

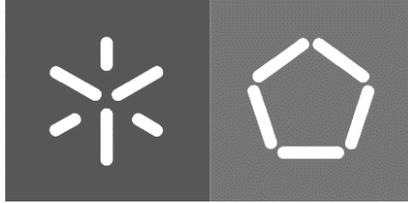


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Manuel José Rodrigues Gonçalves

**Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães:
propostas de melhoria energética, térmica e
da QAI**

Outubro de 2023



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Manuel José Rodrigues Gonçalves

**Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães:
propostas de melhoria energética, térmica e
da QAI**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Mecânica
Área de Especialização em Tecnologias Energéticas e
Ambientais

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Luís António Sousa Barreiros Martins

Outubro de 2023

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.



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Doutor Luís Martins por todo o apoio prestado como orientador da presente dissertação.

Agradeço também a todos os professores do DEM pelo empenho e dedicação em prol da aquisição de conhecimento por parte de todos os alunos.

Gostaria de expressar a minha gratidão a toda a equipa que faz parte da Lusitar, em especial aos Eng.º Paulo Lobarinhas e Eng.º Paulo Jardim, pela confiança depositada em mim para a realização da dissertação em contexto de empresa, e aos Eng.º Marco Freitas e Eng.º Ricardo Lomba por todo o conhecimento transmitido, pelo apoio técnico e pelas horas dedicadas à minha dissertação.

Não posso deixar de agradecer também à minha família, avós, irmã e pais pelo apoio incondicional, tolerância e compreensão ao longo dos anos, mas sobretudo pelo investimento contínuo na minha educação e desenvolvimento pessoal.

Por fim, quero também expressar a minha gratidão aos meus amigos, em especial à Inês Machado, por proporcionarem momentos e recordações que para sempre ficarão na memória.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico 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

A consciencialização ambiental e a necessidade de reduzir o consumo de energia têm levado a um crescente interesse na eficiência energética. Os edifícios, ao serem responsáveis por boa parte das emissões de GEE e dos consumos energéticos da UE, contribuem para o combate às alterações climáticas através de maior eficiência, simultaneamente assegurando a redução dos consumos e emissões enquanto se aumentam os padrões de conforto dos utilizadores. A presente dissertação teve como principal objetivo o estudo energético do Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães propondo investimentos para otimizar o consumo energético do mesmo e o conforto dos seus ocupantes.

O edifício, tem tipologia Lar de idosos (com dormida). É composto por três pisos, sendo que um deles é enterrado. Na sua totalidade, o edifício possui uma área de 1293.44 m² e é um grande edifício de comércio e serviços (GES). O levantamento da informação cingiu-se, à envolvente do edifício, à tipologia e ocupação de cada espaço e ao levantamento de informação acerca dos sistemas técnicos. Todos os levantamentos permitiram também perceber os problemas associados ao edifício causados por infiltrações e condensações.

Após a simulação energética foi feito um *brainstorming* das medidas de melhoria a aplicar e daí foram selecionadas seis propostas finais: instalação de um sistema solar com 24 módulos fotovoltaicos; aumento do XPS no isolamento da cobertura para 100 mm; substituição das luminárias antigas por LEDs; instalação de UTAs com climatização para renovação do ar; instalação de bomba de calor para climatização e para AQS substituindo a caldeira a gás natural já existente e, por fim, recuperação do sistema solar térmico avariado.

Conclui-se, que certas medidas contribuem bem mais que outras para a eficiência energética, no entanto essas foram pensadas com vista à promoção do conforto térmico e da qualidade do ar interior, o que as torna igualmente importantes para o bem-estar dos ocupantes e do edifício. Além disto, o edifício passou de uma classificação energética classe C para classe A⁺, uma melhoria significativa em termos de eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE: LAR DE IDOSOS, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CONFORTO TÉRMICO, QUALIDADE DO AR INTERIOR, CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA

ABSTRACT

Increased environmental awareness and the need to reduce energy consumption have led to a growing interest in energy efficiency. Buildings, being responsible for a large part of the EU's GHG emissions and energy consumption, contribute to the fight against climate change through greater efficiency, while ensuring the reduction of consumption and emissions while increasing the standards of comfort for users. The main goal of this dissertation is the detailed study of the Social and Parish Center of Mire de Tibães, to identify opportunities for improvement and to propose investments to optimize its energy consumption. At the same time, it seeks to improve occupant comfort and indoor air quality.

The building typology is Nursing Home (with overnight stay). It consists of three floors, one of which is buried. In its entirety, the building has an area of 1293.44 m² and is a large commercial and service building (GES). The survey of the information was limited to the surroundings of the building, the typology and occupation of each space and the collection of information about the technical systems. All the surveys also made it possible to understand the problems associated with the building caused by infiltrations and condensation.

After the energy simulation, the improvement measures to be applied were brainstormed and the six final proposals were obtained: installation of a solar system with 24 photovoltaic modules; increased XPS in roof insulation to 100 mm; replacement of old luminaires with LEDs; installation of air-conditioned AHUs for air renewal; installation of a heat pump for air conditioning and DHW replacing the existing natural gas boiler and, finally, recovery of the damaged solar thermal system. It is concluded that certain measures contribute much more than others to energy efficiency, however these were designed to promote thermal comfort and indoor air quality, which makes them equally important for the well-being of the occupants and the building. In addition, the building has gone from a class C to a class A+ energy rating, a significant improvement in terms of energy efficiency.

KEYWORDS: CARE HOME, ENERGY EFFICIENCY, THERMAL COMFORT, INDOOR AIR QUALITY, ENERGY CLASSIFICATION

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xvi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xix
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1 Desenvolvimento Sustentável e Crescimento Populacional	3
2.2 Legislação.....	6
2.3 Eficiência Energética.....	8
2.3.1 Edifícios de Comércio e Serviços	9
2.3.2 Edifícios nZEB	11
2.4 Conforto térmico	14
2.5 Qualidade do Ar Interior.....	15
2.6 BIM e Simulação dinâmica multizona de edifícios	17
2.6.1 CYPE.....	19
2.6.2 CYPETHERM SCE-CS Plus	20
2.7 Certificação Energética – Comércio e Serviços	22
2.7.1 Metodologia de avaliação do desempenho energético	23
2.7.2 Certificado energético.....	25
3. Caso de Estudo: Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães	30
3.1 Localização, entorno e clima	30
3.1.1 Localização	30
3.1.2 Zona climática	32
3.2 Caracterização do edifício	33

3.2.1	Descrição do edifício	33
3.2.2	Problemas associados ao edifício.....	37
3.2.3	Categorias e divisões dos espaços	39
3.2.4	Marcação das envolventes.....	40
3.3	Caracterização térmica da envolvente	46
3.3.1	Envolvente opaca	46
3.3.2	Envolvente envidraçada	65
3.3.3	Pontes térmicas lineares	66
3.4	Caracterização dos sistemas de técnicos	67
3.4.1	Equipamentos de climatização (AVAC)	67
3.4.2	Equipamentos de ventilação	68
3.4.3	Sistemas de produção de AQS	73
3.5	Sistemas de iluminação	75
3.6	Outros consumos do tipo T	78
3.6.1	Sistemas de elevação: Elevadores.....	78
3.6.2	Outros equipamentos	80
3.7	Cargas térmicas	80
3.7.1	Cargas por transmissão	80
3.7.2	Cargas por ar novo	81
3.7.3	Cargas por radiação solar.....	81
3.7.4	Ganhos internos	82
4.	Resultados da simulação.....	85
4.1	Validação dos resultados.....	85
4.2	Condições a respeitar – Alterações realizadas	88
4.3	Resultados obtidos	88
4.4	Classificação Energética.....	91
5.	Proposta de investimentos para otimização da eficiência energética, conforto térmico e qualidade do ar interior	93
5.1	Instalação de um sistema solar fotovoltaico – Nº1.....	93

5.2	Aumento do isolamento na cobertura – Nº2	97
5.3	Substituição da iluminação existente por tipo LED – Nº3.....	100
5.4	Instalação de UTAN’s com climatização – Nº4.....	101
5.5	Substituição da caldeira a gás natural por bomba de calor – Nº5	104
5.6	Resolução de problemas no sistema solar térmico – Nº6	106
5.7	Classificação final após aplicação das medidas de melhoria	107
6.	Conclusões	112
6.1	Conclusões ao projeto realizado	112
6.2	Projeções para trabalhos futuros	114
	Referências Bibliográficas	116
	Apêndices	121
	Apêndice A Ficha técnica módulos solares <i>JA SOLAR</i>	121
	Apêndice B Ficha técnica máquina de secar roupa elétrica	123
	Apêndice C Ficha técnica UTAN OCRAM AHU Select V15.70	125
	Apêndice D Ficha técnica Bomba de Calor Clivet WiSAN-YEE1 65.4.....	128
	Anexos	132
	Anexo A Caracterização e divisão de espaços	132
	Anexo B Marcação da envolvente: Plantas em corte.....	139
	Anexo C Coeficiente de redução de perdas (bztu).....	141
	Anexo D Identificação das paredes exteriores e interiores.....	143
	Anexo E Espaços com climatização	149
	Anexo F Sistema de ventilação: espaços e ventilador associado	151
	Anexo G Perfil e potência de ventilação.....	155
	Anexo H Perfil de consumo AQS.....	158
	Anexo I Norma EN 12464-1: Medição iluminância média mantida [Em]	159
	Anexo J Caracterização do sistema de iluminação.....	167
	Anexo K Perfil de iluminação.....	172
	Anexo L Perfil de ocupação dos espaços	176
	Anexo M Ganhos internos por ocupação	178
	Anexo N Outros equipamentos: Perfil de utilização e consumos	179
	Anexo O Ventilação de referência	185

Anexo P	Brainstorming para escolha das medidas de melhoria	188
Anexo Q	Melhoria na proposta de investimento num sistema fotovoltaico	190
Anexo R	Instalação Fotovoltaica: Perfis de consumo elétrico do edifício	196
Anexo S	Instalação fotovoltaica: Resultados SCE.ER	198
Anexo T	Iluminação LED: Caracterização	201
Anexo U	UTAN's: Caudais mínimos de ar novo	206
Anexo V	Comparação de combustíveis	211
Anexo W	Sistema solar térmico: Resultados SCE.ER	213

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da população mundial por bilhões de habitantes ao longo dos anos [5] ..	5
Figura 2 - Evolução legislativa da regulamentação térmica em Portugal e na Europa [8]	7
Figura 3 - Evolução das emissões dos setores Residencial e Serviços e percentagem de incorporação de renováveis no aquecimento e arrefecimento [21]	10
Figura 4 - Representação do equilíbrio de energia necessário nos edifícios nZEB [23]	12
Figura 5 – Exemplo de uma árvore de trabalhos do software CYPETHERM SCE-CS Plus	21
Figura 6 - Aba onde são definidos os dados gerais	21
Figura 7 - Separador onde são definidos os parâmetros gerais	22
Figura 8 - Separador de cálculo e apresentação de resultados da simulação	22
Figura 9 - Modelo de CE: Indicadores de desempenho; classe energética; energia renovável; emissões de CO ₂ ; descrição do edifício; consumos de energia; consumos estimados por tipologia [43]	26
Figura 10 - Modelo de CE: propostas de melhoria; conjunto de medidas de melhoria; recomendações sobre sistemas técnicos; definições, informação adicional e observações [43]	27
Figura 11 - Modelo CE: resumo dos principais indicadores; dados climáticos; paredes, coberturas, pavimentos e PTP; vãos envidraçados; sistemas técnicos e ventilação; consumos reais por forma de energia [43]	27
Figura 12 - Modelo complementar do CE: nota de apoio; etiqueta energética; classe energética [44]	29
Figura 13 - Localização do edifício e respetiva orientação geográfica. Imagens retiradas e adaptadas do Google Earth	31
Figura 14 - Distância do edifício à costa marítima. Imagem retirada do Google Earth	31
Figura 15 - Definição das zonas climáticas de inverno e verão com recurso ao software SCE.CLIMA_v1.0 da DGEG	33
Figura 16 - Representação, em AutoCAD, da planta do piso -1 do edifício	34
Figura 17 - Representação, em AutoCAD, da planta do piso 0 (R/C) do edifício	35
Figura 18 - Representação, em AutoCAD, da planta do piso 1 do edifício	35
Figura 19 - Representação, em AutoCAD, da planta de cobertura do edifício	36

Figura 20 - (a) Manchas no teto da caixa de escadas; (b) Manchas na parede do quarto junto aos envidraçados e manchas nas telas blackout; respetivamente (zonas de pontes térmicas planas).....	38
Figura 21 – Exemplo de alguns problemas observados no edifício: (a) Apodrecimento do pladur do teto falso devido à infiltração de água (instalação sanitária 1.09); (b) Descasque da tinta das paredes junto aos envidraçados; (c) Descasque do reboco areado nas paredes interiores junto aos envidraçados	39
Figura 22 – Padrões usados na marcação de pavimentos e coberturas, respetivamente [38]	43
Figura 23 - Marcação da envolvente no piso -1	45
Figura 24 - Marcação da envolvente no piso 0	45
Figura 25 - Marcação da envolvente no piso 1	46
Figura 26 - Caldeira a Gás Natural (x2).....	68
Figura 27 - Bomba de circulação de água para piso radiante	68
Figura 28 - Caixa de ventilação de insuflação (VI1, VI2 e VI3).....	69
Figura 29 – Caixa de ventilação de insuflação (VI4).....	69
Figura 30 - Ventiladores de extração (VE1, VE2 e VE5)	70
Figura 31 - Ventiladores de extração (VE3 e VE4).....	70
Figura 32 - HOTTE de extração (cozinha)	70
Figura 33 - Anemómetro de fio quente	71
Figura 34 – Sistema Solar Térmico	74
Figura 35 - 2x Termoacumulador AQS	75
Figura 36 - Bomba de circulação de água para AQS	75
Figura 37 - Exemplo lâmpada tubular fluorescente.....	76
Figura 38 - Exemplo de lâmpada fluorescente compacta.....	76
Figura 39 - Exemplo de lâmpada incandescente	76
Figura 40 - Exemplo de projetor exterior LED.....	77
Figura 41 - Iluminação de emergência do edifício	77
Figura 42 – Luxímetro usado nas medições	77
Figura 43 - Gráfico de comparação do consumo elétrico médio para os anos de 2020, 2021 e 2022 com o consumo elétrico simulado	86

Figura 44 - Gráfico de comparação do consumo médio de gás natural para os anos de 2020, 2021 e 2022 com o consumo de gás natural simulado.....	87
Figura 45 - Consumos energéticos no edifício [kWh/ano] por tipo de utilidade.....	91
Figura 46 - Classificação energética final do edifício, adaptado do relatório de certificação energética.....	92
Figura 47 - Gráfico do aumento do autoconsumo vs aumento da energia entregue à rede em função da evolução do número de painéis, para perfil de consumo elétrico atual	95
Figura 48 - Exemplo de placa de poliestireno extrudido (XPS) [54].....	97
Figura 49 - Exemplo de uma UTAN de expansão direta da OCRAM [55].....	103
Figura 50 - Bomba de Calor Clivet WiSAN-YEE1 65.4, adaptado do catálogo do equipamento	105
Figura 51 - Consumos energéticos para o edifício base e para as medidas de melhoria	109
Figura 52 - Gráfico de relação entre investimento, receitas anuais e payback para cada medida de melhoria	110
Figura 53 - Classificação energética do edifício após medidas de melhoria, adaptado do relatório de certificação energética	111
Figura 54 - Ficha técnica módulos fotovoltaicos JA SOLAR.....	121
Figura 55 - Ficha técnica módulos fotovoltaicos JA SOLAR.....	122
Figura 56 - Ficha técnica de máquina de secar roupa elétrica.....	123
Figura 57 - Ficha técnica de máquina de secar roupa elétrica.....	124
Figura 58 - Ficha técnica UTA OCRAM AHU Select V15.70	125
Figura 59 - Ficha técnica UTA OCRAM AHU Select V15.70	126
Figura 60 - Ficha técnica UTA OCRAM AHU Select V15.70	127
Figura 61 - Ficha técnica UTA OCRAM AHU Select V15.70	127
Figura 62 - Ficha técnica bomba de calor - capa	128
Figura 63 - Ficha técnica bomba de calor – características de funcionamento por gama de bomba de calor.....	129
Figura 64 - Ficha técnica bomba de calor – capacidade de aquecimento para diferentes temperaturas de água.....	130
Figura 65 - Ficha técnica bomba de calor – características de funcionamento da bomba inversora da bomba de calor.....	131
Figura 66 - Área e numeração da divisão de espaços no piso -1	132

Figura 67 - Área e numeração da divisão de espaços no piso 0	133
Figura 68 - Área e numeração da divisão de espaços no piso 1	134
Figura 69 - Representação da localização dos cortes feitos para a marcação da envolvente	139
Figura 70 - Marcação da envolvente, corte C1	139
Figura 71 - Marcação da envolvente, corte C2	140
Figura 72 - Marcação na envolvente, corte C3	140
Figura 73 - Marcação na envolvente, corte C4	140
Figura 74 - Identificação das paredes exteriores no piso -1	143
Figura 75 - Identificação das paredes no piso 0	144
Figura 76 - Identificação das paredes exteriores no piso 1	145
Figura 77 - Identificação das paredes piso -1	146
Figura 78 - Identificação das paredes piso 0	147
Figura 79 - Identificação das paredes interiores piso 1	148
Figura 80 - Espaços com climatização (piso radiante) no piso -1	149
Figura 81 - Espaços com climatização (piso radiante) no piso 0	150
Figura 82 - Espaços com climatização (piso radiante) no piso 1	151
Figura 83 - Espaços com ventilação (insuflação, extração ou mista) no piso -1	152
Figura 84 - Espaços com ventilação (insuflação, extração ou mista) no piso 0	153
Figura 85 - Espaços com ventilação (insuflação, extração ou mista) no piso 1	154
Figura 86 - Potência de ventilação equivalente para a zona 03	156
Figura 87 - Potência de ventilação equivalente para a zona 04	156
Figura 88 - Potência de ventilação equivalente para a zona 05	157
Figura 89 - Potência de ventilação equivalente para a zona 05	157
Figura 90 - Legenda dos diagramas: associação entre ventiladores e respetiva cor	157
Figura 91 - Perfil de consumo diário de AQS; Temperatura de consumo de AQS e temperatura da água da rede por mês	158
Figura 92 - Tipo de grelha de medição de iluminância segundo Norma EN 12464-1	160
Figura 93 - Demonstração da definição das zonas no software para a obra base; Demonstração de como se define o tipo de ventilação e potência de ventilação no software.	185
Figura 94 - Gráfico do aumento do autoconsumo vs aumento da energia entregue à rede em função da evolução do número de painéis, para perfil de consumo elétrico diurno	191

Figura 95 - Gráfico do aumento do autoconsumo vs aumento da energia entregue à rede em função da evolução do número de painéis, para perfil de consumo elétrico diurno e máquina de lavar roupa elétrica	194
Figura 96 - Perfil de consumo elétrico atual do edifício	196
Figura 97 - Perfil de consumo elétrico do edifício maximizando o aproveitamento solar....	197
Figura 98 - Perfil de consumo elétrico do edifício maximizando o aproveitamento solar e investindo numa máquina de secar roupa industrial elétrica	197
Figura 99 - Relatório de simulação SCE.ER do sistema solar fotovoltaico para perfil de consumo elétrico atual	198
Figura 100 - Relatório de simulação SCE.ER do sistema solar fotovoltaico para perfil de consumo elétrico diurno	199
Figura 101 - Relatório de simulação SCE.ER do sistema solar fotovoltaico para perfil de consumo elétrico diurno + nova máquina de secar roupa elétrica	200
Figura 102 - Resultados sistema solar térmico SCE.ER	213
Figura 103 - Resultados sistema solar térmico SCE.ER	214

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos necessários para Edifícios de Comércio e Serviços nZEB [28]	14
Tabela 2 - Intervalos de valor R_{IEE} para edifícios de comércio e serviços	25
Tabela 3 - Localização do edifício	32
Tabela 4 - Recolha das temperaturas interiores medidas nos espaços não úteis para o cálculo do coeficiente de perdas b_{zTu}	41
Tabela 5 - Coeficiente de redução de perdas para cada espaço interior não útil	42
Tabela 6 - Descrição dos elementos construtivos opacos – paredes exteriores	48
Tabela 7 - Parâmetros necessários ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica em paredes em contacto com o solo	50
Tabela 8 - Descrição dos elementos construtivos opacos – paredes exteriores em contacto com o solo	50
Tabela 9 - Descrição dos elementos construtivos opacos – paredes interiores.....	51
Tabela 10 - Parâmetros necessários ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica em pavimentos em contacto com o solo	56
Tabela 11 - Descrição dos elementos construtivos opacos – pavimentos térreos.....	57
Tabela 12 - Descrição dos elementos construtivos opacos – pavimentos entre pisos.....	59
Tabela 13 - Descrição dos elementos construtivos opacos – coberturas.....	63
Tabela 14 - Descrição dos vãos envidraçados aplicados no edifício	65
Tabela 15 - Área e dimensão dos diferentes vãos envidraçados.....	66
Tabela 16 - Características técnicas dos equipamentos de climatização	68
Tabela 17 - Características técnicas dos equipamentos de ventilação.....	69
Tabela 18 - Medições de caudal de ar novo e de ar de extração	71
Tabela 19 - Características técnicas dos equipamentos de produção de águas quentes sanitárias (AQS)	74
Tabela 20 - Características de funcionamento da iluminação interior e exterior	76
Tabela 21 – Valores usados para estimar o consumo energético anual dos elevadores	79
Tabela 22 - Nº de pessoas previstas por espaço.....	83
Tabela 23 - IEE previsto: Indicador de consumo de energia primária por m^2 de área de pavimento	89

Tabela 24 - IEE referência: Indicador de consumo de energia primária por m ² de área de pavimento	90
Tabela 25 - Comparação e seleção de módulos fotovoltaicos com perfil de consumo elétrico atual.....	94
Tabela 26 - Resumo do impacto da medida de melhoria	95
Tabela 27 - Aumento da espessura de isolamento na cobertura	97
Tabela 28 - Resumo do impacto da medida de melhoria	100
Tabela 29 - Características de funcionamento da nova iluminação LED	101
Tabela 30 - Resumo do impacto da medida de melhoria	101
Tabela 31 - Características de funcionamento das UTAN's	103
Tabela 32 - Resumo do impacto da medida de melhoria	104
Tabela 33 - Características de funcionamento da bomba de calor	104
Tabela 34 - Resumo do impacto da medida de melhoria	106
Tabela 35 - Resumo do impacto da medida de melhoria	106
Tabela 36 - Resumo do impacto da medida de melhoria	107
Tabela 37 - Resultados obtidos	108
Tabela 38 -Definição de zona, altura, pé-direito e tipo de espaço	135
Tabela 39 – Condições a respeitar para o cálculo do coeficiente de redução de perdas [38]	141
Tabela 40 - Cálculo do coeficiente de redução de perdas b_{ztu}	141
Tabela 41 - Perfil de ventilação real do edifício	155
Tabela 42 - Parâmetros de cálculo das condições para medição da iluminância.....	161
Tabela 43 - Caracterização dos sistemas de iluminação do edifício	167
Tabela 44 - Perfil de iluminação do edifício	172
Tabela 45 - Perfil de ocupação do edifício	176
Tabela 46 - Cargas térmicas por ocupação e grau de atividade por espaço.....	178
Tabela 47 - Perfil de utilização dos equipamentos	179
Tabela 48 - Consumo energético dos equipamentos de frio	181
Tabela 49 - Consumo energético dos equipamentos e sistemas não incluídos no tipo S.....	182
Tabela 50 - Consumo energético de gás natural para equipamentos não incluídos no tipo S	184
Tabela 51 - Cálculo do consumo da ventilação de referência	186

