solar para autoconsumo do sistema solar fotovoltaico.

Mês	Energia de origem solar para autoconsumo (kWh)
Janeiro	1 044
Fevereiro	1 317
Março	1 803
Abril	2 007
Maio	2 214
Junho	2 336
Julho	2 433
Agosto	2 335
Setembro	1 980
Outubro	1 565
Novembro	1 107
Dezembro	964
Total	21 104

Assim, verifica-se que a instalação do sistema solar fotovoltaico tem capacidade de produzir 21 104 kWh de energia elétrica por ano, possuindo uma potência nominal de instalação de 15,4 kW.

No estabelecimento em estudo, foi considerado que a energia elétrica disponível para autoconsumo é exclusivamente utilizada para atender às necessidades dos usos regulados (tipo S). Desta forma, a distribuição da energia elétrica de autoconsumo, pelos diferentes setores, foi realizada tendo em conta o peso de cada setor no consumo global de eletricidade do edifício, apresentando-se na Tabela 48, os valores de energia elétrica consumidos por cada setor por ano.

Tabela 48 – Distribuição da energia elétrica pelos setores de consumo do edifício do tipo S.

Mês	Eletricidade do tipo S (kWh)	Peso (%)	Divisão energia fotovoltaico (kWh)
Aquecimento	16 769	29,93	6 245,37
Arrefecimento	10 840	19,13	4 037,48
Iluminação	29 054	51,27	10 821,14
AQS	-	-	-
Total	56 663	100	21 104

A Tabela 49 apresenta a comparação dos consumos de eletricidade do modelo do edifício previsto e da medida de melhoria 3.

Tabela 49 – Comparação dos consumos de eletricidade entre o edifício previsto e o edifício da Medida 3.

Comparação dos consumos de eletricidade	
Consumo previsto (kWh/ano)	100 028,47
Consumo da Medida 3 (kWh/ano)	78 924,47
Diferença (kWh/ano)	- 21 104
Percentagem de diferença (%)	21,10

Portanto, pode-se concluir que a instalação de 28 módulos fotovoltaicos resulta, no primeiro ano de operação, numa diminuição de 21,1% do consumo de energia elétrica. Com base nos resultados apresentados, foram obtidos os índices de eficiência energética da Tabela 50, com o propósito de avaliar se houve alguma alteração significativa na classificação energética do edifício.

Tabela 50 – Comparação dos indicadores de eficiência energética entre o edifício previsto e a Medida 3.

Indicadores de eficiência energética	Edifício previsto	Medida 1
$IEE_{pr,s}$	165,11	165,11
$IEE_{pr,T}$	33,32	33,32
$IEE_{pr,ren}$	48,97	71,16
IEE_{pr}	194,46	127,26
R_{IEE}	0,83	0,67
Classe energética	B-	B

Pela Tabela 50, verifica-se que o indicador de eficiência energética previsto renovável teve um aumento significativo, tendo-se obtido uma melhoria da classe energética do hotel de B- para B.

Por fim, foi efetuado uma análise económica da medida de melhoria proposta, que pode ser consultada na Tabela 51. Os custos iniciais de cada solução foram estimados com base nas informações presentes no catálogo da JAM SOLAR. Uma vez que se tem uma potência de instalação de 15,4 kW, foi considerado o preço de um inversor com capacidade de 15 kW, cujo preço se apresenta na Tabela 51.

Tabela 51 – Análise económica da Medida 3.

Análise do investimento	
Preço módulo fotovoltaico (€)	347
Preço estrutura de suporte (€)	2 025
Preço do inversor 10 kW (€)	3 044
Investimento (com IVA) (€)	14 785
Redução do consumo (kWh/ano)	21 104
Preço unitário da energia (€/kWh)	0,178
Poupança anual (€)	3 756,51
Período de retorno (anos)	3,93

Assumindo o preço unitário de eletricidade de 0,178 €/kWh, verifica-se que o retorno do investimento seria obtido ao fim de 3 anos e 11 meses, o que viabiliza a medida de melhoria proposta para o edifício. Note-se que a poupança anual tende a crescer com o tempo devido à tendência, verificada nos últimos anos, do aumento dos preços da energia, o que torna esta medida de melhoria uma vantagem económica a longo prazo.

7.4. IMPLEMENTAÇÃO INTEGRAL DAS MEDIDAS DE MELHORIAS

Para finalizar a análise das medidas de melhoria, é estudado o impacto global das três medidas de melhoria. Assim, a Tabela 52 apresenta os resultados, em termos de consumos, eficiência energética e retorno económico para a combinação mencionada.

Tabela 52 – Comparação dos resultados das medidas de melhoria estudadas.

Sistema	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida Combinada
$IEE_{pr,s}$	152,74	165,28	165,11	153,32
$IEE_{pr,t}$	33,32	33,32	33,32	33,32
$IEE_{pr,ren}$	40,49	68,37	71,16	82,97
IEE_{pr}	145,47	130,23	127,26	103,67
R_{IEE}	0,78	0,70	0,67	0,49
Classe energética	B -	B	B	A
Investimento	35 929	16 275	14 785	66 989
Poupança anual (€)	658	2 728	3 756	7 142
Período de retorno (anos)	54,6	6	3,9	9,4

A implementação das medidas de melhoria resulta numa redução de 30,2% no consumo total de energia primária, que tem um impacto na classificação energética do edifício de B- para A, com um período de retorno, de 9 anos e 4 meses.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1. CONCLUSÕES

Uma vez que o setor dos edifícios é responsável por cerca de 41,7% dos consumos energéticos e 36% das emissões de CO₂ para a atmosfera na Europa, existe um elevado potencial de poupança, alcançável através da incorporação de leis, imposições e incentivos na remodelação e construção de edifícios energeticamente eficientes [13]. Assim, a certificação energética torna-se numa ferramenta fundamental na análise do comportamento térmico e na identificação de possíveis consumos excessivos associados.

Desta forma, a análise do potencial de melhoria do edifício em estudo é de especial interesse, na medida em que permite otimizar a eficiência energética e contribuir para a sustentabilidade ambiental, que de outro modo, acarretaria elevados consumos energéticos. Assim, após uma análise do comportamento térmico do hotel em estudo, utilizando para o efeito o *software DesignBuilder*, foi possível detetar parâmetros do modelo do edifício com pior desempenho energético e consumos excessivos.

Por um lado, verifica-se que o hotel apresenta elevadas perdas térmicas da envolvente provocadas pela ventilação exterior. Por outro lado, constata-se que o edifício apresenta um consumo de energia primária anual de 355 305 kWh_{EP}/ano, sendo que 30% do consumo refere-se ao aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS). A classe energética obtida para o edifício previsto é de B-.

Posteriormente, tendo em vista a melhoria do desempenho energético, foram propostas três medidas de melhoria. A primeira medida diz respeito à substituição do sistema de ventilação natural e dos ventiladores de extração por duas unidades de tratamento de ar com recuperação de calor, de modo a reduzir as elevadas perdas de carga do exterior verificadas. Também se reduziu os valores relativos ao caudal de insuflação de ar novo e de extração dos quartos, uma vez que se verifica que o valor de projeto se encontra sobredimensionado. A partir dos resultados obtidos pela simulação dinâmica, conclui-se que a remoção da ventilação natural no modelo geométrico, eliminou por completo as perdas térmicas associadas à ventilação exterior. Porém, o consumo energético reduziu apenas 2,6% e não houve alteração do rácio da classe energética, o suficiente para alterar a classificação

do edifício. Além disso, constata-se que o investimento é demasiado elevado, o que resulta num período de retorno de 54 anos, que não é, de todo, viável economicamente. No entanto, a medida de melhoria é considerada na mesma relevante no contexto do edifício, pelo facto de eliminar por completo as elevadas perdas de carga, verificadas com a ventilação natural, reduzir as necessidades de aquecimento e melhorar a eficiência energética do sistema de ventilação. Esta medida também permite um controlo mais preciso do fluxo de ar insuflado e uma temperatura interna mais estável, através do sistema de *bypass* implementado, contribuindo para o conforto térmico dos ocupantes.

A segunda medida de melhoria proposta baseia-se na implementação de 20 painéis solares térmicos, adicionais aos 16 existentes, de modo a aumentar a contribuição anual do sistema solar térmico para as necessidades de AQS. Os resultados da medida foram bastante satisfatórios, tendo-se obtido uma redução de, aproximadamente, 12,7% dos consumos de energia primária do edifício e uma alteração da classe energética para B. O retorno do investimento seria obtido ao fim de 6 anos, o que viabiliza a medida de melhoria.

A terceira medida de melhoria visa a instalação de uma unidade de produção para autoconsumo, de modo a reduzir os consumos energéticos de eletricidade do edifício, a partir da rede pública. Obteve-se uma classe energética de B, para além de uma redução de 21,1% no consumo de eletricidade. O período de retorno simples desta medida é de 3 anos e 11 meses, o que a torna financeiramente sustentável.

Por último, é estudado o impacto global das três medidas de melhoria, verificando-se uma redução de cerca de 30,2% no consumo de energia primária do edifício. O desempenho energético do edifício melhorou, resultando numa classificação energética, que progrediu de B- para A, tendo-se obtido um período de retorno simples de 9 anos e 4 meses. Em suma, constata-se que a combinação das medidas de melhorias apresentadas são uma solução viável para implementação no edifício em estudo, por torná-lo 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.

O objetivo do trabalho foi concretizado, tendo sido analisado o comportamento térmico do hotel e identificadas medidas de melhoria, que permitiram uma redução do consumo de energia, dos custos operacionais e do impacto ambiental associado ao funcionamento do edifício, ao mesmo tempo que se garante o cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho energético.

8.2. 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.

O armazém e a caixa de escadas do Piso -1, não se encontram em conformidade com o requisito relativo à densidade de potência máxima a instalar no espaço, pelo que poderia ser alterado, para ficar de acordo com a regulamentação exigida.

Aquando da realização deste trabalho, como o hotel se encontrava em fase de término de construção, não foi possível analisar o edifício, tendo em conta os gastos energéticos reais. Logo, uma proposta para um possível trabalho futuro envolveria a realização do modelo energético real do hotel, através da utilização de dados provenientes dos consumos reais, que poderiam ser obtidos a partir da análise das faturas de energia do edifício. Para além disso, também os valores das necessidades de águas quentes sanitárias (AQS) e os perfis de horários de ocupação e dos sistemas técnicos poderiam ser ajustados aos valores reais do hotel em funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Energia em Números, edição 2023.” Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/destaques/energia-em-numeros-edicao-2023/>
- [2] “Legislação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.” Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.sce.pt/legislacao/>
- [3] H. Ritchie, M. Roser, and P. Rosado, “Energy,” *Our World in Data*, Oct. 2022, Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/energy>
- [4] “Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios.” Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/diretiva-do-desempenho-energetico-dos-edificios/>
- [5] “Edifícios.” Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
- [6] “The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) — EPB Standards — EPB Center | EPB Standards.” Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/>
- [7] 1.ª série Presidência do Conselho de Ministros.ª Diário da República, “Decreto-Lei n.º 101-D/2020”, Accessed: Jun. 19, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2020-150571263>
- [8] “Central de Sines fecha portas perante apreensão de trabalhadores e autarcas | Energia | PÚBLICO.” Accessed: Mar. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.publico.pt/2021/01/13/economia/noticia/central-sines-fecha-portas-apreensao-trabalhadores-autarcas-1946127>
- [9] REN, “Dados Técnicos Eletricidade 2022.”
- [10] “APREN - Produção.” Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- [11] “Energias renováveis | Relatório do Estado do Ambiente.” Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <https://rea.apambiente.pt/content/energias-renov%C3%A1veis?language=pt-pt>

- [12] “Produção e consumo de energia | Relatório do Estado do Ambiente.” Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: <https://rea.apambiente.pt/content/produ%C3%A7%C3%A3o-e-consumo-de-energia>
- [13] “Energy statistics - an overview - Statistics Explained.” Accessed: Sep. 15, 2023. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Final_energy_consumption
- [14] “Changes in energy consumption and value added in services | ODYSSEE-MURE.” Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/services/>
- [15] “Guia de Boas Práticas”, Accessed: Sep. 16, 2023. [Online]. Available: www.porumturismosustentavel.pt
- [16] S. Hoteleiro, “Manual de Eficiência Energética”.
- [17] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, R. González, and I. R. Maestre, “A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes,” *Energy Build*, vol. 41, no. 3, pp. 272–278, Mar. 2009, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2008.10.004.
- [18] “EUR-Lex - 31993L0076 - EN - EUR-Lex.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A31993L0076>
- [19] “The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) — EPB Standards — EPB Center | EPB Standards.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/>
- [20] Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, “Diretiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios”.
- [21] “EUR-Lex - en0021 - EN - EUR-Lex.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/energy-performance-of-buildings.html>
- [22] “Guia SCE-Certificação Energética dos Edifícios”.
- [23] “Decreto-Lei 40/90.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://dre.tretas.org/dre/4490/decreto-lei-40-90-de-6-de-fevereiro>
- [24] “Decreto-Lei n.º 79/2006 | DR.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/79-2006-672459>

- [25] Pedro Lobarinhas, “Climatização SCE-Sistema de Certificação Energética.”
- [26] “Decreto-Lei n.º 118/2013 | DR.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/118-2013-499237>
- [27] “NZEB – Eficiência energética dos novos edifícios obrigatória a partir de 2021 | Moodular.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Online]. Available: <http://moodular.pt/blog/nzeb-eficiencia-energetica-dos-novos-edificios-obrigatoria-a-partir-de-2021/>
- [28] “Portaria n.º 349-B/2013 | DR.” Accessed: Jul. 21, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/349-b-2013-647290>
- [29] “Guia SCE-Avaliação de Requisitos (RECS)”.
- [30] “Portaria n.º 17-A/2016 | DR.” Accessed: Aug. 04, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/17-a-2016-73441202>
- [31] “Regulamento delegado - 626/2011 - EN - EUR-Lex.” Accessed: Dec. 17, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0626>
- [32] “Portaria n.º 42/2019 | DR.” Accessed: Oct. 28, 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/42-2019-118748852>
- [33] A. DGEG, “Manual SCE - Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios,” *Despacho n.º 6476-H/2021*, 2021.
- [34] 1.ª série Diário da República, “Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho de 2021”.
- [35] T. e C. Ministério das Obras Públicas, “Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril”.
- [36] “Model Data Grid View - Viewing and Editing Model Data.” Accessed: Nov. 09, 2023. [Online]. Available: <https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/Content/ViewEditModelData.htm>
- [37] Carlos Joel Silva Sousa, “Análise da Influência do Caudal de Água no comportamento dos recuperadores de calor por baterias em unidades de tratamento de ar,” 2018.
- [38] “Softwares de Seleção.” Accessed: Nov. 02, 2023. [Online]. Available: <https://www.guia.france-air.pt/forum-tecnico-2/documentacao-especializada/softwares-de-selecao>
- [39] “Generic Air Handling Unit (AHU).” Accessed: Dec. 05, 2023. [Online]. Available: <https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/Content/Generic%20AHU.htm>

ANEXO 1 – CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS INTERIORES

No anexo apresentado, é realizado a caracterização dos espaços interiores do edifício, relativamente à área, pé-direito, volume, ocupação e tipo de espaço. A nomenclatura adotada na Tabela 53 foi definida de modo a promover uma melhor compreensão na localização dos espaços no *software DesignBuilder*. O primeiro dígito refere-se ao tipo de espaço, sendo Z quando se trata de um espaço interior útil ou B quando se trata de um espaço interior não útil. O segundo dígito representa o piso onde o espaço se localiza, sendo que o piso inferior do edifício (piso -1) corresponde ao dígito 0, incrementando, progressivamente com os pisos superiores. Os dois dígitos seguintes representam o número do espaço do piso, de modo a diferenciar espaços com a mesma tipologia.

Tabela 53 – Caracterização dos espaços interiores do edifício, relativamente à área, volume, pé-direito, ocupação e tipo de espaço.

Nomenclatura DesignBuilder	Denominação	Piso	Área (m ²)	Pé-Direito (m)	Volume (m ³)	Ocupação	Tipo de espaço
Z00001Circulacao	Circulação 1	-1	5,90	2,39	14,1	1	Espaço útil
Z00002Reuniao	Sala de Reuniões	-1	15,60	2,39	37,34	6	Espaço útil
Z00003ISM	Instalação Sanitária Masculina	-1	5,00	2,42	12,1	1	Espaço útil
Z00004Escadas	Escadas 1	-1	25,90	11,61	300,57	1	Espaço útil
Z00005BalnearioF	Balneário Feminino	-1	6,10	2,40	14,67	2	Espaço útil
Z00006HallIS	Hall/Entrada	-1	3,10	2,42	7,49	1	Espaço útil
Z00007ISF	Instalação Sanitária Feminina	-1	3,50	2,42	8,48	1	Espaço útil
Z00008BalnearioM	Balneário Masculino	-1	6,10	2,38	14,54	2	Espaço útil
Z00009Copa	Copa	-1	27,10	2,40	64,97	4	Espaço útil
Z00010Elevador1	Elevador 1	-1	2,70	19,64	53,03	1	Espaço útil
Z00011Circulacao	Circulação 2	-1	12,00	2,41	28,87	1	Espaço útil
Z00012Elevador2	Elevador 2	-1	2,70	19,60	52,91	1	Espaço útil
Z00013Rececao	Recepção	-1	9,80	2,41	23,58	2	Espaço útil
Z00014Corredor	Circulação 3	-1	20,40	2,40	48,92	1	Espaço útil

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Z00015Circulacao	Circulação 4	-1	53,70	2,40	128,91	7	Espaço útil
Z00016SalaPA	Sala Pequenos-Almoços	-1	95,90	3,00	287,77	20	Espaço útil
Z00017Antecamera	Antecâmara	-1	6,20	2,39	14,81	1	Espaço útil
B00001Armazem	Armazém	-1	10,80	2,40	25,89	0	Espaço não útil
B00002Armario	Armário Técnico	-1	1,90	2,44	4,64	0	Espaço não útil
B00003ZT1	Zona Técnica 1	-1	8,00	3,15	25,21	1	Espaço não útil
B00004ZT2	Zona Técnica 2	-1	21,60	3,16	68,18	1	Espaço não útil
B00005Corete	Courette	-1	2,20	3,66	8,05	0	Espaço não útil
B00006Corete	Courette	-1	2,80	3,60	10,08	0	Espaço não útil
B00007Corete	Courette	-1	1,30	3,68	4,78	0	Espaço não útil
B00008Corete	Courette	-1	0,70	3,73	2,61	0	Espaço não útil
B00009Corete	Courette	-1	0,40	3,95	1,58	0	Espaço não útil
Z10001Cuarto	Quarto 1	0	17,20	2,91	50	2	Espaço útil
Z10002Cuarto	Quarto 2	0	17,30	2,90	50,17	2	Espaço útil
Z10003Cuarto	Quarto 3	0	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z10004Cuarto	Quarto 4	0	17,20	2,90	29,82	2	Espaço útil
Z10005Cuarto	Quarto 5	0	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z10006Cuarto	Quarto 6	0	17,40	2,90	50,43	2	Espaço útil
Z10007Cuarto	Quarto 7	0	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z10008Cuarto	Quarto 8	0	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z10009Cuarto	Quarto 9	0	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z10010Cuarto	Quarto 10	0	17,20	2,89	49,75	2	Espaço útil
Z10011Cuarto	Quarto 11	0	21,40	2,89	61,93	2	Espaço útil
Z10012Corredor	Circulação 5	0	46,90	2,90	135,91	1	Espaço útil
Z10013Escada2	Escadas 2	0	27,10	8,86	240,02	1	Espaço útil
B10001Arrumos	Sala de Arrumos 1	0	13,00	3,95	51,33	0	Espaço não útil
B10002Corete	Courette	0	2,40	3,76	9,03	0	Espaço não útil
B10003Corete	Courette	0	2,40	3,78	9,06	0	Espaço não útil
B10004Corete	Courette	0	2,50	3,71	9,27	0	Espaço não útil
B10005Corete	Courette	0	2,40	3,78	9,06	0	Espaço não útil
B10006Corete	Courette	0	1,60	3,91	6,26	0	Espaço não útil
B10007Corete	Courette	0	4,50	3,36	15,13	0	Espaço não útil
B10008Corete	Courette	0	2,10	3,34	7,02	0	Espaço não útil

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

B10009Corete	Courette	0	4,00	5,39	21,57	0	Espaço não útil
B10010Corete	Courette	0	1,20	3,93	4,71	0	Espaço não útil
B10011Corete	Courette	0	4,50	3,38	15,23	0	Espaço não útil
B10012Corete	Courette	0	4,50	3,36	15,14	0	Espaço não útil
B10013Corete	Courette	0	2,40	3,76	9,03	0	Espaço não útil
B10014Corete	Courette	0	8,50	5,39	45,82	0	Espaço não útil
Z20001Cuarto	Quarto 12	1	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z20002Cuarto	Quarto 13	1	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z20003Cuarto	Quarto 14	1	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z20004Cuarto	Quarto 15	1	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z20005Cuarto	Quarto 16	1	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z20006Cuarto	Quarto 17	1	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z20007Cuarto	Quarto 18	1	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z20008Cuarto	Quarto 19	1	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z20009Cuarto	Quarto 20	1	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z20010Cuarto	Quarto 21	1	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z20011Cuarto	Quarto 22	1	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z20012Cuarto	Quarto 23	1	17,10	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z20013Cuarto	Quarto 24	1	17,10	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z20014Cuarto	Quarto 25	1	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z20015Cuarto	Quarto 26	1	17,20	2,90	49,84	2	Espaço útil
Z20016Cuarto	Quarto 27	1	17,20	2,89	49,75	2	Espaço útil
Z20017Cuarto	Quarto 28	1	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z20018Cuarto	Quarto 29	1	17,20	2,90	49,83	2	Espaço útil
Z20019Cuarto	Quarto 30	1	17,10	2,91	49,73	2	Espaço útil
Z20020Cuarto	Quarto 31	1	17,20	2,91	49,82	2	Espaço útil
Z20021Cuarto	Quarto 32	1	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z20022Corredor	Circulação 6	1	48,90	2,20	107,49	2	Espaço útil
B20001Arrumos	Sala de Arrumos 2	1	12,90	3,05	39,35	0	Espaço não útil
B20002Corete	Courette	1	6,70	5,81	38,92	0	Espaço não útil
B20003Corete	Courette	1	1,90	3,65	6,94	0	Espaço não útil
Z30001Cuarto	Quarto 33	2	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z30002Cuarto	Quarto 34	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30003Cuarto	Quarto 35	2	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Z30004Cuarto	Quarto 36	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30005Cuarto	Quarto 37	2	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z30006Cuarto	Quarto 38	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30007Cuarto	Quarto 39	2	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z30008Cuarto	Quarto 40	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30009Cuarto	Quarto 41	2	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z30010Cuarto	Quarto 42	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30011Cuarto	Quarto 43	2	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z30012Cuarto	Quarto 44	2	17,70	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z30013Cuarto	Quarto 45	2	17,70	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z30014Cuarto	Quarto 46	2	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z30015Cuarto	Quarto 47	2	17,20	2,90	49,84	2	Espaço útil
Z30016Cuarto	Quarto 48	2	17,20	2,89	49,75	2	Espaço útil
Z30017Cuarto	Quarto 49	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30018Cuarto	Quarto 50	2	17,20	2,90	49,83	2	Espaço útil
Z30019Cuarto	Quarto 51	2	17,10	2,91	49,73	2	Espaço útil
Z30020Cuarto	Quarto 52	2	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z30021Cuarto	Quarto 53	2	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z30022Corredor	Circulação 7	2	48,90	2,20	107,49	2	Espaço útil
B30001Arrumos	Sala de Arrumos 2	3	12,90	3,05	6,94	0	Espaço não útil
Z40001Cuarto	Quarto 54	3	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z40002Cuarto	Quarto 55	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40003Cuarto	Quarto 56	3	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z40004Cuarto	Quarto 57	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40005Cuarto	Quarto 58	3	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z40006Cuarto	Quarto 59	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40007Cuarto	Quarto 60	3	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z40008Cuarto	Quarto 61	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40009Cuarto	Quarto 62	3	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z40010Cuarto	Quarto 63	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40011Cuarto	Quarto 64	3	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z40012Cuarto	Quarto 65	3	17,70	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z40013Cuarto	Quarto 66	3	17,70	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z40014Cuarto	Quarto 67	3	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Z40015Cuarto	Quarto 68	3	17,20	2,90	49,84	2	Espaço útil
Z40016Cuarto	Quarto 69	3	17,20	2,89	49,75	2	Espaço útil
Z40017Cuarto	Quarto 70	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40018Cuarto	Quarto 71	3	17,20	2,90	49,83	2	Espaço útil
Z40019Cuarto	Quarto 72	3	17,10	2,91	49,73	2	Espaço útil
Z40020Cuarto	Quarto 73	3	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z40021Cuarto	Quarto 74	3	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z40022Corredor	Circulação8	3	48,90	2,20	107,49	2	Espaço útil
B40001Arrumos	Sala de Arrumos 3	3	12,90	3,05	39,35	0	Espaço não útil
Z50001Cuarto	Quarto 75	4	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z50002Cuarto	Quarto 76	4	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z50003Cuarto	Quarto 77	4	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z50004Cuarto	Quarto 78	4	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z50005Cuarto	Quarto 79	4	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z50006Cuarto	Quarto 80	4	17,20	2,90	40,82	2	Espaço útil
Z50007Cuarto	Quarto 81	4	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z50008Cuarto	Quarto 82	4	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z50009Cuarto	Quarto 83	4	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z50010Cuarto	Quarto 84	4	17,20	2,90	49,81	2	Espaço útil
Z50011Cuarto	Quarto 85	4	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z50012Cuarto	Quarto 86	4	17,70	2,90	51,45	2	Espaço útil
Z50013Cuarto	Quarto 87	4	17,70	2,91	51,45	2	Espaço útil
Z50014Cuarto	Quarto 88	4	17,10	2,91	49,72	2	Espaço útil
Z50015Cuarto	Quarto 89	4	17,20	2,91	49,84	2	Espaço útil
Z50016Cuarto	Quarto 90	4	17,20	2,91	49,75	2	Espaço útil
Z50017Cuarto	Quarto 91	4	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z50018Cuarto	Quarto 92	4	17,20	2,89	49,75	2	Espaço útil
Z50019Cuarto	Quarto 93	4	17,10	2,91	49,73	2	Espaço útil
Z50020Cuarto	Quarto 94	4	17,20	2,90	49,82	2	Espaço útil
Z50021Cuarto	Quarto 95	4	17,30	2,89	50,03	2	Espaço útil
Z50012Corredor	Circulação 9	4	48,90	2,20	107,49	1	Espaço útil
B50001Arrumos	Sala de Arrumos 4	4	12,90	3,03	39,09	0	Espaço não útil

ANEXO 2 – CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO

Para que sejam quantificadas as trocas térmicas por um elemento com condição de fronteira interior, é necessário conhecer as temperaturas dos dois ambientes que este separa. Para determinação do coeficiente de redução (b_{ztu}), deve-se seguir a abordagem prevista na Norma EN ISO 13789, através da Equação (41) [33]:

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (41)$$

Em que:

θ_{int} – Temperatura interior [°C];

θ_{ext} – Temperatura ambiente exterior [°C];

θ_{enu} – Temperatura do espaço interior não útil [°C].