Tabela 52 - Brainstorming para a proposta de investimentos.....	188
Tabela 53 - Comparação e seleção de módulos fotovoltaicos com perfil de consumo elétrico diurno	190
Tabela 54 - Resumo do impacto da medida de melhoria	191
Tabela 55 - Características de funcionamento de uma possível máquina de secar roupa industrial elétrica.....	192
Tabela 56 - Comparação e seleção de módulos fotovoltaicos com perfil de consumo elétrico diurno e nova máquina de secar roupa elétrica	193
Tabela 57 - Resumo do impacto da medida de melhoria	194
Tabela 58 - Caracterização dos sistemas de iluminação adotados na medida de melhoria nº3	201
Tabela 59 - Indicação dos parâmetros e cálculo dos caudais mínimos de ar novo segundo o critério de ocupação e critério do edifício	206
Tabela 60 - Caudais mínimos obrigatórios de ar novo.....	209
Tabela 61 - Comparação entre preços de combustíveis e eficiências de equipamentos para substituição da caldeira a gás natural	211

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ADENE	Agência para a energia;
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação;
AQP	Águas quentes de piscinas;
AQS	Água quente sanitária;
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers;</i>
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado;
BIM	<i>Building Information Modelling;</i>
CE	Comissão europeia;
CE	Certificação Energética;
COB	Cobertura exterior;
DEE	Desempenho Energético dos Edifícios;
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive;</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa;
GES	Grandes Edifícios de Comércio e Serviço;
GN	Gás natural;
GPS	<i>Global positioning system;</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes;</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization;</i>
LAJE	Pavimento interior que separa espaços úteis;
LED	<i>Light Emitting Diode;</i>
MM	Medidas de melhoria;
NP EN	Norma portuguesa adotada de uma Norma europeia;
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos;
Nzeb	<i>Nearly zero energy building;</i>
PAV	Pavimento térreos;
PCE	Pré-Certificado Energético;
pdf	<i>Portable document format;</i>
PDM	Plano diretor municipal;

PE	Parede exterior;	
PES	Pequenos Edifícios de Comércio e Serviço;	
PI	Parede interior;	
PNEC	Plano nacional energia e clima;	
PQ	Perito Qualificado;	
PTL	Pontes térmicas lineares;	
QAI	Qualidade de ar interior;	
R/C	Rés do chão;	
SCE	Sistema e Certificação Energética de Edifícios;	
SCE-CS	Sistema de Certificação Energética de Edifícios de Comércio e Serviço;	
SFP	Potência específica da unidade de ventilação;	$[W/(m^3/h)]$
SMD	Simulação dinâmica multizona;	
UE	União europeia;	
UTA	Unidade de tratamento de ar;	
VE	Vão envidraçado;	
VI	Ventilador de insuflação;	
XPS	Poliestireno extrudido;	
A_i	Somatório das áreas dos elementos de todas as frações de habitação e comércio e serviços que separam os espaços interiores não úteis de espaços interiores úteis;	$[m^2]$
Ar₂	Argón;	
A_u	Somatório das áreas dos elementos que separam os espaços interiores não úteis do ambiente exterior;	$[m^2]$
B'	Dimensão característica do pavimento em contato com o solo;	$[m]$
b_{ztu}	Coefficiente de redução;	
CO₂	Dióxido de carbono;	$[m]$
D_i	Espessura;	$[m]$
E_{d,asc}	Consumo de energia diário do ascensor;	$[kWh/dia]$

F	Espaço interior não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas;	
f	Espaço interior não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;	
F_{oc}	Fator ocupação;	
G_{tot,máx}	Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares;	
IEE_{fóssil,S}	Indicador de Eficiência Energética fóssil do tipo S;	
IEE_{pr}	Indicador de Eficiência Energética previsto;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
IEE_{pr,ren}	Indicador de Eficiência Energética previsto renovável;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
IEE_{pr,S}	Indicador de Eficiência Energética previsto do tipo S;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
IEE_{pr,T}	Indicador de Eficiência Energética previsto do tipo T;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
IEE_{ref}	Indicador de Eficiência Energética referência;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
IEE_{ref,S}	Indicador de Eficiência Energética referência do tipo S;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
IEE_{ref,T}	Indicador de Eficiência Energética referência do tipo T;	$[kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$
K	Condutibilidade Térmica;	$[W/(m \cdot ^\circ C)]$
l_m	Distância máxima da viagem;	$[m]$
m_i	Massa volúmica de cada camada;	$[kg/m^3]$
M_{si}	Massa superficial útil do elemento i;	$[kg/m^2]$
m_t	Massa de cada camada;	$[kg/m^2]$
n_a	Número de viagens por dia;	
O₂	Oxigénio;	
p	Rácio entre distância média e distância máxima de viagem;	$[\%]$
P_{d médio}	Pé-direito médio;	$[m]$
Q	Caudal total de ar da unidade de ventilação;	$[m^3/h]$

Q_{AN}		
critério edifício	Caudal de ar novo obtido através do critério do edifício;	$[m^3/h]$
Q_{AN}		
critério ocupação	Caudal de ar novo obtido através do critério de ocupação;	$[m^3/h]$
$Q_{AN_{min}}$	Caudal de ar novo mínimo;	$[m^3/h]$
Q_{asc}	Carga nominal;	$[kg]$
R_f	Resistência térmica de todas as camadas que compõem o pavimento;	$[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
R_{IEE}	Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços;	
R_j	Resistência Térmica da camada j;	$[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
$R_{t\acute{e}rmico}$		
total	Resistência térmica total;	$[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
R_w	Resistência térmica de todas as camadas que compõem a parede;	$[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
$R_{enc\&s}$	Indicador de energia primária renovável em edifícios de comércio e serviços;	
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i> ;	
S_m	Distância média de viagem da instalação;	$[m]$
t_{ist}	Tempo em modo inativo e standby por dia;	$[h/dia]$
U	Coeficiente de transmissão térmica;	$[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
U_{bf}	Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado;	$[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
U_{bw}	Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo;	$[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
$U_{w,m\acute{a}x}$	Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios;	$[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$
V_{enu}	Volume do espaço interior não útil;	$[m^3]$
Z_{solo}	Profundidade enterrada do pavimento;	$[m]$

ΔT	Diferença de temperatura;	[°C]
θ_{enu}	Temperatura do espaço interior não útil;	[°C]
θ_{ext}	Temperatura ambiente exterior;	[°C]
θ_{int}	Temperatura interior do edifício;	[°C]
λ	Condutibilidade Térmica;	[W/(m.°C)]
ρ	Massa volúmica;	[kg/m ³]

1. INTRODUÇÃO

A energia desempenha um papel fundamental na sociedade moderna, impulsionando o desenvolvimento tecnológico e económico. No entanto, o aumento contínuo da procura energética ao longo dos anos tem levantado preocupações significativas em relação às alterações climáticas e à sustentabilidade ambiental [1]. Nesse contexto, os edifícios têm um papel crucial, uma vez que são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa e do consumo energético total na União Europeia [2].

Compreender e melhorar o desempenho energético dos edifícios é essencial para enfrentar esses desafios. Além de reduzir o consumo de energia e as emissões, é necessário garantir a segurança e o conforto dos ocupantes. Nesse sentido, a eficiência energética tem sido priorizada em políticas e estratégias nacionais, como o Pacote Energia Limpa, o Roteiro para a Neutralidade Carbónica até 2050, o Plano Nacional Energia e Clima 2030 e a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios [2]. Essas iniciativas estabelecem metas ambiciosas para a transição dos edifícios para necessidades quase nulas de energia (*nearly zero emissions buildings* - nZEB).

Diante desse contexto, a dissertação tem como objetivo realizar o estudo energético do Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães, um edifício de comércio e serviços com data de construção posterior a 1 de julho de 2007, e propor uma proposta de investimentos para a otimização da sua eficiência energética, conforto térmico e qualidade do ar interior. Para alcançar tais objetivos, serão realizadas diversas etapas, incluindo a revisão do estado da arte da simulação energética dinâmica de edifícios, a análise da legislação pertinente em relação à certificação energética, a caracterização do edifício e de seus sistemas técnicos, a coleta de dados de consumo energético, a simulação energética dinâmica e a análise dos resultados obtidos. No final deste estudo, espera-se obter as condições necessárias para garantir um edifício com classe energética superior e que proporcione maior conforto para os seus ocupantes.

O projeto de dissertação ocorreu em contexto de empresa, associado a um estágio curricular na empresa Lusitar, Lobarinhas & Jardim – Instalação de Sistemas Integrados de

Energia e Ambiente, Lda. O estágio teve a duração de seis meses, ao longo dos quais foi prestado todo o apoio essencial ao estudo detalhado do edifício e onde foi possível realizar o trabalho mais prático do projeto com vista à escrita da dissertação.

O planeamento deste trabalho segue uma sequência lógica de tarefas, que inclui o enquadramento do tema e a definição dos objetivos, a revisão do estado da arte, a caracterização do edifício e dos sistemas técnicos, a simulação energética, a identificação das principais fontes consumidoras de energia, a análise dos resultados e, por fim, a apresentação e estudo de propostas de melhoria.

Em suma, a dissertação tem como objetivo analisar o Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães, identificar oportunidades de melhoria no desempenho energético e conforto dos ocupantes. Ao realizar esse estudo, espera-se contribuir para a eficiência energética dos edifícios e para a mitigação das alterações climáticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo da dissertação irá abordar o tema da certificação e eficiência energética de edifícios, em Portugal e no mundo, com foco em quatro áreas principais: crescimento populacional; e desenvolvimento sustentável; eficiência energética e edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB). Também serão abordados o conforto térmico e a qualidade do ar interior (QAI) para edifícios com características de lar de idosos.

Será realizada uma revisão bibliográfica e enquadramento sobre o crescimento populacional, suas consequências e como o desenvolvimento sustentável pode ser alcançado. Em seguida, será enquadrada a eficiência energética nos edifícios e serão descritas as características que definem um edifício nZEB, visto serem considerados uma referência em termos de eficiência energética. Será abordada também a simulação dinâmica multizona, como uma ferramenta de avaliação da eficiência energética de edifícios e como esta pode ser utilizada para identificar oportunidades de melhoria e auxiliar no projeto e na construção de edifícios energeticamente mais eficientes. Também vai ser apresentado o *software* utilizado para a realização da simulação energética.

Será também analisada a legislação nacional portuguesa no que diz respeito à regulamentação térmica de edifícios assim como a metodologia de avaliação ao desempenho energético dos edifícios.

2.1 Desenvolvimento Sustentável e Crescimento Populacional

Em 1987, a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento foi pioneira na popularização do conceito de “desenvolvimento sustentável” através do relatório conhecido como “*Our common future*” ou “*Brundtland report*” que afirmava que os principais problemas ambientais eram resultado do contraste entre a extrema pobreza do Sul e os padrões de consumo e produção excessiva do Norte. Este relatório apelava a estratégias de união entre o desenvolvimento e o meio ambiente e definia o conceito de desenvolvimento sustentável tal e qual como é conhecido nos dias de hoje: desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. O relatório referia ainda pontos importantes e bastantes atuais, tais como o facto de um rápido crescimento da população levar a uma enorme pressão sobre os recursos

naturais; e também, como exemplo, a problemática envolvendo a população mais rica e por isso mais propícia a ter estilos de vida não coincidentes com as necessidades do planeta [3].

O principal objetivo do desenvolvimento sustentável passa por encontrar maneiras de satisfazer as necessidades básicas da população, como alimentação, água e energia, sem esgotar os recursos naturais e sem comprometer a capacidade do planeta de repor recursos para as futuras gerações. Posto isto, percebe-se que é importante promover o crescimento populacional sustentável tendo em consideração a qualidade de vida das pessoas e a capacidade do planeta de suportar vida.

Atualmente, a população mundial ronda os 8 mil milhões de pessoas. A Figura 1 apresenta a evolução da população mundial ao longo dos anos. Em 1804 atingiu-se o primeiro bilhão de pessoas; 121 anos depois, em 1925, atingiu-se o segundo bilhão de pessoas; em 1960, 35 anos mais tarde, o terceiro bilhão de pessoas; e a partir deste ponto até 2022 quando se atingiu o oitavo bilhão de pessoas, a evolução da população deu-se de forma constante (aproximadamente 12 anos para aumentar um bilhão) significando assim que com um grande desenvolvimento tecnológico, na saúde por exemplo, com melhores condições de vida, com mudanças culturais da população, entre outros fatores, houve também um grande crescimento demográfico. Felizmente, nos dias que correm, a taxa de crescimento de população abrandou devido à diminuição da taxa de natalidade. Segundo dados das Nações Unidas é previsto para 2037 e 2058 um total de 9 e 10 bilhões de pessoas, respetivamente, não acompanhando as habituais tendências de crescimento populacional e estando assim num caminho de crescimento populacional mais sustentável [4].

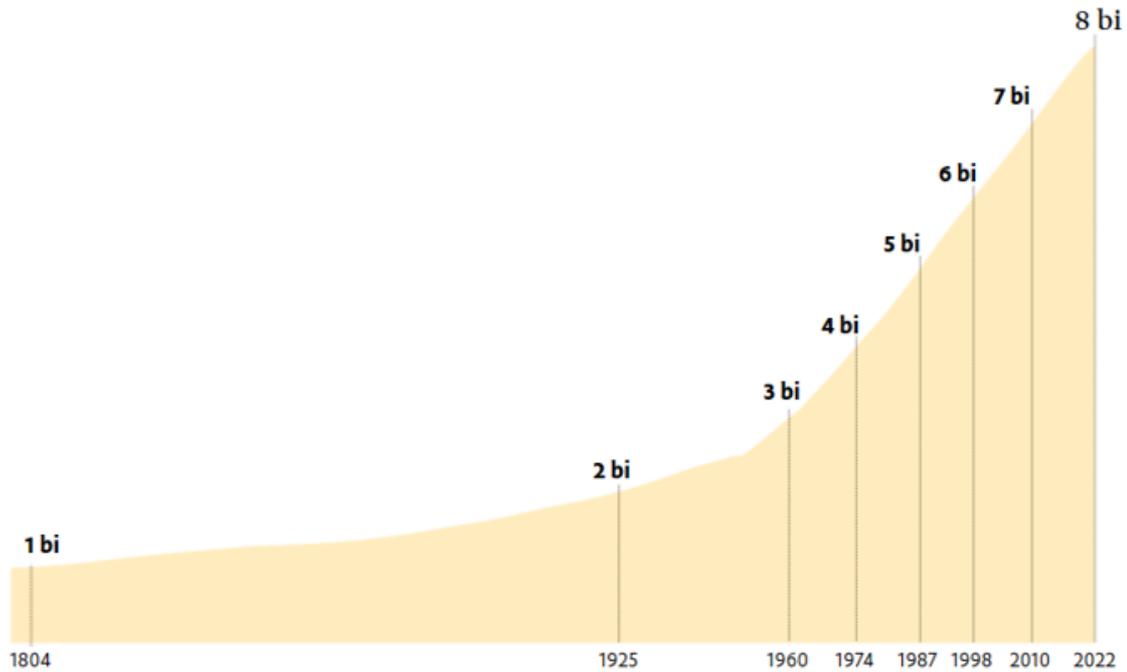


Figura 1 - Evolução da população mundial por bilhões de habitantes ao longo dos anos [5]

O crescimento populacional é mais impactante nos países com maior natalidade, isto é, no continente africano, e em países com grandes populações, tais como a Índia, Brasil, México, EUA, Rússia, Paquistão e Filipinas. Este crescimento, associado ao desenvolvimento social e económico inerente, promove a intensificação das urbanizações ao nível do comércio, indústria, educação, saúde e cultura podendo ser um problema se o crescimento urbano não for gerido de forma adequada, visto que existirá também um aumento da procura de energia, um uso excessivo de recursos naturais e maior emissão de poluentes [1].

Em teoria, o desenvolvimento sustentável só pode ser alcançado se o crescimento e tamanho da população mundial estiverem em harmonia com o potencial de produção de recursos do ecossistema. Contudo, o desenvolvimento sustentável não deve ser abordado assim de forma tão simples, pois em vez de um estado fixo de harmonia deve ser visto mais como um processo de mudança em que a exploração de recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional são feitas de forma consistente com as necessidades futuras e presentes [3].

Em suma, torna-se claro que o setor da energia deverá ser um dos principais focos dos esforços globais para rumar a um planeta mais sustentável.

2.2 Legislação

No âmbito do combate às alterações climáticas, a União Europeia (UE) tem estabelecido metas ambiciosas no que diz respeito à redução do consumo de energia e das emissões de GEE, sendo a legislação referente à certificação energética uma das ferramentas para atingir essas metas. Em novembro de 2016, a Comissão Europeia apresentou o Pacote “Energia Limpa para os Europeus” (Pacote Energia Limpa), com vista ao estabelecimento do necessário enquadramento prático e normativo para a transição energética na década de 2021-2030 e para a criação da União da Energia e da Ação Climática na União Europeia, assegurando o cumprimento do Acordo de Paris sobre as alterações climáticas e o aquecimento global do planeta. Em simultâneo, a salvaguarda do crescimento económico e a criação de emprego, através da prioridade à eficiência energética, ao reforço da aposta nas energias provenientes de fontes renováveis e ao progressivo abandono da energia produzida a partir de combustíveis fósseis, com vista ao desenvolvimento de um sistema energético sustentável, concorrencial, competitivo, eficiente, seguro e descarbonizado até 2050 [2].

A UE pretende alcançar assim um impacto neutro no clima até 2050, uma meta que juntamente com o objetivo intermédio de redução de 55% das emissões de CO₂, desde 2021 até 2030, se encontra estipulada na Lei Europeia do Clima [6]. De modo a alcançar e respeitar estes objetivos foram abordadas várias iniciativas das quais se destaca o regulamento relativo à “Partilha de esforços”, que estabelece objetivos vinculativos para cada país para a redução das emissões de gases com o efeito estufa em setores como os transportes, a agricultura, os edifícios e a gestão de resíduos, que no total representa cerca de 60% do total das emissões da EU [7].

As diretivas europeias estabelecem assim padrões mínimos de eficiência energética para os edifícios, tendo os estados-membros de transpor essas normas para a respetiva legislação nacional. Sendo assim, a legislação em Portugal é atualizada de acordo com a UE, tendo em conta Portugal ser um estado-membro e, como tal, sujeito às diretivas e regulamentos europeus sobre eficiência energética. Ao atualizar a legislação nacional de acordo com a legislação europeia, Portugal garante, não só, que se cumpram as normas de eficiência energética estabelecidas pela União Europeia contribuindo para a redução do consumo de energia e das emissões de GEE, mas também, que a harmonização das normas de eficiência energética na União Europeia facilite a livre circulação de produtos e serviços,

promovendo a competitividade e a inovação. A Figura 2 representa a evolução da legislação em Portugal e na Europa ao longo dos anos.

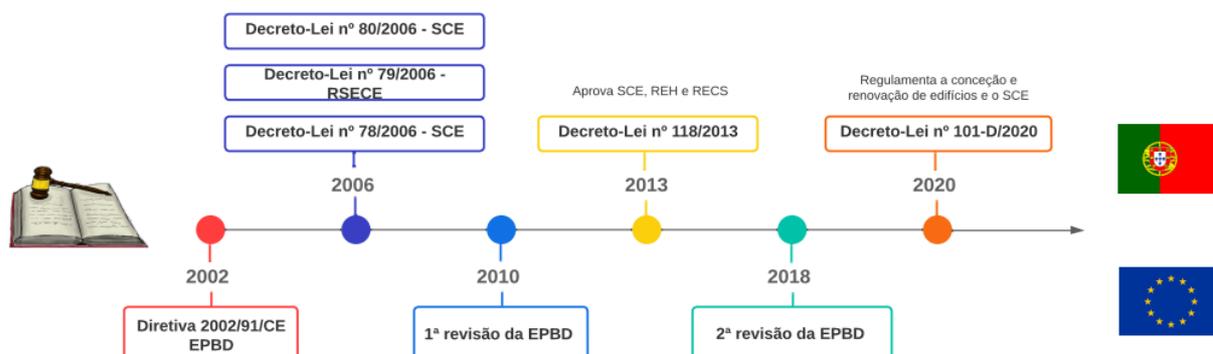


Figura 2 - Evolução legislativa da regulamentação térmica em Portugal e na Europa [8]

A Diretiva n.º 2002/91/CE [9], do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios, conhecida também como EPBD, estabeleceu as bases para a certificação energética de edifícios na UE. Em 2006, Portugal transpôs esta diretiva para a legislação nacional através dos Decreto-Lei nº 78,79 e 80/2006 [10], que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

Desde então, houve várias alterações à legislação em vigor. Em 2010, a UE adotou a Diretiva 2010/31/EU [11] (1ª revisão à EPBD), que estabeleceu novos requisitos para a certificação energética de edifícios. Em Portugal, esta diretiva foi transposta pelo Decreto-Lei nº 118/2013 [12], que atualizou e reformulou o SCE. Posteriormente, em 2018, a UE adotou a Diretiva 2018/844/EU [13] (2ª revisão à EPBD), que alterou as Diretivas 2010/31/UE e 2012/27/EU, introduzindo novas exigências para o desempenho energético dos edifícios e para a renovação dos edifícios existentes. Esta diretiva foi transposta em Portugal pelo Decreto-Lei nº 101-D/2020 [14].

Por fim, em 2020, Portugal aprovou o Decreto-Lei nº 101-D/2020 [2], que atualizou novamente o SCE, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944 [15] e revogando o Decreto-Lei n.º 118/2013, que estabelecia os requisitos aplicáveis aos edifícios existentes para a melhoria do seu desempenho energético. Entre as principais alterações introduzidas, destaca-se a definição de novas classes energéticas e a

revisão das metodologias de cálculo do desempenho energético dos edifícios. Além disso, este decreto-lei estabelece a obrigatoriedade de inspeções periódicas aos sistemas de climatização, a certificação energética para edifícios de serviços com área superior a 500 m², a instalação de infraestruturas e de pontos de carregamento de veículos elétricos e sistemas de automatização e controlo para edifícios com maiores necessidades energéticas.

Em geral, as alterações legislativas referentes à certificação energética de edifícios na UE e em Portugal têm evoluído e convergido para a adoção de medidas mais ambiciosas e eficazes para reduzir o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa.

Concluindo, tal como já abordado, tendo em conta que os edifícios são responsáveis por 36% das emissões totais de gases de efeito de estufa e 40% dos consumos energéticos da União Europeia, percebe-se que a legislação aplicada à eficiência energética dos edifícios representa um papel fundamental no combate às alterações climáticas através de ganhos de eficiência, simultaneamente assegurando-se a redução dos consumos e emissões enquanto se aumentam os padrões de segurança e conforto dos seus utilizadores [2].

2.3 Eficiência Energética

À capacidade de usar energia de forma mais sustentável e eficaz chama-se eficiência energética. Este conceito é conseguido reduzindo o consumo de energia enquanto se mantém ou melhora o desempenho e conforto. A adoção de técnicas de gestão e otimização de energia em processos industriais; a adoção de equipamentos mais eficientes, do género luzes LED ou equipamentos de climatização com melhor rendimento; e a implementação de regulamentos de poupança de energia em estruturas públicas ou privadas, por exemplo, são essenciais para chegar cada vez mais perto da eficiência energética desejada. Todas estas mudanças necessárias acabam por refletir a preocupação da sociedade acerca da eficiência energética, trazendo assim diversas vantagens, desde uma redução dos gastos monetários com energia, uma melhor qualidade de vida, uma redução das emissões dos gases de efeito de estufa (GEE) e a preservação dos recursos naturais, daí este assunto ser de extrema importância para governos, empresas e toda a população mundial em geral.