Porém, no hotel em análise, não foi possível conhecer os valores das temperaturas dos espaços interiores não úteis, pelo que, segundo a legislação, para este tipo de situações, o coeficiente de redução (b_{ztu}) deve assumir os valores indicados na Tabela 54 [33].

Tabela 54 – Valores por defeito do coeficiente de redução (b_{ztu}) do edifício [33].

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
$\frac{A_i}{A_u} < 0,5$	1,0					
$0,5 \leq \frac{A_i}{A_u} < 1,0$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1,0 \leq \frac{A_i}{A_u} < 2,0$	0,6	0,80	0,7	0,9	0,8	1,0
$2,0 \leq \frac{A_i}{A_u} < 4,0$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$\frac{A_i}{A_u} \geq 4,0$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

O parâmetro A_i representa o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil e A_u corresponde ao somatório dos elementos que separam o espaço interior não útil do ambiente exterior. Por outro lado, aplica-se f quando as ligações entre elementos do espaço estão bem vedadas e não há aberturas de ventilação permanentemente abertas e F quando existem estas aberturas [33].

A título de exemplo, apresenta-se a obtenção do coeficiente de redução para o espaço não útil da Sala de Arrumos 1 do Piso 0, cujas características de dimensionamento se

apresenta na Figura 72. O espaço não útil apresenta um PD = 3,95 m, V = 51,33 m³, A = 13,00 m², com ocupação 0, como se pode consultar no Anexo 1.

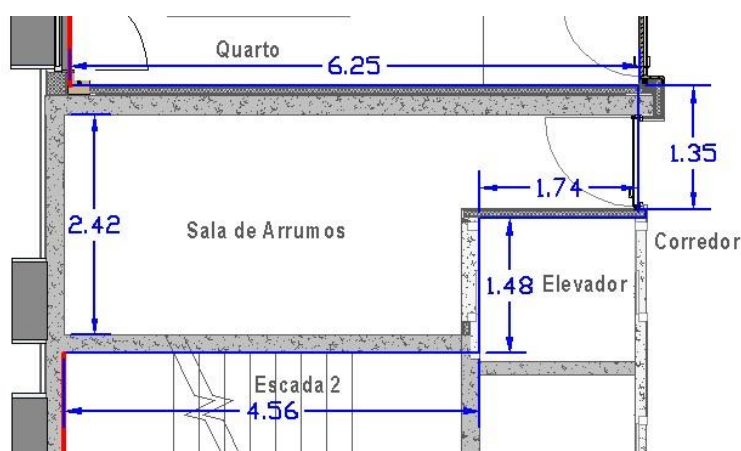


Figura 72 – Características de dimensionamento da Sala de Arrumos 1.

O cálculo da relação entre o A_i e o A_u é dado pelo procedimento apresentado. Para obtenção de A_i , a primeira parcela da soma corresponde à área dos elementos em contacto com os espaços úteis. Uma vez que a Sala de arrumos tem um pavimento interior, em contacto com um espaço útil, foi adicionado o valor da área da sala de arrumos, que corresponde à segunda parcela da soma de A_i .

$$A_i = 3,95 \times (4,56 + 1,48 + 1,74 + 1,35 + 6,25) + 13 = 66,878 \text{ m}^2$$

$$A_u = 3,95 \times 2,42 = 9,559$$

$$\frac{A_i}{A_u} = \frac{66,878}{9,559} = 7,00$$

Assim, de acordo com a Tabela 54, para um $50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$, e um $\frac{A_i}{A_u} \geq 4$, é obtido o valor de 0,4 para o coeficiente de redução (b_{ztu}) para este espaço. Por esta razão, segundo a legislação, o espaço não útil tem de ser delimitado a cor azul na marcação da envolvente do edifício, já que $b_{ztu} < 0,7$. De maneira análoga, foi realizado o método explicitado anteriormente para os restantes espaços não úteis, com o propósito de realizar a marcação da envolvente para os 6 pisos do edifício, apresentado no Anexo 3.

ANEXO 3 – MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE



Figura 73 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso -1.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

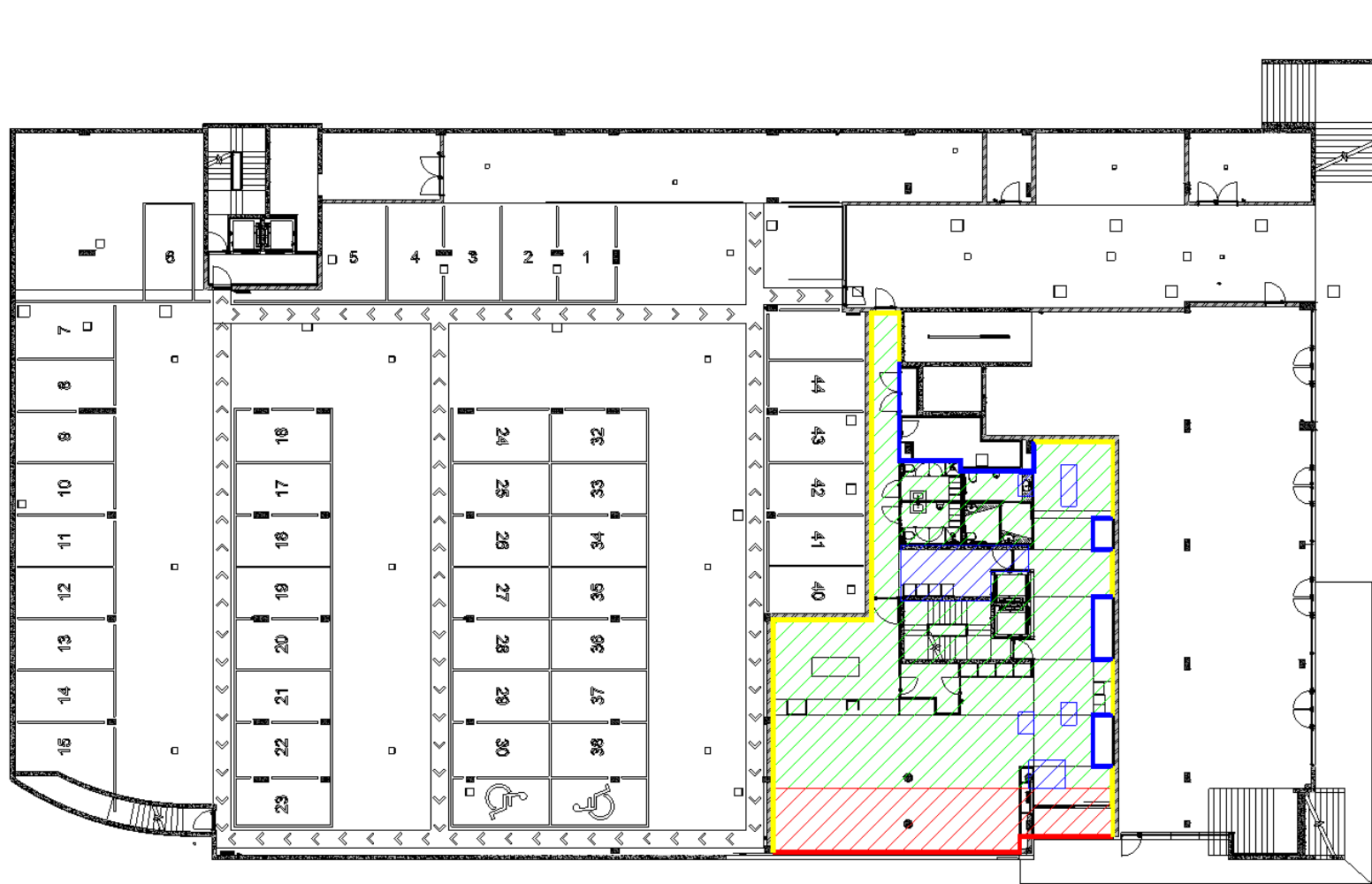


Figura 74 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso -1.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

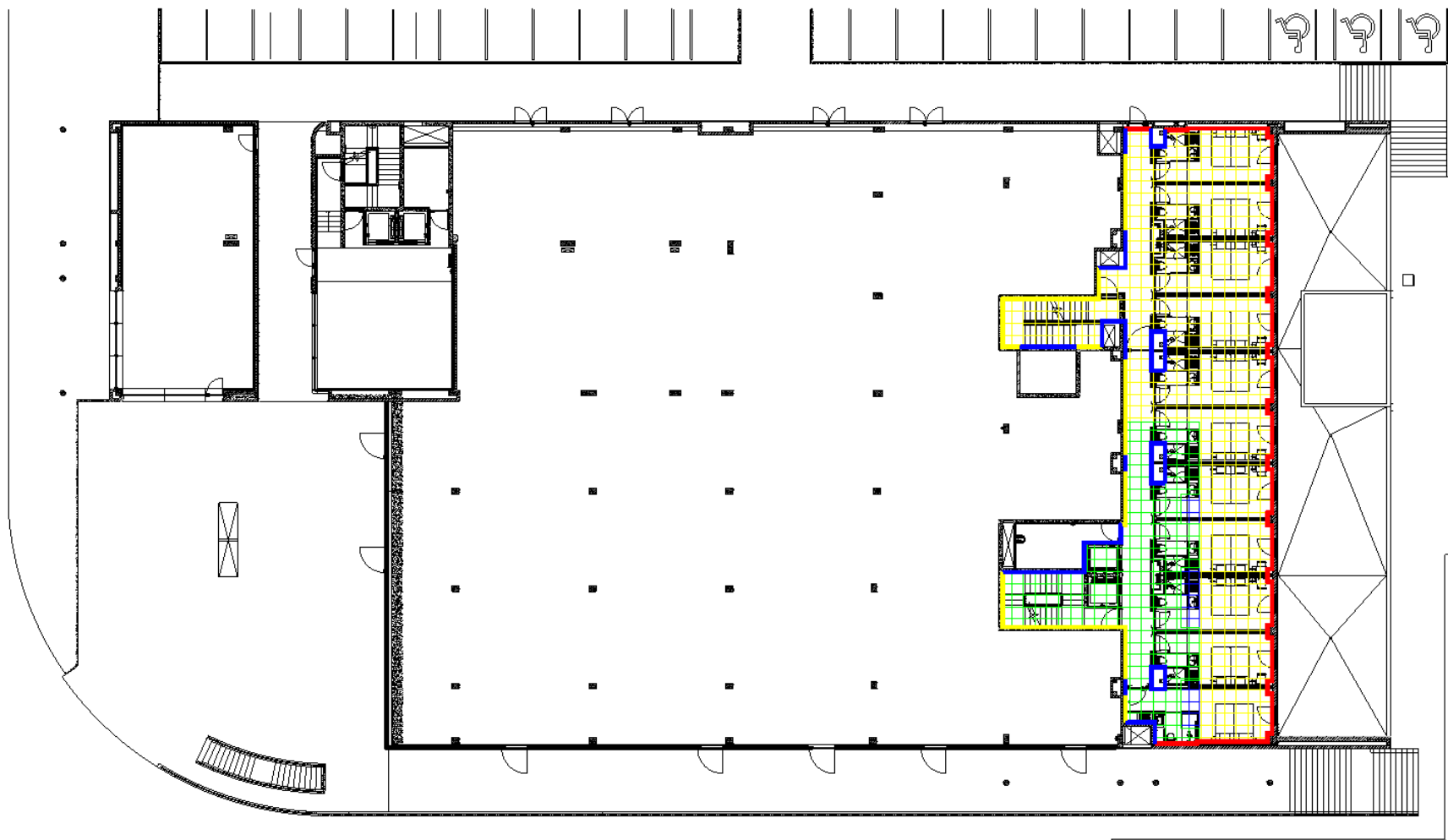


Figura 75 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 0.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

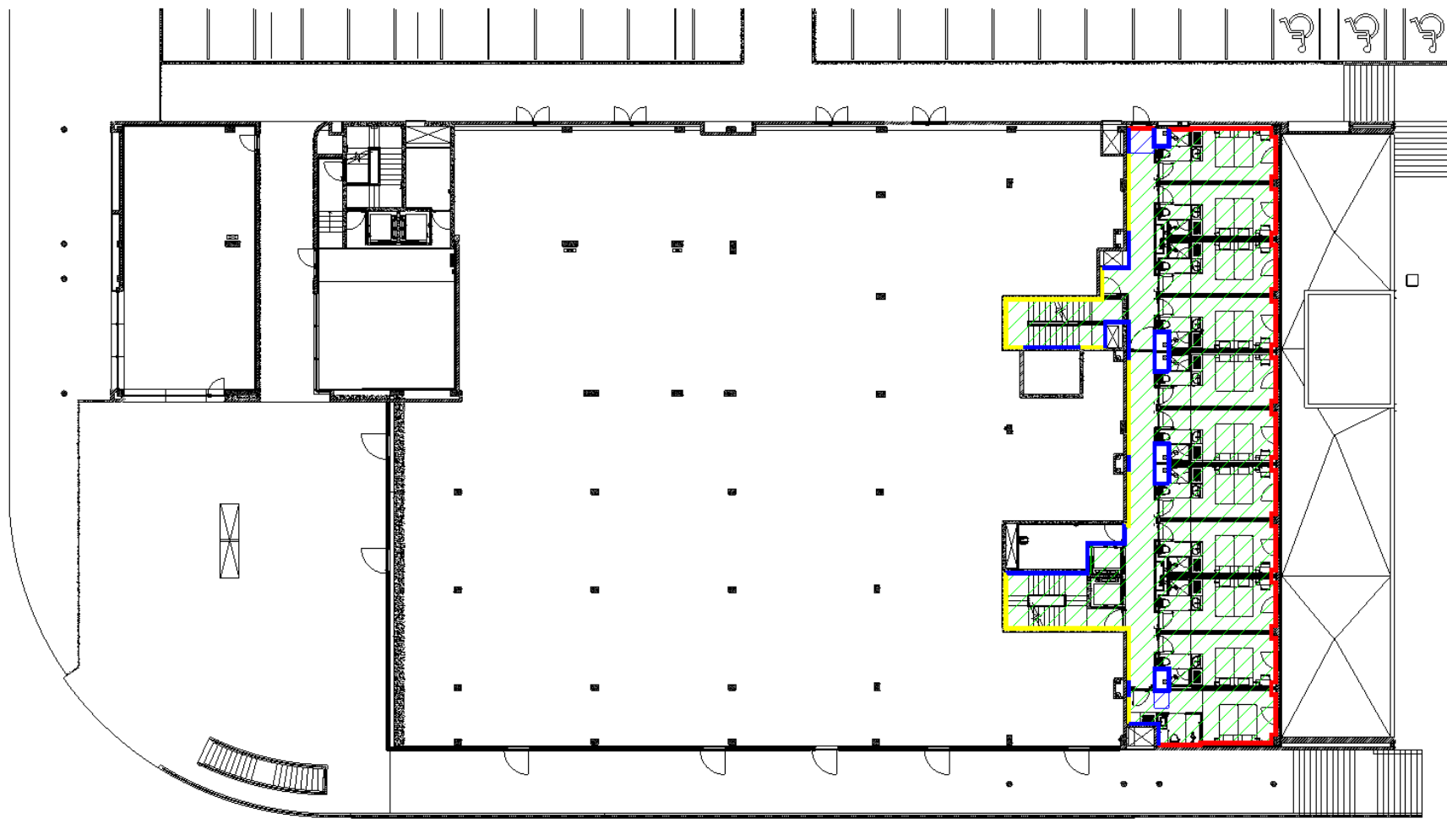


Figura 76 – Delimitação da envolvente ao nível das coberturas do piso 0.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel



Figura 77 – Delimitação da envolvente ao nível dos pavimentos do piso 1.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel



Figura 78 – Delimitação da envolvente ao nível da cobertura dos pisos 2 e 3.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel



Figura 79 – Delimitação da envolvente ao nível do pavimento dos pisos 2, 3 e 4.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel



Figura 80 – Delimitação da envolvente ao nível da cobertura do piso 4.

ANEXO 4 – METODOLOGIA DE CÁLCULO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

A determinação do coeficiente de transmissão térmica segue o método simplificado especificado na Norma EN ISO 6946, que define a Equação (42) [33].

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad (42)$$

Em que:

U – Coeficiente de transmissão térmica [W/(m².°C)];

R_{tot} – Resistência térmica total [(m².°C)/W].

A resistência térmica total (R_{tot}) de um elemento opaco em regime permanente é o resultado do somatório das resistências térmicas de todas as camadas que o constituem e das resistências térmicas superficiais. A R_{tot} deve ser obtida de acordo com a Equação (43), para um elemento com condição fronteira exterior, e através da Equação (44), para um elemento com condição fronteira interior [33].

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{se} \quad (43)$$

$$R_{tot} = R_{si} + \sum_j R_j + R_{si} \quad (44)$$

Em que:

R_{si} – Resistência térmica superficial interior [(m².°C)/W];

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior [(m².°C)/W];

R_j – Resistência térmica da camada j [(m².°C)/W].

As resistências térmicas superficiais interiores e exteriores variam, tendo em conta o sentido do fluxo de calor e da sua posição, tal como apresentado na Tabela 55.

Tabela 55 – Valores das resistências térmicas superficiais.

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [(m ² .°C)/W]	
	Interior	Exterior
Horizontal (Inclinações entre 0° e 30°)	0,13	0,04
Ascendente	0,10	
Descendente	0,17	

ANEXO 5 – ENVOLVENTE OPACA

Paredes Exteriores

No edifício em estudo, estão presentes 5 perfis de paredes exteriores, identificados por PE1, PE2, PE3, PE4 e PE5.

A parede exterior, PE1, corresponde à parede que entra em contacto direto com o exterior no Piso -1 do edifício, que se encontra definida na Tabela 10 do Capítulo **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

A parede exterior PE2 corresponde à parede das fachadas este e oeste do Piso 0 do edifício (Tabela 56).

Tabela 56 – Caracterização construtiva da parede exterior PE2.

Parede Exterior PE2			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Reboco tradicional de cimento ou cal	0,020	1800	0,015
Pano simples de alvenaria "tijolo cerâmico furado"	0,15	1000	0,390
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
(MW) Isolamento térmico em "lã de rocha"	0,05	35	1,351
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,100
		R_{se}	0,04
		R_{si}	0,13
		Resistência térmica total	2,206
		Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,453 W/m² .°C

A parede exterior PE3 corresponde à parede exterior dos quartos da fachada sul do Piso 0 do edifício (Tabela 57).

Tabela 57 – Caracterização construtiva da parede exterior PE3.

Parede Exterior PE3			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Capoto	0,070	15	1,944
Tijolo térmico PRECERAM (designação 30x19x19)	0,19	907	0,90
Placa de gesso cartonado	0,013	750	0,050
		R_{se}	0,04
		R_{si}	0,13
		Resistência térmica total	3,064
		Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,326 W/m² .°C

A parede exterior PE4 corresponde à parede exterior superior dos quartos da fachada sul do Piso 0 do edifício (Tabela 58).

Tabela 58 – Caracterização construtiva da parede exterior PE4.

Parede Exterior PE4			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Capoto	0,070	15	1,944
Tijolo térmico PRECERAM (designação 30x19x19)	0,19	907	0,90
Gesso estuque projetado	0,020	1200	0,036
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
Placa de gesso cartonado	0,013	750	0,050
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
Placa de gesso cartonado	0,013	750	0,050
		R_{se}	0,04
		R_{si}	0,13
		Resistência térmica total	3,51
		Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,285 W/m² . °C

A parede exterior PE5 corresponde à parede das fachadas dos pisos 1, 2, 3 e 4 do edifício (Tabela 59).

Tabela 59 – Caracterização construtiva da parede exterior PE5.

Parede Exterior PE5			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Painéis de contraplacado, Hydropanel	0,010	800	0,053
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
Painel de fachada pré-fabricado CREE	0,160	100	4,706
Madeira maciça densa	0,020	750	0,20
Placa de gesso cartonado	0,013	750	0,050
		R_{se}	0,04
		R_{si}	0,13
		Resistência térmica total	5,359
		Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,186 W/m² . °C

Paredes Interiores

No edifício em estudo, estão presentes quatro perfis de paredes interiores, em contacto com espaços não úteis, identificados por PINT1, PINT2, PINT3 e PINT4.

A parede interior PINT1 corresponde à parede que delimita a separação entre o espaço não útil da garagem do Piso -1 e da separação do espaço comercial do Piso 0 com o edifício (Tabela 60).

Tabela 60 – Caracterização construtiva da parede interior PINT1.

Parede Interior PINT1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,10
(MW) Isolamento térmico em "lã de rocha"	0,050	35	1,351
Pano simples alvenaria ("bloco betão normal")	0,20		0,300
Reboco tradicional de cimento ou cal	0,020	1800	0,015
		R_{si}	0,13
		R_{si}	0,13
		Resistência térmica total	2,026
		Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,494 W/m² . °C

A parede interior PINT2 corresponde à parede que delimita a separação das caixas de de escadas e salas de arrumos com zonas não úteis do edifício (Tabela 61).

Tabela 61 – Caracterização construtiva da parede interior PINT2.

Parede Interior PINT2			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Reboco tradicional de cimento ou cal	0,020	1800	0,015
Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) "betão estrutural"	0,200	2300	0,100
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
(MW) Isolamento térmico em "lã de rocha"	0,050	35	1,351
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,100
		R_{si}	0,13
		R_{si}	0,13
		Resistência térmica total	2,006
		Coefficiente de transmissão térmica (U)	0,499 W/m² . °C

A parede interior PINT3 corresponde à parede que se encontra em contacto com as *courettes* dos Pisos 0 a 4 (Tabela 62).

Tabela 62 – Caracterização construtiva da parede interior PINT3.

Parede Interior PINT3			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
(MW) Isolamento térmico em "lã de rocha"	0,050	35	1,351
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,100
			R_{si} 0,13
			R_{si} 0,13
Resistência térmica total			1,711
Coeficiente de transmissão térmica (U)			0,584 W/m ² . °C

A parede interior PINT4 corresponde à parede que se encontra em contacto com *courettes* do Piso -1 e com o espaço comercial não útil do Piso -1 (Tabela 63).

Tabela 63 – Caracterização construtiva da parede interior PINT4.

Parede Interior PINT4			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Pano simples alvenaria ("bloco betão normal")	0,15	750	0,20
(MW) Isolamento térmico em "lã de rocha"	0,050	35	1,351
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,100
			R_{si} 0,13
			R_{si} 0,13
Resistência térmica total			1,911
Coeficiente de transmissão térmica (U)			0,523 W/m ² . °C

Coberturas Exteriores

No edifício em estudo, estão presentes dois perfis de coberturas exteriores, identificados por COBEXT1 e COBEXT2. A cobertura exterior COBEXT1 encontra-se em contacto com a Receção, a Antecâmara e a Sala dos Pequenos Almoços do Piso -1, separando os espaços do exterior (Tabela 64).

Tabela 64 – Caracterização construtiva da cobertura exterior COBEXT1.

Cobertura Exterior COBEXT1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Impermeabilização "membrana flexível impregnada com betume"	0,040	1000	0,020
Betão leve para regularização	0,060	1200	0,030
Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) "betão estrutural"	0,250	2300	0,125
(XPS) Isolamento térmico em "poliestireno extrudido"	0,080	25	2,286
R_{se}			0,04
R_{si}			0,10
Resistência térmica total			2,601
Coefficiente de transmissão térmica (U)			0,384 W/m² . °C

A cobertura exterior COBEXT2 corresponde à cobertura que separa o último piso do hotel (Piso 4) do exterior (Tabela 65).

Tabela 65 – Caracterização construtiva da cobertura exterior COBEXT2.

Cobertura Exterior COBEXT2			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Godo Granulado	0,050	1700	0,025
Impermeabilização "membrana flexível impregnada com betume"	0,040	1000	0,020
(XPS) Isolamento térmico em "poliestireno extrudido"	0,080	25	2,286
Impermeabilização "PVC flexível" (telas duplas cruzadas)	0,02	1200	0,02
Betão armado de inertes de argila expandida "betão estrutural"	0,150	1400	0,176
R_{se}			0,04
R_{si}			0,10
Resistência térmica total			2,667
Coefficiente de transmissão térmica (U)			0,375 W/m² . °C

Coberturas Interiores

No edifício em estudo, estão presentes dois perfis de coberturas interiores, identificados por COBINT1 e COBINT2, em que ambas fazem a delimitação dos espaços úteis do Piso -1, com os espaços não úteis do Piso 0. A cobertura interior COBINT2 encontra-se definida na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** do Capítulo **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

Tabela 66 – Caracterização construtiva da cobertura interior COBINT1.

Cobertura Interior COBINT1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Placa de gesso cartonado	0,013	750	0,050
			R_{si} 0,10
			R_{si} 0,10
Resistência térmica total			0,25
Coeficiente de transmissão térmica (U)			4 W/m ² . °C

No edifício em estudo, está presente um perfil de pavimento exterior, denominado de PAVEXT1, que se encontra nos quartos e corredor da fachada oeste do Piso 0, cujo pavimento se encontra em contacto com o exterior (Tabela 67).

Tabela 67 – Caracterização construtiva do pavimento exterior PAVEXT1.

Pavimento Exterior PAVEXT1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Madeira maciça "densa"	0,010	750	0,043
Impermeabilização "membrana flexível impregnada com betume"	0,007	1000	0,030
Betão de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) "betão normal"	0,050	2300	0,025
(XPS) Isolamento térmico em "poliestireno extrudido"	0,080	25	2,286
Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) "betão estrutural"	0,250	2300	0,125
			R_{se} 0,04
			R_{si} 0,17
Resistência térmica total			2,719
Coeficiente de transmissão térmica (U)			0,368 W/m ² . °C

Pavimentos Interiores

No edifício em estudo, estão presentes dois perfis de pavimentos interiores, identificados por PAVINT1 e PAVINT2. O pavimento interior PAVINT1 delimita os espaços úteis do Piso 1 dos espaços não úteis do Piso 0 (Tabela 68).

Tabela 68 – Caracterização construtiva do pavimento interior PAVINT1.

Pavimento Interior PAVINT1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Impermeabilização "membrana flexível impregnada com betume"	0,007	1000	0,304
Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) "betão estrutural"	0,250	2300	0,125
(XPS) Isolamento térmico em "poliestireno extrudido"	0,080	25	2,286
			R_{si}
			0,17
			R_{si}
			0,17
Resistência térmica total			3,055
Coeficiente de transmissão térmica (U)			0,327 W/m ² . °C

O pavimento interior PAVINT2 delimita os espaços úteis do Piso 0 dos espaços não úteis do Piso -1 (Tabela 69).

Tabela 69 – Caracterização construtiva do pavimento interior PAVINT2.

Pavimento Interior PAVINT2			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica (m ² .°C/W)
Madeira maciça "densa"	0,010	750	0,043
Betão armado de inertes correntes (calcários, siliciosos e silico-calcários) "betão estrutural"	0,250	2300	0,125
			R_{si}
			0,17
			R_{si}
			0,17
Resistência térmica total			0,508
Coeficiente de transmissão térmica (U)			1,97 W/m ² . °C

ANEXO 6 – ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

Para a determinação do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente em contacto com o solo, segue-se uma metodologia com algumas diferenças relativamente ao procedimento utilizado anteriormente, sendo necessário calcular o valor de B' , através da Equação (45) [33].

$$B' = \frac{A_{p,solo}}{0,5 \times P} \quad (45)$$

Em que:

B' – Dimensão característica do pavimento em contacto com o solo [m];

$A_{p,solo}$ – Área interior útil de pavimento em contacto com o solo, medida pelo interior [m²];

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].

Existem dois elementos da envolvente em contacto com o solo, o pavimento térreo PAVTER1 e a parede em contacto com o solo no Piso -1, PENT1.

Relativamente ao pavimento térreo, através da Equação (45), obtém-se o valor de B' :

$$B' = \frac{731,93}{0,5 \times 93,36} = 15,68$$

O pavimento térreo do edifício em estudo não tem isolamento térmico e a sua profundidade média é nula (z_{solo}), pelo que a determinação do coeficiente de transmissão térmica (U_{bf}) é realizada, tendo em conta a Tabela 27 do Manual SCE, cujo excerto se encontra apresentado na Tabela 70 [33].

Tabela 70 – U_{bf} de pavimentos em contacto com o solo sem isolamento térmico [33].

B'	U_{bf} [W/(m ² .°C)]			
	$z_{solo} \leq 0,5$ m			
	R_f [(m ² .°C)/W]			
	0,5	1	2	≥ 3 m
3	0,65	0,57	0,32	0,24
4	0,57	0,52	0,30	0,23
6	0,47	0,43	0,27	0,21
10	0,35	0,32	0,22	0,18
15	0,27	0,25	0,18	0,15
≥ 20	0,22	0,21	0,16	0,13

Para o cálculo da R_f total do pavimento, deve-se ter em conta a caracterização do pavimento térreo PAVTER1 que se apresenta na Tabela 71.

Tabela 71 – Caracterização construtiva do pavimento térreo PAVTER1

Pavimento Térreo PAVTER1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m ³)	Resistência térmica R_f (m ² .°C/W)
Revestimento de piso	0,010	2300	0,008
Argamassa de assentamento	0,010	1800	0,008
Betonilha leve para enchimento e regularização	0,130	2300	0,065
Laje maciça em betão	0,150	2300	0,075
Filme plástico em polietileno	0,07	1200	0,050
Inertes "areia, gravilha, seixo, brita"	0,250	1700	0,125
Manta geotêxtil	0,007	1000	0,030
Saibro compacto	0,040	1700	0,020
Resistência térmica total R_f			0,381

Assim, recorrendo à Tabela 71, através de uma interpolação linear, e tendo em conta que o pavimento cumpre as seguintes condições $z_{solo} \leq 0,50$ m e $R_f < 0,50$ [(m².°C/W)], o valor do coeficiente de transmissão térmica é afetado por $1,15 \times U_{bf=0,5}$ [W/(m².°C)], correspondendo desta maneira à equação apresentada:

$$U_{bf} = 1,15 \times 0,2632 = 0,302 \text{ [W/(m}^2\text{.°C)]}$$

A parede em contacto com o solo no Piso -1, PENT1, é constituída do solo para o interior por: Betão armado de inertes correntes, com massa volúmica de 2300 kg/m³, de espessura 0,200 m e resistência térmica de 0,100 m².°C/W; Espaço de ar não ventilado; Isolamento

térmico em "lã de rocha", com massa volúmica de 35 kg/m^3 , de espessura $0,050 \text{ m}$ e resistência térmica de $1,351 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$; Placa de gesso, com massa volúmica de 750 kg/m^3 , de espessura $0,025 \text{ m}$ e resistência térmica de $0,100 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$.

Tabela 72 – Caracterização construtiva da parede em contacto com o solo PENT1.

Parede em contacto com o solo PENT1			
Material	Espessura (m)	Massa volúmica (kg/m^3)	Resistência térmica R_f ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$)
Betão armado de inertes correntes	0,200	2300	0,100
Espaço de ar não ventilado - Fluxo horizontal	0,025 a 0,030		0,180
Lã de rocha (MW)	0,050	35	1,429
Placa de gesso cartonado	0,025	750	0,10
Resistência térmica total R_f			1,809

O coeficiente de transmissão térmica das paredes em contacto com o solo deve ser obtido pela Tabela 30 do Manual SCE, cujo excerto é apresentado na Tabela 73 [33].

Tabela 73 – Coeficientes de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno.

$z_{solo} [\text{m}]$	$U_{bf} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$					
	$R_w [(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}]$					
	0	0,5	1	1,5	2	≥ 3
0	5,62	1,43	0,82	0,57	0,44	0,30
0,5	2,77	1,10	0,70	0,51	0,40	0,28
1	1,97	0,91	0,61	0,46	0,36	0,26
2	1,32	0,70	0,50	0,38	0,31	0,23
4	0,84	0,50	0,38	0,30	0,25	0,19
≥ 6	0,64	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17

Assim, considerando um z_{solo} de, aproximadamente, $3,66 \text{ m}$ (pé-direito do Piso -1), obtém-se o valor do coeficiente de transmissão térmica de $0,293 [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$ para a parede em contacto com o solo PENT1.

ANEXO 7 – INÉRCIA TÉRMICA

A classe de inércia térmica do edifício determina-se, de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento, através da Equação (46) [33].

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (46)$$

Em que:

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

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

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

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

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

O resultado de I_t , obtido através da expressão, identifica a classe de inercia térmica segundo a Tabela 74, de acordo com o Manual SCE [33].

Tabela 74 – Classes de inércia térmica.

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

As informações recolhidas das características construtivas, relativas à massa superficial útil dos elementos da envolvente, permite realizar o cálculo do numerador da Equação (46), tal como é apresentado na Tabela 75.

Tabela 75 – Cálculo da Inércia Térmica do edifício.

Elementos da Envolvente	M_{si} [kg/m ²]	S_i (m ²)	Fator de correção (r_i)	$M_{si} \cdot S_i \cdot r_i$
EL1 - Elementos da envolvente com condição fronteira exterior, interior e sem trocas térmicas				
PE1	150	10,46	1,0	1 569
PE2	150	39,77	1,0	5 965,5
PE3	150	59,15	1,0	8 872,5
PE4	150	15,38	1,0	2 307
PE5	40	602,47	1,0	24 098,8
PINT1	150	142,70	1,0	21 405
PINT2	150	331,76	1,0	49 764
PINT3	19	456,01	1,0	8 664,19
PINT4	150	262,93	1,0	39 439,5
COBEXT1	150	53,97	1,0	8 095,5
COBEXT2	150	416,59	1,0	62 488,5
COBINT1	9	297,42	1,0	2 676,78
COBINT2	150	158,22	1,0	23 733
PAVEXT1	150	37,30	1,0	5 595
PAVINT1	150	136,78	1,0	20 517
PAVINT2	150	176,33	1,0	26 449,5
EL2 - Elementos da envolvente com condição fronteira solo				
PAVTER1	150	290,95	1,0	43 642,5
PENT1	150	5,251	1,0	781,65
Total				356 064,92

Desta forma, tendo em conta uma área útil de pavimento de 2186,70 m², segue-se o cálculo do I_t , a partir da Equação (46), obtendo-se o valor de 162,83 kg/m².

$$I_t = \frac{356\,064,92}{2186,70} = 162,83 \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad (1)$$

Assim sendo, e a partir da Tabela 74, é correto considerar que o edifício em estudo se insere na classe de inércia térmica média.

ANEXO 8 – FICHAS TÉCNICAS DOS VIDROS



Declaração de Desempenho



Nº D2022VP21

Código de identificação do produto:

Cool-Lite SKN 165 II 6mm Temperado
Perfil Intercalar 20mm
Laminado 4.4.2 Silence

Tipo de utilização prevista, de acordo com a especificação técnica harmonizada:

Para aplicação em edifício e trabalhos de construção
EN 1279-5:2019
EN 12150:2010

Fabricante:

Vidraria dos Peões – Maia e Filhos, Lda.
Rua Nova de Santa Cruz Nº134-138 | 47710-409 Braga
Tel: +351 253 607 834 | Fax: 253 627 245 | Email: geral@vidrariapeoes.pt

Sistema de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho (AVCP):

Sistema 4

Desempenho Declarado:

Características Essenciais		Desempenho
Resistência ao fogo		NPD
Reação ao fogo		NPD
Prestações de comportamento face a um fogo exterior		NPD
Resistência às balas		NPD
Resistência às explosões		NPD
Resistência às agressões		NPD
Resistência ao impacto de um pêndulo		1C2/1B1
Resistência às variações bruscas de temperatura e diferenciais de temperatura	K	NPD
Resistência às cargas devidas ao vento e à neve, às cargas permanentes e imposta	N/mm ²	NPD
Isolamento ao ruído aéreo direto	dB	43 (-3; -7)

Propriedades térmicas		Desempenho
Emissividade	ϵ_d	NPD
Coefficiente U	W/(m ² .K)	1.303

Propriedades de radiação		Desempenho
Transmissão luminosa	τ_v	60.2%
Reflexão luminosa (Interior/Exterior)	ρ_v/ρ'_v	18.1% / 16.5%
Transmissão da energia solar	τ_e	29%
Reflexão da energia solar (Interior/Exterior)	ρ_e/ρ'_e	32.1% / 33.6%
Coefficiente g		0.3395
Durabilidade		NPD

NPD: Desempenho não declarado

O desempenho do produto é conforme com a declaração de desempenho.

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante.

Assinado por e em nome do fabricante por:

Fabricante
Vidraria dos Peões – Maia e Filhos, Lda.

Representante

Vidraria Peões
Maia e Filhos, Lda
P. Gerência

Figura 81 – Ficha técnica do vidro duplo Coll-Lite SKN 165 II, temperado 6 mm.

Vidro 1 PLANICLEAR (8 mm) Temperado

Hotel B&B Guimarães

Vidraria Peões-Maia & Filhos Lda
Comercial
Daniel Gomes
Pq. Industrial Pitancinhos
4700-727 Palmeira Braga
Portugal
253 607 756
danielgomes@vidrariapeoes.pt

<p> FATORES LUMINOSOS CIE (15-2004)</p> <p>Transmissão Luminosa (TL %) 89,4 % Reflexão Luminosa Exterior (RLe%) 8,1 % Reflexão Luminosa Interior (RLi%) 8,1 %</p> <p> FATORES SOLARES EN410 (2011-04)</p> <p>Fator Solar (g) 0,8514 Coeficiente de Sombreamento 0,9787</p> <p>EMISSIVIDADES</p> <p>Emissividade Normal Face 1 0,89 Emissividade Normal Face 2 0,89</p> <p> RENDIMENTO DE COR CIE (15-2004)</p> <p>Transmissão (Ra) 98,7 Reflexão (Ra) 98,1</p> <p> RESISTÊNCIA A INTRUSÃO EN356</p> <p>Resultado: NPD</p> <p> CARBON FOOTPRINT EN1 5804+A2</p> <p>Global warming potential 'GWP' 28 Kg(CO2)/m² (A1-A3)</p>	<p> FATORES ENERGÉTICOS EN410 (2011-04)</p> <p>Transmissão Energética (Te) 82,9 % Reflexão (Ree) 7,5 % Interior (Rei) 7,5 % Absorção (AE1) 9,6 %</p> <p> TRANSMISSÃO TÉRMICA EN673 (2011-04)</p> <p>Ug 5,622 W/m².K 0° em relação à posição vertical</p> <p> DIMENSÕES DE FABRICO</p> <p>Espessura Nominal 8,0 mm Massa 20,0 kg/m²</p> <p> RESISTÊNCIA AO IMPACTO DO PÊNDULO EN12600</p> <p>Resultado: 1C2</p> <p> ACÚSTICA EN12758</p> <p>Valores Acústicos de acordo com a EN 12758 e provenientes de um Organismo Rw(C,Ctr) = 33(-1;-2) dB</p> <p>OITC (ASTM E1332) N/A STC (ASTM E413) N/A</p>
---	--

Figura 82 – Ficha técnica do vidro simples temperado SGG Planiclear.

ANEXO 9 – FICHAS TÉCNICAS DAS CAIXILHARIAS



FACHADA TP 52

RPT

EFICIENCIA ENERGÉTICA	ACRISTALAMIENTO
Coeficiente de transmisión térmica U_w desde 0,6 (W/m²K) <small>Consultar tipología, dimensión y vidrio.</small>	Máximo acristalamiento: 64 mm Mínimo acristalamiento: 4 mm

CATEGORÍAS ALCANZADAS EN BANCO DE ENSAYOS	
Protección frente a los agentes atmosféricos	
Permeabilidad al aire (UNE-EN 12152): Estanqueidad al agua (UNE-EN 12154): Resistencia al viento (UNE-EN 13116): <small>Ensayo de referencia 3,00 x 3,50 m.</small>	Clase AE Clase RE ₁₅₀₀ APTO (Carga de diseño 2000Pa - Carga de seguridad 3000Pa)

SECCIONES VISTA INTERIOR	Montante 52 mm Travesaño 52 mm
ESPESOR PERFLERÍA	Montante 2,1 y 3 mm Travesaño 2,1 mm
DIMENSIONES MÁXIMAS	Projectante Ancho máx. (L) = 2500 mm Alto máx. (H) = 1800 mm Ancho mín. (L) = 550 mm Alto mín. (H) = 550 mm Oscilobatiente / Practicable Oculta Ancho máx. (L) = 1400 mm Alto máx. (H) = 1900 mm Ancho mín. (L) = 500 mm Alto mín. (H) = 600 mm
PESO MÁXIMO/HOJA	Projectante horizontal oculta 180 Kg Projectante paralela oculta 200 Kg Oscilobatiente / Practicable Oculta 100 Kg Fijos 750 Kg

ALEACIÓN DE EXTRUSIÓN
6063 T-5
ROTURA DE PUENTE TÉRMICO
Perfiles de PVC apilables de 6,12 o 30 mm
JUNTAS
Juntas EPDM, gomas seccionables o ángulo vulcanizado total
POSIBILIDADES DE TAPETAS
Elíptica: 85 mm de profundidad. Tapeta en H: 34 mm de profundidad. Rectangular: 14, 19, 100 y 145 mm de profundidad. Tapeta piramidal de 155 mm. de profundidad.
POSIBILIDADES DE APERTURA
Practicable horizontal oculta Projectante paralela oculta Oscilo-batiente / Practicable oculta

Consultar peso y dimensiones máximas según tipología.

Certificación británica CWCT.

ACABADOS

Lacado colores
(RAL, moteados, rugosos...)
Según sello Qualicoat >60 micras

Lacado imitación madera
Según sello Qualideco

Anodizado
Según sello Ewwa Euras
Standard Class 15
Posibilidad Clase 20 y 25



Figura 83 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio do modelo CORTIZO série FACHADA TP52 (dimensões e propriedades térmicas).

Fachada TP 52

Transmitancia

Fachada Ucw (W/m²K)	Vidrio Ug (W/m²K)
0.9	0.8
1.0	0.9
1.1	1.0
1.2	1.1
1.3	1.2
1.4	1.3
1.5	1.4
1.5	1.5
1.6	1.6
1.7	1.7
1.8	1.8
1.9	1.9
2.0	2.0

Cálculos realizados según normas EN 13947:2005 y UNE-EN 10077-2:2003

Categorías alcanzadas en banco de ensayos

Permeabilidad al aire
(UNE-EN 12152:2000): Clase AE

Estanqueidad al agua
(UNE-EN 12154:2000): Clase RE₁₅₀₀

Resistencia al viento
(UNE-EN 13116:2001): APTO
(carga de diseño 2000 Pa- carga de seguridad 3000 Pa)
Ensayo de referencia 3,00 x 3,50 m.

Acabados

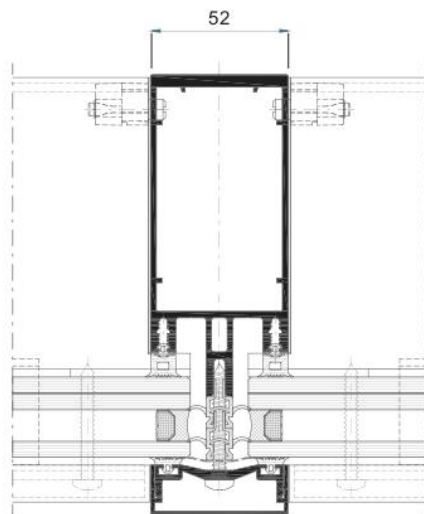
Lacado colores (RAL, moteados y rugosos)
Lacado imitación madera
Lacado antibacteriano
Anodizado

Acristalamiento

Máximo acristalamiento: 50 mm.
Mínimo acristalamiento: 4 mm.

Secciones vista interior	Espesor perfilera
Montante 52 mm.	2,1 y 3,0 mm.
Travesaño 52 mm.	2,1 mm.

Rotura de Puente Térmico de 6 a 30 mm.



Tapetas

Tapeta elíptica de 85 mm. de profundidad.
Tapeta en H de 34 mm. de profundidad.
Tapeta rectangular: 14, 19, 100 y 145 mm. de profundidad.
Tapeta piramidal de 155 mm. de profundidad.



Figura 84 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio do modelo CORTIZO série FACHADA TP52 (*perfis e dimensões*).



COR 70 HOJA OCULTA

RPT

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Coefficiente de transmisión térmica

$U_w \geq 1,0$ (W/m²K)

Consultar tipología, dimensión y vidrio.

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Máximo acristalamiento: 40 mm

Máximo aislamiento acústico: $R_w = 46$ dB

CATEGORÍAS ALCANZADAS EN BANCO DE ENSAYOS

Protección frente a los agentes atmosféricos

Permeabilidad al aire (UNE-EN 12207):

Clase 4

Estanqueidad al agua (UNE-EN 12208):

Clase E1650

Resistencia al viento (UNE-EN 12210):

Clase C5

Ensayo de referencia ventana 1,23 x 1,48 m / 1 hoja.

Ensayo de seguridad: **PAS24**

Apto

Ensayo de referencia 1 hoja 1100 x 2400 mm

SECCIONES	Marco 70 mm Hoja 70 mm	ALEACIÓN DE EXTRUSIÓN	6063 T-5
ESPESOR PERFLERÍA	Ventana 1,9 mm	LONGITUD VARILLA POLIAMIDA	Poliamida 6.6 reforzada con un 25% de fibra de vidrio: 35 mm
DIMENSIONES MÁXIMAS	Ancho (L) = 1300 mm Alto (H) = 2400 mm <i>Solución estándar</i>	JUNTAS	Triple junta de EPDM
	Ancho (L) = 1200 mm Alto (H) = 3500 mm <i>Solución HD (apertura practicable)</i>	ESPUMAS	Espuma de poliolefina perimetral en la zona del galce de vidrio
PESO MÁXIMO/HOJA	160 Kg	POSIBILIDADES DE APERTURA	INTERIOR Practicable, oscilo-batiente y abatible
ACABADOS	Lacado colores (RAL, moteados, rugosos...) Según sello Qualicoat 60 micras Lacado imitación madera Según sello Qualideco	CERTIFICADOS	Certificación DTA de lab. CSTB
	Anodizado Según sello Ewwa Euras Standard Clase 15 Posibilidad Clase 20 y 25 Posibilidad bicolor		Certificación 3204

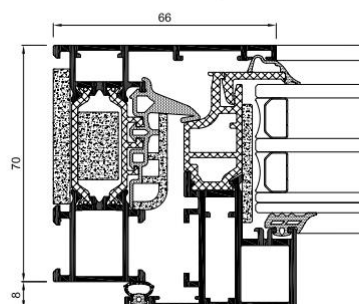


Figura 85 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT (*dimensões e propriedades térmicas*).