No fundo, a eficiência energética pode ser vista como uma ferramenta fulcral no que diz respeito ao alívio da crescente pressão na procura de energia. Principalmente depois do Acordo de Paris, assinado na Conferência das Nações Unidas sobre mudanças climáticas de

2015, novos caminhos tiveram de ser tomados em direção à promoção da eficiência energética, tais como: pesquisa e desenvolvimento, investimentos públicos e privados em infraestruturas de energia, novas legislações; planeamento urbano, entre outras. Por outro lado, visto que todas as atividades económicas: particulares, empresas e governos necessitam de energia, certos mecanismos de mercado e novos modelos empresariais desempenham um papel significativo na melhoria da eficiência energética [16].

No que diz respeito às principais e mais recentes legislações europeias e nacionais: em 2015 a UE elegeu a eficiência energética como uma prioridade através da definição dos objetivos do Acordo de Paris. Posteriormente, a 11 de dezembro de 2018 o Parlamento Europeu e do Conselho redigiu a Diretiva EU 2018/2002 [17] referente à eficiência energética que definia um objetivo de eficiência da União Europeia (UE) para 2030 de, pelo menos, 32.5% em comparação com as projeções do Cenário de Referência da União Europeia de 2007 [19]. De acordo com esta meta europeia Portugal criou o Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC) [18] que elege a eficiência energética uma prioridade para o país, tendo definido um objetivo de redução de consumo de energia de 35%, para as mesmas projeções [19]. E por fim, a 30 de junho de 2021 foi oficializada a assinatura da Lei Europeia do Clima [6] que prevê que a Europa se torne o primeiro continente a atingir a neutralidade carbónica até 2050.

2.3.1 Edifícios de Comércio e Serviços

Os edifícios têm impacto no ambiente. Os principais impactos resultantes da contínua construção e utilização de edifícios, provêm da utilização de materiais que são extraídos da natureza, da sua transformação e demolição em fim de vida. O impacto dos edifícios depende também da energia necessária à manutenção das condições de conforto térmico e qualidade do ar no seu interior [20].

A nível nacional, os edifícios residenciais e de serviços são responsáveis por 5% das emissões de gases de efeito de estufa e cerca de 30% do consumo de energia final sendo também uma das fontes mais importantes de emissão de CO₂. Este setor demonstra por isso um elevado potencial de redução de emissões. Estimam-se assim reduções das emissões de GEE no setor de edifícios de serviços de 100%, em 2050, face a 2005. A Figura 3 demonstra as previsões de evolução das emissões nos setores de edifícios de habitação e de comércio e serviços [21].

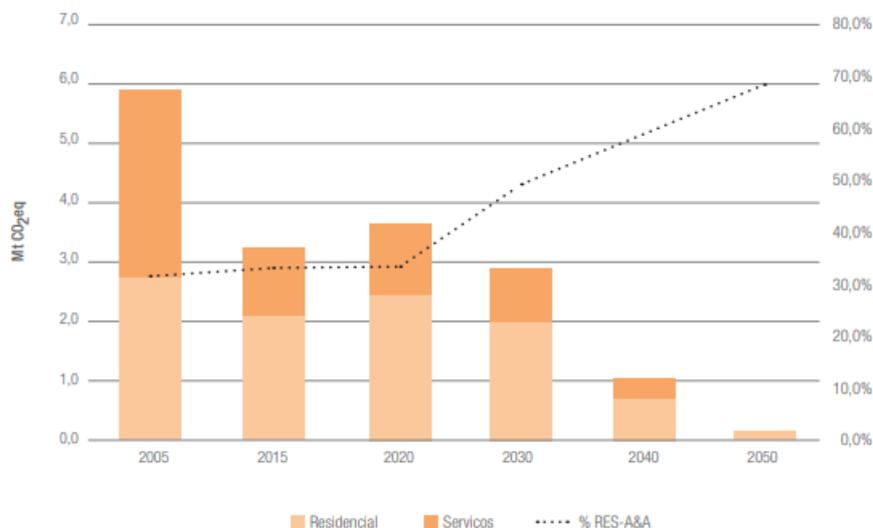


Figura 3 - Evolução das emissões dos setores Residencial e Serviços e percentagem de incorporação de renováveis no aquecimento e arrefecimento [21]

Está previsto para o parque edificado (setor residencial e de serviços) um aumento significativo do conforto térmico, triplicando na estação de aquecimento e duplicando na estação de arrefecimento, face à situação atual. Este aumento de conforto surge pela continuação da tendência de eletrificação do setor (sendo a eletricidade já hoje a principal vertente energética), pela utilização de equipamentos mais eficientes, tal como bombas de calor, pelo uso acrescido de materiais de isolamento e por maiores taxas de reabilitação urbana, tal como substituição de janelas e portas reduzindo infiltrações. Estima-se que medidas de isolamento possam reduzir o consumo de energia para aquecimento em cerca de 26% em 2040, e cerca de 50% em 2050 no setor residencial, pelo que este aumento de conforto não resulta num aumento direto do consumo de energia final. Uma aposta continuada na reabilitação urbana conferirá a oportunidade para a incorporação de melhorias na eficiência energética e hídrica, para a incorporação de materiais de baixo carbono e fontes de energia renovável, contribuindo para o combate à pobreza energética [21].

Em suma, existe uma preocupação geral em promover ao máximo a redução dos impactos nefastos no ambiente e cabe aos principais órgãos de governação mundial a imposição de regras legais que reduzam cada vez mais a utilização de energia fóssil na climatização dos edifícios através de, por exemplo, redução das necessidades energéticas dos edifícios e utilização primordial de energias renováveis [20].

2.3.2 Edifícios nZEB

A reformulação da diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD) exigia que pelo final do ano de 2020 todos os novos edifícios de comércio e de serviços teriam de ser nZEB, caracterizados por um elevado desempenho energético [22]. Na Europa, cerca de 40% da energia final é utilizada nos edifícios, correspondendo a cerca de 36% de todas as emissões de CO₂ da União Europeia. Em Portugal o valor do consumo energético dos edifícios desce para perto dos 30%, contudo continua a ser muito relevante. Com isto percebe-se porque é que é tão importante aumentar a eficiência energética dos edifícios [2].

Assim, surge o conceito de nZEB, ou *Nearly Zero Energy Building*, que são edifícios com necessidades quase nulas de energia, isto é, por serem tão otimizados, quer do ponto de vista do projeto, quer de construção, quase não precisam de energia proveniente do exterior na sua utilização, sendo que a pouca energia de que precisam deve vir de fontes renováveis adquiridas perto do local de construção do edifício, não poluentes e de baixo custo [23]. Isto é, o objetivo de um edifício nZEB passa não só por minimizar a energia consumida pelo edifício através de formas de construção passiva, mas também equilibrar os requisitos de energia do edifício através de sistemas de produção de energia renovável (fotovoltaica, solar térmica, microturbina eólica) estando, portanto, o edifício conectado e a interagir com a rede [24].

Tal como se observa na Figura 4 num edifício nZEB, para que seja cumprida a condição de gastos de energia quase nulos, tem de haver um equilíbrio exímio entre o uso de abordagens passivas na redução do consumo de energia de um edifício, tais como isolamento, ventilação natural ou outras soluções passivas, e a energia produzida pelo mesmo através de técnicas renováveis.

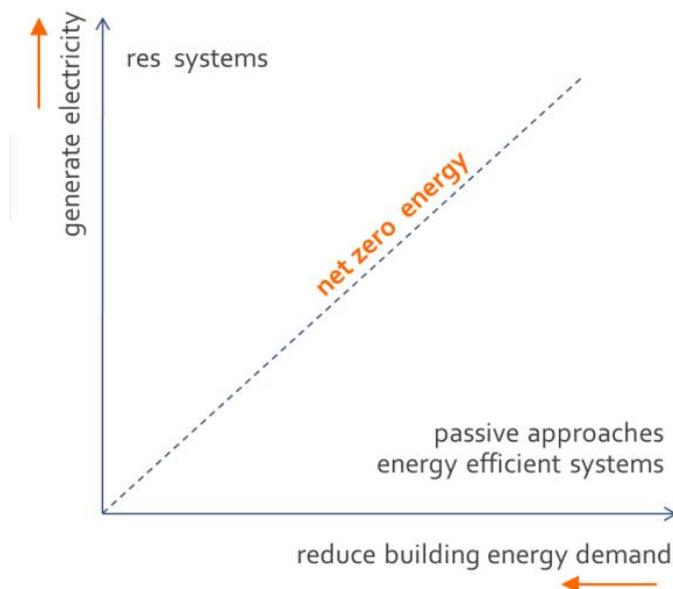


Figura 4 - Representação do equilíbrio de energia necessário nos edifícios nZEB [23]

Por vezes, o conceito de edifícios nZEB é exageradamente relacionado com o uso de fontes de energias renováveis para cobrir as necessidades de energia do edifício. No entanto, se este conceito é facilmente alcançável para edifícios de habitação, no que diz respeito a edifícios não residenciais existe um grande desafio neste aspeto, isto porque estes edifícios consomem grandes quantidades de energia e recursos tornando assim, muitas vezes, insuficiente a produção de energia renovável no local [22]. Para a construção deste tipo de edifícios, é necessário planejar e criar um conjunto de condições e soluções que reduzam o consumo energético através da minimização das perdas, ou ganhos, de energia indesejadas.

Como exemplo existem as “casas passivas”, expoente máximo da eficiência energética a nível mundial. Este conceito construtivo segue um conjunto de princípios que permitem poupanças energéticas de cerca de 75-80% superiores à construção convencional [25]. A forma como se planeiam estas casas passivas é assente em 5 pilares fundamentais: primeiro um isolamento térmico exemplar que diminua ao máximo as perdas de calor; depois a eliminação de pontes térmicas; uma correta orientação do edifício; uma boa estanquidade ao ar exterior evitando infiltrações; e um sistema de ventilação natural que assegure a constante renovação de ar sem requerer energia para o seu funcionamento. Este conjunto de princípios, aliado ao uso de técnicas e materiais adequados, possibilita a construção de um edifício altamente eficiente, confortável e acima de tudo com gastos de energia quase nulos (nZEB).

Outro aspeto a ter em conta é a adoção de soluções de base natural (*nature based solutions*) que podem revestir parcialmente a envolvente dos edifícios, e que pode contribuir para alterar o balanço energético do edifício, visto que o solo e as plantas absorvem o calor. No que diz respeito à qualidade de ar interior (QAI) nos edifícios, este tipo de soluções pode ser benéfico visto que já existem bastantes estudos que indicam que certos microrganismos presentes nestas soluções de base natural contribuem para a filtragem do ar e respetiva renovação do ar interior reduzindo assim a necessidade de sistemas de purificação de ar possíveis consumidores de energia [26].

Os edifícios com necessidades quase nulas de energia estão a revelar-se como uma das principais medidas, adotadas pelos governos de vários países, com maior potencial de redução das emissões de GEE e de consumo de energia. É importante voltar a referir que estes não trazem só benefícios ao nível da poupança e eficiência energética, mas também no que toca ao aumento do conforto térmico. De acordo com estudos de análise de conforto térmico, percebe-se que o seu desempenho nestes edifícios é significativamente superior por causa do balanço e homogeneização da distribuição das sensações térmicas pelos espaços. De acordo com a avaliação do conforto térmico segundo *Fanger*, nestes edifícios há uma redução do número de horas em que a sensação térmica é “ligeiramente fresca” e um aumento do nº de horas em que a sensação térmica é “neutra” ou “ligeiramente quente”. A causa deste fenómeno é uma otimização do isolamento e maior estanquidade ao ar, o que faz com que o aumento ou decréscimo da temperatura quando se desligam os equipamentos de climatização se dê de forma equilibrada [27].

Segundo a União Europeia, cabe a cada um dos Estados Membro definirem para o seu país o que é um edifício com necessidades quase nulas ou nZEB. A Tabela 1 é referente aos requisitos definidos por Portugal para que um edifício de comércio e serviços seja considerado nZEB, segundo o Despacho nº6476-E/2021 de 1 de julho [28] [29].

Tabela 1 - Requisitos necessários para Edifícios de Comércio e Serviços nZEB [28]

Tipo de requisito	Requisito
Classe energética	Igual ou superior a B
Energia primária total	$R_{IEE}^1 \leq 0,75$
Energia primária renovável	$R_{enc\&s} \geq 0,50^2$
Energia primária fóssil	$IEE_{fossil,S} \leq 0,75 \times IEE_{ref,S}$

Concluindo, o conceito de edifícios com consumos de energia quase nulos (nZEB) é um aspeto que está a marcar o presente e o futuro parque edificado visto que a redução do coeficiente de transmissão térmica do envelope dos edifícios, o aumento da eficiência dos sistemas AVAC, o aumento do controlo da renovação de ar, a redução das infiltrações e o uso de ventilação mecânica com recuperação de calor já provaram ser medidas eficientes no que diz respeito à obtenção de edifícios nZEB, mas também porque ainda há muito espaço para novas oportunidades e técnicas em torno deste conceito, não só de cariz tecnológico energético e digital, mas também de novos modelos de negócio, integrados num conceito mais amplo de bairros inteligentes e até cidades inteligentes.

2.4 Conforto térmico

O conceito de conforto térmico é subjetivo não tendo por isso uma definição exata geral para todas as pessoas. Este pode ser definido como: “A condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” – segundo a norma *ASHRAE 55*, mas segundo Ole Fanger, cientista que inventou um dos modelos de avaliação do conforto térmico, esta é definida por “A condição na qual uma pessoa não prefira nem mais calor nem mais frio no ambiente a seu redor”, por outras palavras, quando atinge a neutralidade térmica. No entanto, apesar das diferentes opiniões no que toca ao conforto térmico, todas elas são muito parecidas [30].

No geral, em edifícios, tanto de habitação, como de comércio e serviços, é necessário garantir o conforto dos seus ocupantes de modo a proporcionar um ambiente saudável, de

¹ Em que IEEs é o valor máximo do indicador de eficiência energética e R_{IEE} é o rácio de classe energética.

² Apenas aplicável quando existem necessidades de AQS

bem-estar e produtivo, promovendo assim a qualidade de vida e a eficiência operacional. O conforto térmico é influenciado por inúmeros fatores, incluindo a temperatura do ar ambiente, a humidade relativa do ar, a sua velocidade, a temperatura média radiante e, por fim, a atividade física e o vestuário dos ocupantes [31]. Embora a Norma *ASHRAE 55* indique que a sensação térmica não difere de acordo com a idade, esta influência indiretamente [32].

Direcionando-nos agora para o tema de lar e centro de dia, sabemos que de acordo com as nações unidas (2017) a esperança média de vida nos últimos anos aumentou elevando assim o número de idosos [32]. Atualmente, Portugal apresenta mais de dois milhões de habitantes com 65 anos ou mais, pelo que em 2021, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística, os habitantes com idade igual ou superior a 65 anos representavam cerca de 23,4% da população residente em Portugal. Relativamente a 1970 notou-se um crescimento em cerca de quase 15% [33].

Posto isto, existe uma crescente procura de serviços de cuidados, como por exemplo lares e centros de dia para idosos, centros de atenção para idosos, entre outros. Esta tendência implica a criação de mais espaços e/ou até mesmo renovação dos existentes para que para além de cumprirem com a legislação atual dos edifícios garantam uma adequada sensação térmica e qualidade do ar interior.

Como já foi referido, um dos objetivos no setor dos edifícios é melhorar o desempenho energético do edifício, diminuindo não só a energia gasta, como as emissões equivalentes de CO₂. Contudo, é necessário conciliar estes, com o aumento do conforto dos ocupantes.

Os idosos, devido ao processo de envelhecimento não apresentam a mesma capacidade de regulação da temperatura corporal, sendo que para jovens e adultos, a temperatura de conforto térmico está entre os 20 e os 24°C e nos mais velhos, esta temperatura ronda os 25,3°C. Além disto, pessoas com mais de 65 anos apresentam um menor nível de atividade, logo uma menor taxa metabólica [32].

Em suma, concluiu-se que para lar de idosos, apesar da regulamentação não fazer diferenciação das faixas etárias, é necessário ter outros cuidados relativamente ao conforto térmico, pois estes têm uma perceção diferente sobre o mesmo.

2.5 Qualidade do Ar Interior

O tempo que se passa dentro de um edifício depende de vários fatores que variam de pessoa para pessoa, como por exemplo, o estilo de vida, o clima e até mesmo a localização geográfica. Contudo, dados estatísticos mostram que, em média, as pessoas passam a maior parte do tempo dentro de edifícios, cerca de 18 a 20h por dia, o que equivale a aproximadamente 90% das suas vidas em ambientes internos. Nestes já estão contabilizados as horas no local de trabalho, que acabam por ser uma percentagem substancial [34].

Esta tendência verifica-se mais em áreas urbanas e em sociedades industrializadas, daí a importância da localização geográfica. As pessoas passam muito do seu tempo nas suas casas, escritórios, instalações de saúde, lojas, escolas, entre outros. Portanto, é necessário garantir um ambiente interno saudável para que se possa obter um espaço mais produtivo. Assim, são cruciais uma boa qualidade de ar interior e a segurança dos ocupantes, não só pela sua saúde como pelo seu bem-estar.

Um ar considerado limpo é composto essencialmente por [35]:

$$\text{Ar limpo} = N_2 + O_2 + Ar_2 + \text{outros gases} \quad (1)$$

Em grandes cidades, no ar exterior existem várias fontes poluidoras, entre as quais, o fumo resultante das emissões dos carros e de fábricas. Estas fontes libertam substâncias para a atmosfera, alterando o ar que as rodeia e, conseqüentemente contaminando-o. Relativamente aos espaços interiores, acontece o mesmo, no entanto, as fontes contaminantes são diferentes, originando COV's (compostos orgânicos voláteis) libertados através: do fumo do tabaco, produtos de limpeza, tintas, vernizes, etc. [35].

Em locais de trabalho, as principais razões que levam a um desequilíbrio da qualidade do ar interior são [34]:

- Espaço insuficiente ou a má gestão do mesmo (superlotação);
- Gestão inadequada ou defeitos nos sistemas de climatização;
- Excesso de humidade;
- Entrada de poluentes exteriores através da ventilação ou infiltrações;
- Uso de poluentes em processos.

Por vezes, o ar viciado, dentro de edifícios, pode provocar sensações desagradáveis, pelo que, para as evitar, é necessário introduzir uma quantidade de ar exterior, para que se dê a sua renovação. Esta renovação existente em edifícios designa-se de ventilação, que tanto pode acontecer por meios naturais e/ou por meios mecânicos [35].

Assim, sendo que a qualidade do ar interior é um fator bastante importante a garantir aquando da conceção de um novo edifício ou renovação, pode-se encontrar na regulamentação portuguesa, mais concretamente na Portaria n.º138-G/2021 de 1 de julho de 2021, os contaminantes e as concentrações máximas admissíveis a serem consideradas na análise do ar interior [35].

2.6 BIM e Simulação dinâmica multizona de edifícios

O contínuo desenvolvimento tecnológico vai progressivamente aumentando a simplicidade de realizar os diferentes processos e funções do quotidiano e como tal, o aparecimento de diversos *software* tem vindo a facilitar a análise e desenvolvimento de conceitos, reduzindo assim o custo e tempo de trabalho.

BIM ou *Building Information Modelling* atua na cadeia de valor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) como uma melhoria à abordagem da conceção, construção, operação e manutenção de uma obra, utilizando um modelo digital 3D, único e normalizado, que contém toda a informação criada e reunida da obra podendo ser lida legivelmente e universalmente [36]. No fundo, BIM diz respeito a diversos processos, métodos e software interligados entre si de modo a melhorar a cooperação e a comunicação de todas as partes envolvidas no projeto.

No que diz respeito ao estudo energético os modelos BIM são usados como base para a realização das simulações dinâmicas. Estes modelos fornecem informações essenciais no que toca à geometria do edifício, materiais de construção, sistemas AVAC, iluminação, sistemas de bombagem, entre outros, que são usados para criar um modelo de simulação dinâmica multizona, que permite avaliar o desempenho energético de um edifício.

A simulação dinâmica de edifícios tem-se afirmado cada vez mais como uma ferramenta fulcral na avaliação e otimização do desempenho energético de edifícios. Com o crescente aumento das preocupações em relação à sustentabilidade e consequente redução

do consumo de energia, a simulação dinâmica tornou-se a principal maneira de avaliar a eficiência energética, o conforto térmico, a qualidade de ar interior dos edifícios e identificar oportunidades de melhorias. Através da simulação dinâmica multizona, o projetista obtém resultados mais fiáveis, detalhados e num menor tempo quando comparado a outros métodos mais ancestrais.

Em geral existem três passos principais no processo de simulação de um qualquer evento, recorrendo a programas de simulação numérica, nomeadamente: o pré-processamento que começa com a criação de um modelo geométrico que representa o edifício e as zonas térmicas em estudo e onde são dados os *inputs* acerca da envolvente, ocupação, sistemas de climatização, iluminação, horários de funcionamento, entre outros; o processamento (*solver*) que é feito pelo *software*, sem interação do utilizador, e onde os modelos matemáticos são resolvidos usando algoritmos numéricos já desenvolvidos de transferência de calor, balanço de energia, consumos energéticos, entre outros; e por último o pós-processamento e que diz respeito à visualização e análise dos resultados referentes ao desempenho do edifício, incluindo, entre outros, os consumos de energia e as necessidades do edifício. Os *software* de simulação dinâmica de edifícios são por isso programas de simulação numérica que utilizam modelos matemáticos que representam o funcionamento térmico e energético do edifício.

A simulação dinâmica multizona para determinação das necessidades e consumos de energia do edifício deve ser realizada de acordo com um programa acreditado pela norma ASHRAE 140-2004, que avalia as capacidades técnicas e o alcance de aplicações do programa e indica as suas maiores falhas e limitações [37] [38]. O programa a utilizar deve ter capacidade para modelar [38]:

- Mais do que uma zona térmica;
- Com um incremento horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas (24h x 365 dias);
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;

- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins de semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

No fundo, os programas de *software* de simulação dinâmica de edifícios são uma ferramenta importantíssima para verificar o cumprimento da legislação existente e garantir assim o conforto térmico, a qualidade de ar interior e a eficiência energética do parque edificado.

2.6.1 CYPE

O CYPE constitui uma das mais poderosas e extensas bibliotecas de *software* vocacionado para o projeto de edificação corrente. Este apresenta-se desde sempre na vanguarda dos *software* BIM, permitindo a realização de projeto das mais diversas especialidades de engenharia, civil, mecânica, eletrotécnica, telecomunicações, orçamentação, entre outros, sempre de forma integrada e com informação partilhada [39].

A versão em português do CYPE é da responsabilidade da “Top Informática”, empresa certificada pela norma NP EN ISO 9001:2015 "no âmbito das atividades de conceção, validação, adaptação e comercialização de *software* e bibliografia técnica para arquitetura, engenharia e construção, assistência técnica e formação de utilizadores" [39].

De todos os *software* que o CYPE engloba, as características e aplicação detalhada de alguns desses *software* usados no presente projeto são:

1. *BIMserver.center*: plataforma web gratuita, com memória de 1Gb, onde é possível implementar, gerir e partilhar na *cloud* um fluxo de trabalho *Open* BIM colaborativo e multiusuário que permite o desenvolvimento de projetos de forma coordenada com os distintos técnicos intervenientes [40].
2. *IFC Builder*: aplicação gratuita para modelagem geométrica em 3D do edifício a estudar. O projeto é gerado e integrado no fluxo de trabalho *Open* BIM através da importação e exportação de modelos IFC [40].