Sistema Cor-70 Hoja Oculta CC16 con RPT

Transmitancia

$U_H = 1,7 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

para ventana 1,23 x 1,48 m. 1 hoja
vidrio 4/16/4 bajo emisivo $U_{H,v} = 1,6 \text{ (W/m}^2\text{K)}$
 $U_{H,m} = 2,2 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

Zonas de cumplimiento del CTE* : A B C D E

*En función de la transmitancia del vidrio

Aislamiento acústico

Máximo hueco libre para acristalamiento: 37 mm.

Máximo aislamiento acústico **Rw=45 dBA**

Categorías alcanzadas en banco de ensayos

Permeabilidad al aire
(UNE-EN 12207:2000): Clase 4

Estanqueidad al agua
(UNE-EN 12208:2000): Clase E1500

Resistencia al viento
(UNE-EN 12210:2000): Clase C5
Ensayo de referencia 1,30 x 1,55 m. 1 hoja

Acabados

Posibilidad bicolor
Lacado colores (RAL, moteados y rugosos)
Lacado imitación madera
Lacado antibacteriano
Anodizado



Secciones

Marco 70 mm.
Hoja 69 mm.

Espesor perfilaría

Ventana 1,5 mm.

Longitud varilla poliamida

Marco 35 mm. Hoja 16 y 20 mm.

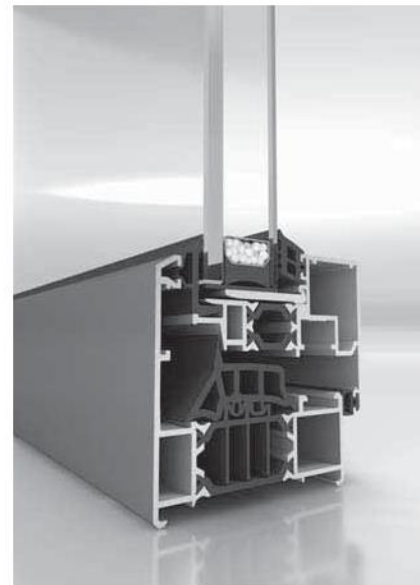
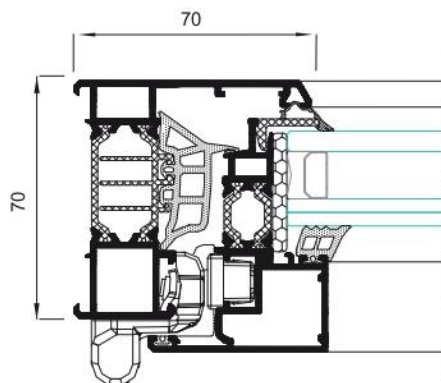


Figura 86 – Ficha técnica da caixilharia de alumínio do modelo CORTIZO série COR70 Folha Oculta RPT (*perfis e dimensões*).

ANEXO 10 – VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DA ENVOLVENTE

Como descrito de forma detalhada no Capítulo 3.2, o coeficiente de transmissão térmica (U) da envolvente opaca e envidraçada com condição fronteira exterior deve ser inferior ao coeficiente de transmissão térmica máximo $U_{máx}$, apresentado na Tabela 76, de modo a validar o cumprimento do requisito mencionado [28].

Tabela 76 – Coeficiente de transmissão térmica máximo para os elementos da envolvente opaca e envidraçada exterior do edifício ($U_{máx}$) [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$].

Envolvente opaca	U [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	$U_{máx}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	Cumpre?
PE1	0,370	0,60	Sim
PE2	0,453	0,60	Sim
PE3	0,326	0,60	Sim
PE4	0,285	0,60	Sim
PE5	0,186	0,60	Sim
COBEXT1	0,384	0,45	Sim
COBEXT2	0,375	0,45	Sim
PAVEXT1	0,368	0,45	Sim
Envolvente envidraçada	U_w [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	$U_{w máx}$ [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	Cumpre?
VE01	1,44	3,30	Sim
VE02	1,87	3,30	Sim
VE03	1,76	3,30	Sim
VE04	1,66	3,30	Sim
VE05	5,70	3,30	Não

O vão envidraçado VE05 pode ser considerado uma restrição técnica, uma vez que corresponde ao vão da porta da entrada do hotel, não apresentando obrigatoriedade no cumprimento dos requisitos. Para além disso, os vãos envidraçados possuem requisitos, ao nível do fator solar máximo, anunciados no Capítulo 3.2. A fachada a noroeste (NW) encontra-se no quadrante norte do edifício, e, portanto, não precisa de cumprir com os requisitos previstos. A fachada nordeste (NE) não possui vãos envidraçados em espaços úteis do edifício. Através da Tabela 77, conclui-se que os envidraçados da fachada sudeste (SE) e a fachada sudoeste (SW) têm áreas dos vãos envidraçados superiores a 30% e inferiores a 30%, respetivamente, relativamente à área da fachada em que se encontram [28].

Tabela 77 – Cálculo da relação entre área de envidraçado e área da fachada correspondente, por orientação.

Envolvente opaca	Área da envolvente opaca (A_{eve}) [m ²]	Área da envolvente envidraçada (A_{env}) [m ²]	$\frac{A_{env}}{A_{eve}}$
SW	336,64	34,198	10,17%
SE	692,63	218,12	31,49%

Como os fatores de sombreamento F_o e F_f não foram calculados analiticamente, considera-se o pior dos casos, isto é, a inexistência de qualquer tipo de sombreamento para o cálculo do fator solar. Na Tabela 78, apresenta-se a verificação do fator solar dos vãos envidraçados, tendo em conta os valores do $g_T máx$ admissíveis da Tabela 2, e seguindo a Equação (1) para os vãos envidraçados VE01 e a Equação (2), para os restantes vãos, cujas áreas de vãos é superior a 30% da área de fachada. É de notar que os valores do g_T foram calculados previamente no Capítulo 4.3.4.2.

Tabela 78 – Verificação regulamentar do fator solar dos vãos envidraçados.

Envolvente envidraçada	g_T	Orientação	$g_T máx$
VE01	0,172	SW	0,56
VE02	0,168	SE	0,533
VE03	0,168	NW	Quadrante Norte
		SE	0,533
VE04	0,168	NW	Quadrante Norte
		SE	0,53

Assim, todas as soluções construtivas do hotel em estudo cumprem com os requisitos estabelecidos.

ANEXO 11 – CAUDAIS DE AR NOVO E DE EXTRAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS

A Tabela 79 apresenta, para os espaços com ventilação mecânica e natural, o caudal de ar novo efetivo e o caudal de ar novo calculado pelo método prescritivo. Os caudais efetivos dos equipamentos de ventilação mecânica e de ventilação natural, pelas grelhas dos quartos, foram retirados das plantas de AVAC do edifício. O edifício previsto tem como dados de simulação, os valores efetivos dos caudais apresentados na Tabela 79, enquanto o edifício de referência apresenta os mesmos caudais retificados, por uma eficácia de ventilação de 0,8. Também é apresentado a verificação dos requisitos de caudal mínimo de ar novo estipulado no Capítulo 3.3.1, concluindo-se que todos os espaços cumprem com os mesmos [28].

Tabela 79 – Caudais efetivos de ar novo e verificação dos requisitos do caudal mínimo de ar novo.

Denominação	Caudal de ar novo efetivo (m ³ /h)	Caudal Método Prescritivo $Q_{AN\ min}$ (m ³ /h)	Cumpre?	Caudal de ar novo de referência (m ³ /h)
Sala de Reuniões	250	144	Sim	180
Copa	530	96	Sim	120
Receção	100	48	Sim	60
Circulação 4	500	168	Sim	210
Sala Pequenos-Almoços	670	480	Sim	600
Quartos (1 ao 95)	60	32	Sim	40

Para além disso, existem também requisitos relativos aos caudais mínimos de extração de ar, para as instalações sanitárias e balneários do edifício em estudo, previstos no Capítulo 3.3.2 [28]. O cálculo dos caudais mínimos de extração foi realizado, tendo em consideração que estes espaços são de utilização privada e de funcionamento contínuo, encontrando-se apresentados na Tabela 80.

Tabela 80 – Caudais efetivos do ar de extração e verificação dos requisitos do caudal mínimo de extração.

Denominação	Tipo de utilização	A_{pav} [m ²]	Nº urinóis + nº sanitas	Nº de duches	$10 \times$ A_{pav} [m ²]	Caudal min. de extração (m ³ /h)	Caudal de extração efetivo (m ³ /h)
Instalação Sanitária Masculina (Piso -1)	Instalação Sanitária Privada	5	1	-	50	50	90
Instalação Sanitária Feminina (Piso -1)	Instalação Sanitária Privada	3,50	1	-	35	45	90
Balneário Masculino (Piso -1)	Balneário	6,10	-	1	61	90	185
Balneário Feminino (Piso -1)	Balneário	6,10	-	1	61	90	175
Instalação Sanitária (Quarto 1 a Quarto 95)	Instalação Sanitária Privada	2,33	1	-	23,3	45	60

Todos os espaços do edifício, que se encontram sujeitos aos requisitos previstos no Capítulo 3.3, cumprem com os requisitos de ar novo mínimo e de extração de ar.

ANEXO 12 – FICHAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS DE VENTILAÇÃO



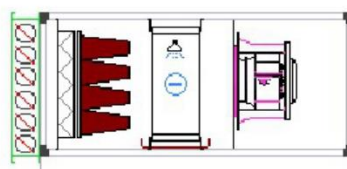
Nº PROPOSTA **0010-22/PT010010** DATA **21-06-2022**
 CLIENTE **SGT** REFERÊNCIA PRO Hotel B&B Guimarães UTILIZ: José Barroso
TAMANHO UNIDADE: M-AQX4 CAUDAL DE AR m³/h **2050 / //** **FICHA TÉCNICA**
 UTAN Nº unid: 1

Altitude: 0 mslm
 Gama de temperaturas da UTA -40/+70 °C **Model box: PU50**

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS			
Perfil	50 mm	Profundidade	870 mm
Painel	50 mm	Length	1520 mm
Isolamento	poliuretano injectado	Altura	720 + 120 mm
Interior	em aço galvanizado 5/10 mm	Supply height	720 mm
Exterior	em aço galvanizado pré-plastificado 5/10 mm		
Guias internas e suportes	Aço galvanizado	Weight	144 kg
Aro	Alumínio	Temperatura exterior de proje	31.6 °C
Telhado	Telhado alumínio	Velocidade do ar nos unidade	1.19 m/s

Dimensão, peso e divisão da UTA será otimizada durante a fase de execução

Baseframe 120 mm



The changing position of fan discharge, dampers, connection and inspection side may cause a price variation.

Características construtivas				
Resistência mecânica D1(M)	Trafilamento L1(M) / L1(M)	Transmissão térmica T2	Ponte térmica TB3	Bypass filtri F9(M)

SECÇÃO DE ASPIRAÇÃO

Secção de entrada com registo frontal
 Registo de regulação, Classe 2 leakage Al/PVC, dimensões n°1 x L800xH650 mm. Caudal de ar 2050 m³/h
 Perda de carga 5.0 Pa

FILTRO DE BOLSAS COMPACTO

Tipo filtro/Classe EN/Inspeção	bolsa rígida	F7 - ePM1 50% ISO 16890	Filtro no trilho
Tipo pré-filtro/Classe EN	Sintético	M5 - ePM10 65% ISO 16890	
Perda de carga inicial/media/final	124	212	300 Pa
Filtros N°/dim	1 592 x 592 x 292		mm
Filtros N°/dim	1 592 x 592 x 48		mm

Classe Energetica : B

BATERIA DE EXPANSÃO DIRECTA

AR		FLUIDO	
Caudal de ar	2050 m³/h	R410A	
Temperatura de entrada	31.6 °C	Temperatura de evaporação	6 °C
Humidade relativa	56 %	Temperatura de condensação	50 °C
Temperatura de saída	24.5 °C	Sobreaquecimento	5 °C
Humidade relativa	73.33 %	Subarrefecimento	5 °C
Capacidade	9.02 kW	Caudal	249.00 kg/h
Perda de carga no ar	30 Pa	Perda de carga	8.1 kPa
Perda de carga ar seco	18 Pa	Número de circuitos gás	1
Face velocity	1.84 m/s	Volume de líquido interno bateria	2.4 dm³
Densidade do ar entrada	1.158 kg/m³	Condensação	6.00 kg/h
Sensible capacity	4.96 kW		

21/06/2022 08:32:53
 PrizVer:1.141.0
 Page 1 of 6

MIDEA - Penglai Industry Road, Beijiao, Shunde, 528311 Foshan Guangdong
 - Tel +86-757-26338346 Fax +86-757-22390205
 - E-mail mideacac@midea.com.cn

Off. N° 0010-22/1
 Data:21-06-2022
 CTAPRO Rel. 1.0.7.5 20-07-2021

Figura 87 – Ficha técnica da UTAN P-1 do modelo Midea M-AQX4.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Prepared for VRF Clivet, AHU-KIT excluded from supply

LIMITS FOR INLET AIR WITH COIL FOR CLIVET VRF: in cooling maximum temperature 43°C, in heating minimum temperature -5°C

Cu-Al-FeZn P25ED 2R-21T-590A-2.5pa 7C 28 mm

Geometria/Cumprimento/Altura /590x525 mm

N° fiadas: 2, N° circuitos 7, passo alheta 2.5 mm, in 16 mm - out 28 mm

Aro bateria FeZn 1.5 mm - 9.9 x 0.50 Cobre - Alhetas 0.10 mm Alumínio

Tabuleiro de condensados em Aço Inox AISI 304

Modo de cálculo: Standard

Ventilador de insuflação		MOTOR						
VENTILADOR		K3G250-PR17-I5						
Tipo de Ventilador	Plug fan EC	Potência instalada	0.75 kW					
Tamanho	250	Alimentação	230/1/50 V/ph/Hz					
Quantidade / Funcionamento	1 x 100.0%	Intervalo alimentação	200 ..277 V					
Caudal de ar	2050 m³/h	Diâmetro veio motor	- mm					
Pressão estática externa	200 Pa	Classe de isolamento	F					
Perda de carga interior	246 Pa	Proteção	IP 54					
Pressão total	496 Pa							
Pressão estática total	446 Pa							
Pressão dinâmica	50 Pa	Corrente nominal / no ponto funcionamento	3.30 / 2.05 A					
Velocidade de rotação	2879 rpm	Tamanho do motor	M3G084-DF					
Max. number of revolutions	3450 rpm	Eficiência motor	IE4					
Potência absorvida	0.28 kW	V controlo	7.8 V					
Potência eléctrica absorvida	0.46 kW	K-Factor : 76						
Nível potência	81.2 dB(A)							
Eficiência total / estática do ventilador	60,92 / 54,73 %							
Velocidade do ar saída ventilador	9.2 m/s							
Temperatura de entrada do ar	20 C°							
Altitude	0 m.slm							
Potência sonora na aspiração	75.3 dB(A)	Temperatura ambiente mínima	-25 C°					
Potência sonora na descarga	79.8 dB(A)	Temperatura ambiente máxima	50 C°					
Nível de potência sonora (dB) em banda oitava								
F [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Insuflação [dB]	66	67	76	73	75	74	69	69
Entrada [dB]	73	70	69	69	68	67	70	63

Motor with integrated electronic speed controller. To modulate the fan is required a 0-10 Vdc signal from thirdy part.

EMC interference immunity acc. to EN 61000-6-2 (industrial enviroment)

EMC interference emission acc. to EN 61000-6-3 (household enviroment)

Conforming to standard EN 61800-5-1; CE

Approval: UL 1004-7 + 60730; GOST; C22.2 Nr.77 + CAN/CSA-E60730-1

Dimensionada para condições húmidas

Com variador de frequência IP54

Com microswitch de segurança

The fan system effect is taken into account in the fan performances

SFP: 0.81 kW/(m³/s)

The noise level mentioned is referred to a single fan.



21/06/2022 08:32:54
PrzVer: 1.1.41.0
Page 2 of 6

MIDEA - Penglai Industry Road, Beijiao, Shunde, 528311 Foshan Guangdong
- Tel +86-757-26338346 Fax +86-757-22390205
- E-mail mideacac@midea.com.cn

Off. N° 0010-22/1
Data:21-06-2022
CTAPRO Rel. 1.0.7.5 20-07-2021

Figura 88 – Ficha técnica da UTAN P-1 do modelo Midea M-AQX4 (características do ventilador de insuflação)



NEOLINEO-200/V

Ref.: VE3



Ventiladores em linha para condutas com corpo amovível e dimensão reduzida com rolamentos de esferas de Longa Duração

Ventilador:

- Envolvente em material plástico ignífugo V0.
- Caixa de bornes externa, com posição variável.
- Instalação rápida e simples.
- Os modelos T estão equipados com temporizador.

Motor:

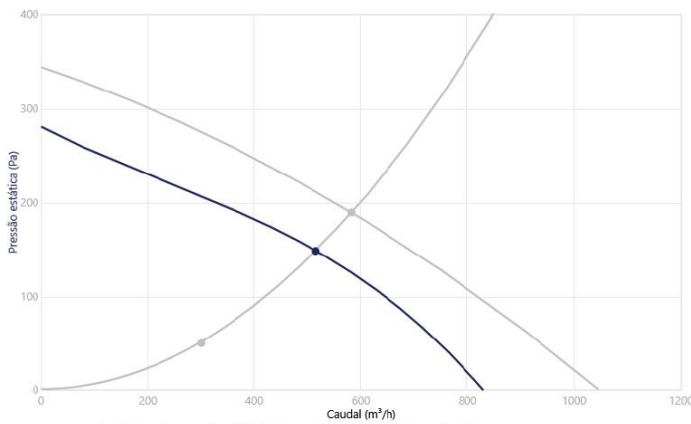
- Motores com rolamentos de esferas Longa Duração. Proteção IPX4, 2 velocidades e ajustável.
- Monofásico 220-240 V 50/60 Hz.
- Temperatura de trabalho: -10 °C +60 °C.

Acabamento:

- Em material plástico, de cor branca, ignífugo V0.



CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

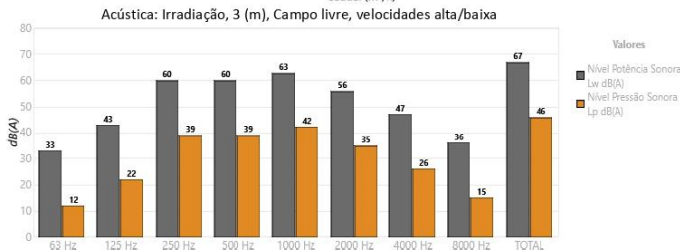


Ponto de Desenho

Q (m³/h)	300
Pe (Pa)	50

Ponto Serviço (PS)

Q (m³/h)	515,7/582,4
Pe (Pa)	147,8/188,5
Pd (Pa)	13,25/16,9
Pt (Pa)	161/205,4
Velocidade (rpm)	2510/2510
Máx. Temp. (°C)	60/60
Velocidade saída ar (m/s)	4,7/5,308



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	33	12
125 Hz	43	22
250 Hz	60	39
500 Hz	60	39
1000 Hz	63	42
2000 Hz	56	35
4000 Hz	47	26
8000 Hz	36	15
TOTAL	67	46

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	830
Velocidade (rpm)	2510
Pressão estática máxima (Pa)	280,5
Pressão total máxima (Pa)	280,5

ERP

Observações	Excluído da ErP. Pe < 125 W
-------------	-----------------------------

Figura 89 – Ficha técnica do ventilador de extração VE3.



CJBD-2525-6M 1/3

Ref.: VES-NO



Unidades de ventilação, isoladas acusticamente

Ventilador:

- Ventiladores de dupla aspiração da série CBD.
- Estrutura em chapa de aço galvanizado, com isolamento térmico e acústico.
- Turbina com pás avançadas, em chapa de aço galvanizado.
- Bucim para entrada de cabo.

Motor:

- Motores fechados com protetor térmico incorporado, classe F, com rolamentos de esferas, proteção IP54.
- Monofásico 220-240 V 50 Hz e trifásico 240 V/380-415 V 50 Hz.
- Temperatura de trabalho: -25 °C +60 °C.

Acabamento:

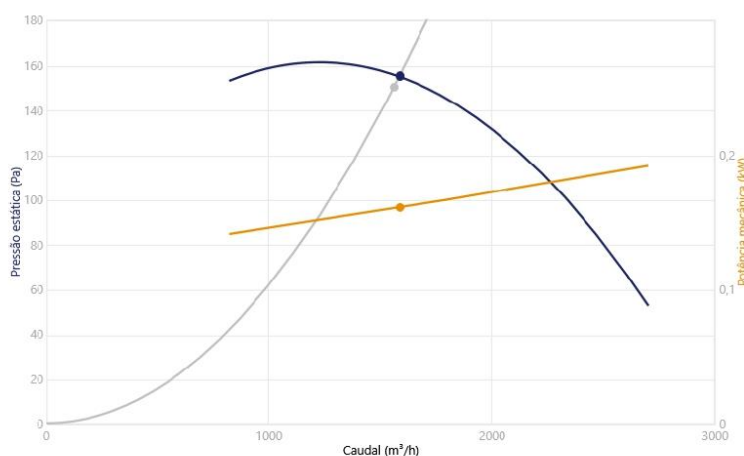
- Resistente à corrosão em chapa de aço galvanizado.

Mediante pedido:

- CJBD/INT i CJBD: Com impulsão circular.



CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

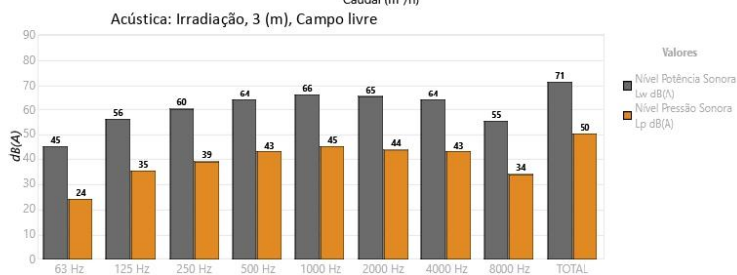


Ponto de Desenho

Q (m³/h)	1560
Pe (Pa)	150

Ponto Serviço (PS)

Q (m³/h)	1585
Pe (Pa)	154,8
Pd (Pa)	18,63
Pt (Pa)	173,4
Velocidade (rpm)	940
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidade saída ar (m/s)	5,572
Rendimento (%)	47,78
Potência mecânica (kW)	0,1598



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	45	24
125 Hz	56	35
250 Hz	60	39
500 Hz	64	43
1000 Hz	66	45
2000 Hz	65	44
4000 Hz	64	43
8000 Hz	55	34
TOTAL	71	50

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	2700
Velocidade (rpm)	940
Pressão estática máxima (Pa)	161,2
Pressão total máxima (Pa)	174,3



Figura 90 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-NO.



CJBD-2828-6M 1/3

Ref.: VES-SO



Unidades de ventilação, isoladas acusticamente

Ventilador:

- Ventiladores de dupla aspiração da série CBD.
- Estrutura em chapa de aço galvanizado, com isolamento térmico e acústico.
- Turbina com pás avançadas, em chapa de aço galvanizado.
- Bucim para entrada de cabo.

Motor:

- Motores fechados com protetor térmico incorporado, classe F, com rolamentos de esferas, proteção IP54.
- Monofásico 220-240 V 50 Hz e trifásico 240 V/380-415 V 50 Hz.
- Temperatura de trabalho: -25 °C +60 °C.

Acabamento:

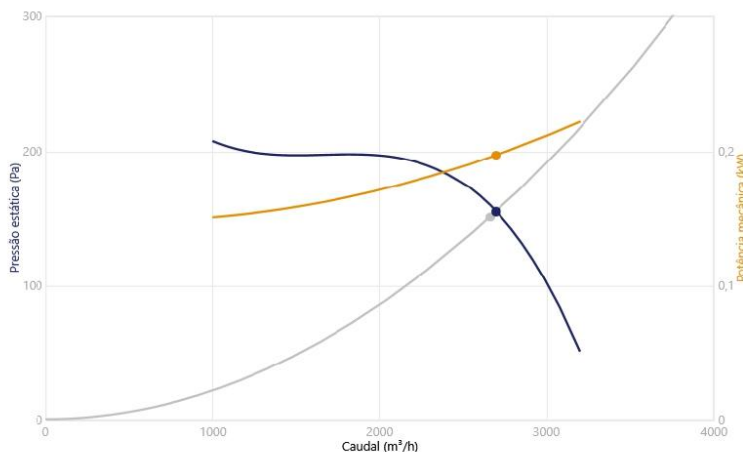
- Resistente à corrosão em chapa de aço galvanizado.

Mediante pedido:

- CJBD/INT i CJBD: Com impulsão circular.



CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

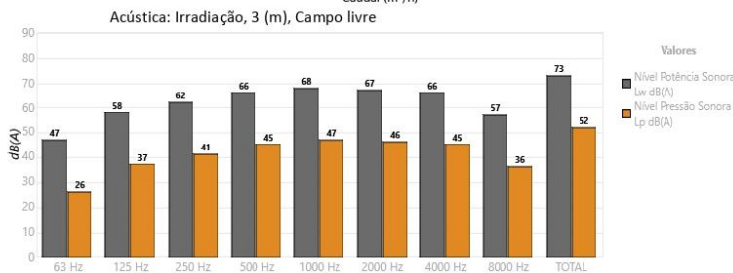


Ponto de Desenho

Q (m³/h)	2660
Pe (Pa)	150

Ponto Serviço (PS)

Q (m³/h)	2697
Pe (Pa)	154,3
Pd (Pa)	37,33
Pt (Pa)	191,6
Velocidade (rpm)	940
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidade saída ar (m/s)	7,887
Rendimento (%)	72,96
SFP (kW/m³/s)	0,3751
Potência mecânica (kW)	0,1967



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	47	26
125 Hz	58	37
250 Hz	62	41
500 Hz	66	45
1000 Hz	68	47
2000 Hz	67	46
4000 Hz	66	45
8000 Hz	57	36
TOTAL	73	52

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	3200
Velocidade (rpm)	940
Pressão estática máxima (Pa)	207,3
Pressão total máxima (Pa)	217,6



Figura 91 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-SO.



CJBD-2828-6M 1/3

Ref.: VES-SE



Unidades de ventilação, isoladas acusticamente

Ventilador:

- Ventiladores de dupla aspiração da série CBD.
- Estrutura em chapa de aço galvanizado, com isolamento térmico e acústico.
- Turbina com pás avançadas, em chapa de aço galvanizado.
- Bucim para entrada de cabo.

Motor:

- Motores fechados com protetor térmico incorporado, classe F, com rolamentos de esferas, proteção IP54.
- Monofásico 220-240 V 50 Hz e trifásico 240 V/380-415 V 50 Hz.
- Temperatura de trabalho: -25 °C +60 °C.

Acabamento:

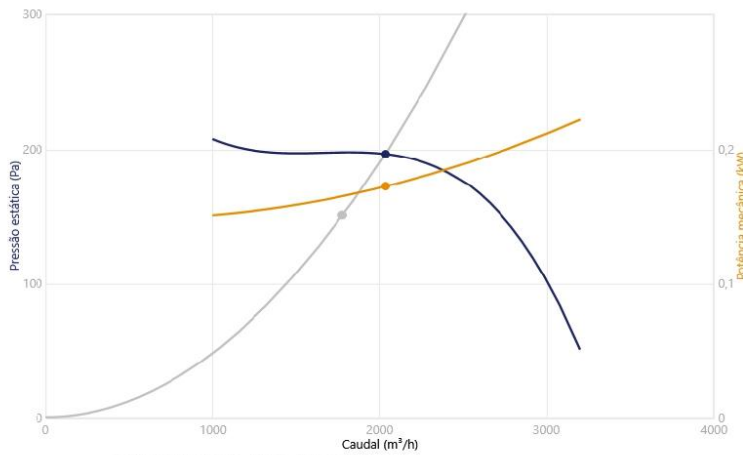
- Resistente à corrosão em chapa de aço galvanizado.

Mediante pedido:

- CJBD/INT i CJBD: Com impulsão circular.



CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

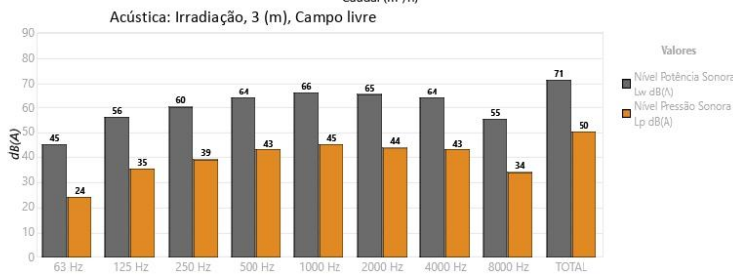


Ponto de Desenho

Q (m³/h)	1780
Pe (Pa)	150

Ponto Serviço (PS)

Q (m³/h)	2035
Pe (Pa)	196,1
Pd (Pa)	21,25
Pt (Pa)	217,3
Velocidade (rpm)	940
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidade saída ar (m/s)	5,951
Rendimento (%)	71,62
SFP (kW/m³/s)	0,4335
Potência mecânica (kW)	0,1716



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	45	24
125 Hz	56	35
250 Hz	60	39
500 Hz	64	43
1000 Hz	66	45
2000 Hz	65	44
4000 Hz	64	43
8000 Hz	55	34
TOTAL	71	50

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	3200
Velocidade (rpm)	940
Pressão estática máxima (Pa)	207,3
Pressão total máxima (Pa)	217,6



Figura 92 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-SE.



CJBD-1919-4M 1/5

Ref.: VES-NE



Unidades de ventilação, isoladas acusticamente

Ventilador:

- Ventiladores de dupla aspiração da série CBD.
- Estrutura em chapa de aço galvanizado, com isolamento térmico e acústico.
- Turbina com pás avançadas, em chapa de aço galvanizado.
- Bucim para entrada de cabo.

Motor:

- Motores fechados com protetor térmico incorporado, classe F, com rolamentos de esferas, proteção IP54.
- Monofásico 220-240 V 50 Hz e trifásico 240 V/380-415 V 50 Hz.
- Temperatura de trabalho: -25 °C +60 °C.

Acabamento:

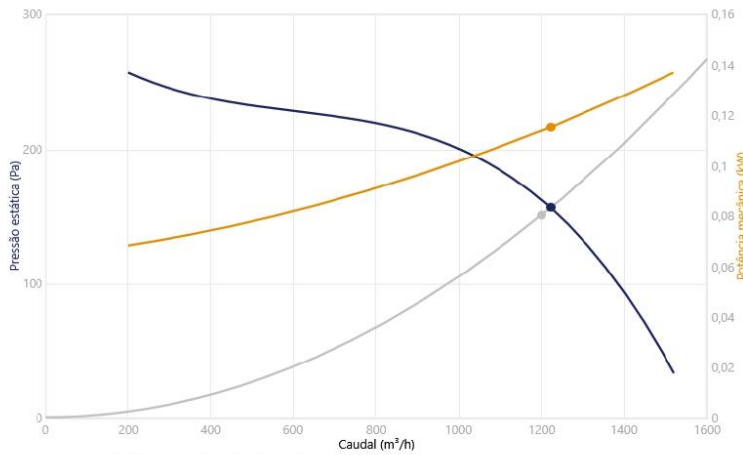
- Resistente à corrosão em chapa de aço galvanizado.

Mediante pedido:

- CJBD/INT i CJBD: Com impulsão circular.



CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

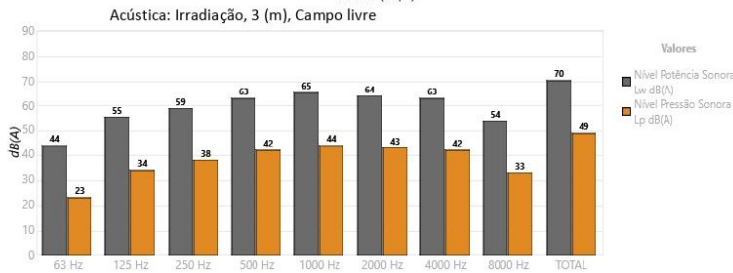


Ponto de Desenho

Q (m³/h)	1200
Pe (Pa)	150

Ponto Serviço (PS)

Q (m³/h)	1221
Pe (Pa)	155,4
Pd (Pa)	28,77
Pt (Pa)	184,2
Velocidade (rpm)	1320
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidade saída ar (m/s)	6,924
Rendimento (%)	54,28
SFP (kW/m³/s)	0,5656
Potência mecânica (kW)	0,1151



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	44	23
125 Hz	55	34
250 Hz	59	38
500 Hz	63	42
1000 Hz	65	44
2000 Hz	64	43
4000 Hz	63	42
8000 Hz	54	33
TOTAL	70	49

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	1520
Velocidade (rpm)	1320
Pressão estática máxima (Pa)	256,8
Pressão total máxima (Pa)	257,5



Figura 93 – Ficha técnica do ventilador de extração VES-NE.



CJBD-2525-4M 1/2

Ref.: VE Copas e Piso -1



Unidades de ventilação, isoladas acusticamente

Ventilador:

- Ventiladores de dupla aspiração da série CBD.
- Estrutura em chapa de aço galvanizado, com isolamento térmico e acústico.
- Turbina com pás avançadas, em chapa de aço galvanizado.
- Bucim para entrada de cabo.

Motor:

- Motores fechados com protetor térmico incorporado, classe F, com rolamentos de esferas, proteção IP54.
- Monofásico 220-240 V 50 Hz e trifásico 240 V/380-415 V 50 Hz.
- Temperatura de trabalho: -25 °C +60 °C.

Acabamento:

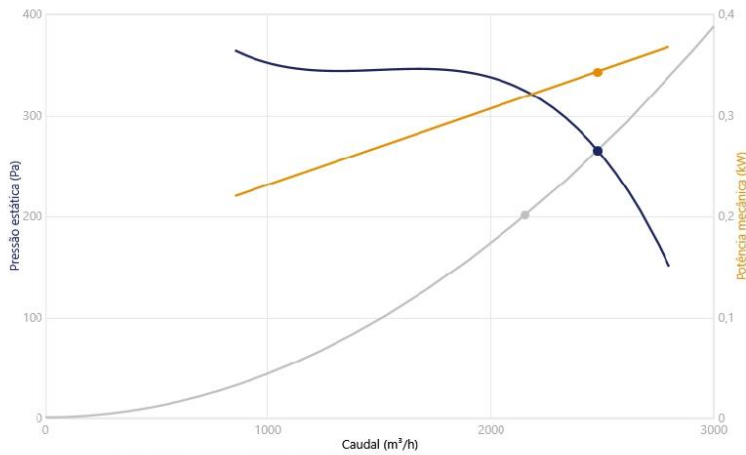
- Resistente à corrosão em chapa de aço galvanizado.

Mediante pedido:

- CJBD/INT i CJBD: Com impulsão circular.



CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

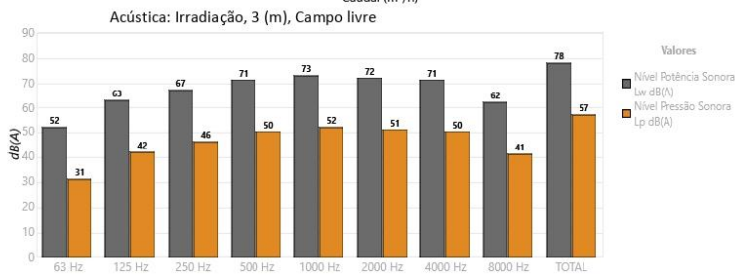


Ponto de Desenho

Q (m ³ /h)	2155
Pe (Pa)	200

Ponto Serviço (PS)

Q (m ³ /h)	2480
Pe (Pa)	264,8
Pd (Pa)	45,61
Pt (Pa)	310,4
Velocidade (rpm)	1320
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidade saída ar (m/s)	8,719
Rendimento (%)	62,48
SFP (kW/m ³ /s)	0,6998
Potência mecânica (kW)	0,3422



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	52	31
125 Hz	63	42
250 Hz	67	46
500 Hz	71	50
1000 Hz	73	52
2000 Hz	72	51
4000 Hz	71	50
8000 Hz	62	41
TOTAL	78	57

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m ³ /h)	2800
Velocidade (rpm)	1320
Pressão estática máxima (Pa)	363,9
Pressão total máxima (Pa)	369,3



Figura 94 – Ficha técnica do ventilador de extração VE Copas e Piso -1.

ANEXO 13 – VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DOS SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos do edifício em estudo devem cumprir com os requisitos de eficiência energética, previstos na Portaria n.º 17-A/2016 [30].

Unidades de tratamento de ar

As unidades de tratamento de ar devem pertencer a uma gama certificada e classificada pela Eurovent e obedecer a uma classe de eficiência mínima de C, de acordo com a Tabela I.20 da Portaria n.º 17-A/2016. Assim, conclui-se que cumpre com o requisito aplicável, tal como se pode observar pela etiqueta energética da UTAN da Figura 95, anexada junto à ficha técnica da UTAN [30].



Figura 95 – Etiqueta energética da UTAN.

Ventiladores

Segundo a legislação, os ventiladores de extração e de insuflação da UTAN devem cumprir com os requisitos de eficiência energética, para a classe IEC do motor elétrico do ventilador e para a potência específica, apresentados na Tabela I.21 da Portaria n.º 17-A/2016. No entanto, para que estejam sujeitos aos requisitos, os ventiladores de extração devem apresentar uma potência superior a 7,5 kW e o ventilador da UTAN uma potência compreendida entre 0,75 e 7,5 kW. Como é possível concluir pela análise da Tabela 16 e Tabela 18, tanto os ventiladores de extração, como o ventilador de insuflação da UTAN estão fora dos intervalos considerados, pelo que não têm a obrigatoriedade de cumprir com o citado [30].

Split e VRV's

Segundo a Tabela I.13 da Portaria n.º 17-A/2016, os sistemas de climatização do tipo *Split* e VRV devem obedecer a uma classe de eficiência mínima de B. Para além disso, possuem requisitos ao nível do desempenho energético, sendo apresentado na Figura 96, a determinação da classe de eficiência regulamentada para as unidades *split* e VRV, com permuta ar-ar, de acordo com as suas eficiências nominais [30]. No entanto, os sistemas abrangidos pelo Regulamento

Delegado (UE) nº 626/2011 da Comissão Europeia no seu Artigo 1.º, isto é, para aparelhos de ar condicionado alimentados a partir da rede elétrica com capacidade nominal $\leq 12\text{kW}$ para arrefecimento ou aquecimento, aplica-se o referencial de classes de eficiência energética da Tabela 1 do referido regulamento (Figura 97), em substituição da classificação da Figura 96 [31]. A classe de eficiência dos equipamentos incluídos na condição descrita é determinada, de acordo com as suas deficiências sazonais.

Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas
A	$EER > 3,20$	$EER > 3,00$	$COP > 3,60$	$COP > 3,40$
B	$3,20 \geq EER > 3,00$	$3,00 \geq EER > 2,80$	$3,60 \geq COP > 3,40$	$3,40 \geq COP > 3,20$
C	$3,00 \geq EER > 2,80$	$2,80 \geq EER > 2,60$	$3,40 \geq COP > 3,20$	$3,20 \geq COP > 3,00$
D	$2,80 \geq EER > 2,60$	$2,60 \geq EER > 2,40$	$3,20 \geq COP > 2,80$	$3,00 \geq COP > 2,60$
E	$2,60 \geq EER > 2,40$	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,80 \geq COP > 2,60$	$2,60 \geq COP > 2,40$
F	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,20 \geq EER > 2,00$	$2,60 \geq COP > 2,40$	$2,40 \geq COP > 2,20$
G	$EER \leq 2,20$	$EER \leq 2,00$	$COP \leq 2,40$	$COP \leq 2,20$

Figura 96 – Extrato da classificação do desempenho de unidades *split*, *multisplit*, VRV, com permuta ar-ar da Portaria n.º 17-A/2016 [30].

Classe de eficiência energética	SEER	SCOP
A+++	$SEER \geq 8,50$	$SCOP \geq 5,10$
A++	$6,10 \leq SEER < 8,50$	$4,60 \leq SCOP < 5,10$
A+	$5,60 \leq SEER < 6,10$	$4,00 \leq SCOP < 4,60$
A	$5,10 \leq SEER < 5,60$	$3,40 \leq SCOP < 4,00$
B	$4,60 \leq SEER < 5,10$	$3,10 \leq SCOP < 3,40$
C	$4,10 \leq SEER < 4,60$	$2,80 \leq SCOP < 3,10$
D	$3,60 \leq SEER < 4,10$	$2,50 \leq SCOP < 2,80$
E	$3,10 \leq SEER < 3,60$	$2,20 \leq SCOP < 2,50$
F	$2,60 \leq SEER < 3,10$	$1,90 \leq SCOP < 2,20$
G	$SEER < 2,60$	$SCOP < 1,90$

Figura 97 – Classe de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado, alimentados a partir da rede elétrica com capacidade nominal $\leq 12\text{kW}$ para arrefecimento ou aquecimento, de acordo com o regulamento Delegado (UE) nº 626/2011 da Comissão Europeia [31].

Dentro dos sistemas VRV do edifício em estudo, a unidade Split EU1 apresenta uma potência de aquecimento de 11,72 kW e de arrefecimento de 10,55 kW e a unidade do tipo VRV da UTAN, UETAN, tem uma potência unitária de aquecimento e arrefecimento de 9 kW, enquadrando-se ambas nas condições descritas do Artigo 1.º do Regulamento Delegado (UE) nº 626/2011 da Comissão Europeia. Por esta razão, as classes de eficiência energética das referidas unidades devem ser obtidas, segundo o referencial de classificação da Figura 97. A Tabela 81 apresenta um quadro resumo da verificação do cumprimento dos requisitos para os equipamentos de climatização, a partir do qual se conclui que todos os sistemas se encontram em conformidade com os requisitos.

Tabela 81 – Características técnicas dos VRV do edifício.

Referência Interna	UE1	UE2	UE3	UEUTAN
COP/SCOP	A+	A	A	A
EER/SEER	A++	A	A	A+++
Requisito mínimo	B			
Cumpre?	Sim	Sim	Sim	Sim

ANEXO 14 – FICHAS TÉCNICAS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Split Tipo Conduta



Unidade Interior	MTIU-12HWFNX-QRDOW(GA)		MTIU-18HWFNX-QRDOW(GA)		MTI-24HWFNX-QRDOW(GA)		MTI-36HWFNX-QRDOW(GA)		MTI-48HWFNX-QRDOW(GA)		MTI-55HWFNX-QRDOW(GA)	
Unidade Exterior	MOX230U-12HFN8-QRDOW(GA)		MOX300U-18HFN8-QRDOW(GA)		MOX430U-24HFN8-QRDOW(GA)		MOD30U-36HFN8-RRDOW(GA)		MOE30U-48HFN8-RRDOW(GA)		MOE30U-55HFN8-RRDOW(GA)	
Performance	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
Capacidade nominal	Btu/h 12000 (1800-13607) 3.52 (0.53-3.99)	13000 (3400-14975) 3.81 (1.00-4.39)	18000 (8700-20000) 5.28 (2.55-5.86)	19000 (7500-21000) 5.57 (2.20-6.15)	24000 (11180-27830) 7.03 (3.28-8.16)	26000 (9580-28954) 7.62 (2.81-8.49)	36000 (9300-40200) 10.55 (2.73-11.78)	40000 (9600-43800) 11.72 (2.78-12.84)	48000 (12000-53000) 14.07 (3.52-15.53)	55000 (14000-62000) 16.12 (4.10-18.17)	52000 (14000-59000) 15.24 (4.10-17.29)	62000 (15000-70000) 18.17 (4.40-20.52)
Tensão, nr. fases, frequência	V, Ph, Hz 230, 1 + N, 50		230, 1 + N, 50		230, 1 + N, 50		400, 3 + N, 50		400, 3 + N, 50		400, 3 + N, 50	
Potência eléctrica absorvida	W 1053 (155-1373)	1038 (302-1390)	1530 (710-2150)	1510 (740-1760)	2190 (750-2960)	1900 (640-2580)	4000 (890-4200)	3250 (780-4000)	4800 (880-6000)	4500 (950-5700)	5250 (1030-6650)	5150 (950-6600)
Amperagem de trabalho	A 4.75 (1.3-6.09)	4.52 (1.48-6.15)	7.1 (3.2-9.56)	6.8 (3.3-7.7)	10.2 (4.2-13.2)	9.2 (3.8-11.6)	6.5 (1.4-6.7)	5.3 (1.3-6.4)	8.4 (1.9-10.4)	8.0 (2.0-9.8)	9.6 (3.1-11.5)	9.5 (2.0-11.5)
SEER	W/W 6.3 / A**		6.5 / A**		6.2 / A**		6.1 / A**		6.1 / A**		6.1 / A**	
SCOP (Climas Quentes)	W/W 5.1 / A***		5.1 / A***		5.1 / A***		5.1 / A***		5.0 / A**		5.1 / A***	
SCOP	W/W 4.0 / A*		4.0 / A*		4.0 / A*		4.0 / A*		3.8 / A		4.0 / A*	
Unidade Interior												
Caudal de ar A/M/B	m ³ /h 600/480/300		911/706.3/515.2		1229/1035/825.1		2100/1800/1500		2400/2040/1680		2600/2210/1820	
Pressão Estática	Pa 0-60		0-100		0-160		0-160		0-160		0-160	
Nível pressão sonora A/M/B/Sil.	dB(A) 34.5/30.5/29/23		41/38/34/26		42/40/37/27		49.5/48/46/42.5		50/49/47/42		52.5/49/47	
Dimensões net LxAxP	mm 700x200x450		880x210x674		1.100x249x774		1.360x249x774		1.200x300x874		1.200x300x847	
Peso net	kg 17.8		24.4		32.3		40.5		47.6		47.4	
Dimensões embarque LxAxP	mm 860x285x540		1.070x280x725		1.305x315x805		1.570x330x805		1.405x365x915		1.405x365x915	
Peso bruto	kg 21.5		29.6		39.1		48.2		55.8		56.1	
Unidade Exterior												
Caudal de ar	m ³ /h 2200		2100		3500		4000		7500		7500	
Nível pressão sonora	dB(A) 53.6		56		60		63		63.5		64	
Dimensões net LxAxP	mm 765x555x303		805x554x330		890x673x342		946x810x410		952x1.333x415		952x1.333x415	
Peso net	kg 26.6		32.5		43.9		80.5		103.7		107	
Dimensões embarque LxAxP	mm 887x610x337		915x615x370		995x740x398		1.090x885x500		1.095x1.480x495		1.095x1.480x495	
Peso bruto	kg 29		35.2		46.9		85		118.3		121.2	
Circuito Frigorífico												
Diâmetro de tubagem L líquido	mm(polg) Ø 6.35 (1/4")		Ø 6.35 (1/4")		Ø 9.52 (3/8")		Ø 9.52 (3/8")		Ø 9.52 (3/8")		Ø 9.52 (3/8")	
L. aspiração	mm(polg) Ø 9.52 (3/8")		Ø 12.7 (1/2")		Ø 15.88 (5/8")		Ø 15.88 (5/8")		Ø 15.88 (5/8")		Ø 15.88 (5/8")	
Tubo drenagem	mm Ø 25		Ø 25		Ø 25		Ø 25		Ø 25		Ø 25	
Comprimento máximo de tubagem	m 25		30		50		75		75		75	
Desnível máximo entre unidades	m 10		20		25		30		30		30	
Protecção	A 8.7		16		16 (20)		Tetrapolar 16		Tetrapolar 16		Tetrapolar 16	
Carga adicional	g 5> 15g-m		5> 15g-m		5> 30g-m		5> 30g-m		5> 30g-m		5> 30g-m	
Alimentação / Localização	mm 3x2.5 U.E.		3x2.5 U.E.		3x2.5 U.E.		5x2.5 U.E.		5x2.5 U.E.		5x2.5 U.E.	
Cabo inter-unidades	mm 4x1.5		4x1.5		4x1.5		4x1.5		4x1.5		4x1.5	
Limites de funcionamento	°C -15 ~ 50; -15 ~ 24		-15 ~ 50; -15 ~ 24		-15 ~ 50; -15 ~ 24		-15 ~ 50; -15 ~ 24		-15 ~ 50; -15 ~ 24		-15 ~ 50; -15 ~ 24	
Quantidade de carga de gás de fábrica	kg 0,72		1,15		1,5		2,4		2,9		3	
Controlo remoto	Cabo KJR-120C1/BTF-E (Au)		Cabo KJR-120C1/BTF-E (Au) (opcional por infravermelhos ou CCM09)		Cabo KJR-120C1/BTF-E (Au) (opcional por infravermelhos ou CCM09)		Cabo KJR-120C1/BTF-E (Au) (opcional por infravermelhos ou CCM09)		Cabo KJR-120C1/BTF-E (Au) (opcional por infravermelhos ou CCM09)		Cabo KJR-120C1/BTF-E (Au) (opcional por infravermelhos ou CCM09)	

Nota: Os níveis de ruído apresentados reflectem as medições realizadas em câmara anecoica.