3. *CYPETHERM SCE Plus*: aplicação de licença paga, concebida para a avaliação do desempenho energético dos edifícios, cumprindo com os requisitos aplicáveis a edifícios de comércio e serviços regulado pelo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), com base no Decreto-Lei nº 101/2020, aplicando ao modelo do edifício a simulação dinâmica multizona que utiliza o motor de cálculo *EnergyPlus* TM [41]. Esta aplicação permite aos profissionais realizar análises detalhadas do consumo de energia do edifício tendo por base fatores como a envolvente, sistemas técnicos, iluminação, entre outros; determinando as necessidades de aquecimento, arrefecimento e AQS e ainda fornece a etiqueta energética do edifício mediante os *inputs* considerados.
4. *CYPELUX*: é um *software* gratuito que permite o cálculo luminotécnico da iluminação interior, exterior e de emergência de um edifício, considerando fatores como distribuição de luz, o nível de iluminância, conforto visual, etc.
5. *CYPETHERM Improvements Plus*: tal como as anteriores, é uma aplicação concebida para a realização de auditorias energéticas ao edifício e análise das possíveis medidas de melhoria, com estudo energético e económico das mesmas, estando este *software* em sintonia com outros programas CYPE, nomeadamente, o *CYPETHERM SCE Plus* [42].

Em conclusão, a utilização dos programas CYPE traz diversas vantagens como: uma ampla gama de funcionalidades com diversos *software* para diversas especialidades, integração BIM facilitando a integração entre diferentes partes envolvidas, precisão e fiabilidade, eficiência e produtividade devido a uma maior otimização do fluxo de trabalho e várias atualizações regulares.

2.6.2 CYPETHERM SCE-CS Plus

Este *software* de simulação energética está dividido em quatro partes fundamentais: a biblioteca, onde são definidos os compartimentos, a envolvente opaca e a envolvente envidraçada; as zonas, onde são agrupados os compartimentos e divididos por zonas conforme os seus sistemas de climatização e ventilação; os sistemas AQS, onde é indicado ou definido o sistema que faz a produção de águas quentes sanitárias; e por último os sistemas de climatização que tal como o próprio nome indica é onde se faz a caracterização dos

sistemas de climatização do edifício. A Figura 5 representa um exemplo de uma árvore de trabalhos do *software* utilizado, onde são definidas e caracterizadas as condições já referidas.

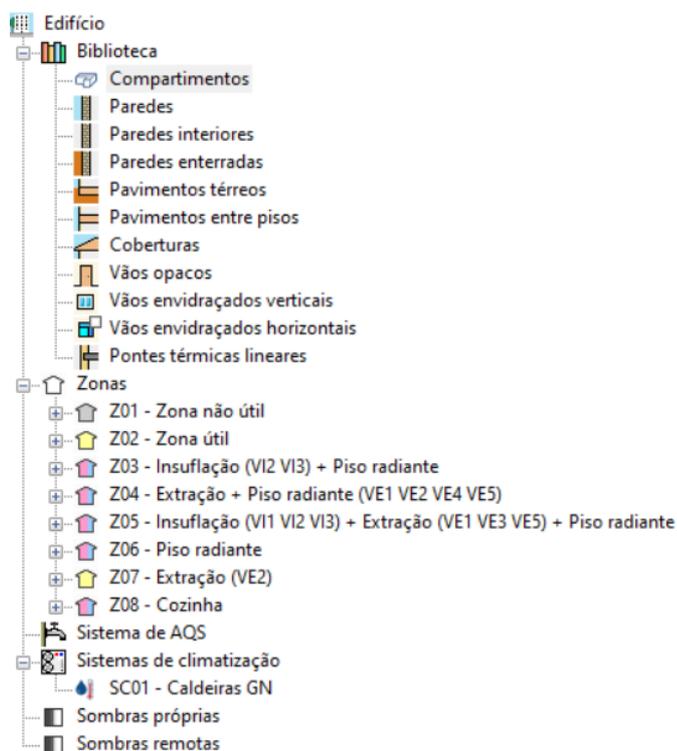


Figura 5 – Exemplo de uma árvore de trabalhos do *software* CYPETHERM SCE-CS Plus

Outros dados mais gerais e abrangentes são definidos na aba “Dados gerais”, representada na Figura 6, e dizem respeito aos dados climáticos, à existência de sistemas produtores de energia renovável e a parâmetros gerais (ver Figura 7) tais como necessidades diárias de AQS, caracterização do edifício em termos de PES/GES e novo/existente/grande renovação, outros consumos de energia, entre outros.

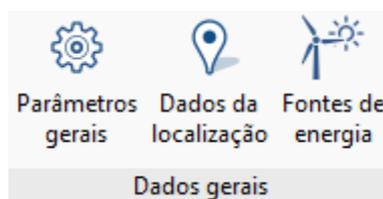


Figura 6 - Aba onde são definidos os dados gerais

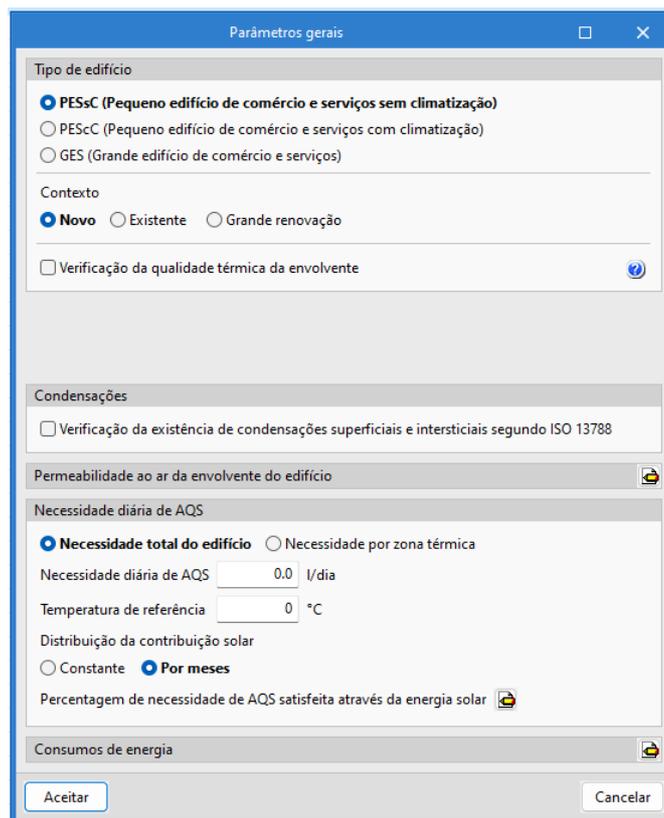


Figura 7 - Separador onde são definidos os parâmetros gerais

Por fim, segue-se a realização da simulação e a obtenção de resultados. Este processo é feito na aba da “Verificação regulamentar” que permite fazer o cálculo da simulação, tanto para o ano todo, como para certos meses apenas; fornece resultados de consumos, de necessidades, de pontes térmicas, de conforto térmico, da envolvente envidraçada e opaca; apresenta a listagem SCE-CS com a classificação energética e permite também aceder aos ficheiros de cálculo do motor de cálculo do *Energy plus*. A Figura 8 representa a aba da verificação regulamentar onde é possível iniciar o cálculo energético e ver as listagens resultantes do cálculo da simulação.

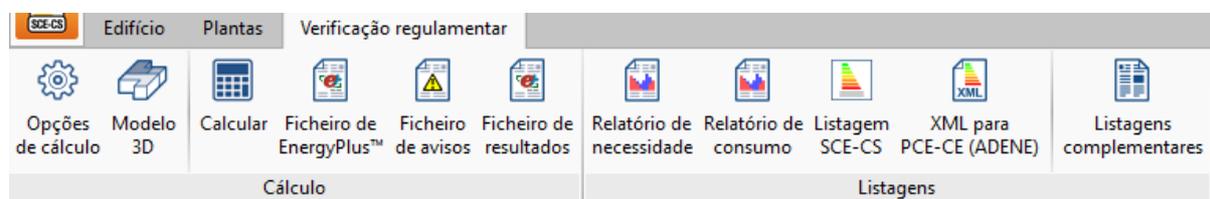


Figura 8 - Separador de cálculo e apresentação de resultados da simulação

2.7 Certificação Energética – Comércio e Serviços

2.7.1 Metodologia de avaliação do desempenho energético

A certificação energética de edifícios procura alcançar diversos objetivos, tais como: permitir a avaliação do desempenho energético dos edifícios e do cumprimento dos requisitos aplicáveis; servir como suporte para a identificação de melhorias; informar os consumidores numa fase prévia à transação de edifícios através de disponibilização de informação relativa ao desempenho energético; e servir de elemento de suporte para atribuição de benefícios fiscais, incentivando assim a adoção de medidas de melhoria [2].

A gestão do sistema de certificação energética está a cargo da ADENE que fica responsável por gerir o registo central dos certificados energéticos, acompanhar a atividade e prestar apoio, garantir a boa formação dos técnicos do SCE nos termos do Decreto-Lei nº 102/2021 de 19 de novembro, garantir a qualidade de informação produzida no âmbito do SCE, dinamizar a criação, operacionalização e publicitação de sistemas de incentivo à eficiência energética nos edifícios e promover o SCE e incentivar a sua utilização [2].

De modo a alcançar os objetivos propostos, de acordo com o despacho nº 6476-H/2021 e posteriormente o despacho nº 9216/2021 (revisão), foi criado o Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios (manual SCE) que tal como o próprio nome indica funciona como um manual de instruções e estabelece a metodologia de cálculo para efeitos da avaliação do desempenho energético dos edifícios de habitação ou comércio e serviços. Este manual inclui os procedimentos para a emissão de um pré-certificado energético (PCE) ou certificado energético (CE), designadamente, enquadramento, caracterização do edifício e sua localização, caracterização dos elementos da envolvente e dos sistemas técnicos, metodologia de cálculo, determinação de indicadores e da classe energética do edifício, identificação e estudo de medidas de melhoria e relatório de avaliação do DEE [38].

A avaliação do desempenho energético do edifício, ou seja, os resultados da simulação energética assentam na determinação dos balanços de energia primária dos edifícios previsto e de referência, de acordo com os indicadores de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) e de referência (IEE_{ref}), respetivamente.

O edifício previsto pode ser visto como o edifício real em estudo e no seu indicador de eficiência energética estão englobados os consumos do tipo S: que são todos os consumos de climatização, ventilação e bombagem afetos a espaços interiores úteis, toda iluminação fixa e

sistemas de preparação de águas quentes; os consumos do tipo T: que são todos os consumos de climatização, ventilação e bombagem afetos a espaços interiores não úteis, hotes, equipamentos de frio e iluminação exterior ou de emergência; e a componente da energia renovável: que inclui sistemas solares, eólicos, entre outros. Assim sendo, o IEE_{pr} traduz a totalidade dos consumos anuais de energia primária no edifício por unidade de área e pode ser calculado através da equação 2. Para a definição do edifício previsto devem se ter em conta dados referentes à ocupação, condições interiores, dados climáticos, condições de fronteira, zonamento, volumetria, pontes térmicas, envolvente envidraçada e opaca, ventilação, climatização, AQS e AQP, iluminação, instalações de elevação e outros equipamentos, conforme a Tabela 101 do Manual SCE [38].

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad (2)$$

- IEE_{pr} – Indicador de eficiência energética previsto;
- $IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S;
- $IEE_{pr,T}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo T;
- $IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável.

Em contrapartida, o edifício de referência deve ser visto como o edifício de referência ao qual o edifício previsto vai ser comparado. Para determinação do seu balanço de energia primária, representado pelo indicador de eficiência energética de referência (IEE_{ref}) são usados os consumos de energia para os usos regulados (consumos tipo S) e os consumos de energia dos usos não regulados (consumos tipo T), considerando a inexistência de sistemas renováveis, e tal como o indicador de eficiência energética previsto, este também deve respeitar certas condições estipuladas para um edifício de referência de acordo com a Tabela 102 do Manual SCE [38]. O cálculo do IEE_{ref} é feito com base na equação 3.

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad (3)$$

- IEE_{ref} – Indicador de eficiência energética de referência;
- $IEE_{ref,S}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo S;
- $IEE_{ref,T}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo T.

Posto isto, existem condições para calcular e obter os resultados referentes à classe energética de um edifício. Nos edifícios de comércio e serviços a classe energética é dada

segundo a Tabela 2 determinada em função do rácio de classe energética (RIEE) cuja equação é descrita em baixo.

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (4)$$

- R_{IEE} – Rácio de classe energética em edifícios de comércio e serviços;
- $IEE_{pr,S}$ – Indicador de eficiência energética previsto do tipo S;
- $IEE_{pr,ren}$ – Indicador de eficiência energética previsto renovável;
- $IEE_{ref,S}$ – Indicador de eficiência energética de referência do tipo S.

Tabela 2 - Intervalos de valor 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	$R_{IEE} > 2.50$

Em suma, a metodologia de avaliação do desempenho energético de um edifício e a atribuição do seu grau de classe energética baseiam-se na comparação do edifício previsto, em estudo, tendo em conta os consumos e a produção de energia renovável, com um edifício de referência, exemplo, com consumos de referência já estipulados e sem considerar produção de energia renovável.

2.7.2 Certificado energético

O Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, estabeleceu que, no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, são emitidos pré-certificados energéticos, certificados energéticos e declarações provisórias. Estes documentos, gerados em formato *portable document format (pdf)*, têm em vista a publicitação da certificação energética de um determinado edifício, caracterizando-o em termos de desempenho energético, bem como o

respetivo conteúdo obrigatório e regras para a respetiva emissão, nos termos do disposto nos seus artigos 20.º a 23.º [43].

Existe por isso um modelo que os pequenos certificados energéticos (PCE) e os certificados energéticos (CE) têm de respeitar, que está representado na Figura 9, Figura 10 e Figura 11.

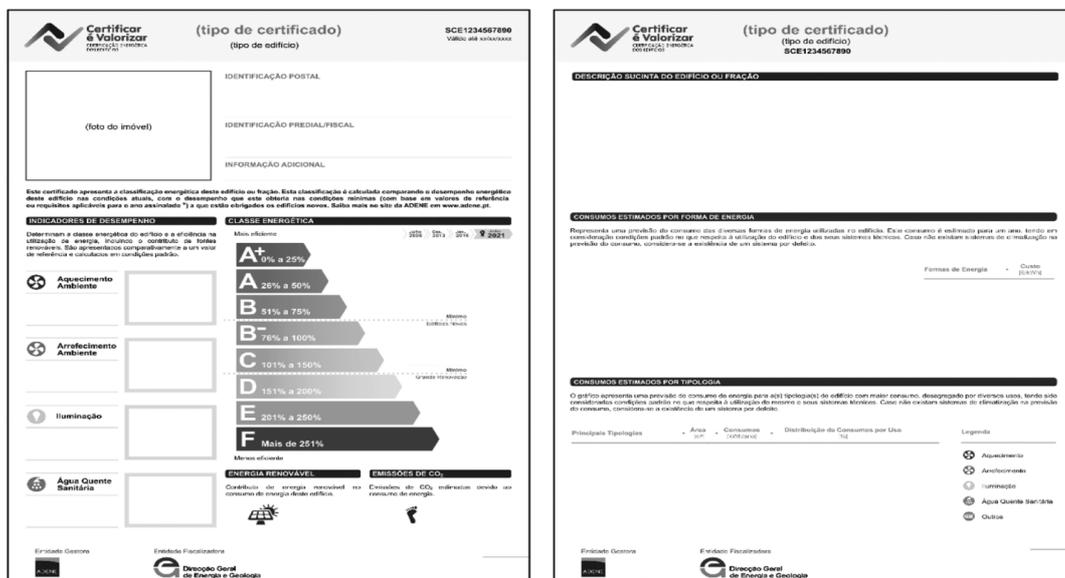


Figura 9 - Modelo de CE: Indicadores de desempenho; classe energética; energia renovável; emissões de CO2; descrição do edifício; consumos de energia; consumos estimados por tipologia [43]

Figura 10 - Modelo de CE: propostas de melhoria; conjunto de medidas de melhoria; recomendações sobre sistemas técnicos; definições, informação adicional e observações [43]

Figura 11 - Modelo CE: resumo dos principais indicadores; dados climáticos; paredes, coberturas, pavimentos e PTP; vãos envidraçados; sistemas técnicos e ventilação; consumos reais por forma de energia [43]

Tal como observado no modelo representado nas três figuras anteriores, no que diz respeito ao conteúdo técnico, estes documentos devem conter [43]:

- Tipo de edifício;
- Data de validade do CE;
- Fotografia do imóvel;
- Identificação postal e predial/fiscal;
- Dados climáticos;
- Indicadores de desempenho;
- Enquadramento temporal dos requisitos;
- Identificação de edifício nZEB, quando aplicável;
- Classe energética;
- Contributo de energia renovável;
- Emissões de CO₂;
- Descrição sucinta do edifício ou fração;
- Consumos estimados por forma de energia;
- Propostas de medidas de melhoria para a redução das necessidades de energia e para a otimização dos níveis de saúde, conforto e qualidade do ar interior, incluindo a sua descrição, custo estimado do investimento, retorno do investimento, a redução anual do consumo de energia, e consequente redução anual da fatura energética e o impacto na classe energética;
- Conjunto de medidas de melhoria;
- Recomendações sobre sistemas técnicos;
- Identificação e descrição das soluções construtivas, dos sistemas técnicos e da ventilação, identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel, e detalhe das respetivas medidas de melhoria, quando propostas;
- Consumos reais por forma de energia.

Por fim, o modelo complementar de certificado energético para afixação tem os elementos gráficos presentes na Figura 12.



Figura 12 - Modelo complementar do CE: nota de apoio; etiqueta energética; classe energética [44]

3. CASO DE ESTUDO: CENTRO SOCIAL E PAROQUIAL DE MIRE DE TIBÃES

Neste capítulo é apresentado e caracterizado o edifício caso de estudo da dissertação, isto é, onde é descrita a envolvente do edifício, os sistemas técnicos, a iluminação, cargas térmicas associadas, perfis de utilização, entre outros, de forma a ser possível realizar a simulação energética do Centro Social e Paroquial (lar e centro de dia) de Mire de Tibães, um edifício de comércio e serviços. São também apresentadas todas as assunções e simplificações necessárias para a definição do edifício com a finalidade de serem criados modelos para a sua análise térmica e energética. É importante referir que para obtenção de toda a informação necessária à realização do projeto, foram utilizados os documentos do projeto de construção do edifício, foram realizadas algumas reuniões com o representante do lar e várias visitas ao edifício, com vista ao levantamento de todos os parâmetros necessários e que são descritos ao longo do presente capítulo.



3.1 Localização, entorno e clima

3.1.1 Localização

O edifício em estudo, Figura 13, diz respeito a um Lar e Centro de Dia localizado na freguesia de Mire de Tibães, Braga, situado a uma altitude de 44 m e a uma distância da costa

marítima de aproximadamente 27 km. De notar que o edifício se encontra na região A³ do território e apresenta um nível de rugosidade II, por se apresentar na periferia de uma zona urbana.

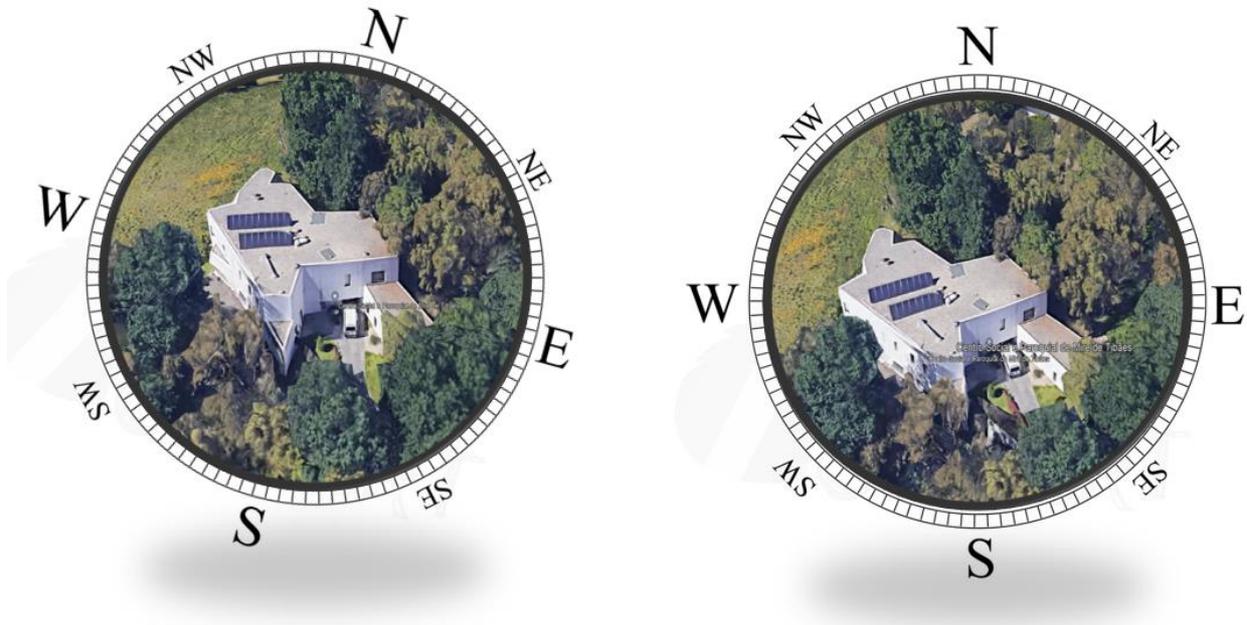


Figura 13 - Localização do edifício e respetiva orientação geográfica. Imagens retiradas e adaptadas do *Google Earth*.

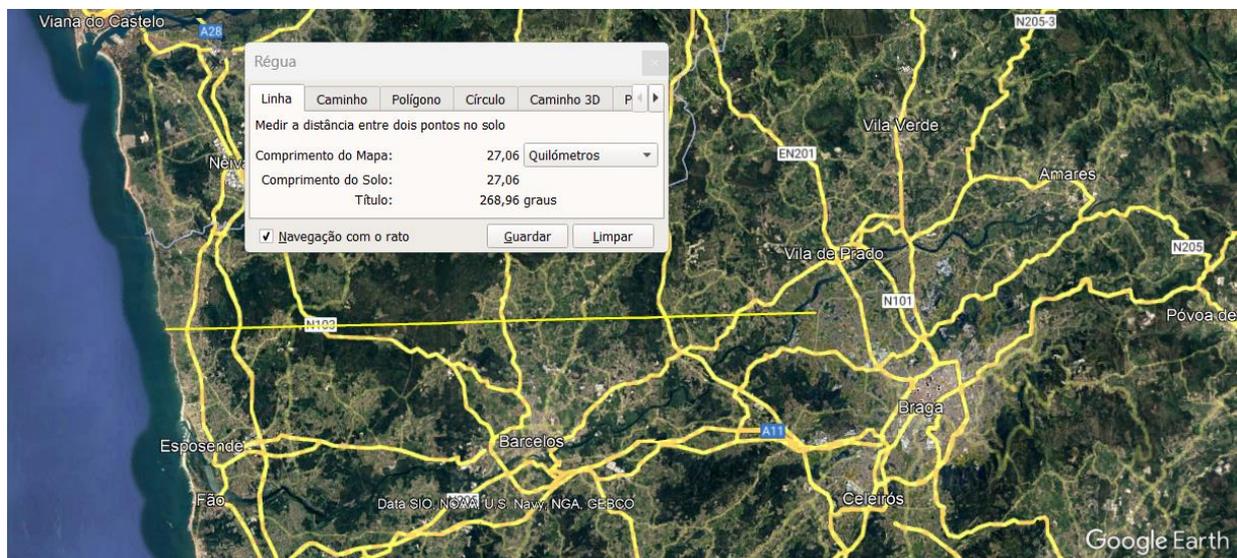


Figura 14 - Distância do edifício à costa marítima. Imagem retirada da *Google Earth*.