Figura 98 – Ficha técnica do Split UE1.

Unidades Exteriores VRF V6



Unidade Principal		MV6-I670W2GN1-E	MV6-I730W2GN1-E	MV6-I785W2GN1-E	MV6-I850W2GN1-E	MV6-I900W2GN1-E
Sub-unidade		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
CV		24	26	28	30	32
Alimentação	V, Ph, Hz	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50
Capacidade nominal em arrefecimento	Btu/h (Kw)	228600 (67.0)	249100 (73.0)	267800 (78.5)	290000 (85.0)	307100 (90.0)
Potência eléctrica absorvida em arrefecimento	kW	21.6	21.6	24.9	28.3	32.1
Capacidade nominal em aquecimento	Btu/h (Kw)	228600 (67.0)	249100 (73.0)	267800 (78.5)	290000 (85.0)	307100 (90.0)
Potência eléctrica absorvida em aquecimento	kW	16.18	18.1	21.8	24.3	26.5
Capacidade máxima em aquecimento	Btu/h (Kw)	255900 (75.0)	279700 (82.0)	298500 (87.5)	320700 (94.0)	341200 (100.0)
EER/COP	W/W	3.10 / 4.0	3.40 / 4.05	3.15 / 3.60	3.00 / 3.50	2.80 / 3.40
Nº máximo de unidades interiores		39	43	46	50	53
Rácio de capacidade unidades interiores/exteriores	%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%
Caudal de ar	m³/h	25 000	25 000	25 000	24 000	24 000
Nível pressão sonora	dB(A)	67	68	68	68	68
Dimensões net (LxAxP)	mm	1.730x1.830x850	1.730x1.830x850	1.730x1.830x850	1.730x1.830x850	1.730x1.830x850
Dimensões embarque (LxAxP)	mm	1.800x2.000x910	1.800x2.000x910	1.800x2.000x910	1.800x2.000x910	1.800x2.000x910
Peso net	kg	407	429	429	475	475
Peso bruto	kg	430	452	452	507	507
Carga de fluido refrigerante R410A de fábrica	kg	22	22	22	25	25
Linha líquido	mm (polg)	Ø 19.05 (3/4")	Ø 22.2 (7/8")	Ø 22.2 (7/8")	Ø 22.2 (7/8")	Ø 22.2 (7/8")
Linha gás	mm (polg)	Ø 31.75 (1-1/4")	Ø 31.75 (1-1/4")	Ø 31.75 (1-1/4")	Ø 38.1 (1-1/2")	Ø 38.1 (1-1/2")

Figura 99 – Ficha técnica do VRV UE2.

Unidades Exteriores VRF V6



Unidade Principal		MV6-1175WV2GN1-E	MV6-1230WV2GN1-E	MV6-1285WV2GN1-E	MV6-1345WV2GN1-E
Sub-unidade		MV6-560WV2GN1-E	MV6-615WV2GN1-E	MV6-615WV2GN1-E	MV6-615WV2GN1-E
		MV6-615WV2GN1-E	MV6-615WV2GN1-E	MV6-670WV2GN1-E	MV6-730WV2GN1-E
		-	-	-	-
		-	-	-	-
CV		42	44	46	48
Alimentação	V, Ph, Hz	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50	400, 3 + N, 50
Capacidade nominal em arrefecimento	Btu/h (kW)	400900 (117.5)	419700 (123.0)	438400 (128.5)	458900 (134.5)
Potência eléctrica absorvida em arrefecimento	kW	33.5	36.7	36.5	39.3
Capacidade nominal em aquecimento	Btu/h (kW)	400900 (117.5)	419700 (123.0)	438400 (128.5)	458900 (134.5)
Potência eléctrica absorvida em aquecimento	kW	27.7	30.0	30.43	33.21
Capacidade máxima em aquecimento	Btu/h (kW)	450400 (132.0)	470900 (138.0)	491300 (144.0)	513500 (151.0)
EER/COP	W/W	3.51 / 4.24	3.35 / 4.10	3.52 / 4.22	3.43 / 4.05
Nº máximo de unidades interiores		64	64	64	64
Rácio de capacidade unidades interiores/exteriores	%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%
Caudal de ar	m³/h	34 000	34 000	42 000	42 000
Nível pressão sonora	dB(A)	70	70	70	70
Dimensões net (LxAxP)	mm	1.340x1.635x825 x2		1.340x1.635x825 + 1.730x1.830x850	
Dimensões embarque (LxAxP)	mm	1.405x1.805x910 x2		1.405x1.805x910 + 1.800x2.000x910	
Peso net	kg	348 + 348	348 + 348	348 + 430	348 + 430
Peso bruto	kg	368 + 368	368 + 368	368 + 453	368 + 453
Carga de fluido refrigerante R410A de fábrica	kg	17 + 17	17 + 17	17 + 22	17 + 22
Linha líquido	mm (polg)	Ø 19.05 (3/4")	Ø 19.05 (3/4")	Ø 19.05 (3/4")	Ø 19.05 (3/4")
Linha gás	mm (polg)	Ø 38.1 (1-1/2")	Ø 38.1 (1-1/2")	Ø 38.1 (1-1/2")	Ø 38.1 (1-1/2")

Figura 100 – Ficha técnica do VRV UE3.

Unidades Exteriores Mini VRF



Modelo		MDV-V80W/DN1(C)	MDV-V100W/DN1(C)	MDV-V120W/DN1(C)	MDV-V140W/DN1(C)	MDV-V160W/DN1(C)
Alimentação	V, Ph, Hz	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50
Capacidade nominal em arrefecimento	Btu/h (kW)	24567 (5118-27297) 7.2 (1.5-8.0)	30709 (6824-34121) 9.0 (2.0-10.0)	41628 (12.2)	47770 (14.0)	52888 (15.5)
Potência eléctrica absorvida em arrefecimento	kW	2.18	2.64	4.32	4.56	5.35
Capacidade nominal em aquecimento	Btu/h (kW)	24567 (5459-30709) 7.2 (1.6-9.0)	30709 (7165-40945) 9.0 (2.1-12.0)	47770 (14.0)	54594 (16.0)	61418 (18.0)
Potência eléctrica absorvida em aquecimento	kW	1.82	2.12	3.17	4.08	5.71
Máxima capacidade nominal em aquecimento	Btu/h (kW)	-	-	-	-	-
EER/COP	WW	3.30 / 3.95	3.41 / 4.29	2.83 / 4.40	3.07 / 3.92	2.90 / 3.20
Número de unidades interiores		4	6	7	8	9
Rácio capacidade unidades interiores/exteriores	%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%	50% ~ 130%
Caudal de ar	m³/h	3700	5200	6000	5400	5200
Nível pressão sonora	dB(A)	54	54	56	56	56
Dimensões net	(LxAXP) mm	982x712x440	950x840x426	950x840x426	1.040x865x523	1.040x865x523
Dimensões embarque	(LxAXP) mm	1.048x810x485	1.025x950x510	1.025x950x510	1.120x980x560	1.120x980x560
Peso net	kg	55	72.5	84	91.4	95.4
Peso bruto	kg	59.5	82	93	101.4	105.4
Carga de fluido refrigerante R410A de fábrica	kg	2.2	2.35	3.0	3.4	3.8
Linha líquido	mm (polg)	Ø 9.52 (3/8")	Ø 9.52 (3/8")	Ø 9.52 (3/8")	Ø 9.52 (3/8")	Ø 9.52 (3/8")
Linha gás	mm (polg)	Ø 15.88 (5/8")	Ø 15.88 (5/8")	Ø 15.88 (5/8")	Ø 15.88 (5/8")	Ø 19.05 (3/4")
Comprimento desde 1ª delvador à un. mais afastada	m	20	20	20	20	20
Comprimento máximo tubagem efectiva	m	35	45	45	60	60
Comprimento máximo tubagem equivalente	m	40	50	50	70	70
Comprimento máximo total tubagem	m	50	65	65	100	100
Limites de funcionamento em arrefecimento	°C	-5°C ~ 55°C	-5°C ~ 55°C	-5°C ~ 55°C	-5°C ~ 55°C	-5°C ~ 55°C
Limites de funcionamento em aquecimento	°C	-15°C ~ 27°C	-5°C ~ 27°C	-5°C ~ 27°C	-15°C ~ 27°C	-15°C ~ 27°C

Figura 101 – Ficha técnica do VRV UEUTAN.

Tipo Mural



- ▶ Com design elegante, adapta-se facilmente a qualquer decoração interior
- ▶ Baixo nível sonoro
- ▶ Saída de tubagem à esquerda, direita, ou pela retaguarda permite uma instalação mais flexível

Controlo Remoto por infravermelhos



Controlo Remoto por Cabo



Modelo			MI2-22GDN1	MI2-28GDN1	MI2-36GDN1	MI2-45GDN1	MI2-56GDN1	MI2-71GDN1	MI2-80GDN1	MI2-90GDN1
Capacidade nominal	Arrefecimento	Btu/h (kW)	7500 (2.2)	9600 (2.8)	12300 (3.6)	15400 (4.5)	19100 (5.6)	24200 (7.1)	27300 (8.0)	30700 (9.0)
	Aquecimento	Btu/h (kW)	8200 (2.4)	10900 (3.2)	13600 (4.0)	17100 (5.0)	21500 (6.3)	27300 (8.0)	30700 (9.0)	34100 (10.0)
Alimentação	V, Ph, Hz		230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50	230, 1 + N, 50
Potência eléctrica absorvida	W		28	28	30	40	45	55	55	82
Performance	Caudal de ar	m ³ /h	422/393/356	417/370/316	656/573/488	594/507/424	747/648/547	1195/1005/809	1195/1005/809	1421/1067/867
	Nível pressão sonora	dB(A)	31/30/29	31/30/29	33/31/30	35/33/31	38/36/34	44/39/36	44/39/36	48/43/38
Fluido refrigerante	Tipo		R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
Dimensões net	LxVxP	mm	835x280x203	835x280x203	990x315x223	990x315x223	990x315x223	1.194x343x262	1.194x343x262	1.194x343x262
Dimensões embarque	LxVxP	mm	935x385x320	935x385x320	1.085x420x335	1.085x420x335	1.085x420x335	1.290x375x460	1.290x375x460	1.290x375x460
Peso net	kg		8,4	9,5	11,4	12,8	12,8	17	17	17
Peso bruto	kg		12,1	13,1	15,5	16,9	16,9	22,4	22,4	22,4
Diâmetro de tubagem	Linha líquido	mm (polg)	6.35 (1/4")	6.35 (1/4")	6.35 (1/4")	6.35 (1/4")	9.52 (3/8")	9.52 (3/8")	9.52 (3/8")	9.52 (3/8")
	Linha gás	mm (polg)	12.7 (1/2")	12.7 (1/2")	12.7 (1/2")	12.7 (1/2")	15.88 (5/8")	15.88 (5/8")	15.88 (5/8")	15.88 (5/8")
	Tubo drenagem	mm (polg)	ØD Ø16	ØD Ø16	ØD Ø16	ØD Ø16	ØD Ø16	ØD Ø16	ØD Ø16	ØD Ø16

Notas:
1. Condições nominais

	Interior	Exterior	Tubagem cobre equivalente
Arrefecimento	27°C DB, 19°C WB	20°C DB	7,5m, desnível (horizontal)
Aquecimento	35°C DB	7°C DB, 6°C WB	7,5m, desnível (horizontal)

2. Os níveis de ruído reflectem as medições realizadas em câmara anecóica a 1,4m abaixo da unidade.

Figura 102 – Ficha técnica da unidade interior UI1.

ANEXO 15 – ESTUDO LUMINOTÉCNICO DA SALA DE REUNIÕES

HOTEL B&B GUIMARÃES

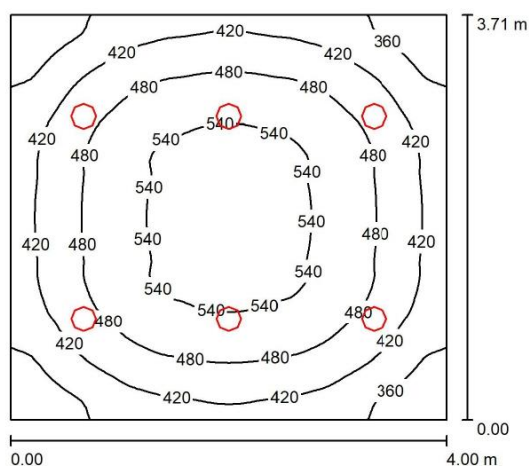
simon

11.01.2023

SIMON S.A.U.

Editor(a) SIMON ILUMINAÇÃO INTERIOR
 Telefone
 Fax
 e-Mail

SALA REUNIÕES / Resumo



Altura da sala: 2.900 m, Altura de montagem: 2.964 m, Factor de manutenção: 0.80

Valores em Lux, Escala 1:48

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	460	300	562	0.652
Solo	20	363	261	436	0.718
Tecto	80	116	82	131	0.714
Paredes (4)	50	262	99	525	/

Plano de uso:	UGR	Longitudinal-	Transversal	em relação ao eixo da luminária
Altura: 0.800 m	Parede esquerda	25	25	
Grelha: 64 x 64 Pontos	Parede inferior	25	25	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	SIMON 72524030-883 Downlight 725.24 WW Comfort (1.000)	2200	2200	22.0
			Total: 13200	Total: 13200	132.0

Potência específica: $8.89 \text{ W/m}^2 = 1.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superfície básica: 14.84 m^2)

Figura 103 – Excerto do estudo luminotécnico do edifício, para o espaço da Sala de Reuniões.

ANEXO 16 – CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO E CUMPRIMENTO DE REQUISITOS

Tabela 82 – Características do sistema de iluminação e cumprimento dos requisitos de iluminação previstos no Capítulo 3.5.

Denominação	Potência instalada (W)	Iluminância mínima EN 12464-1 + 30% (lux)	Iluminância Estudo Luminotécnico (lux)	Cumpre?	DPI_{inst}	$DPI_{100\ lux}$	$DPI_{100\ lux,máx}$	Cumpre?
Circulação 1	22	195	153	Sim	3,73	2,49	3,8	Sim
Sala de Reuniões	132	650	460	Sim	8,46	1,69	2,4	Sim
Instalação Sanitária Masculina	22,5	260	257	Sim	4,5	2,25	3,8	Sim
Balneário Feminino	30	260	258	Sim	4,92	2,46	3,8	Sim
Hall/Entrada	7,5	260	204	Sim	2,42	1,21	3,8	Sim
Instalação Sanitária Feminina	15	260	225	Sim	4,29	2,14	3,8	Sim
Balneário Masculino	30	260	258	Sim	4,92	2,46	2,8	Sim
Copa	84	260	202	Sim	3,1	1,55	2,4	Sim
Circulação 2	80	260	248	Sim	6,67	3,33	3,8	Sim
Receção	57,6	390	304	Sim	5,88	1,96	2,4	Sim
Circulação 3	52,5	195	151	Sim	2,57	1,72	3,8	Sim
Circulação 4	220,8	195	191	Sim	4,11	2,74	3,8	Sim
Sala Pequenos-Almoços	240	260	205	Sim	2,50	1,25	3,8	Sim
Antecâmara	22,5	260	202	Sim	3,63	1,81	3,8	Sim
Escadas 1	154	195	154	Sim	5,95	3,96	3,8	Não
Armazém	80	260	254	Sim	7,41	3,70	3,4	Não
Zona Técnica 1	40	260	202	Sim	5	2,5	3,4	Sim
Zona Técnica 2	100	260	256	Sim	4,63	2,31	3,4	Sim
Quartos (95)	82,4	-	129	-	5,72	-	-	-
Instalações sanitárias Quartos (95)	19,8	260	244	Sim	7,07	3,54	3,8	Sim
Circulação (5 a 9)	229	195	154	Sim	4,88	3,26	3,8	Sim
Escadas 2	132	195	155	Sim	4,87	3,25	3,8	Sim
Salas de Arrumos (1 a 4)	80	260	252	Sim	6,15	3,07	3,4	Sim

ANEXO 17 – FICHAS TÉCNICAS DOS SISTEMAS DE AQS

Ficha técnica
Coletores-Alumínio



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Dados técnicos	Unidade de medição	CARACTERÍSTICAS DOS COLETORES	
Tipo		HENQ 2.0	HENQ 2.5
Dimensões (altura × largura × espessura)	mm	1970×965×80	1970×1220×80
Área total	m ²	1,90	2,40
Área de abertura	m ²	1,80	2,29
Capacidade	L	1,60	1,90
Espessura absorvedora	mm	Alumínio anticorrosivo anodizado / 0,6	
Isolamento (Traseira e lateral) Espessura e densidade	mm /Kg/m ³	Espessura de lã mineral 30mm. Densidade 24 Kg/m ³ .	
Absorvedor		De alumínio com tratamento altamente seletivo.	
Absorção	%	95	
Emitância	%	5	
Rendimento	%	79	
Tubo de cobre Ø / espessura	mm	Ø 22 / 0,70	
Coletores por fila	Nº	até 10	até 11
Pressão máxima de trabalho	Bar	10	
Instalação		Vertical	
Peso (Vazio)	Kg	27	33

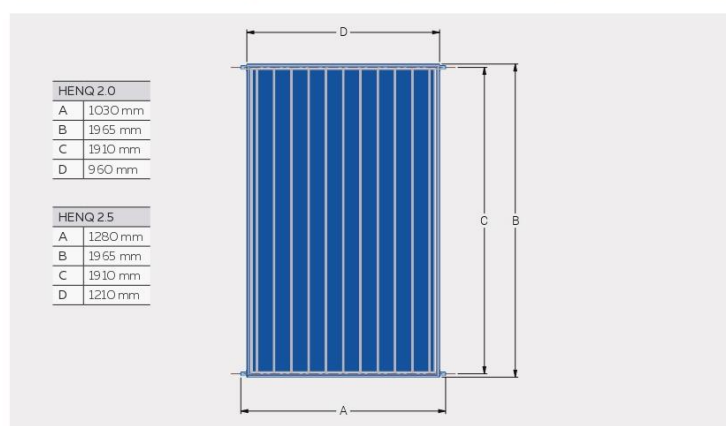
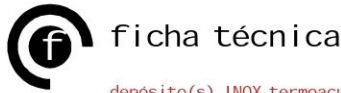


Figura 104 – Ficha técnica do coletor solar térmico HENQ 2.5.



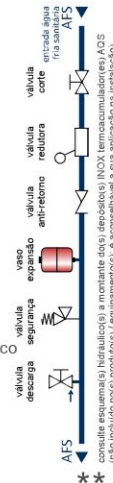
depósito(s) INOX termoacumulador(es) AQS
 produto em conformidade com: Directiva Compatibilidade Electromagnética 2004/108/CE, Directiva Baixa Tensão 2006/95/CE,
 Directiva Equipamentos sob pressão 97/23/CE (sem kit eléctrico)
 garantia: consulte certificado de garantia

assunto: depósito(s) INOX termoacumulador(es) AQS
 série VS modelo 2000 2SKL (33.7-30-24) SA recirc



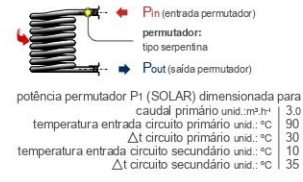
VS 2000 2SKL
 (33.7-30-24) SA recirc

- **depósito(s)**
 - capacidade unid.: litro | 2000
 - tipo | cilíndrico c/ fundos copados
 - série | VS - vertical solo
 - construção | 4G: aço inox AISI 444
 - virola unid.: mm | inf. class.
 - tampos unid.: mm | inf. class.
 - pressão máx. serviço unid.: bar | 6.0 (ps)
 - pressão ensaio unid.: bar | 9.0 (pi)
 - posicionamento | no solo c/ patas (3) a 120°
 - altura H unid.: mm | 2 600
 - diâmetro Ø unid.: mm | 1 340
 - peso líquido unid.: kg | 295
- **equipamento(s)**
 - nº permutador(es) | 2 (dois): P1 e P2
 - tipo | serpentina
 - construção | aço inox
 - colocação mod.: SA | inferior (P1) e superior (P2) 90° c/ KIT eléctrico
 - conexões P2 | 1" (33.7-24)
 - área permuta P2 unid.: m² | 2.56
 - potência P2 unid.: kW | 1" (33.7-30)
 - conexões P1 | 1" (33.7-30)
 - área permuta P1 unid.: m² | 3.20
 - potência P1 unid.: kW | 5.76
 - área total permuta unid.: m² | catódica c/ ânodo magnésio 1 1/4" (600mm)
 - protecção anti-corrosões | inferior a 70°C (recomendado)
 - temp. saída água unid.: °C | * kit eléctrico trifásico (resistência imersão em aço inoxidável)
 - temperatura entrada circuito primário unid.: °C | 4 500
 - temperatura entrada circuito secundário unid.: °C | IPX1
 - potência nominal unid.: W |
 - índice protecção |
- **isolamento (térmico)**
 - tipo | poliuretano projectado
 - descrição | espuma de poliuretano
 - densidade: 42 kg/m³
 - índice de CFC's | isento de CFC's
 - espessura unid.: mm | 100
 - revestimento exterior | polipropileno acolchoado (lona impermeável)
 - (conforme stock existente)
- **acessório(s)**
 - depósito(s) termoacumulador(es) AQS fornecido(s) sem acessórios(s)
- **extra(s)**
 - depósito(s) termoacumulador(es) AQS fornecido(s) s/ extra(s)



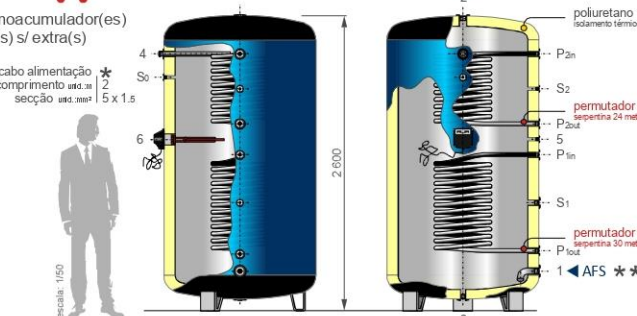
dados gerais equipamento aquecimento industries

ÁREA TRANSF. PERMUTADOR	CAPAC.	PESO
permutador: área permuta (m²)	litro (l)	peso (kg)
tipo serpentina (por cada 6 metros lineares de serpentina)		
1/4" (Ø 25.0)	0.48	2.94
1" (Ø 33.7)	0.64	5.34
1 1/2" (Ø 50.0)	0.94	11.78



CONEXÃO	Ø	cota ao solo unid.: mm
1	entrada AFS	2" F
2	saída AQS	2" F
3	DRENO (esgoto)	1" F
4	ânodo magnésio	1 1/4" F
5	recirculação	1" F
6	apoio eléctrico c/ resistência (kit eléctrico)	2" F
P2in	entrada permutador APOIO	1" F
P2out	saída permutador APOIO	1" F
P1in	entrada permutador SOLAR	1" F
P1out	saída permutador SOLAR	1" F
S0	p/ banho porta sondas (termómetro)	1/2" F
S2	p/ banho porta sondas (comando)	1/2" F
S1	p/ banho porta sondas (comando painel solar)	1/2" F

Reservamo-nos ao direito de introduzir melhorias e modificações nos produtos descritos e nos respectivos dados técnicos, a qualquer altura e sem aviso prévio
 observação: DIRECTIVA EQUIPAMENTOS SOB PRESSÃO (DEP) 97/23/CE TRANSPORTADA PELO DL 21169
 conforme a(s) norma(s): EN 13445, EN 203-1, EN 15914-1, EN 15914-2, EN 13831 2007
 observação: código ASME, secção VIII, diviso 1



PERMUTADOR(ES)	Ø serp. unid.: mm	L serpentina unid.: m	área permuta unid.: m²
PERMUTADOR 2	33.7	24	2.56
PERMUTADOR 1	33.7	30	3.20
PERMUTADOR TOTAL			5.76

CIRCUITO PRIMÁRIO: vel. máx. aconselhável

Ø serpentina	velocidade unid.: m.s⁻¹
1/2"	1.0
3/4"	1.1
1"	1.3
1 1/2"	1.6
2"	1.8

aquecimento de água sanitária
 moradas pluri-familiares e instalações de maiores dimensões
 modelo(s) Standard apresentador(s); outros modelos e configurações NoStandard possíveis sob consulta
 nota: desenho do depósito: escala e proporção, distribuição e posicionamento das conexões apenas orientativo;
 as posições poderão estar distribuídas de forma diferente do representado no croqui; escala: 1:50


instruções: depósito(s) INOX termoacumulador(es) AQS
 temperatura máxima da água: 90°C (recomendado: inferior a 70°C)
 pressão de trabalho: 6.0 bar
 inspeção e/ou substituição ânodo magnésio: 6/6 meses
VMA - valor máximo admitido das águas
 - cloro activo ≤ 0.2 ppm
 - pH > 6 (escala de Sorensen a 25°C) e
 - todas as águas com valor superior ao VMA, pelo Decreto-Lei 74/90

a garantia não cobre peças sujeitas ao desgaste natural, descartáveis ou consumíveis, peças móveis ou removíveis em uso normal, tais como termostato(s), resistência(s) e ânodo(s), bem como, a mão-de-obra utilizada na aplicação das peças e as consequências advindas dessas ocorrências

o não cumprimento destas instruções anula automaticamente todas as garantias

4G - VS 2000 2SKL (33.7-30-24) SA recirc v00

Figura 105 – Ficha técnica do depósito termoacumulador modelo VS 2000 2SKL.