³ Todo o território Nacional, exceto a Região Autónoma da Madeira, Região Autónoma dos Açores e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa ou com altitude superior a 600 m.

A construção deste edifício localiza-se num espaço previsto no plano diretor municipal (PDM) para floresta de produção, cumprindo os requisitos exigidos no P.D.M., num enquadramento com os princípios de edificabilidade em floresta de produção. A Tabela 3 representa a definição da localização do edifício já existente.

Tabela 3 - Localização do edifício

Dados	Edifício de Serviços	
Morada:	Rua dos Verdes, nº4	
Código postal:	4700-565	
Localidade:	Mire de Tibães	
Freguesia:	Mire de Tibães	
Concelho:	Braga	
Nome do edifício:	Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães	
Conservatória do Registo Predial:	Braga	
Imóvel inscrito sob o nº:	1574	
Código de Freguesia:	030325	
Imóvel inscrito sob o Artigo matricial nº:	1569	
Coordenadas GPS:	Latitude:	41.58095125071315°
	Longitude:	-8.477123600334847°

3.1.2 Zona climática

O edifício deve ser caracterizado em função da sua zona climática de inverno e de verão, encontrando-se definidos três tipos para cada estação (I1, I2, I3, para o inverno, e V1, V2 e V3, para o verão). As zonas climáticas são necessárias na verificação do cumprimento dos requisitos de qualidade térmica da envolvente e, no caso dos edifícios de habitação, dos indicadores de conforto térmico [38].

Nos edifícios de comércio e serviços, o desempenho energético do edifício (DEE) é avaliado num método horário, devendo o respetivo ficheiro climático ser obtido através do software SCE.CLIMA_v1.0, Figura 15, disponível para descarregar no sítio eletrónico da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), mediante parametrização da altitude do local e do concelho [38].

The screenshot displays the 'Seleção por município' (Selection by municipality) interface. A dropdown menu shows 'Braga' selected. A map of Portugal highlights the Braga region. Below the map, a message states '«Braga 44m.dat» foi criado'. A 'preparar ficheiro' (prepare file) button is visible, along with a dropdown menu set to 'SCE (formato para Cálculo Dinâmico Simplificado)'. To the right, the 'Zona climática' (Climate zone) panel shows: NUTS 3: Cávado; Latitude: 41,6 °N (nominal); Longitude: 8,5 °W (nominal); Altitude: 171 m (referência). The 'Local específico' (Specific local) panel shows: Município: Braga; Altitude: 44 m. The 'Estatísticas climáticas' (Climate statistics) panel compares 'Referência' (Reference) and 'Este local' (This local) data for heating and cooling stations. The 'Zonas regulamentares de verão e inverno' (Regulatory zones for summer and winter) panel shows V 2 and I 2.

Zona climática	
NUTS 3:	Cávado
Latitude:	41,6 °N (nominal)
Longitude:	8,5 °W (nominal)
Altitude:	171 m (referência)

Local específico	
Município:	Braga
Altitude:	44 m

Estatísticas climáticas		
	Referência	Este local
Estação de aquecimento		
Período:	6,8	6,7 meses
T média:	9,0	9,8 °C
Graus-dia:	1491	1326 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	20,7	21,1 °C

Zonas regulamentares de verão e inverno	
V	I
V 2	I 2

Figura 15 - Definição das zonas climáticas de inverno e verão com recurso ao *software* SCE.CLIMA_v1.0 da DGEG

O edifício em questão encontra-se abrangido pelas unidades territoriais NUTS III, nomeadamente, a zona do Cávado. No que diz respeito à estação de aquecimento, a zona climática de inverno é I2 e para a estação de arrefecimento, a zona climática de verão é a V2.

3.2 Caracterização do edifício

3.2.1 Descrição do edifício

O edifício em estudo começou o seu processo de projeto e construção no ano de 2007 e consiste num centro de dia e apoio a idosos, isto é, um edifício de comércio e serviços, construído inicialmente com capacidade de utilização para 15 utentes em lar, 30 utentes em centro de dia e capacidade de apoio domiciliário para 30 utentes. No entanto, atualmente, o Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães funciona com 18 pessoas em lar e 20 pessoas em centro de dia.

Funcionalmente, o edifício com uma área total de 1251.70 m² organiza-se em três pisos, nomeadamente, a cave ou piso -1 (310.07 m²) o rés-do-chão ou piso 0 (499.37 m²) e o 1º piso (441.27 m²). Embora permita a distribuição em cinco espaços funcionais distintos: o espaço de serviço, ao nível da cave, o espaço de apoio médico, espaço administrativo e centro de dia, ao nível do rés-do-chão e o lar, no primeiro piso. Da área total do edifício, cerca de 150.05 m² são considerados espaços não úteis. Posto isto é importante referir que a cave engloba a garagem, arrecadação, despensa, lavandaria e balneários para ambos os sexos.

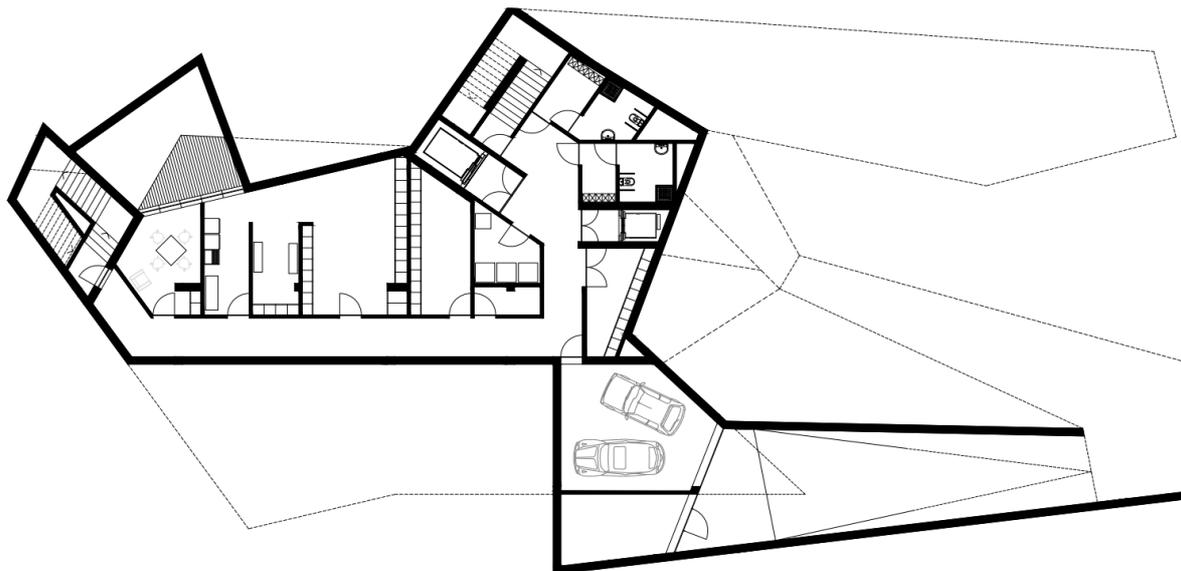


Figura 16 - Representação, em *AutoCAD*, da planta do piso -1 do edifício

O rés-do-chão contém o gabinete médico, sanitários e quartos de banho, quartos de repouso, espaço para cabeleireiro/pedicura, secretaria, sala de reuniões, gabinete de direção, sala de atividades, refeitório, cozinha e ateliers.

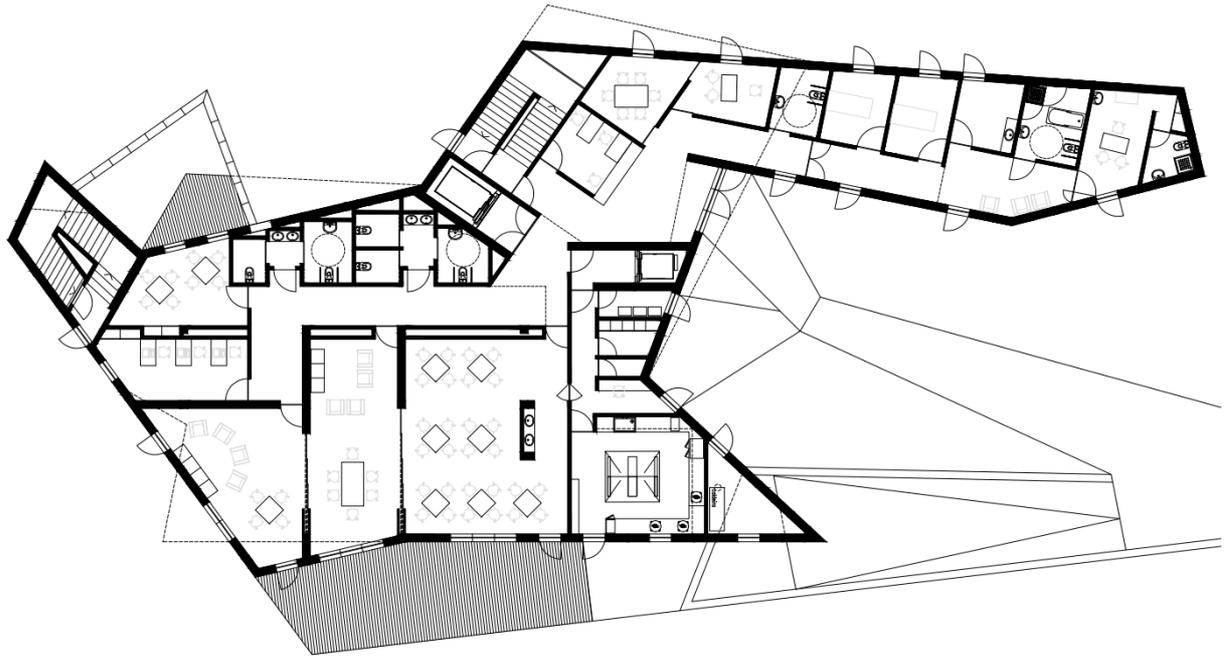


Figura 17 - Representação, em AutoCAD, da planta do piso 0 (R/C) do edifício

E por último, o primeiro piso que é constituído por quartos, sanitários de apoio, uma sala de convívio, copa, uma zona de roupa suja e uma de roupa limpa. Na Figura 19 está presente a planta da cobertura do edifício.

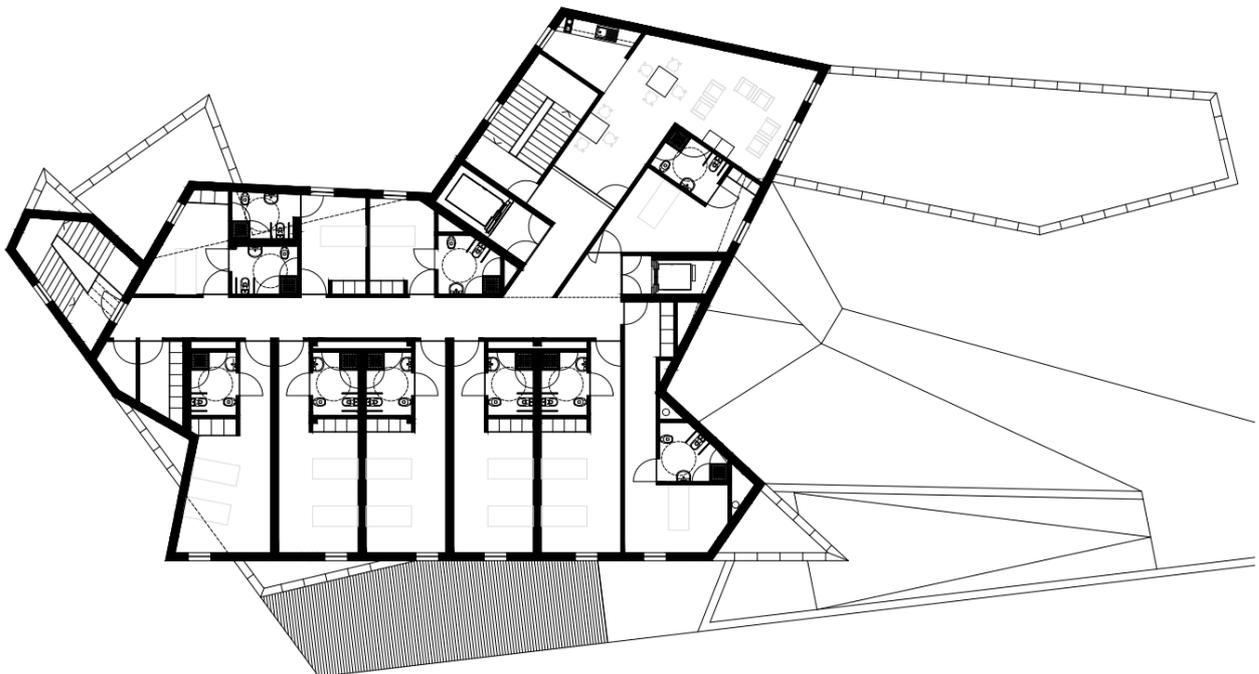


Figura 18 - Representação, em AutoCAD, da planta do piso 1 do edifício

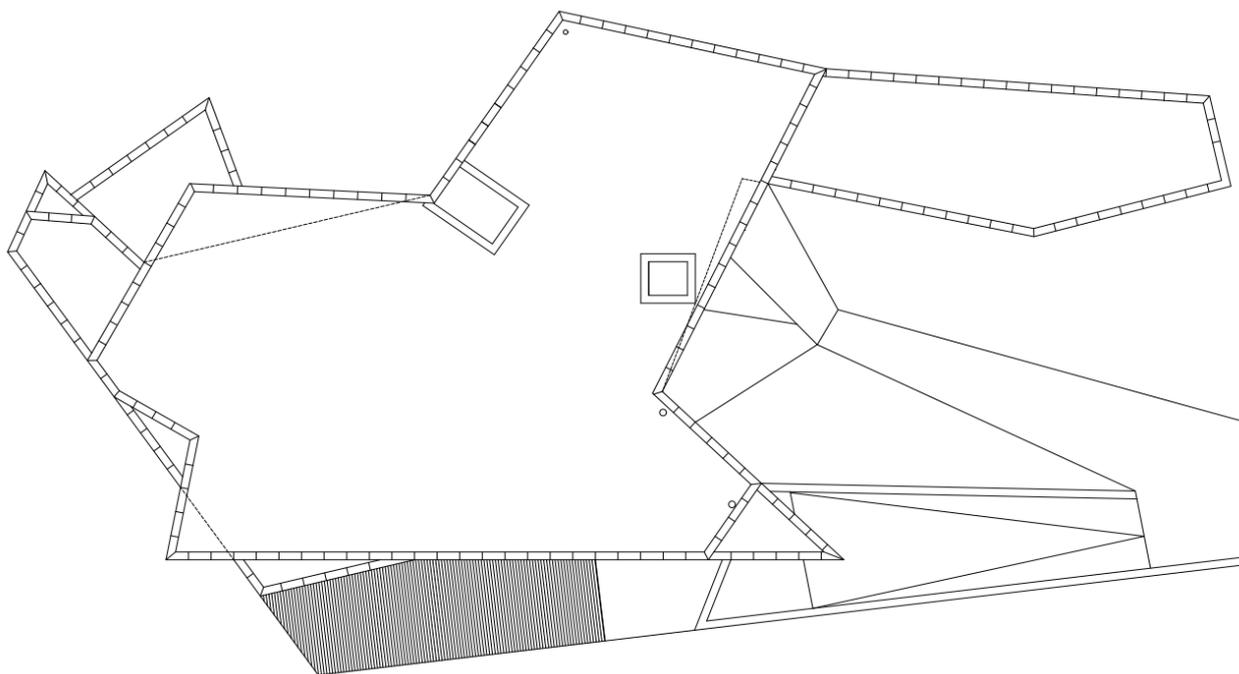


Figura 19 - Representação, em *AutoCAD*, da planta de cobertura do edifício

Quanto às comunicações verticais, existem duas caixas de escadas e dois elevadores. A caixa de escadas principal encontra-se junto a um elevador, com características de um monta-camas, que liga todos os pisos e que faz a sua distribuição a partir do átrio principal. A outra escada, localizada no topo poente, funciona apenas como saída de emergência, permitindo apenas a saída dos pisos da cave e do primeiro andar para o rés-do-chão. O outro elevador funciona como acesso de serviço e tem capacidade para quatro pessoas, podendo funcionar como monta-cargas e fazendo a ligação entre todos os pisos, mas especialmente localizado junto aos espaços de serviço.

Em termos construtivos, segundo informações retiradas do dossiê do projeto, a estrutura do edifício é constituída por um reticulado de pilares e vigas em betão armado com pavimentos em lajes aligeiradas, paredes exteriores de betão branco aparente com alvenaria e, tijolo furado de 30x20x11 e isolamento térmico/acústico na caixa de ar e paredes interiores acabadas a reboco areado e pintado a tinta plástica, à exceção das paredes dos sanitários, copa, cozinha, lavandaria e casa das máquinas que são revestidos a mármore do tipo “Estremoz”. Os pavimentos são do tipo “marmoleum”, mais uma vez à exceção dos sanitários e outros compartimentos do mesmo género que apresentam revestimento a mármore do tipo “Estremoz”, os tetos são estucados e pintados a cor branca e a cobertura será horizontal plana em lajes aligeiradas com isolamento e impermeabilização. Os vãos exteriores são em

caixilharia de alumínio, sem corte térmico, com vidro duplo e com proteção interior do tipo tela blackout branca. Os vãos interiores, portas, são em aglomerado de madeira com exceção das portas das escadas e elevadores que são corta-fogo [46].

No que concerne ao sistema de climatização o centro social e paroquial de Mire de Tibães está equipado com piso radiante em grande parte da área de pavimento do rés do chão e primeiro piso, e no piso -1 apenas na sala de pessoal. Associado a este sistema está uma potência térmica de 127.6 kW por intermédio de duas caldeiras a gás natural. Para geração das águas quentes sanitárias (AQS) são usadas as mesmas duas unidades de produção térmica existentes e já referidas: as duas caldeiras a gás natural, que cooperam com um sistema solar térmico, de 18 painéis solares e dois depósitos de água de 2000 l cada, fazendo o aquecimento das águas quentes sanitárias sempre que o sistema solar não produz calor suficiente. É importante referir que o sistema solar térmico se encontra avariado desde março de 2020.

O edifício está dotado também de sistema de ventilação, com quatro ventiladores de insuflação e quatro ventiladores de extração, e ainda uma hote de extração na cozinha, resultando numa potência de extração de 870 W, uma potência de insuflação de 2600 W e uma hote de 750 W.

A indicação da respetiva área e do pé direito médio das diferentes divisões do edifício é apresentada na Tabela 38, presente no anexo A. Notar que a divisão arquitetónica do edifício é distinta do zonamento para efeitos térmicos, bem como, os nomes designados para os espaços.

3.2.2 Problemas associados ao edifício

Associado ao Lar e Centro de dia de Mire de Tibães estão algumas deficiências e problemas construtivos que surgiram com o passar dos anos, tais como infiltrações de água e condensações que geram o aparecimento de humidade no edifício. A humidade excessiva provoca problemas danificação dos elementos construtivos do edifício e a aparição de ácaros, fungos e microrganismos muito prejudiciais para os ocupantes, o que é um péssimo fator a considerar num edifício destinado a lar de idosos [47].

A humidade por infiltração é causada por penetração da água da chuva, desde o exterior, neste caso a cobertura, para o interior do edifício causando manchas escuras e/ou descasque da tinta nas paredes ou tetos. Já a humidade por condensação dá-se mais nas estações do outono e inverno devido à diferença de temperaturas entre o ambiente interior e o exterior e

pode ser visível devido à presença de condensados nos espelhos e janelas, fungos nos cantos (zonas com pontes térmicas) ou descolagem de tintas e gessos.

No edifício em estudo os problemas referidos podem ser observados no teto falso de uma das instalações sanitárias do piso 1 (apodrecimento do pladur), nos tetos das caixas de escadas visto estas não terem teto falso (manchas que definem a forma e posição das vigas), nas paredes dos quartos junto às janelas de correr (manchas que definem a forma e posição do tijolo furado), no rodapé das paredes junto aos envidraçados (descasque da tinta), nas telas *blackout* dos envidraçados (manchas) e em certas divisões mau cheiro devido à formação de fungos e bolores em consequência das condensações. Alguns destes problemas estão representados na Figura 20 e Figura 21.



Figura 20 - (a) Manchas no teto da caixa de escadas; (b) Manchas na parede do quarto junto aos envidraçados e manchas nas telas *blackout*; respetivamente (zonas de pontes térmicas planas)



Figura 21 – Exemplo de alguns problemas observados no edifício: (a) Apodrecimento do pladur do teto falso devido à infiltração de água (instalação sanitária 1.09); (b) Descasque da tinta das paredes junto aos envidraçados; (c) Descasque do reboco areado nas paredes interiores junto aos envidraçados

Todas estes problemas que surgiram no edifício ocorrem principalmente devido a infiltrações de água, falta de um bom isolamento e reduzida ventilação.

3.2.3 Categorias e divisões dos espaços

Para avaliação do desempenho energético do edifício (DEE) é necessário caracterizar os espaços que compõem os edifícios em espaços interiores úteis (EU) e espaços interiores não úteis (ENU). De acordo com o Decreto-lei 101-D/2020, “espaço interior útil” é o espaço com condições de referência, que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõe aquecido ou arrefecido de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico, incluindo os espaços que, não sendo usualmente climatizados, tais como arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias, devam ser considerados espaços com condições de referência [2]. Sendo assim, o espaço interior não útil é o espaço sem ocupação humana permanente atual ou prevista, e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente para conforto térmico [2].

Uma vez que os espaços não úteis são caracterizados por terem temperaturas diferentes da temperatura do interior dos edifícios, a temperatura no espaço não útil, varia

entre a temperatura interior e a exterior, ocorrendo as trocas térmicas pelos elementos da envolvente em contacto com um espaço não útil, em função da temperatura no interior desse espaço, em que, quanto mais próxima for a temperatura do espaço não útil da exterior, maiores serão as trocas térmicas entre o edifício e esse espaço.

Para além das definições já apresentadas, o manual SCE da ADENE fornece uma tabela para edifícios de habitação ou comércio e serviços com diversos tipos de espaço e respetiva categoria, e em adição a isto fornece também uma série de situações particulares. Para o caso de estudo teve interesse a situação particular em que um espaço de ar que disponha de uma dimensão média, no sentido do fluxo de calor, superior a 300 mm, deve ser considerado espaço interior não útil, visto que o edifício em estudo contém algumas zonas de vazio [37].

Nos edifícios de comércio e serviços, o balanço de energia é aplicado a zonas térmicas, tratando-se do espaço ou do conjunto de espaços passíveis de serem considerados em conjunto, devido às suas similaridades, em termos de perfil de ocupação, iluminação e equipamentos, ventilação, sistema de climatização e condições de exposição solar [38]. De acordo com isto, certos espaços, que na planta do edifício são considerados distintos por apresentarem divisões físicas, foram acoplados por apresentarem características semelhantes, já referidas, facilitando assim o processo de análise energética do edifício.

A Tabela 38, presente no Anexo A , representa as divisões existentes no centro social e paroquial de Mire de Tibães com a respetiva numeração das zonas, área, pé direito médio e categoria do espaço, útil ou não útil. No Anexo A também presentes as representações das plantas dos diferentes pisos do edifício, assim como as divisões e respetiva numeração e área dos espaços lá presentes.