Bios Plus

Robustez: Permutador de calor monotérmico de aço inoxidável e queimador de pré-mistura com ignição eletrônica.

Baixas emissões contaminantes: < 35 mg/kWh em NOx (Classe 6) e < 25 mg/kWh em CO.

Tecnologia GAS INVERTER com rácio de modulação 1:9 para um funcionamento mais eficiente, fiável e silencioso (rácio 1:5 nos modelos de 130 e 150 kW).

Ampla gama de acessórios de regulação para gestão de caldeiras em cascata ou instalações de alta ou baixa temperatura (ver capítulo Termóstatos e regulação) e de acessórios hidráulicos e de evacuação de fumos para instalações individuais ou em cascata.

	50 F	70 F	90 F	110 F	NOVIDADE 130 F	NOVIDADE 150 F
Potência útil 80/60°C	45,0	65,0	85,0	102,0	121,5	140,3
Potência útil 50/30°C	48,6	70,0	92,3	110,3	130,6	150,9
Classe de eficiência em aquecimento	A	A	-	-	-	-
Rendimento útil (1) com carga 100%	105,0	105,0%	105,5%	105,1%	105,5%	105,5%
Rendimento útil (1) com carga 30%	107,8	107,1%	107,5%	107,4%	108,5%	108,5%
Rendimento útil (1) com carga 100%	97,4	97,2%	97,3%	97,2%	98,1%	98,1%
Peso líquido aproximado	40	53	83	93	93	96
Comprimento máx. conduta concêntrica	10	10	10	10	8	8
Comprimento máx. dupla conduta (3)	60	30	27	27	20	20
Capacidade água	4	6	9	10	10	11
Pressão máxima de serviço	4	4	4	4	6	6
Gás (4)	GN/GP	GN/GP	GN/GP	GN/GP	GN/GP	GN/GP
Caudal mássico fumos mín - máx	7,2-75,6	14,4-111,6	18-144	18-169,2	12 -56	14-64
Pressão disponível saída fumos caldeira	2,7	2,7	3,2	3,7	3,7	3,7
Resistência hidráulica ΔT = 20 K/15 K	5,0/9,0	3,3/5,5	2,3/3,7	2,3/4,0	4,0/6,8	4,0/6,8
Caudal água mínimo	800	1.500	2.000	2.250	2.250	3.000
Consumo gás Natural à pot* nominal	0,54-4,90	0,78-7,07	1,03-9,25	1,24-11,10	2,62-13,09	3,02-15,12
Consumo gás Propano à pot* nominal	0,40-3,6	0,57-5,2	0,75-6,79	0,91-8,15	1,93-9,62	2,22-11,11
Consumo energia elétrica máx.	190	209	275	320	360	460
Pressão alimentação GN				20 mbar		
Pressão alimentação GP				37 mbar		
Ligação gás	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"
Ligações ida e Retorno IC-RC	1"	1"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
Ø conduta concêntrica evacuação fumos	80/125	80/125	110/160	110/160	110/160	110/160
Ø dupla conduta evacuação fumos	80	80	110	110	110	110
A	377	505	-	-	-	-
Referência GN (instalação individual) (5)	14H267102	14H268102	14H269102	14H270102	7727957	7728001
Referência GP (instalação individual) (5)	7678382	7678383	7678404	7678405	7727958	7728002
Referência GN (instalação individual) (6)	14D267102	14D268102	14D269102	14D270102	7727959	7728003
Referência GP (instalação individual) (6)	7678406	7678407	7678408	7678409	7728000	7728004
Forma de fornecimento (instalação individual)	2 volumes: Caldeira + kit evacuação		2 volumes: Caldeira + kit evacuação		2 volumes: Caldeira + kit evacuação	
Referência GN (instalação em cascata) (7)	140267102	140268102	140269102	140270102	7721503	7721504
Referência GP (instalação em cascata) (7)	7678819	7678820	7678821	7678822	7728249	7728250
Forma de fornecimento (instalação em cascata)	Um volume	Um volume	Um volume	Um volume	Um volume	Um volume

(1) Temperatura ida/retorno de 50/30°C. Temp. média = 40°C

(2) Temperatura ida/retorno de 80/60°C. Temp. média = 70°C

(3) A conduta de aspiração deve ter no máximo: 15m para as Bios Plus 50 F e 70 F, 7m para as Bios Plus 90 F e 110 F, 10m para as Bios Plus 130 F e 150 F.

(4) As caldeiras versão propano são fornecidas com o kit de transformação de GN a GP num volume separado. Esta operação está incluída no preço do ARRANQUE da caldeira, caso seja solicitado.

(5) Inclui kit saída de fumos 80/125 para Bios Plus 50 F e 70 F e kit saída de fumos 110/160 para Bios Plus 90 F, 110 F, 130 F e 150 F.

(6) Inclui kit saída de fumos duplo 80 para Bios Plus 50 F e 70 F e kit saída de fumos duplo 110 para Bios Plus 90 F, 110 F, 130 F e 150 F.

(7) Fornecem-se sem kit de evacuação. Ver acessórios de evacuação para caldeiras de condensação.

Funções da Regulação (incluída de série)
Mediante 3 saídas (230V), permite a gestão de 1 circuito de AQS e/ou circuitos diretos de aquecimento/bomba recirculação (um por saída). Permite ainda a configuração de sinais de alarme (através das saídas programáveis não ocupadas ou por módulos de ampliação programáveis), entradas de sonda, sinais ON/OFF e Arranque/Paragem, todas programáveis. Inclui função antilegionela, recirculação e três programas horários. Ampliação de funções mediante um 1 módulo interno (sinais de alarme, circuitos diretos, circuitos com válvula misturadora, etc.) e a gestão de até 15 dispositivos de controlo externos (que equivalem a 30 circuitos de aquecimento adicionais).

Importante: Deve garantir o caudal mínimo de circulação do permutador de cada caldeira. Os circuladores opcionais e as garrafas de equilíbrio correspondentes, fornecidas pela BAXI como acessórios, garantem esses caudais tanto em instalação individual como em cascata.

Arranque de caldeiras (opcional):
O arranque destas caldeiras pelo Serviço Oficial BAXI só se efetuará a pedido do cliente. Ao valor referido deverá adicionar-se o da disponibilidade de serviço. O preço indicado é válido para o arranque de caldeiras individuais. Para instalações com duas ou mais Bios Plus ligadas para funcionamento em cascata, atuando como gerador único desde uma regulação comum (é necessário um módulo OCB345 em cada caldeira, para configurar a cascata) será aplicado um desconto de 50% ao valor do arranque na segunda caldeira e seguintes. O preço do serviço não inclui o fornecimento do kit de transformação de gás (se aplicável).

Figura 106 – Ficha técnica da caldeira a gás natural Baxi – BIOS PLU-70F.

ANEXO 18 – RELATÓRIO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO PREVISTO

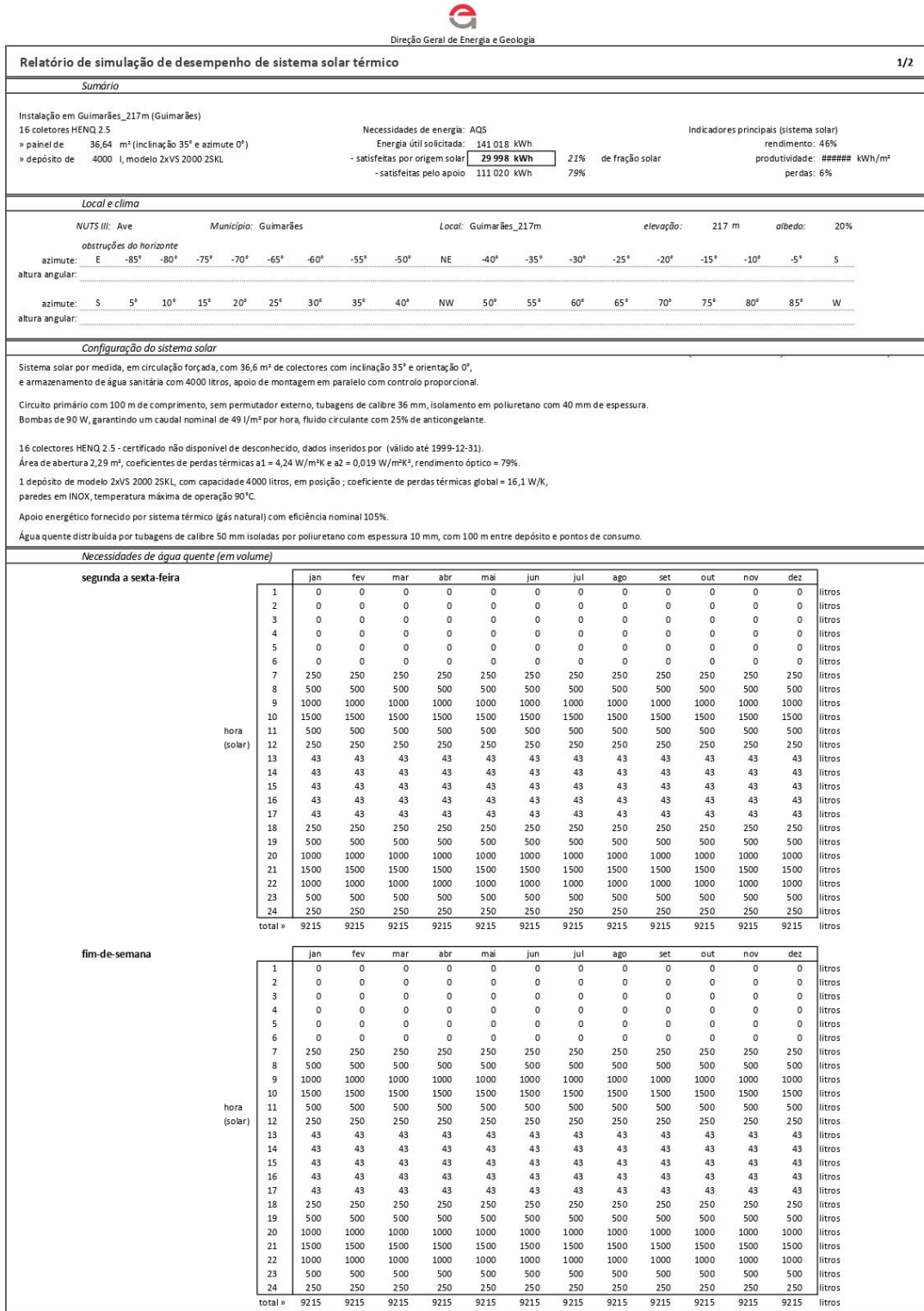


Figura 107 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico para o edifício previsto (pág.1).

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação													2/2
<i>Aproveitamento do recurso solar</i>													
radiação solar directa													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0.8	1.4	2.2	3.1	3.8	5.2	5.0	4.7	3.0	1.7	0.9	0.6	2.7 kWh/m².dia
incidente nos colectores	1.6	2.4	2.9	3.5	3.7	4.6	4.6	5.0	3.7	2.7	1.7	1.4	3.1 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores	1.5	2.3	2.7	3.2	3.2	3.9	3.9	4.6	3.5	2.5	1.6	1.3	2.8 kWh/m².dia
radiação solar global													
	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4.0	5.5	7.6	9.6	11.0	11.6	11.3	10.1	8.3	6.2	4.4	3.6	7.8 kWh/m².dia
na horizontal (à superfície)	1.7	2.7	4.1	5.3	6.3	7.5	7.3	6.6	4.9	3.1	1.9	1.5	4.4 kWh/m².dia
incidente nos colectores	2.7	3.9	4.9	5.8	6.2	6.9	7.0	7.0	5.8	4.2	2.9	2.4	5.0 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores	2.2	3.3	4.1	4.8	5.0	5.4	5.5	5.9	4.9	3.6	2.4	2.0	4.1 kWh/m².dia
<i>Desempenho energético</i>													
temperaturas													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	9	10	12	14	17	21	24	23	21	17	13	10	16 °C
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	16	14	13	16 °C
base do armazenamento	23	25	28	28	30	31	32	33	31	28	25	23	28 °C
topo do armazenamento	30	34	37	39	40	42	43	44	41	37	33	30	37 °C
pretendida no consumo	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52 °C
massas													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
energia primária (gás natural)	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215 litros/dia
extraída do armazenamento	1 686	2 086	2 492	2 824	3 027	3 510	3 728	3 836	3 306	2 485	1 828	1 613	2 705 litros/dia
nota: adicionada	7 529	7 129	6 723	6 391	6 188	5 705	5 487	5 379	5 909	6 730	7 387	7 602	6 510 litros/dia
balanços de energia													
- sistema solar													
nota: radiação solar na horizontal	1 923	2 728	4 615	5 801	7 158	8 197	8 303	7 493	5 333	3 502	2 099	1 671	58 821 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	3 031	3 952	5 588	6 342	7 013	7 597	7 916	7 903	6 378	4 795	3 184	2 707	66 406 kWh
energia solar captada	1 475	2 001	2 874	3 520	3 637	4 098	4 415	4 755	3 708	2 633	1 611	1 306	36 035 kWh
perdas térmicas no circuito primário	20	26	39	45	45	39	41	51	43	33	22	19	422 kWh
perdas térmicas no armazenamento	82	107	151	160	179	189	209	216	188	157	108	85	1 830 kWh
consumos eléctricos parasíticos	16	17	23	26	25	23	25	28	26	23	17	16	265 kWh
energia final (calor de origem solar)	1 239	1 695	2 456	2 855	3 124	3 517	3 802	4 126	3 207	2 246	1 360	1 101	30 729 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (eletricidade e via SEP)	30 140	25 443	25 860	23 435	22 555	19 039	18 085	17 287	19 582	24 674	27 502	30 016	283 618 kWh
energia final (calor)	12 056	10 177	10 344	9 374	9 022	7 616	7 234	6 915	7 833	9 870	11 001	12 007	113 447 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	174	157	168	161	162	154	151	141	154	171	168	174	1 935 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	13 096	11 655	12 556	11 943	11 865	10 815	10 710	10 748	10 760	11 861	12 116	12 894	141 018 kWh
energia de origem solar (útil)	1 221	1 664	2 409	2 788	3 052	3 417	3 690	4 016	3 126	2 198	1 333	1 083	29 998 kWh
energia com origem no apoio (útil)	11 875	9 991	10 147	9 155	8 814	7 399	7 020	6 731	7 634	9 662	10 782	11 810	111 020 kWh
<i>Desempenho global do sistema</i>													
fracção solar	21% em termos de energia útil										(*)		
produtividade	#VALOR! kWh/m² de colector										#####		
i.e.	#VALOR! #VALOR!										#####		
rendimento - definição física	46% em relação à energia solar no plano dos colectores										#####		
rendimento - definição estatística	51% em relação à energia solar na horizontal										#####		
perdas térmicas e consumos parasíticos	7% da energia solar captada										#####		
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.													

04/01/2024 16:54

software SCE.ER - versão 1.7.0

Figura 108 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico para o edifício previsto (pág.2).

ANEXO 19 – PERFIS HORÁRIOS

No que concerne aos perfis de horário de funcionamento, estes podem ser divididos em perfis de ocupação, perfis de iluminação, perfis de equipamento, perfis de ventilação e perfis de climatização. Note-se que se assumiu os mesmos perfis para os fins-de-semana, uma vez que o hotel se encontra aberto todos os dias do ano.

Perfil de ocupação

No que diz respeito ao perfil de ocupação, dada a variação no número de pessoas em cada zona do hotel ao longo do dia, este edifício foi subdividido em quatro perfis, dependendo do espaço do edifício: Sala dos Pequenos-Almoços/Copa, Sala de Reuniões, Quartos e para zonas de ocupação reduzida, como zonas de circulação, salas de arrumos, zonas técnicas, instalações sanitárias e elevadores.

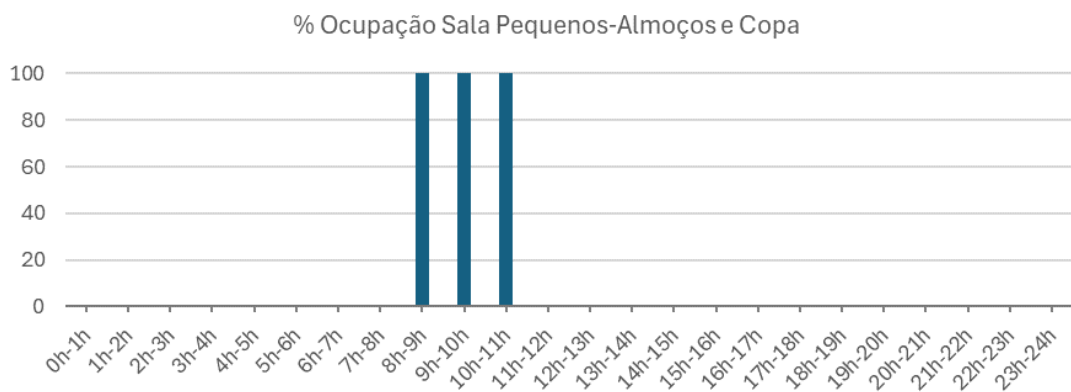


Figura 109 – Perfil horário de ocupação para a Sala de Pequenos-Almoços e Copa.

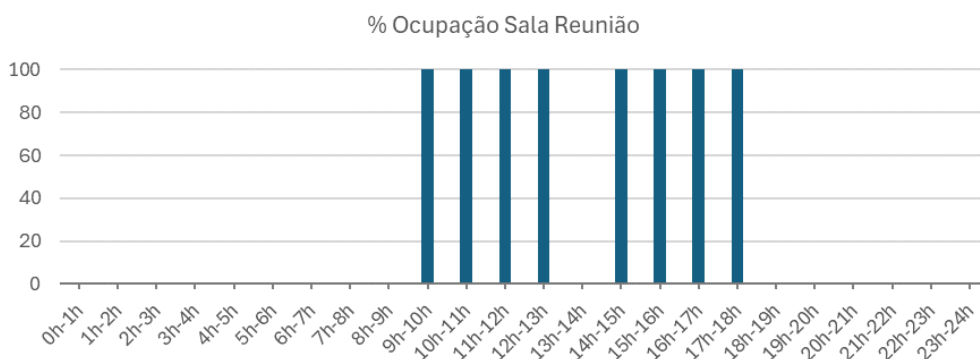


Figura 110 – Perfil horário de ocupação para a Sala de Reuniões.

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel



Figura 111 – Perfil horário de ocupação dos Quartos.

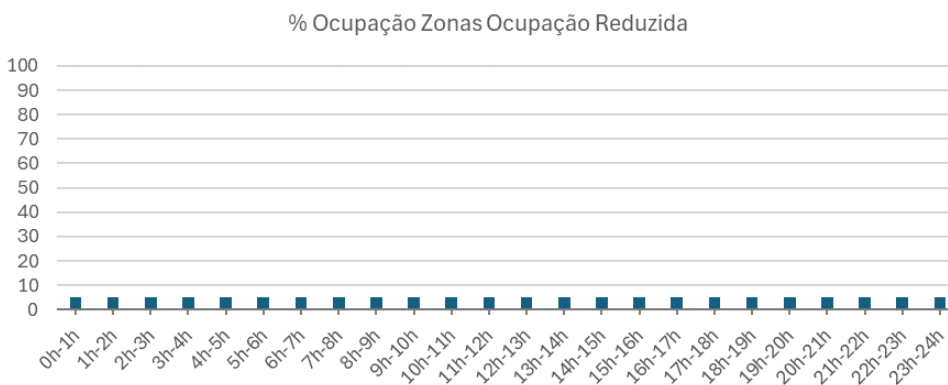


Figura 112 – Perfil horário de ocupação de zonas de ocupação reduzida (Circulações, Instalações Sanitárias, Balneários, Entradas).

Perfil de iluminação

Relativamente ao perfil de iluminação, visto que a iluminação está diretamente relacionada com a ocupação, foram utilizados, em substituição, os perfis de ocupação para cada espaço do edifício, exceto nos quartos, onde se utilizou o perfil da Figura 113.

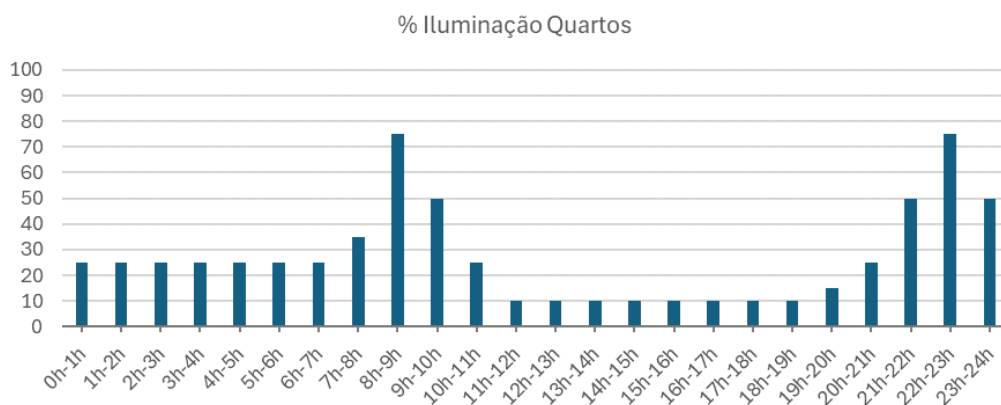


Figura 113 – Perfil horário de iluminação dos quartos.

Perfil de equipamentos

Quanto à percentagem de utilização de equipamentos internos, foram utilizados perfis semelhantes aos perfis de ocupação para todos os compartimentos, exceto nos quartos, onde se utilizou o perfil da Figura 114.

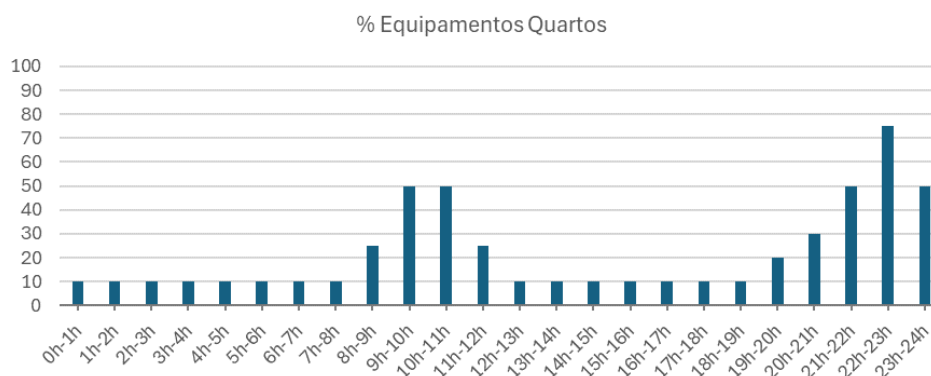


Figura 114 – Perfil horário de equipamentos dos quartos.

Perfil de ventilação e climatização

Relativamente à ventilação dos espaços, foi considerado que a ventilação se encontra sempre ativada, dada o fluxo contante e as operações contínuas que existem num edifício com tipologia de hotel (Figura 115).

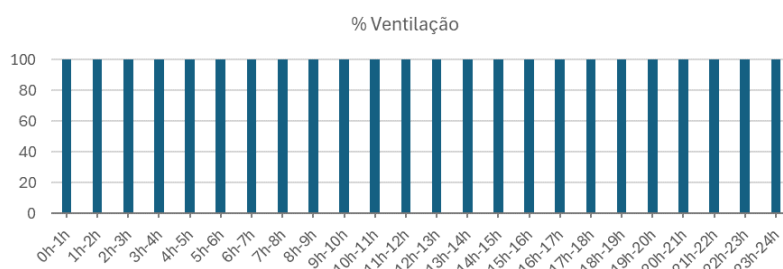


Figura 115 – Perfil horário de ventilação do edifício.

No que concerne aos perfis de climatização, foram definidos horários de aquecimento e arrefecimento, que são iguais aos horários definidos para a ocupação do edifício, para todos os compartimentos.

ANEXO 20 – SOLUÇÕES DE ILUMINAÇÃO PARA O EDIFÍCIO DE REFERÊNCIA

Para efeitos do cálculo da potência de iluminação no edifício de referência, foram adotados os valores apresentados na Tabela 83, seguindo as condições a respeitar para a determinação do $DPI_{100\text{ lux,máx}}$, enunciadas no Capítulo 5.2 [33].

Tabela 83 – Determinação da potência de iluminação introduzida no edifício de referência.

Denominação	Tipo de espaço	Iluminância média EN 12464-1	$DPI_{100\text{ lux,máx}}$ [(W/m ² /100 lux)]	Potência de iluminação referência [W]
Circulação 1	Corredor	150	2,3	20,36
Sala de Reuniões	Sala de Reunião	500	1,5	117
Instalação Sanitária Masculina	Instalação sanitária	200	2,3	23
Balneário Feminino	Instalação sanitária	200	2,3	28,06
Hall/Entrada	Hall	200	2,3	14,26
Instalação Sanitária Feminina	Instalação sanitária	200	2,3	16,1
Balneário Masculino	Instalação sanitária	200	2,3	28,06
Copa	Sala de Trabalho de Apoio	200	1,5	81,3
Circulação 2	Corredor	200	2,3	55,2
Receção	Escritório Individual 1-6 Pessoas	300	1,5	44,1
Circulação 3	Corredor	150	2,3	70,38
Circulação 4	Corredor	150	2,3	185,27
Sala Pequenos-Almoços	Sala de Refeições (exceto restaurante)	200	2,3	441,14
Antecâmara	Hall	200	2,3	28,52
Escadas 1	Escadas	150	2,3	89,356
Armazém	Arrecadação e outros locais de armazenagem	200	2,1	45,36
Zona Técnica 1	Sala Técnica	200	2,1	33,6
Zona Técnica 2	Sala Técnica	200	2,1	90,72
Quartos (95)	-	200	-	Igual à do previsto: 82,4
Instalações sanitárias Quartos (95)	Instalação Sanitária	200	2,3	12,88
Circulação (5 a 9)	Corredor	150	2,3	161,81
Escadas 2	Escadas	150	2,3	89,36
Salas de Arrumos (1 a 4)	Arrecadação e outros locais de armazenagem	200	2,1	54,6

ANEXO 21 – FICHAS TÉCNICAS DAS INSTALAÇÕES DE ELEVAÇÃO



ISO 25745

XP04864BP / Casais

Report of energy lift consumption according to ISO 25745	
<p>Manufacturer: </p> <p>Location: ROMULO DE CARVALHO - Hotel</p> <p>Date of evaluation: 07/11/2022</p> <p>Model: ORONA 3G X10</p>	<p>Energy efficiency class</p>
<p>Rated load: 630 Kg</p> <p>Rated speed: 1,0 m/s</p> <p>Average acceleration: 0,7 m/s²</p> <p>Average jerk: 1,0 m/s³</p> <p>Travel height: 17 m</p> <p>Number of stopping floors: 6</p> <p>Number of trips per day: 125</p> <p>Drive system: Electric</p>	
<p>Idle demand: 117 W</p> <p>Standby 5' demand: 69 W</p> <p>Standby 30' demand: 69 W</p> <p>Time to reach standby mode: 5 min</p> <p>Time to recover from standby: 0s-4s worst case</p> <p>Specific running energy for average cycle: 1,20 mWh/(Kg·m)</p> <p>Specific running energy for reference cycle: 1,23 mWh/(Kg·m)</p>	<p>Based on usage category 2 (ref: ISO 25745) the global energy efficiency is: 2650 Wh</p> <p>Operative days per year: 365</p> <p>Nominal demand per year for nominal values as shown: 968 kWh</p>
<p>* Remark: The data shown have been obtained taking by reference ISO 25745. Comparison of energy efficiency classes is only possible under equal usage. For the correct choice of the usage category consult ISO 25745.</p>	
<p>Reference : ISO 25745 (2015)</p>	<p>Version number: 6</p>

Figura 116 – Ficha técnica do elevador do modelo XP04864BP.



ISO 25745

XP04867BP / Casais

Report of energy lift consumption according to ISO 25745	
<p>Manufacturer: Orona</p> <p>Location: ROMULO DE CARVALHO - Hotel</p> <p>Date of evaluation: 07/11/2022</p> <p>Model: ORONA 3G X10</p>	<p>Energy efficiency class</p> <p>Based on usage category 2 (ref: ISO 25745) the global energy efficiency is: 2371 Wh</p> <p>Operative days per year: 365</p> <p>Nominal demand per year for nominal values as shown: 866 kWh</p>
<p>Rated load: 630 Kg</p> <p>Rated speed: 1,0 m/s</p> <p>Average aceleration: 0,7 m/s²</p> <p>Average jerk: 1,0 m/s³</p> <p>Travel height: 17 m</p> <p>Number of stopping floors: 6</p> <p>Number of trips per day: 125</p> <p>Drive system: Electric</p>	
<p>Idle demand: 97 W</p> <p>Standby 5' demand: 60 W</p> <p>Standby 30' demand: 60 W</p> <p>Time to reach standby mode: 5 min</p> <p>Time to recover from standby: 0s-4s worst case</p> <p>Specific running energy for average cycle: 1,18 mWh/(Kg·m)</p> <p>Specific running energy for reference cycle: 1,21 mWh/(Kg·m)</p>	
<p>* Remark: The data shown have been obtained taking by reference ISO 25745. Comparison of energy efficiency classes is only possible under equal usage. For the correct choice of the usage category consult ISO 25745.</p>	
<p>Reference : ISO 25745 (2015)</p>	<p>Version number: 6</p>

Figura 117 – Ficha técnica do elevador do modelo XP04867BP.

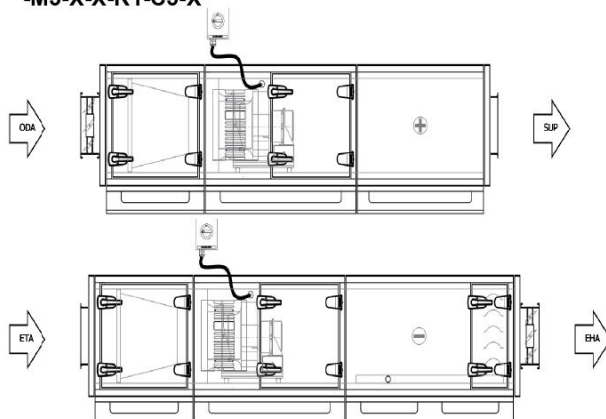
ANEXO 22 – FICHAS TÉCNICAS DAS UTA DA MEDIDA DE MELHORIA 1

France Air

Data: 17/01/2024

Modelo:

PowerPlay Max2 BEG-22-17R/2.5/13R/2.5-H-EC/IE5/2.4/2.4-F7-M5-X-X-R1-C5-X



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

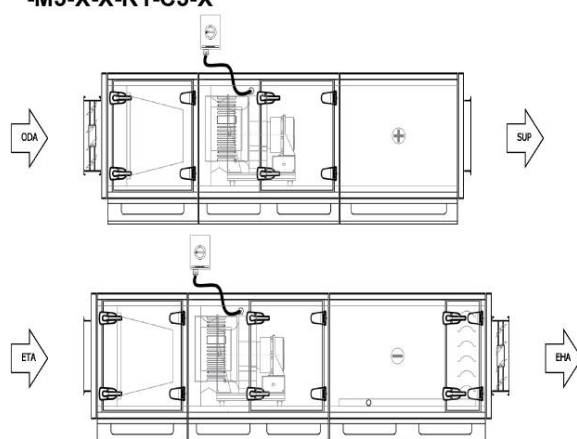
Tamanho da unidade		22	
Tipologia		UVNR	
		UVB	
Tipo de Recuperador de Calor		por baterias (RAC)	
Dados gerais UTA			
		Insuflação	Extracção
Caudal nominal	[m³/h]	1600	2400
	[m³/s]	0,44	0,67
A pressão externa nominal	[Pa]	150	150
A velocidade frontal do túnel	[m/s]	1,28	
SFPv	[kW/m³/s]	0,99	
Dados climáticos			
		Inverno	Verão
Temperatura exterior de projecto	[°C]	1,9	33,3
HR exterior	[%]	29	45
Temperatura interior	[°C]	20	25
HR interior	[%]	55	55
Pressão atmosférica	[Pa]	101325	
Densidade do ar	[kg/m³]	1,2	



Figura 118 – Ficha técnica da UTA1 proposta para a medida de melhoria 1 (pág.1).

Modelo:

PowerPlay Max2 BEG-32-14R/2.5/8R/2.5-H-EC/IE5/2.5/2.1-F7-M5-X-X-R1-C5-X



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Tamanho da unidade	32
Tipologia	UVNR
	UVB
Tipo de Recuperador de Calor	por baterias (RAC)

Dados gerais UTA

		Insuflação	Extracção
Caudal nominal	[m³/h]	2200	3375
	[m³/s]	0,61	0,94
A pressão externa nominal	[Pa]	150	150
A velocidade frontal do túnel	[m/s]	1,36	
SFPv	[kW/m³/s]	0,74	

Dados climáticos

		Inverno	Verão
Temperatura exterior de projecto	[°C]	1,9	33,3
HR exterior	[%]	29	45
Temperatura interior	[°C]	20	25
HR interior	[%]	55	55
Pressão atmosférica	[Pa]	101325	
Densidade do ar	[kg/m³]	1,2	



Figura 119 – Ficha técnica da UTA2 proposta para a medida de melhoria 1 (pág.1).

ANEXO 23 – RELATÓRIO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA MEDIDA DE MELHORIA 2

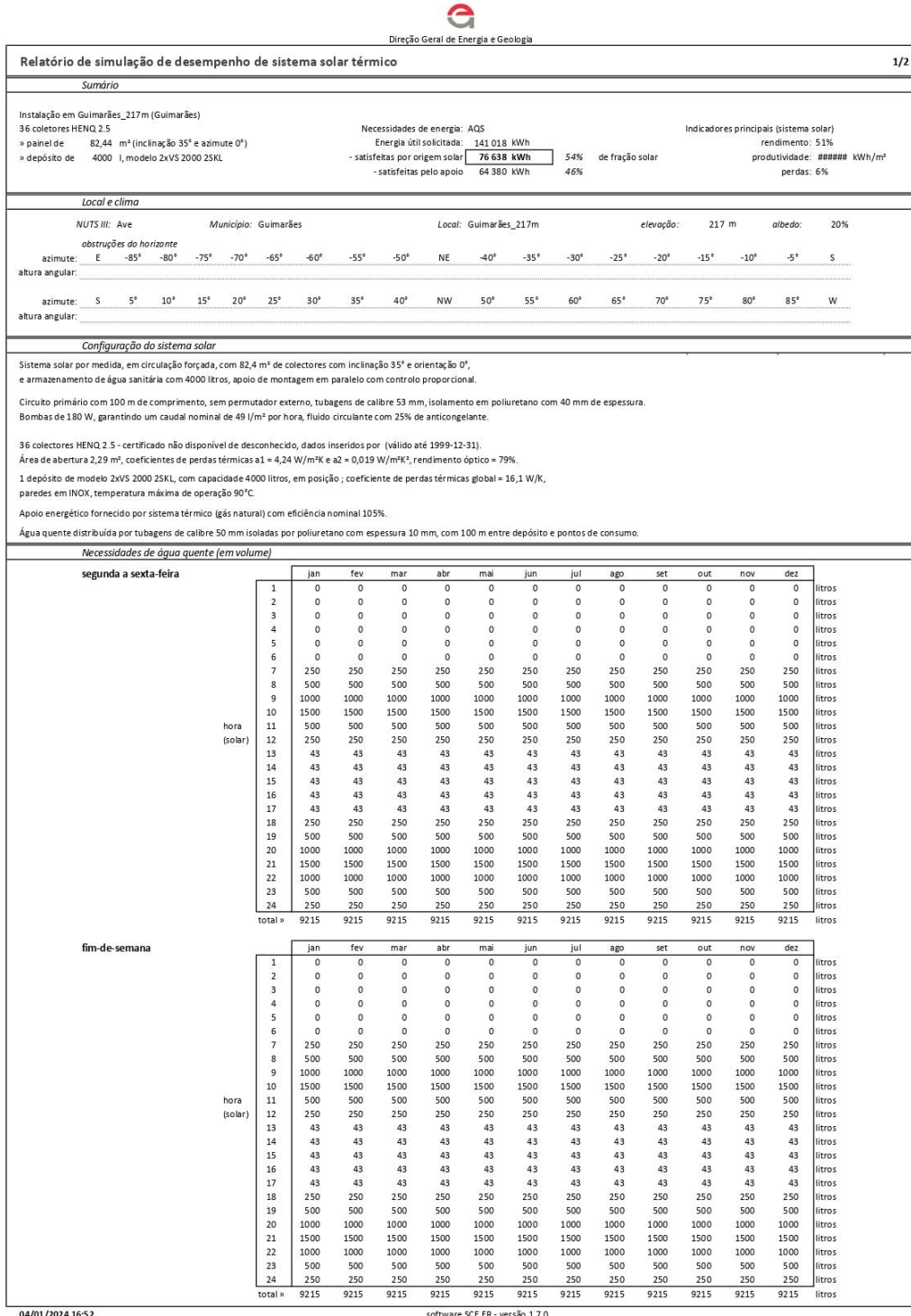


Figura 120 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico da medida de melhoria 2 (pág.1).

Otimização dos Consumos de Energia de um Hotel

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação													2/2	
<i>Aproveitamento do recurso solar</i>														
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	horizontal (à superfície)	0.8	1.4	2.2	3.1	3.8	5.2	5.0	4.7	3.0	1.7	0.9	0.6	2.7 kWh/m².dia
	incidente nos colectores	1.6	2.4	2.9	3.5	3.7	4.6	4.6	5.0	3.7	2.7	1.7	1.4	3.1 kWh/m².dia
	absorvida pelos colectores	1.5	2.3	2.7	3.2	3.2	3.9	3.9	4.6	3.5	2.5	1.6	1.3	2.8 kWh/m².dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	no topo da atmosfera	4.0	5.5	7.6	9.6	11.0	11.6	11.3	10.1	8.3	6.2	4.4	3.6	7.8 kWh/m².dia
	na horizontal (à superfície)	1.7	2.7	4.1	5.3	6.3	7.5	7.3	6.6	4.9	3.1	1.9	1.5	4.4 kWh/m².dia
	incidente nos colectores	2.7	3.9	4.9	5.8	6.2	6.9	7.0	7.0	5.8	4.2	2.9	2.4	5.0 kWh/m².dia
	absorvida pelos colectores	2.2	3.3	4.1	4.8	5.0	5.4	5.5	5.9	4.9	3.6	2.4	2.0	4.1 kWh/m².dia
<i>Desempenho energético</i>														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	ambiente	9	10	12	14	17	21	24	23	21	17	13	10	16 °C
	abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	16	14	13	16 °C
	base do armazenamento	21	21	20	22	23	21	26	36	27	24	21	19	23 °C
	topo do armazenamento	39	48	62	71	73	98	101	115	78	58	44	36	69 °C
	pretendida no consumo	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	energia primária (gás natural)	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215	9 215 litros/dia
	extraída do armazenamento	2 415	2 990	3 405	3 748	3 819	3 671	3 822	3 476	3 894	3 395	2 758	2 513	3 326 litros/dia
	nota: adicionada	6 800	6 225	5 810	5 467	5 396	5 544	5 393	5 739	5 321	5 820	6 457	6 702	5 889 litros/dia
balanços de energia	- sistema solar													
	nota: radiação solar na horizontal	4 326	6 139	10 383	13 053	16 104	18 443	18 681	16 859	11 998	7 879	4 722	3 759	132 348 kWh
	energia primária (radiação solar incidente)	6 821	8 893	12 572	14 269	15 779	17 093	17 812	17 782	14 351	10 789	7 163	6 090	149 413 kWh
	energia solar captada	3 163	4 424	6 590	8 078	8 347	9 620	9 827	9 331	7 951	5 845	3 587	3 013	79 776 kWh
	perdas térmicas no circuito primário	33	42	50	59	56	39	55	70	65	48	31	26	573 kWh
	perdas térmicas no armazenamento	138	190	310	380	412	585	650	806	455	298	178	111	4 513 kWh
	consumos eléctricos parasíticos	32	38	53	56	62	62	61	53	56	50	35	35	593 kWh
	energia final (calor de origem solar)	2 944	4 323	6 638	7 186	8 097	9 210	9 258	8 281	7 785	5 786	3 463	3 024	75 994 kWh
	- sistema de apoio													
	energia primária (eletricidade via SEP)	25 101	18 019	14 933	11 176	9 653	4 778	3 666	4 230	7 266	14 940	21 303	24 966	160 030 kWh
	energia final (calor)	10 041	7 207	5 973	4 470	3 861	1 911	1 466	1 692	2 906	5 976	8 521	9 986	64 012 kWh
	- circuito de distribuição													
	perdas térmicas	149	110	99	78	71	38	33	37	58	104	137	150	1 064 kWh
	- fornecimento de água quente													
	necessidades (consumo de energia útil)	13 096	11 655	12 556	11 943	11 865	10 815	10 710	10 748	10 760	11 861	12 116	12 894	141 018 kWh
	energia de origem solar (útil)	2 969	4 370	6 609	7 363	8 034	8 956	9 246	8 924	7 835	5 835	3 501	2 997	76 638 kWh
	energia com origem no apoio (útil)	10 127	7 285	5 947	4 580	3 831	1 859	1 465	1 823	2 925	6 026	8 615	9 897	64 380 kWh
	<i>Desempenho global do sistema</i>													
	fracção solar	54% em termos de energia útil												
	produtividade	#VALOR! kWh/m² de colector												
i.e.	#VALOR! #VALOR!													
rendimento - definição física	51% em relação à energia solar no plano dos colectores													
rendimento - definição estatística	58% em relação à energia solar na horizontal													
perdas térmicas e consumos parasíticos	7% da energia solar captada													
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.														
04/01/2024 16:52 software SCE.ER - versão 1.7.0														

Figura 121 – Relatório do desempenho energético do sistema solar térmico da medida de melhoria 2 (pág.2).

ANEXO 24 – RELATÓRIO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DA MEDIDA DE MELHORIA 3

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico														
Sumário														
Instalação em Guimarães_217m (Guimarães)			energia solar incidente: 126 645 kWh/ano			Índices de desempenho								
72,4 m² de módulos JA SOLAR JAM72530-550			produção fotovoltaica potencial (DC): 25 558 kWh/ano			produtividade técnica: 1501 kWh/kW instalado								
montagem fixa			perdas de sistema (DC): -687 kWh/ano			aproveitado: 1370 kWh/kW instalado								
com inclinação 35° e orientação 0°.			perdas e consumos parasíticos (AC): -868 kWh/ano			rendimento relativo: 84% (performance ratio)								
Potência: 15,4 kW (nominal)			produção (AC): 23 256 kWh/ano			i.e.: 18% da energia incidente								
			autoconsumo (AC): 21 104 kWh/ano			necessidades cobertas: 21%								
Local e clima														
NUTS III: Ave			Município: Guimarães			Local: Guimarães_217m			elevação: Ave m			albedo: 4%		
obstruções do horizonte														
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50°			NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S											
altura angular: 3														
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40°			NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W											
altura angular: 3														
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico														
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 28 módulos JA SOLAR JAM72530-550 (72,4 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.														
Potência nominal da instalação 15,4 kW, módulos organizados em 2 fileiras (strings). A tensão máxima é 84 V.														
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).														
Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.														
Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.														
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.														
Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).														
Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Consumos parasíticos: 0,05 kWh/ano para ventilação.														
Sem baterias.														
Sistema explorado em regime de autoconsumo.														
Aproveitamento do recurso solar														
radiação solar directa														
horizontal (à superfície) 2,8 5,2 7,9 11,0 13,6 18,6 17,9 17,0 10,7 6,1 3,1 2,2 9,7 kWh/m².dia														
incidente nos módulos 5,8 8,8 10,5 12,5 13,1 16,5 16,5 17,8 13,4 9,6 6,0 4,9 11,3 kWh/m².dia														
absorvida pelos módulos 5,7 8,7 10,3 12,2 12,9 16,1 16,1 17,5 13,2 9,5 6,0 4,9 11,1 kWh/m².dia														
radiação solar global														
no topo da atmosfera 14,5 19,9 27,2 34,5 39,6 41,8 40,6 36,3 29,7 22,3 15,9 12,9 27,9 kWh/m².dia														
na horizontal (à superfície) 6,1 9,6 14,6 19,0 22,7 26,8 26,3 23,7 17,5 11,1 6,9 5,3 15,8 kWh/m².dia														
incidente nos módulos 9,6 13,9 17,7 20,8 22,2 24,9 25,1 25,0 20,9 15,2 10,4 8,6 17,9 kWh/m².dia														
absorvida pelos módulos 9,3 13,5 17,1 20,0 21,4 24,0 24,2 24,2 20,2 14,7 10,1 8,3 17,2 kWh/m².dia														
Desempenho energético														
temperatura														
ambiente (média diária) 9 10 12 14 17 21 24 23 21 17 13 10 16 °C														
nos módulos (média diária) 28 30 34 33 36 41 47 52 50 42 37 31 38 °C														
energia														
radiação solar incidente 5 803 7 570 10 648 12 070 13 326 14 449 15 066 15 084 12 170 9 185 6 093 5 182 126 645 kWh														
produção fotovoltaica (DC) 1 208 1 576 2 188 2 466 2 701 2 971 2 968 2 952 2 416 1 871 1 259 1 079 25 558 kWh														
perdas do sistema (DC) -32 -42 -59 -66 -73 -80 -80 -79 -65 -50 -34 -29 -687 kWh														
consumos parasíticos (AC) 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 kWh														
outras perdas (AC) -41 -53 -74 -84 -92 -101 -101 -100 -82 -63 -43 -37 -867 kWh														
produção disponível (AC) 1 099 1 434 1 991 2 244 2 457 2 703 2 701 2 686 2 198 1 702 1 145 982 23 256 kWh														
necessidades do edifício (AC) 8 496 7 673 8 496 8 221 8 496 8 496 8 496 8 496 8 221 8 496 8 221 8 496 100 028 kWh														
autoconsumo (AC) 1 044 1 317 1 803 2 007 2 214 2 336 2 433 2 335 1 980 1 565 1 107 964 21 104 kWh														
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC) 55 173 360 597 841 1 121 1 389 1 740 1 958 2 095 2 134 2 152 2 152 kWh														
Avaliação do desempenho														
rendimento global: 18% da energia incidente			produtividade técnica: 1501 kWh/kW instalado											
rendimento relativo: 84% (performance ratio)			i.e.: 319 kWh/m² instalado											
			exploração real: 1370 kWh/kW instalado											
			i.e.: 291 kWh/m² instalado											
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)														
Potência do sistema: 15,4 kW - deve ser menor que a potência contratada														
23 256 kWh < ##### kWh [produção anual < consumo anual]														
Passível de remuneração: 2 152 kWh														

Figura 122 – Relatório do desempenho energético do sistema solar fotovoltaico para a medida de melhoria 3.