3.2.4 Marcação das envolventes

Depois de definir quais os espaços interiores úteis e quais os não úteis é necessário quantificar as trocas térmicas entre os espaços interiores úteis e os demais ambientes com os quais podem contactar, estabelecendo-se assim as condições de fronteira [38].

Tal como referido no manual SCE existem cinco tipos de condição de fronteira: exterior; interior com $b_{ztu} > 0.7$; interior com $b_{ztu} < 0.7$; sem trocas térmicas e o solo. De acordo com a portaria nº 138-I/2021 o coeficiente de redução de perdas (b_{ztu}) é o valor característico

que traduz a transferência de calor por um elemento construtivo com condição de fronteira interior [49].

O coeficiente de redução traduz a proximidade da temperatura do espaço não útil à temperatura do exterior ou à temperatura do espaço interior útil. Isto é, quanto menor for o seu valor, mais próxima estará a temperatura do espaço interior não útil, da temperatura do espaço interior útil e quanto maior o seu valor, mais próxima estará a temperatura do espaço não útil da temperatura exterior.

Para o cálculo do b_{ztu} , de forma a descobrir a condição de fronteira, é necessário ter conhecimento da temperatura ambiente exterior, temperatura interior e temperatura do espaço interior não útil.

Assim sendo, através de visitas ao edifício foi possível recolher os dados de temperatura necessários à obtenção do coeficiente de redução de perdas, nomeadamente a temperatura interior do edifício (θ_{int}), a temperatura ambiente exterior (θ_{ext}) e a temperatura do espaço interior não útil (θ_{enu}), conforme equação 5. A Tabela 4 representa a recolha das temperaturas para cálculo do b_{ztu} no dia 27 de julho, daí as temperaturas elevadas.

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (5)$$

Tabela 4 - Recolha das temperaturas interiores medidas nos espaços não úteis para o cálculo do coeficiente de perdas b_{ztu}

Nº	Zona	Temperatura [°C]
-1.01	Reservatórios	24.6
-1.02	Garagem	24.6
-1.03	Dispensa Produtos Alimentares	23.7
-1.14	Dispensa (frio)	23.2
-1.15	Arrumos materiais limpeza	23.7
-1.16	Arrecadação geral	23.7
0.14	Depósito de lixo	26.7
0.15	Dispensa de dia	26.7
0.16	Arrumos vasilhame	26.7
0.18	Casa das máquinas	31.8
1.18	Rouparia suja	24.1
1.19	Rouparia limpa	24.1
Temperatura ambiente exterior: 29°C		
Temperatura média interior: 24.1°C		

Contudo, na impossibilidade de se conhecer com precisão o valor da temperatura do espaço interior não útil, deve o b_{ztu} ser calculado tendo em conta: o volume do espaço interior não útil [V_{enu}]; o somatório das áreas dos elementos que o separam dos espaços interiores úteis [A_i]; o somatório das áreas dos elementos que o separam do ambiente exterior [A_u]; e se este é ou não permeável ao ar [F e f , respetivamente]. No Anexo C encontra-se a demonstração de como se descobriu o coeficiente de redução de perdas e respetiva condição de fronteira dos espaços interiores não úteis.

Assim, através da Tabela 5 são demonstrados o valor do coeficiente de redução de perdas e a cor da condição de fronteira para cada espaço interior não útil.

Tabela 5 - Coeficiente de redução de perdas para cada espaço interior não útil

Nº	Espaços não úteis (enu)	b_{ztu}	Cor
-1.01	Reservatórios	0.27	
-1.02	Garagem	0.27	
-1.03	Vazio 1	0.6	
-1.04	Despensa produtos alimentares	0.12	
-1.08	Vazio 2	0.6	
-1.09	Vazio 3	0.6	
-1.14	Despensa frio	0.03	
-1.15	Arrumos materiais de limpeza	0.12	
-1.16	Arrecadação geral	0.12	
0.13	Depósito de lixo	0.36	
0.14	Despensa de dia	0.36	
0.15	Arrumos de vasilhame	0.36	
0.17	Casa das Máquinas	1.78	
0.20	Vazio 4	0.6	
0.21	Vazio 5	0.6	
0.25	Vazio 6	0.6	
0.34	Vazio 7	0.6	
0.35	Vazio 8	0.6	
0.36	Vazio 9	0.6	
0.37	Vazio 10	0.6	
0.38	Vazio 11	0.6	

Nº	Espaços não úteis (enu)	b_{ztu}	Cor
0.39	Vazio 12	0.6	
0.40	Vazio 13	0.6	
0.43	Vazio 14	0.6	
1.08	Vazio 15	0.6	
1.10	Vazio 16	0.6	
1.17	Vazio 17	0.6	
1.18	Rouparia suja	0.02	
1.19	Rouparia limpa	0.02	
1.22	Vazio 18	0.6	
1.24	Vazio 19	0.6	
1.26	Vazio 20	0.6	
1.28	Vazio 21	0.6	
1.29	Vazio 22	0.6	
1.30	Vazio 23	0.6	

Ainda sobre a Figura 22, e de forma a fazer a marcação das envolventes na planta do edifício, também se pode observar a cor respetiva a cada condição de fronteira. A marcação nas peças desenhadas deve ser realizada pela superfície interior dos elementos, correspondendo às paredes uma linha contínua e aos pavimentos e coberturas os padrões previstos e que estão apresentados na Figura 22.

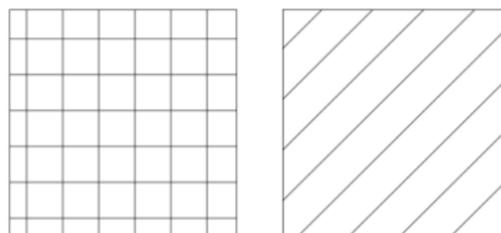


Figura 22 – Padrões usados na marcação de pavimentos e coberturas, respetivamente [38]

Posto isto, com todos os dados já recolhidos acerca dos espaços interiores não úteis, do coeficiente de redução de perdas e condições de fronteira para cada espaço, estão reunidas as condições necessárias para a marcação das envolventes do centro social e

paroquial de Mire de Tibães. Nas figuras seguintes pode se observar a marcação das envolventes nos diferentes pisos do edifício.

Na Figura 23 está presente a marcação da envolvente no piso -1, onde se pode ver: uma linha contínua marcada a ciano, realizada pela superfície interior das paredes, para separação dos espaços interiores úteis do solo; uma linha contínua marcada a azul para separação dos espaços interiores úteis dos não úteis com $b_{ztu} \leq 0.7$; uma linha contínua vermelha para simbolizar a separação dos espaços úteis do exterior; e um padrão do género pavimento (Figura 22) a cor ciano por estar em contacto com o solo.

Na Figura 24 que representa a marcação da envolvente do piso 0 temos: uma linha vermelha contínua marcada a vermelho, realizada pela superfície interior das paredes, para separação dos espaços interiores úteis da envolvente exterior; uma linha contínua marcada a amarelo para separação dos espaços interiores úteis dos não úteis com $b_{ztu} > 0.7$; uma linha contínua marcada a azul para separação dos espaços interiores úteis dos não úteis com $b_{ztu} \leq 0.7$; um padrão do género pavimento a cor azul para separação dos dos espaços interiores úteis dos não úteis com $b_{ztu} \leq 0.7$; um padrão do género pavimento a cor ciano para separação do solo; e um padrão do género cobertura (Figura 22), representado a vermelho visto ser a separação entre os espaços interiores úteis e o exterior.

Por fim, na Figura 25 o raciocínio de marcação da envolvente é o mesmo que nos outros pisos com a exceção que está representado em maior escala o padrão do género cobertura, representado a vermelho visto ser a separação entre os espaços interiores úteis e o exterior.

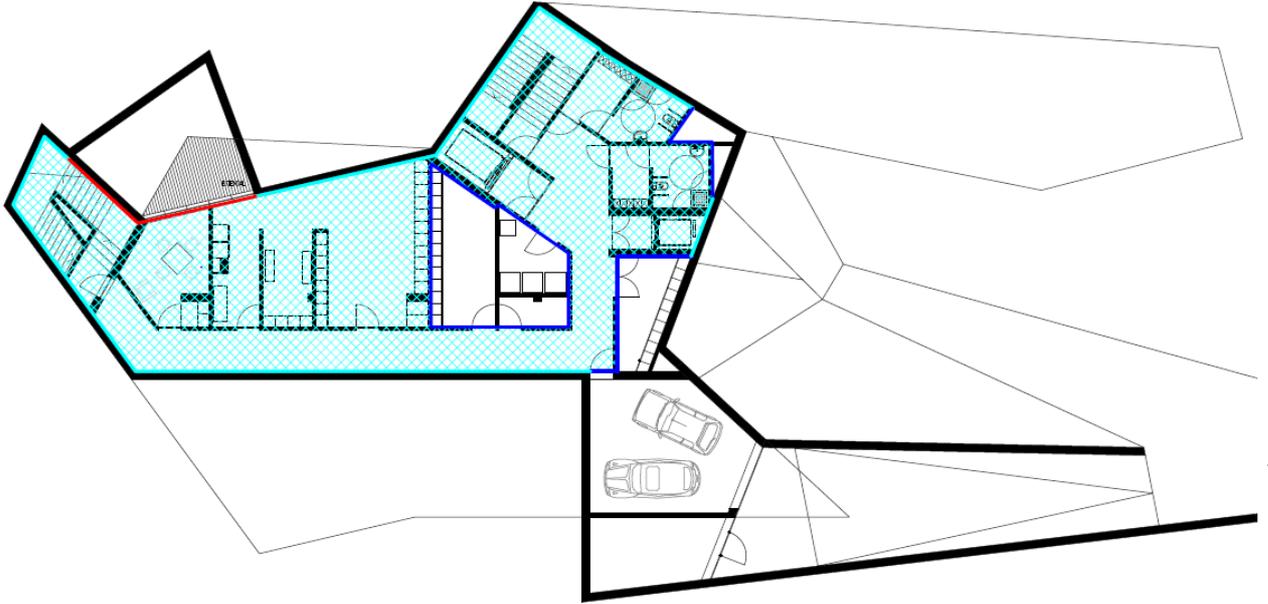


Figura 23 - Marcação da envolvente no piso -1

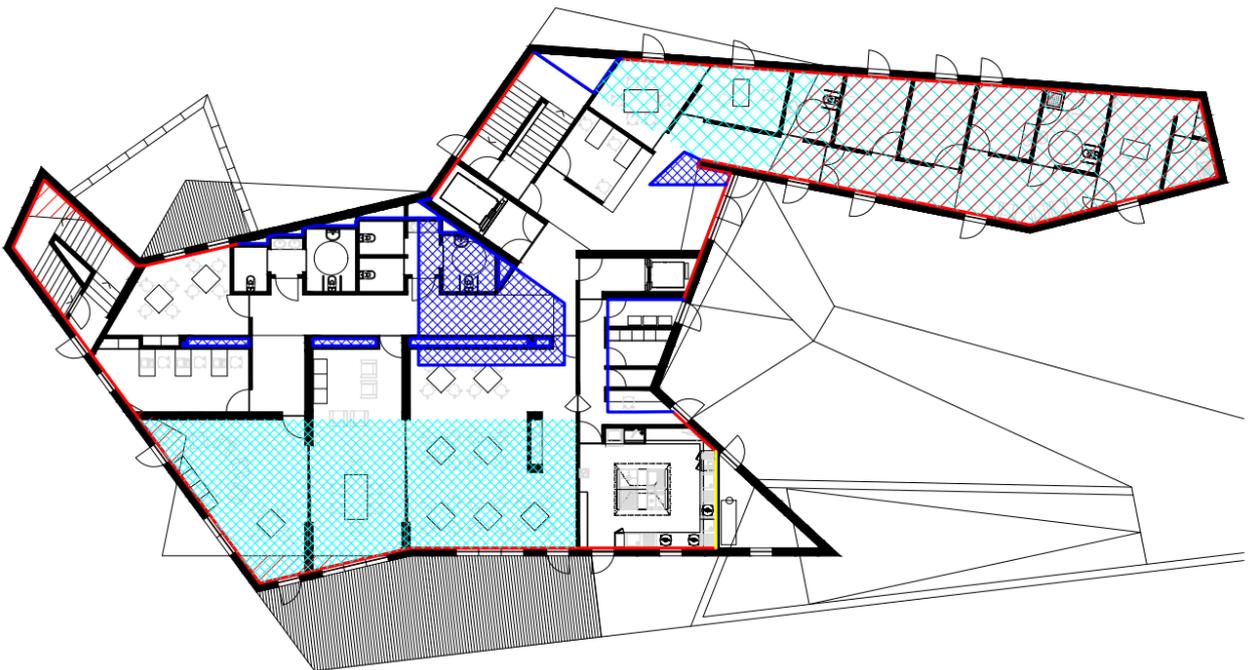


Figura 24 - Marcação da envolvente no piso 0

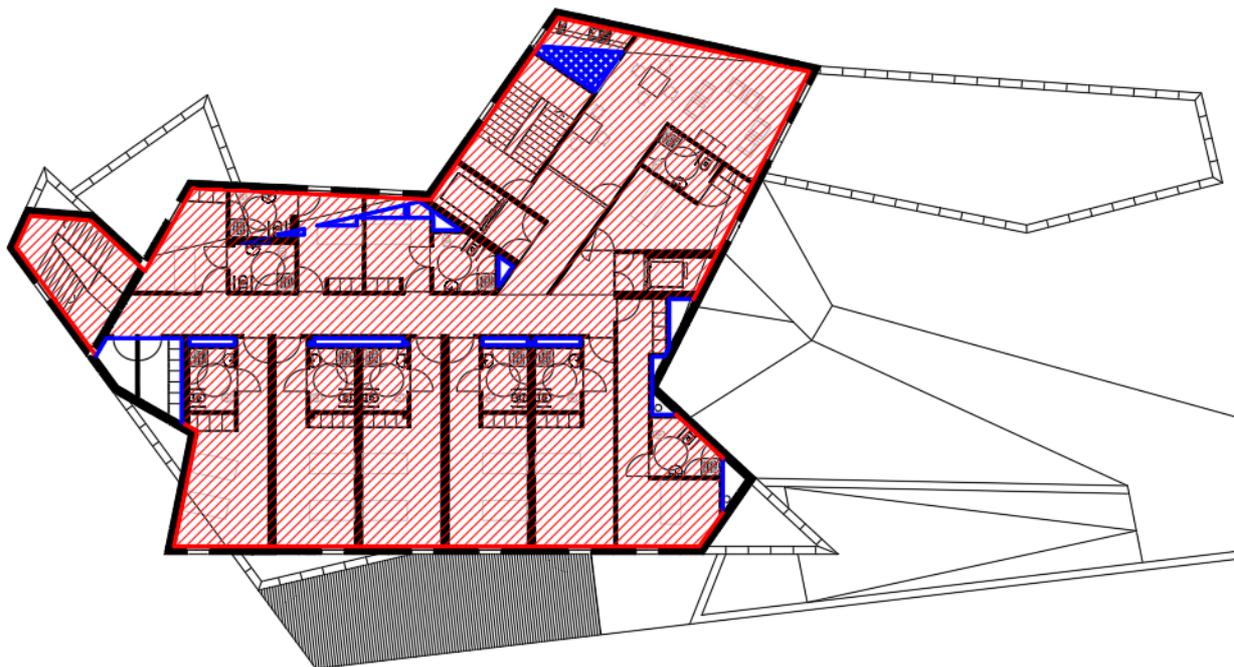


Figura 25 - Marcação da envolvente no piso 1

No caso de não ser totalmente perceptível ou de esta caracterização, através das plantas do piso-1, R/C e piso1, ser insuficiente para representar a correta marcação da envolvente foi também esta representada através de plantas de corte demonstradas no Anexo B .

3.3 Caracterização térmica da envolvente

3.3.1 Envolvente opaca

A envolvente opaca dos edifícios é composta pelas coberturas, pavimentos, paredes, portas entre outros elementos que façam parte da estrutura do edifício. Cada um destes elementos garante a troca de fluxo de calor entre espaços interiores ou entre o interior e o exterior, que dependem das temperaturas de ambos os meios e da constituição dos elementos [35].

É uma componente importante do edifício visto que é aqui que se dá a transferência de calor por condução entre espaços interiores ou entre o interior e o exterior do edifício, que por sua vez leva a perdas de calor no inverno e ganhos indesejados no verão.

O coeficiente de transmissão térmica (U) traduz a taxa de transferência de calor, por condução, convecção ou radiação, através de um material ou conjunto de materiais. No fundo, indica a quantidade de calor que é transmitida através da parede, ou seja, quanto mais perto de 0 menor é a quantidade de transferência de calor logo melhor é a capacidade isolante. Este coeficiente depende de fatores como a condutividade térmica dos materiais, espessura dos materiais, presença de materiais isolantes, entre outros e é um bom indicador da capacidade de fazer barreira à transferência de calor por parte dos elementos da envolvente opaca. Atualmente, de acordo com a portaria n.º 138-I/2021, são garantidos limites máximos do coeficiente de transmissão térmica, para os elementos opacos de edifícios novos ou renovados, que não podem ser ultrapassados. Esses valores máximos de coeficiente de transmissão térmica são indicados nas tabelas respetivas aos elementos da envolvente opaca.

Segundo a ficha técnica “Intervenções na envolvente opaca do edifício” da coleção “Casa eficiente 2020 | Catálogo de soluções técnicas” os pavimentos localizados sobre o exterior ou sobre espaços não aquecidos (e.g., garagens, arrecadações) são responsáveis por perdas de calor consideráveis numa habitação, assim como, em média, as coberturas representam 30% das perdas de calor num edifício [50]. Ou seja, conclui-se que através da envolvente opaca consegue-se reduzir as diferenças de temperatura no edifício e reduzir a necessidade de recorrer a equipamentos de climatização e consequente consumo de energia. Assim sendo, percebe-se a importância da envolvente aqui abordada no bom ou mau desempenho térmico e energético dos edifícios.

PAREDES EXTERIORES

Normalmente as paredes são formadas com elementos de alvenaria como tijolos, blocos de betão, pedras, massas e revestimentos, isolamentos, etc. Tal como esperado cada elemento destes oferece não só uma barreira à passagem de calor como também uma acumulação de energia, que no conjunto permite limitar as fugas de calor e criar um efeito de inércia de térmica, isto é, os materiais conseguem ter a capacidade de armazenar o calor diminuindo as amplitudes internas de temperatura [35].

No que diz respeito às paredes exteriores, o edifício apresenta três tipos diferentes sendo estas nomeadas como PE1, PE2 e PE3 e caracterizadas na Tabela 6. No Anexo D é apresentado a planta do edifício com indicação de todos os tipos de parede exterior.

Tabela 6 - Descrição dos elementos construtivos opacos – paredes exteriores

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C				
		Da solução	Máximo regulamentar			
<p>PE1 – Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Caixa de ar (di=40mm, k=0.200 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3).</p>		0.553	0.6			
Fachada exterior - PE1						
#	Identificação do Elemento Construtivo Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
2	Caixa de ar	0.040	0.222	0.180	1	0.04
3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
5	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20
Total		0.400		1.639		597.945
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 583.56 m ²		Rtérmica total 1.809		Msi [Kg/m2]		
U [W/m2.°C]				0.553	598.945	
<p>PE2 – Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Caixa de ar (di=40mm, k=0.200 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m3); Azulejo em mármore do tipo “estremoz”(di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m3).</p>		0.553	0.6			
Fachada exterior - PE2						
#	Identificação do Elemento Construtivo Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
2	Caixa de ar	0.040	0.222	0.180	1	0.04
3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
5	Azulejo	0.010	1.300	0.008	2300	23

	Total	0.400		1.639		600.945
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
		Total		0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 79.05 m ²		Rtérmica total		1.809	Msi [Kg/m ²]	
		U [W/m ² .°C]		0.553	601.945	
<p>PE3 – Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Caixa de ar (di=36mm, k=0.200 W/m.°C, ρ=1 Kg/m³); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m³); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m³); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³).</p>						
				0.553	0.6	
Fachada exterior - PE3						
#	Identificação do Elemento Construtivo	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
2	Caixa de ar	0.036	0.200	0.180	1	0.036
3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
5	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20
Total		0.400		1.639		597.941
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
		Total		0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 16.70 m ²		Rtérmica total		1.809	Msi [Kg/m ²]	
		U [W/m ² .°C]		0.553	598.941	

PAREDES EXTERIORES EM CONTACTO COM O SOLO

Os elementos da envolvente opaca em contacto com o solo devem ser distinguidos dos demais visto estarem em contacto direto com o material do qual o solo é constituído e não com o ar ambiente exterior. No âmbito do cálculo das perdas de calor deve o coeficiente de transmissão térmica dos elementos em contacto com o solo (U_{bw}) ser calculado em função da profundidade enterrada do pavimento (Z_{solo}) e da resistência térmica dos elementos que contactam com o solo (R_w), como está previsto no subcapítulo 7.2 do manual SCE segundo a Tabela 30 [38].

Tabela 7 - Parâmetros necessários ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica em paredes em contacto com o solo

Parede	Z _{solo} [m]	R _w [m ² .°C/W]	U _{bw} [W/m ² .°C]
PE4	3.640	1.649	0.298
PE5		1.656	0.297

O edifício apresenta dois tipos de paredes em contacto com o solo, PE4 e PE5 que são caracterizadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Descrição dos elementos construtivos opacos – paredes exteriores em contacto com o solo

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C																																																																																												
	Da solução	Máximo regulamentar																																																																																											
PE4 – Impermeabilização tipo “Mapelastick” (di=4mm, k=0.230 W/m.°C, ρ=1100 Kg/m ³) ; Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m ³); Caixa de ar (di=36mm, k=0.200 W/m.°C, ρ=1 Kg/m ³); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m ³); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m ³); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m ³).	0.298	-																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Fachada exterior - PE4</th> </tr> <tr> <th>#</th> <th>Identificação do Elemento Construtivo</th> <th>di [m]</th> <th>λ [W/m.°C]</th> <th>Rj [m².°C/W]</th> <th>ρ [Kg/m³]</th> <th>mt [Kg/m²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Impermeabilização tipo "Mapelastick"</td> <td>0.004</td> <td>0.230</td> <td>0.017</td> <td>1100</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Betão armado</td> <td>0.200</td> <td>2.000</td> <td>0.100</td> <td>2400</td> <td>480</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Caixa de ar</td> <td>0.036</td> <td>0.200</td> <td>0.180</td> <td>1</td> <td>0.036</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>XPS</td> <td>0.040</td> <td>0.037</td> <td>1.081</td> <td>40</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Tijolo furado</td> <td>0.110</td> <td>0.407</td> <td>0.270</td> <td>875.5</td> <td>96.305</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Reboco acabado a areado liso</td> <td>0.010</td> <td>1.300</td> <td>0.008</td> <td>2000</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Total</td> <td>0.400</td> <td></td> <td>1.649</td> <td></td> <td>582.341</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistências Térmicas Superficiais</td> <td>-</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Total</td> <td>-</td> <td>r= 1.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Área de superfície total = 146.67 m²</td> <td colspan="2">Rtérmica total</td> <td>1.649</td> <td colspan="2">Msi [Kg/m²]</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>U [W/m².°C]</td> <td>0.298</td> <td>583.341</td> </tr> </tbody> </table>			Fachada exterior - PE4							#	Identificação do Elemento Construtivo	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]	1	Impermeabilização tipo "Mapelastick"	0.004	0.230	0.017	1100	4.4	2	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480	3	Caixa de ar	0.036	0.200	0.180	1	0.036	4	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6	5	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305	6	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20		Total	0.400		1.649		582.341	Resistências Térmicas Superficiais				-							Total	-	r= 1.00	Área de superfície total = 146.67 m²		Rtérmica total		1.649	Msi [Kg/m²]						U [W/m².°C]	0.298	583.341
Fachada exterior - PE4																																																																																													
#	Identificação do Elemento Construtivo	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]																																																																																							
1	Impermeabilização tipo "Mapelastick"	0.004	0.230	0.017	1100	4.4																																																																																							
2	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480																																																																																							
3	Caixa de ar	0.036	0.200	0.180	1	0.036																																																																																							
4	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6																																																																																							
5	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305																																																																																							
6	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20																																																																																							
	Total	0.400		1.649		582.341																																																																																							
Resistências Térmicas Superficiais				-																																																																																									
				Total	-	r= 1.00																																																																																							
Área de superfície total = 146.67 m²		Rtérmica total		1.649	Msi [Kg/m²]																																																																																								
				U [W/m².°C]	0.298	583.341																																																																																							
PE5 – Impermeabilização tipo “Mapelastick” (di=4mm, k=0.230 W/m.°C, ρ=1100 Kg/m ³) ; Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m ³); Caixa de ar (di=36mm, k=0.200 W/m.°C, ρ=1 Kg/m ³); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m ³); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m ³); Azulejo em mármore do tipo “estremoz”(di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m ³).	0.297	-																																																																																											

Identificação do Elemento Construtivo		Fachada exterior - PE5				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Impermeabilização tipo "Mapelastic"	0.004	0.230	0.017	1100	4.4
2	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
3	Caixa de ar	0.036	0.200	0.180	1	0.036
4	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
5	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
6	Azulejo	0.010	1.300	0.008	2300	23
Total		0.400		1.656		605.341
Resistências Térmicas Superficiais				-		
Total				-	r=	1.00
Área de superfície total = 106.13 m²		Rtérmica total		1.656	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				0.297	606.341	

PAREDES INTERIORES

Tal como referido para as paredes exteriores, os elementos base da sua construção são os mesmos sendo que, habitualmente, as paredes interiores são mais simples, normalmente apenas de tijolo ou betão podendo nem levar isolamento.

Relativamente às paredes interiores, o edifício apresenta onze especificações diferentes em termos de espessura e constituição (PI1; PI2; ...; PI11), sendo que algumas delas apresentam a mesma constituição, mas espessuras diferentes. Tal como para as paredes exteriores, no Anexo D também estão indicadas as paredes interiores na planta do edifício.

Tabela 9 - Descrição dos elementos construtivos opacos – paredes interiores

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
	Da solução	Máximo regulamentar
PI1 – Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ =875.5 Kg/m3); Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ =2400 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3).	1.549	-
Identificação do Elemento Construtivo	Parede interior - PI1	

#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
4	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20
Total		0.330		0.386		616.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 31.23 m²		Rtérmica total		0.646	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.549	617.305	
PI2 – Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ =875.5 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3).				1.782	-	
Identificação do Elemento Construtivo Parede interior - PI2						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
Total		0.150		0.301		176.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 496.78 m²		Rtérmica total		0.561	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.782	177.305	
PI3 – Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2300 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ =875.5 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3).				1.782	-	
Identificação do Elemento Construtivo Parede interior - PI3						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Azulejo	0.020	1.300	0.015	2300	46
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
Total		0.150		0.301		182.305

Resistências Térmicas Superficiais			
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)		0.13	
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)		0.13	
Total		0.26	r= 1.00
Área de superfície total = 565.34 m²	Rtérmica total	0.561	Msi [Kg/m²]
		U [W/m².°C]	1.782
			183.305

PI4 – Reboco interior acabado a areado liso (di=28mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m³); Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Reboco interior acabado a areado liso (di=28mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³).

1.487

-

Identificação do Elemento Construtivo		Parede interior - PI4				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Reboco acabado a areado liso	0.028	1.300	0.021	2000	55
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
4	Reboco acabado a areado liso	0.028	1.300	0.021	2000	55
Total		0.365		0.413		686.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 24.89 m²		Rtérmica total		0.673	Msi [Kg/m²]	
				U [W/m².°C]	1.487	
					687.305	

PI5 – Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m³); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m³); Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Reboco interior acabado a areado liso (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³).

1.513

-

Identificação do Elemento Construtivo		Parede interior - PI5				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Azulejo	0.020	1.300	0.015	2300	46
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
4	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
Total		0.350		0.401		662.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 87.16 m²		Rtérmica total		0.661	Msi [Kg/m²]	

		U [W/m ² .°C]		1.513	663.305	
<p>PI6 – Reboco interior acabado a areado liso (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m3); Betão armado (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3).</p>				1.513	-	
Identificação do Elemento Construtivo		Parede interior - PI6				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
4	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
Total		0.350		0.401		656.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 210.77 m ²		Rtérmica total		0.661	Msi [Kg/m2]	
		U [W/m ² .°C]		1.513	657.305	
<p>PI7 – Reboco interior acabado a areado liso (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m3); Betão armado (di=150mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3).</p>				1.572	-	
Identificação do Elemento Construtivo		Parede interior - PI7				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.150	2.000	0.075	2400	360
4	Reboco acabado a areado liso	0.020	1.300	0.015	2000	40
Total		0.300		0.376		536.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 9.12 m ²		Rtérmica total		0.636	Msi [Kg/m2]	
		U [W/m ² .°C]		1.572	537.305	
<p>PI8 – Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m3); Betão armado (di=80mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3).</p>				1.707	-	

Identificação do Elemento Construtivo						
Parede interior - PI8						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.080	2.000	0.040	2400	192
4	Reboco acabado a areado liso	0.010	1.300	0.008	2000	20
Total		0.210		0.326		328.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 15.79 m²		Rtérmica total		0.586	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.707	329.305	

PI9 – Reboco interior acabado a areado liso (di=40mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ =875.5 Kg/m3); Reboco interior acabado a areado liso (di=40mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3).

1.690

-

Identificação do Elemento Construtivo						
Parede interior - PI9						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Reboco acabado a areado liso	0.040	1.300	0.031	2000	80
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Reboco acabado a areado liso	0.040	1.300	0.031	2000	80
Total		0.190		0.332		256.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 9.82 m²		Rtérmica total		0.592	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.690	257.305	

PI10 – Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2300 Kg/m3); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ =875.5 Kg/m3); Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2300 Kg/m3).

1.782

-

Identificação do Elemento Construtivo						
Parede interior - PI10						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Azulejo	0.020	1.300	0.015	2300	46
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Azulejo	0.020	1.300	0.015	2300	46
Total		0.150		0.301		188.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		

		Total	0.26	r=	1.00	
	Área de superfície total = 122.59 m ²	Rtérmica total	0.561	Msi [Kg/m ²]		
		U [W/m ² .°C]	1.782		189.305	
<p>PI11 – Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m³); Alvenaria de tijolo furado (di=110mm, k=0.407 W/m.°C, ρ=875.5 Kg/m³); Betão armado (di=80mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=20mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m³).</p>						
			1.513		-	
Identificação do Elemento Construtivo Parede interior - PI11						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Azulejo	0.020	1.300	0.015	2300	46
2	Tijolo furado	0.110	0.407	0.270	875.5	96.305
3	Betão armado	0.200	2.000	0.100	2400	480
4	Azulejo	0.020	1.300	0.015	2300	46
	Total	0.350		0.401		668.305
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
	Área =30.30 m ²			Rtérmica total	0.661	Msi [Kg/m ²]
				U [W/m ² .°C]	1.513	669.305

PAVIMENTOS TÉRREOS

Acerca dos pavimentos, tal como as paredes, foram diferenciados entre pavimentos em contacto com o solo e pavimentos entre pisos. Para determinação do coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos em contacto com o solo (U_{bf}) devem ser levados em consideração: a resistência térmica de todas as camadas do pavimento (R_f) excluindo as resistências térmicas superficiais, a profundidade do pavimento em contacto com o solo (Z_{solo}), a dimensão característica do pavimento em contacto com o solo (B') e o tipo de isolamento [38]. Na Tabela 10 estão indicados os parâmetros necessários para o cálculo do U_{bf} assim como o seu valor.

Tabela 10 - Parâmetros necessários ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica em pavimentos em contacto com o solo

Pavimento	Isolamento	Z_{solo} [m]	R_f [m ² .°C/W]	B' [m]	U_{bf} [W/m ² .°C]
PAV1	Isolamento contínuo	3.641	1.303	14.8	0.172
PAV2			1.300	5.421	0.256

PAV3		1.252	9.52	0.213
PAV4		0.397	5.421	0.258

Posto isto, na Tabela 11 estão caracterizados os quatro tipos de pavimentos térreos existentes no edifício.

Tabela 11 - Descrição dos elementos construtivos opacos – pavimentos térreos

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C				
		Da solução	Máximo regulamentar			
<p>PAV1 – Camada de brita de 5 cm (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2200 Kg/m3); Massame malhasol (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m3); Betonilha de regularização (di=50mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Linóleo em “Marmoleum real” (di=10mm, k=0.170 W/m.°C, ρ=1200 Kg/m3).</p>		0.172	-			
Pavimentos térreos - PAV1						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Brita	0.050	2.000	0.025	2200	110
2	Massame malhasol	0.200	2.000	0.100	2400	480
3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Betonilha de regularização	0.050	1.300	0.038	2000	100
5	Linóleo (Marmoleum real)	0.010	0.170	0.059	1200	12
Total		0.350		1.303		703.600
Resistências Térmicas Superficiais				-		
Total					r=	1.00
Área de superfície total = 238.89 m²		Rtérmica total		1.303	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				0.172	704.600	
<p>PAV2 – Camada de brita de 5 cm (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2200 Kg/m3); Massame malhasol (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m3); Betonilha de regularização (di=50mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Ripado de madeira (di=10mm, k=0.180 W/m.°C, ρ=700 Kg/m3).</p>		0.256	-			
Pavimentos térreos - PAV2						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Brita	0.050	2.000	0.025	2200	110
2	Massame malhasol	0.200	2.000	0.100	2400	480

3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Betonilha de regularização	0.050	1.300	0.038	2000	100
5	Ripado de madeira	0.010	0.180	0.056	700	7
Total		0.350		1.300		698.600
Resistências Térmicas Superficiais				-		
Total					r=	1.00
Área de superfície total = 15.01 m²		Rtérmica total		1.300	Msi [Kg/m²]	
				U [W/m².°C]	0.256	699.600

PAV3 – Camada de brita de 5 cm (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2200 Kg/m³); Maasame malhasol (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m³); Betonilha de regularização (di=50mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³); Azulejo em mármore do tipo “estremoz” (di=10mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m³).

0.213

-

Identificação do Elemento Construtivo		Pavimentos térreos - PAV3				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Brita	0.050	2.000	0.025	2200	110
2	Massame malhasol	0.200	2.000	0.100	2400	480
3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Betonilha de regularização	0.050	1.300	0.038	2000	100
5	Azulejo	0.010	1.300	0.008	2300	23
Total		0.350		1.252		714.600
Resistências Térmicas Superficiais				-		
Total				1.252	r=	1.00
Área de superfície total = 190.19 m²		Rtérmica total		1.252	Msi [Kg/m²]	
				U [W/m².°C]	0.213	715.600

PAV4 - Camada de brita de 5 cm (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2200 Kg/m³); Maasame malhasol (di=200mm, k=2 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m³); Betonilha de regularização (di=70mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³).

0.258

-

Identificação do Elemento Construtivo		Pavimentos térreos - PAV4				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Brita	0.050	2.000	0.025	2200	110
2	Massame malhasol	0.200	2.000	0.100	2400	480
3	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
4	Betonilha de regularização	0.070	1.300	0.054	2000	140
Total		0.360		1.260		731.600

Resistências Térmicas Superficiais		Total	1.260	r=	1.00
Área de superfície total = 52.71 m ²		Rtérmica total	1.260	Msi [Kg/m ²]	
		U [W/m ² .°C]	0.258		732.600

PAVIMENTOS ENTRE PISOS

Os pavimentos entre pisos funcionam como as paredes interiores, dividindo os espaços interiores de outros espaços interiores. Por esse motivo não são tão relevantes nas diferenças de temperatura no interior do edifício não existindo o mesmo isolamento que nos pavimentos térreos ou coberturas, por exemplo, que estão em contacto com o ar ambiente exterior. Os pavimentos térreos não apresentam nenhum máximo regulamentar de coeficiente de transmissão térmica.

Tabela 12 - Descrição dos elementos construtivos opacos – pavimentos entre pisos

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C				
		Da solução	Máximo regulamentar			
LAJE1 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m ³); Caixa de ar (di=300mm, k=3.333 W/m.°C, ρ=1 Kg/m ³); Laje aligeirada (di=300mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m ³); Argamassa de regularização (di=48mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m ³); Linóleo em “Marmoleum real” (di=3mm, k=0.170 W/m.°C, ρ=1200 Kg/m ³).		1.009	-			
Pavimento entre pisos - LAJE1						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.300	1.667	0.180	1	0.3
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95
5	Linóleo (Marmoleum real)	0.003	0.170	0.015	1200	3
Total		0.700		0.731		868.300
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 187.60 m ²		Rtérmica total		0.991	Msi [Kg/m ²]	
		U [W/m ² .°C]		1.009	869.300	

LAJE2 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m3); Caixa de ar (di=600mm, k=3.333 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Laje aligeirada (di=300mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Argamassa de regularização (di=48mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Azulejo em mármore do tipo “estremoz”(di=25mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m3).		1.004	-			
Identificação do Elemento Construtivo		Pavimento entre pisos - LAJE2				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.300	1.667	0.180	1	0.3
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95
5	Azulejo	0.025	1.300	0.019	2300	57.5
Total		0.723		0.736		922.800
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 83.36 m²		Rtérmica total		0.996	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.004	923.800	
LAJE3 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m3); Caixa de ar (di=600mm, k=3.333 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Laje aligeirada (di=300mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Argamassa de regularização (di=48mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3); Azulejo em mármore do tipo “estremoz”(di=25mm, k=1.3 W/m.°C, ρ=2300 Kg/m3).		1.022	-			
Identificação do Elemento Construtivo		Pavimento entre pisos - LAJE3				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.600	3.333	0.180	1	0.6
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95
5	Azulejo	0.003	1.300	0.002	2300	5.75
Total		1.000		0.718		871.350
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 319.49 m²		Rtérmica total		0.978	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.022	872.350	
LAJE4 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m3); Caixa de ar (di=600mm, k=3.333 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Laje aligeirada (di=300mm, k=1 W/m.°C,		1.009	-			

<p>$\rho=2400 \text{ Kg/m}^3$); Argamassa de regularização ($d_i=48\text{mm}$, $k=1.3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=2000 \text{ Kg/m}^3$); Linóleo em "Marmoleum real" ($d_i=3\text{mm}$, $k=0.170 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=1200 \text{ Kg/m}^3$).</p>								
Pavimento entre pisos - LAJE4								
#	Constituição	d_i [m]	λ [W/m. $^\circ\text{C}$]	R_j [m 2 . $^\circ\text{C}/\text{W}$]	ρ [Kg/m 3]	mt [Kg/m 2]		
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50		
2	Caixa de ar	0.600	3.333	0.180	1	0.6		
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720		
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95		
5	Linóleo (Marmoleum real)	0.003	0.170	0.015	1200	3		
Total		1.000		0.731		868.600		
Resistências Térmicas Superficiais								
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13				
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13				
Total				0.26	$r=$	1.00		
Área de superfície total = 48.91 m2		Rtérmica total		0.991	Msi [Kg/m2]			
U [W/m2.$^\circ\text{C}$]				1.009	869.600			
<p>LAJES – Placa de gesso cartonado ($d_i=50\text{mm}$, $k=0.250 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$); Caixa de ar ($d_i=300\text{mm}$, $k=3.333 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=1 \text{ Kg/m}^3$); Laje aligeirada ($d_i=300\text{mm}$, $k=1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=2400 \text{ Kg/m}^3$); Argamassa de regularização ($d_i=48\text{mm}$, $k=1.3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=2000 \text{ Kg/m}^3$); Azulejo em mármore do tipo "estremoz"($d_i=25\text{mm}$, $k=1.3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=2300 \text{ Kg/m}^3$).</p>							1.019	-
Pavimento entre pisos - LAJE6								
#	Constituição	d_i [m]	λ [W/m. $^\circ\text{C}$]	R_j [m 2 . $^\circ\text{C}/\text{W}$]	ρ [Kg/m 3]	mt [Kg/m 2]		
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50		
2	Caixa de ar	0.300	1.667	0.180	1	0.3		
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720		
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95		
5	Azulejo	0.003	0.500	0.005	1000	2.5		
Total		0.700		0.722		867.800		
Resistências Térmicas Superficiais								
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13				
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13				
Total				0.26	$r=$	1.00		
Área de superfície total = 5.02 m2		Rtérmica total		0.982	Msi [Kg/m2]			
U [W/m2.$^\circ\text{C}$]				1.019	868.800			
<p>LAJE6 – Placa de gesso cartonado ($d_i=50\text{mm}$, $k=0.250 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$); Caixa de ar ($d_i=600\text{mm}$, $k=3.333 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=1 \text{ Kg/m}^3$); Laje aligeirada ($d_i=300\text{mm}$, $k=1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=2400 \text{ Kg/m}^3$); Argamassa de regularização ($d_i=48\text{mm}$, $k=1.3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=2000 \text{ Kg/m}^3$); Linóleo em "Marmoleum real" ($d_i=3\text{mm}$, $k=0.170 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, $\rho=1200 \text{ Kg/m}^3$).</p>							0.854	-
Pavimento entre pisos - LAJE8								

#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.600	3.333	0.360	1	0.6
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95
5	Linóleo (Marmoleum real)	0.003	0.170	0.015	1200	3
Total		1.000		0.911		868.600
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 19.19 m²		Rtérmica total		1.171	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				0.854	869.600	
LAJE7 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ =1000 Kg/m3); Caixa de ar (di=600mm, k=3.333 W/m.°C, ρ =1 Kg/m3); Laje aligeirada (di=300mm, k=1 W/m.°C, ρ =2400 Kg/m3); Argamassa de regularização (di=48mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2000 Kg/m3); Azulejo em mármore do tipo “estremoz”(di=3mm, k=1.3 W/m.°C, ρ =2300 Kg/m3).					1.022	-
Pavimento entre pisos - LAJE8						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.600	3.333	0.180	1	0.6
3	Laje aligeirada	0.300	1.000	0.300	2400	720
4	Argamassa de regularização	0.048	1.300	0.037	2000	95
5	Azulejo	0.003	1.300	0.002	2300	5.75
Total		1.000		0.718		871.350
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.26	r=	1.00
Área de superfície total = 4.63 m²		Rtérmica total		0.978	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.°C]				1.022	872.350	

COBERTURA

Tal como nas paredes exteriores, a análise energética das coberturas é de extrema importância, uma vez que estando diretamente em contacto com o ambiente exterior desempenham um papel fundamental na regulação térmica do edifício. Assim, na Tabela 13 pode-se ver a caracterização térmica das coberturas do edifício.

Tabela 13 - Descrição dos elementos construtivos opacos – coberturas

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C																																																																																																																															
	Da solução	Máximo regulamentar																																																																																																																														
COB1 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m3); Caixa de ar (di=192mm, k=1.067 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Laje aligeirada (di=250mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Camada de forma (di=100mm, k=0.8 W/m.°C, ρ=1600 Kg/m3); Tela elastómera (di=8mm, k=0.230 W/m.°C, ρ=1200 Kg/m3); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m3); Geotêxtil (di=10mm, k=0.220 W/m.°C, ρ=910 Kg/m3); Godos (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3).	0.478	0.45																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Identificação do Elemento Construtivo</th> </tr> <tr> <th colspan="7">Fachada exterior - COB1</th> </tr> <tr> <th>#</th> <th>Constituição</th> <th>di [m]</th> <th>λ [W/m.°C]</th> <th>Rj [m2.°C/W]</th> <th>ρ [Kg/m3]</th> <th>mt [Kg/m2]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Gesso cartonado</td> <td>0.050</td> <td>0.250</td> <td>0.200</td> <td>1000</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Caixa de ar</td> <td>0.192</td> <td>1.067</td> <td>0.180</td> <td>1</td> <td>0.192</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Laje aligeirada</td> <td>0.250</td> <td>1.087</td> <td>0.230</td> <td>2400</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Camada de forma</td> <td>0.100</td> <td>0.800</td> <td>0.125</td> <td>1600</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Tela elastómera</td> <td>0.008</td> <td>0.230</td> <td>0.035</td> <td>1100</td> <td>8.8</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>XPS</td> <td>0.040</td> <td>0.037</td> <td>1.081</td> <td>40</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Geotêxtil</td> <td>0.010</td> <td>0.220</td> <td>0.045</td> <td>910</td> <td>9.1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Godos</td> <td>0.050</td> <td>2.000</td> <td>0.025</td> <td>2000</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Total</td> <td>0.700</td> <td></td> <td>1.921</td> <td></td> <td>929.692</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistências Térmicas Superficiais</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)</td> <td>0.04</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)</td> <td>0.13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Total</td> <td>0.17</td> <td>r=</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Área de superfície total = 440.21 m²</td> <td colspan="2">Rtérmica total</td> <td>2.091</td> <td colspan="2">Msi [Kg/m2]</td> </tr> <tr> <td colspan="4">U [W/m2.°C]</td> <td>0.478</td> <td colspan="2">930.692</td> </tr> </tbody> </table>			Identificação do Elemento Construtivo							Fachada exterior - COB1							#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]	1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50	2	Caixa de ar	0.192	1.067	0.180	1	0.192	3	Laje aligeirada	0.250	1.087	0.230	2400	600	4	Camada de forma	0.100	0.800	0.125	1600	160	5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8	6	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6	7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1	8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100	Total		0.700		1.921		929.692	Resistências Térmicas Superficiais							Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04			Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13			Total				0.17	r=	1.00	Área de superfície total = 440.21 m²		Rtérmica total		2.091	Msi [Kg/m2]		U [W/m2.°C]				0.478	930.692	
Identificação do Elemento Construtivo																																																																																																																																
Fachada exterior - COB1																																																																																																																																
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]																																																																																																																										
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50																																																																																																																										
2	Caixa de ar	0.192	1.067	0.180	1	0.192																																																																																																																										
3	Laje aligeirada	0.250	1.087	0.230	2400	600																																																																																																																										
4	Camada de forma	0.100	0.800	0.125	1600	160																																																																																																																										
5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8																																																																																																																										
6	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6																																																																																																																										
7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1																																																																																																																										
8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100																																																																																																																										
Total		0.700		1.921		929.692																																																																																																																										
Resistências Térmicas Superficiais																																																																																																																																
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04																																																																																																																												
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13																																																																																																																												
Total				0.17	r=	1.00																																																																																																																										
Área de superfície total = 440.21 m²		Rtérmica total		2.091	Msi [Kg/m2]																																																																																																																											
U [W/m2.°C]				0.478	930.692																																																																																																																											
COB2 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m3); Caixa de ar (di=522mm, k=2.900 W/m.°C, ρ=1 Kg/m3); Laje aligeirada (di=250mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m3); Camada de forma (di=100mm, k=0.8 W/m.°C, ρ=1600 Kg/m3); Tela elastómera (di=8mm, k=0.230 W/m.°C, ρ=1200 Kg/m3); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m3); Geotêxtil (di=10mm, k=0.220 W/m.°C, ρ=910 Kg/m3); Godos (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m3).	0.492	0.45																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Identificação do Elemento Construtivo</th> </tr> <tr> <th colspan="7">Fachada exterior - COB2</th> </tr> <tr> <th>#</th> <th>Constituição</th> <th>di [m]</th> <th>λ [W/m.°C]</th> <th>Rj [m2.°C/W]</th> <th>ρ [Kg/m3]</th> <th>mt [Kg/m2]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Gesso cartonado</td> <td>0.050</td> <td>0.250</td> <td>0.200</td> <td>1000</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Caixa de ar</td> <td>0.522</td> <td>2.900</td> <td>0.180</td> <td>1</td> <td>0.522</td> </tr> </tbody> </table>			Identificação do Elemento Construtivo							Fachada exterior - COB2							#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]	1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50	2	Caixa de ar	0.522	2.900	0.180	1	0.522																																																																																											
Identificação do Elemento Construtivo																																																																																																																																
Fachada exterior - COB2																																																																																																																																
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m2.°C/W]	ρ [Kg/m3]	mt [Kg/m2]																																																																																																																										
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50																																																																																																																										
2	Caixa de ar	0.522	2.900	0.180	1	0.522																																																																																																																										

3	Laje aligeirada	0.300	1.110	0.270	2400	720
4	Camada de forma	0.020	0.800	0.025	1600	32
5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8
6	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1
8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100
Total		1.000		1.862		922.022
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 100.16 m²		Rtérmica total		2.032	Msi [Kg/m²]	
U [W/m².°C]				0.492	923.022	

COB3 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m³); Caixa de ar (di=192mm, k=1.067 W/m.°C, ρ=1 Kg/m³); Laje aligeirada (di=250mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Camada de forma (di=100mm, k=0.8 W/m.°C, ρ=1600 Kg/m³); Tela elastómera (di=8mm, k=0.230 W/m.°C, ρ=1200 Kg/m³); Poliestireno extrudido, XPS (di=40mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m³); Geotêxtil (di=10mm, k=0.220 W/m.°C, ρ=910 Kg/m³); Godos (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³).

0.469

0.45

Identificação do Elemento Construtivo		Fachada exterior -				
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.192	1.067	0.180	1	0.192
3	Laje aligeirada	0.300	1.110	0.270	2400	720
4	Camada de forma	0.100	0.800	0.125	1600	160
5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8
6	XPS	0.040	0.037	1.081	40	1.6
7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1
8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100
Total		0.750		1.962		1049.69 2
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 15.89 m²		Rtérmica total		2.132	Msi [Kg/m²]	
U [W/m².°C]				0.469	1050.69	

3.3.2 Envolvente envidraçada

Com o sucessivo desenvolvimento da tecnologia e o aumento de trabalho em escritórios ou gabinetes, as pessoas tendem a passar cada vez mais do seu tempo no interior dos edifícios, pelo que é cada vez mais normal existirem edifícios com maiores exigências funcionais e estéticas. Os vãos envidraçados contribuem para este fator visto garantirem iluminação natural, ventilação e usufruto visual do ambiente exterior. Isto pode-se traduzir então num inadequado uso dos vãos envidraçados e numa inadequada gestão da energia que conduz a gastos desnecessários em grande escala, nomeadamente gastos em climatização.

A envolvente exterior pode ser vista como um dos principais elementos de regulação da temperatura ambiente interior de um edifício, uma vez que atua como regulador das cargas térmicas. Os sistemas de caixilharia, vidros e sombreamento, que compõem os vãos envidraçados, são parte fundamental da envolvente exterior. A sua permeabilidade ao ar e isolamento térmico têm uma influência direta no consumo de energia de um edifício.

A Tabela 14 resume a solução adotada para os vãos envidraçados. Os valores de fator solar ($g_{tot, máx}$) e coeficiente global de transferência de calor ($U_{w, máx}$) máximos estão de acordo com as tabelas 6 e 8, respetivamente, da portaria n.º 138-I/2021 no âmbito do Decreto-Lei n.º 101-D/2020.

Tabela 14 - Descrição dos vãos envidraçados aplicados no edifício

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)	Valores	
	<u>Do existente</u>	<u>Máximo</u>
Fator solar ($g_{tot, máx}$)	0.42	0.56
Coeficiente global de transferência de calor ($U_{w, máx}$) [$W/m^2.°C$]	3.20	3.30

VE – Vão envidraçado com caixilharia de correr sem corte térmico, com vidro duplo, em alumínio anodizado acetinado à cor natural do tipo “Navarra, ref n22071 e n22072”. Existe uma tela blackout branca como proteção solar interior.

Na Tabela 15 são apresentados os diferentes tipos de vãos envidraçados presentes no edifício. São também discriminadas as áreas por tipo de vão envidraçados e orientação.

Tabela 15 - Área e dimensão dos diferentes vãos envidraçados

Identificação VE	Dimensões [mm]	Orientação	Quantidade	Área [m ²]
VE1	1000x2000	Norte	2	4
		Este	1	2
		Oeste	6	12
		Sul	2	4
		Noroeste	3	6
		Sudoeste	12	24
		Nordeste	7	14
		Sueste	1	2
		Norte	2	4
VE2	3000x2000	Sul	1	6
		Sudoeste	1	6
		Sueste	1	6
VE3	2000x2000	Oeste	1	4.0
VE4	2800x2000	Norte	1	5.6
VE5	1800x2000	Norte	1	3.6
VE6	2250x2000	Sueste	1	4.5

3.3.3 Pontes térmicas lineares

As pontes térmicas lineares dizem respeito à concentração de fluxo de calor que ocorre ao longo das zonas de ligação entre elementos construtivos com diferentes geometrias e propriedades térmicas, ou seja, onde ocorre uma maior transferência de calor em comparação com as áreas adjacentes. Com zona de ligação está se a referir a zonas, tais como ligação entre fachadas, ligação entre fachadas e pavimentos, e outras conexões entre diferentes elementos. Como podemos ver no subcapítulo 3.2.2, através da Figura 20, as manchas escuras nas paredes provocadas pela humidade marcam algumas zonas de existência de pontes térmicas lineares.

As PTL devem ser caracterizadas nos edifícios de habitação, e opcionalmente nos edifícios de comércio e serviços. Na sua caracterização deve-se ter em conta que estas não são contabilizadas: em paredes de compartimentação que intersetem paredes, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços interiores não úteis; em paredes em

contacto com o solo; em paredes interiores separando um espaço interior útil de um espaço interior não útil ou de um edifício adjacente, desde que $b_{ztu} \leq 0.7$ [38].

Para o edifício em estudo as PTL são calculadas pelo software *CYPETHERM SCE-Plus* segundo a norma *ISO 14683* que trata de métodos simplificados para determinar os fluxos de calor através de pontes térmicas lineares que ocorrem nas junções dos elementos de construção.

Em suma, as pontes térmicas lineares correspondem à concentração de fluxo de calor entre elementos com diferentes propriedades térmicas e consequente aumento da transferência de calor nestas zonas contribuindo assim para um impacto negativamente significativo na estação de aquecimento.

3.4 Caracterização dos sistemas de técnicos

3.4.1 Equipamentos de climatização (AVAC)

A climatização é o processo de controlo e ajuste das condições do ar ambiente de um espaço fechado, como um edifício ou meio de transporte, de modo a garantir o conforto térmico e a qualidade do ar para os seus ocupantes. É essencial para criar um ambiente saudável e confortável independentemente das condições externas.

O edifício apresenta um sistema de aquecimento com duas unidades produtoras de calor do tipo caldeira a gás natural com potência até os 127.6 kW, instaladas na casa das máquinas, juntamente com todos os acessórios inerentes ao seu correto funcionamento, e têm como objetivo produzir água quente para aquecimento de águas sanitárias (AQS) para climatização do centro social e paroquial de Mire de Tibães, através de uma unidade terminal de piso radiante. É importante referir que a eficiência da caldeira segundo a ficha técnica é de 85%, no entanto, foi aplicado um fator de idade de 0.95 segundo a Tabela 76 do Manual SCE, assumindo por isso uma eficiência de 0.81.

Na Tabela 16 estão referenciados os equipamentos e as suas principais características. De notar que estas características foram obtidas de acordo com pesquisa de alguma documentação e fichas técnicas existentes sobre os equipamentos, bem como através de valores retirados diretamente das etiquetas de características de funcionamento presentes no equipamento.

Tabela 16 - Características técnicas dos equipamentos de climatização

Unidade	Caraterísticas de funcionamento
 <p data-bbox="260 987 632 1016">Figura 26 - Caldeira a Gás Natural (x2)</p>	<p data-bbox="762 416 940 445">Marca: RIELLO</p> <p data-bbox="762 470 1169 499">Tipo de Combustível: Gás Natural</p> <p data-bbox="762 524 986 553">Modelo: TREGI 8N</p> <p data-bbox="762 577 1086 607">Queimador: GULLIVER BS2</p> <p data-bbox="762 631 1342 660">Potência de aquecimento por caldeira: 63.8 kW</p> <p data-bbox="762 685 1270 714">Potência de aquecimento total: 127.6 kW</p> <p data-bbox="762 739 1066 768">Eficiência estimada: 81%</p> <p data-bbox="762 792 1230 822">Consumo elétrico bomba água: 150 W</p> <p data-bbox="762 898 1358 981">Nota: O sistema não inclui depósito de inércia e é constituído por duas caldeiras iguais.</p>
 <p data-bbox="201 1480 692 1547">Figura 27 - Bomba de circulação de água para piso radiante</p>	<p data-bbox="762 1122 1174 1151">Bomba água piso radiante piso 0:</p> <ul data-bbox="815 1176 1174 1317" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="815 1176 1174 1205">• Consumo elétrico: 151 W <li data-bbox="815 1229 1018 1258">• Marca: WILO <li data-bbox="815 1283 1126 1312">• Modelo: STAR-RS25/8 <p data-bbox="762 1341 1174 1370">Bomba água piso radiante piso 1:</p> <ul data-bbox="815 1395 1150 1536" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="815 1395 1150 1424">• Consumo elétrico: 75 W <li data-bbox="815 1449 1018 1478">• Marca: WILO <li data-bbox="815 1503 1145 1532">• Modelo: Yonos Pico 1.0

3.4.2 Equipamentos de ventilação

A ventilação permite renovar o ar ambiente interior de um local com ar exterior.

O edifício está dotado de um sistema de ventilação mecânica para insuflação e extração de ar, sendo o perfil real de utilização do sistema de ventilação demonstrado no Anexo G . A garantia de caudal para renovação do ar é fornecida por quatro caixas de ventilação de insuflação, em condições térmicas que não prejudiquem o conforto dos

ocupantes. No que concerne à extração de ar, o edifício apresenta cinco ventiladores de extração. O conjunto destes equipamentos de ventilação resulta numa potência total de 4.22 kW e no Anexo F estão representados os sistemas de ventilação associados a cada espaço.

Na Tabela 17 estão representados os equipamentos que fazem parte do sistema de ventilação e de renovação de ar novo do edifício, assim como as suas características de funcionamento.

Tabela 17 - Características técnicas dos equipamentos de ventilação

Unidades	Características de funcionamento
 <p data-bbox="204 1126 743 1196">Figura 28 - Caixa de ventilação de insuflação (VI1, VI2 e VI3)</p>	<p data-bbox="869 757 1038 786">Marca: TROIA</p> <p data-bbox="869 808 1133 837">Modelo: CVB 7-BD7.7</p> <p data-bbox="869 860 1174 889">Potência, Tensão e RPM:</p> <ul data-bbox="919 913 1350 1218" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="919 913 1350 1003">• VI1: 750 W, 400V (monofásico), 1400 RPM; <li data-bbox="919 1025 1350 1115">• VI2: 550 W, 400V (monofásico), 1370 RPM; <li data-bbox="919 1137 1350 1218">• VI3: 550 W, 400V (monofásico), 1360 RPM; <p data-bbox="869 1240 1129 1270">Filtragem: sem filtros</p>
 <p data-bbox="229 1585 719 1615">Figura 29 - Caixa de ventilação de insuflação (VI4)</p>	<p data-bbox="869 1317 1086 1346">Marca: TECNIFAN</p> <p data-bbox="869 1368 1066 1397">Modelo: Ilegível</p> <p data-bbox="869 1420 1174 1449">Potência, Tensão e RPM:</p> <ul data-bbox="919 1473 1358 1563" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="919 1473 1358 1563">• VI4: 750 W, 230V (trifásico), 900 RPM; <p data-bbox="869 1585 1129 1615">Filtragem: sem filtros</p>



Figura 30 - Ventiladores de extração (VE1, VE2 e VE5)

Marca: S&P

Modelo: TH800

Potência: 120 W

Tensão elétrica: 230 V (monofásico)



Figura 31 - Ventiladores de extração (VE3 e VE4)

Marca: S&P

Modelo: TH2000

Potência: 255 W

Tensão elétrica: 230 V (monofásico)



Figura 32 - HOTTE de extração (cozinha)

Marca: ilegível

Modelo: ilegível

Potência: 750 W

Tensão elétrica: ilegível

Para medição dos caudais de insuflação, ar novo, e de extração recorreu-se a um equipamento chamado anemómetro de fio quente, representado na Figura 33. O seu funcionamento baseia-se no cálculo da velocidade do vento através da taxa de arrefecimento do fio quente de acordo com o fluxo de ar. A sua forma de utilização consistiu na colocação do bocal de maior diâmetro, de um tubo associado ao equipamento, encostado à grelha de ventilação, de cada espaço, criando assim um fluxo de ar que é direcionado dentro do tubo e passa pelo fio quente do anemómetro lá colocado, medindo assim o caudal de extração e/ou insuflação de acordo com a velocidade e a área de secção do tubo.



Figura 33 - Anemómetro de fio quente

Na Tabela 18 estão indicados os espaços com ventilação de insuflação, extração ou mista, assim como o respetivo caudal medido para renovação de ar e o tipo de ventilação existente.

Tabela 18 - Medições de caudal de ar novo e de ar de extração

Nº - Zona	Área [m ²]	Ventilação	Caudal Ar Novo [m ³ /h]	Caudal de extração [m ³ /h]
-1.07 Instalação sanitária	7.00	VE2	-	60
-1.10 Instalação sanitária	6.79	VE2	-	60
0.01 Sala de reuniões	12.21	VI2	20	-
0.02 Gabinete de direção	10.07	VI2	20	-

Nº - Zona	Área [m²]	Ventilação	Caudal Ar Novo [m³/h]	Caudal de extração [m³/h]
0.03 Instalação sanitária	6.57	VI2 e VE1	15	70
0.04 Quarto de repouso	12.17	VI2	15	-
0.05 Quarto de repouso	12.80	VI2	15	-
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	8.66	VI2	15	-
0.07 Quarto de banho assistido	9.85	VI2 e VE1	15	0
0.08 Fisioterapia	15.31	VI2 e VE1	15	0
0.09 Sanitário de apoio	4.06	VE1		70
0.10 Sala de espera	14.77	VI2	60	-
0.11 Secretaria	10.89	VI2	25	-
0.12 Corredor	91.10	VI2	230	-
0.19 Cozinha	30.92	HOTTE e VI4	2000	3000
0.20 Refeitório	66.34	VI1 e VE3	640	320
0.23 Sala de estar P0	39.02	VI1 e VE3	160	160
0.24 Sala de atividades	34.11	VI1 e VE3	160	240
0.25 Atelier	17.81	VI1 e VE3	240	320
0.27 Enfermaria	18.32	VI1 e VE3	40	160
0.28 Instalação sanitária	2.97	VE2	30	30
0.30 Instalação sanitária	6.13	VE2	30	30
0.31 Instalação sanitária	2.98	VE2	30	30
0.32 Instalação sanitária	2.98	VE2	30	30
0.34 Instalação sanitária	5.28	VE2	30	30
1.02 Quarto individual	17.40	VI3	50	-
1.03 Instalação sanitária	5.95	VE5	80	80
1.04 Sala de estar/convívio P1	45.89	VE5 e VI3	90	320
1.09 Instalação sanitária	6.68	VE4	80	80
1.11 Quarto individual 1.2	15.31	VI3	50	-
1.12 Quarto individual 1.3	16.03	VI3	50	-
1.13 Instalação sanitária	8.13	VE4	80	80
1.14 Instalação sanitária	7.59	VE4	80	80
1.15 Quarto individual 1.1	13.00	VI3	50	-
1.21 Instalação sanitária	5.72	VE4	100	100

Nº - Zona	Área [m ²]	Ventilação	Caudal Ar Novo [m ³ /h]	Caudal de extração [m ³ /h]
1.22 Quarto duplo 1.1	26.12	VI3	0	-
1.23 Quarto duplo 1.2	25.25	VI3	0	-
1.24 Quarto duplo 1.3	25.25	VI3	50	-
1.25 Quarto duplo 1.4	25.25	VI3	50	-
1.26 Quarto duplo 1.5	25.25	VI3	50	-
1.27 Instalação sanitária	5.72	VE4	100	100
1.28 Instalação sanitária	5.72	VE4	100	100
1.30 Instalação sanitária	5.72	VE4	100	100
1.31 Instalação sanitária	5.72	VE4	100	100
1.33 Quarto individual 1.5	26.20	VI3	50	-
1.35 Instalação sanitária	6.51	VE4	100	100

Tal como já abordado, as zonas criadas no *software* de estudo energético do edifício foram distinguidas de acordo com o seu tipo de ventilação: de insuflação, de extração ou mista, estando diferentes ventiladores alocados a diferentes zonas. Nesse sentido foi necessário descobrir a potência de ventilação por cada zona tendo em conta os diferentes espaços, com diferentes tipos de ventiladores. O método de aferição da potência de ventilação por cada zona está, a par do perfil de ventilação, definido no Anexo G .

3.4.3 Sistemas de produção de AQS

A produção de água quente sanitária (AQS) é garantida pelas caldeiras a gás natural com acumulação de AQS, através de dois depósitos termoacumuladores de 2000 litros cada e isolamento de 100 mm de espessura em poliuretano, localizados no compartimento reservatórios. A sua temperatura de dimensionamento para consumo é 60 °C.

O consumo médio diário de águas quentes sanitárias foi estimado para 25 pessoas, sendo que foi considerado um gasto de 50 litros por pessoa por dia. A este consumo foram adicionados mais 200 litros de AQS gastos na cozinha por dia totalizando um valor de 1450 litros de águas quentes sanitárias por dia. Visto se tratar de um lar e centro de dia este

consumo foi considerado o mesmo durante a semana e fins-de-semana para todos os dias do ano.

O edifício apresenta ainda um sistema solar térmico de 18 painéis solares, ligados também aos dois depósitos termoacumuladores de AQS, que cooperam com as caldeiras a gás natural para fazer o aquecimento das águas sanitárias. O sistema solar térmico apresenta também uma bomba de água e um controlador do sistema solar associados. A simulação energética de utilização deste sistema foi efetuada por intermédio da ferramenta de cálculo SCE.ER sendo apresentado o relatório do sistema no Anexo A . É importante referir como nota que este sistema se encontra avariado desde março de 2020 e por isso não foi considerado para a simulação energética.

Tabela 19 - Características técnicas dos equipamentos de produção de águas quentes sanitárias (AQS)

Unidade	Caraterísticas
 <p data-bbox="280 1417 612 1442">Figura 34 – Sistema Solar Térmico</p>	<p data-bbox="764 990 959 1014">Marca: HEWALEX</p> <p data-bbox="764 1037 983 1061">Modelo: KS 2000 TP</p> <p data-bbox="764 1084 1043 1108">Rendimento ótico: 80.2%</p> <p data-bbox="764 1131 1294 1155">Coeficiente de perdas térmicas, a1: 3.80 W/m²K</p> <p data-bbox="764 1178 1321 1202">Coeficiente de perdas térmicas, a2: 0.0067 W/m²K</p> <p data-bbox="764 1225 1129 1249">Área total de coletores: 32,72 m²</p> <p data-bbox="764 1272 1082 1296">Orientação em azimute: -24°</p> <p data-bbox="764 1319 927 1344">Inclinação: 30°</p> <p data-bbox="764 1366 1161 1391">Temperatura de estagnação: 219 °C</p> <p data-bbox="764 1413 1015 1438">Pressão máxima: 6 bar</p> <p data-bbox="764 1518 1257 1543">Nota: Sistema avariado desde março de 2020</p>



Figura 35 - 2x Termoacumulador AQS

Marca: therca aquecinox, Lda.
Modelo: VS 2000 1SL
Pressão máxima: 6 bar
Capacidade depósito de água: 2000L
Capacidade serpentina: 26.70L
Índice de proteção: IPX1
Isolamento: 100 mm de poliuretano



Figura 36 - Bomba de circulação de água para AQS

Bomba água AQS

- **Consumo elétrico:** 57 W
- **Marca:** WILO
- **Modelo:** STAR-RS25/5

Bomba água sistema solar

- **Consumo elétrico:** 151 W
- **Marca:** WILO
- **Modelo:** STAR-STG-25/8

Bomba água retorno AQS

- **Consumo elétrico:** 22 W
- **Marca:** WILO
- **Modelo:** Star-Z 15TT

3.5 Sistemas de iluminação

Ao longo da história da humanidade muitos foram os processos utilizados para obter iluminação. Aos dias de hoje, a iluminação artificial é uma constante companhia no quotidiano das pessoas e já poucos são os lugares completamente desprovidos desta. A evolução da humanidade foi de certa forma moldada pela evolução da iluminação visto que esta traz maior conforto e produtividade em situações em que não há iluminação natural. Estas condições são consideradas ótimas para o desenvolvimento da sociedade trazendo assim uma crescente

procura e utilização de iluminação artificial traduzindo-se num progressivo aumento do consumo energético [52].

No Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães a iluminação interior existente é do tipo lâmpadas incandescentes, nos espaços afetos a caixa de escadas, tubular fluorescente para os espaços destinados a arrumos, despensas e espaços técnicos, e fluorescente compacta para o resto dos espaços. Em relação há iluminação exterior existem apenas 3 projetores LED na zona do parque de estacionamento e em relação à iluminação de emergência há um total de 50 equipamentos. O perfil de utilização real da iluminação está definido no Anexo K .

Na Tabela 20 estão representados exemplos tipo das lâmpadas em funcionamento no edifício em estudo, assim como algumas características inerentes às mesmas.

Tabela 20 - Características de funcionamento da iluminação interior e exterior

Iluminação	Características
Iluminação interior	
 <p>Figura 37 - Exemplo lâmpada tubular fluorescente</p>	<p>Espaços abrangidos: Arrumos, despensas, cozinha e espaços técnicos</p> <p>Potência: 36 W</p> <p>Quantidade: 20</p> <p>Balastro: Balastro eletrónico ⁴</p>
 <p>Figura 38 - Exemplo de lâmpada fluorescente compacta</p>	<p>Espaços abrangidos: Quartos, salas, gabinetes, corredores, entre outros</p> <p>Potência: 26 W</p> <p>Quantidade: 325</p>
 <p>Figura 39 - Exemplo de lâmpada incandescente</p>	<p>Espaços abrangidos: Caixas de escadas</p> <p>Potência: 60 W</p> <p>Quantidade: 7</p>
Iluminação exterior e de emergência	

⁴ As lâmpadas tubulares fluorescentes apresentam balastro eletrónico associado com potência desconhecida

 <p>Figura 40 - Exemplo de projetor exterior LED</p>	<p>Potência: 25 W; 25 W; 50 W</p> <p>Quantidade: 3</p> <p>Horário de funcionamento: 8h/dia (durante a noite)</p>
 <p>Figura 41 - Iluminação de emergência do edifício</p>	<p>Potência: 5 W</p> <p>Quantidade: 50</p> <p>Horário de funcionamento: 24h/dia</p>

Na Tabela 43, presente no Anexo A , é apresentada e caracterizada detalhadamente a iluminação interior existente em cada divisão tendo em conta o capítulo 11 do manual técnico para a avaliação do desempenho energético dos edifícios⁵. Os valores de iluminância média mantida foram medidos no local, de acordo com a norma EN 12464-1 e recorrendo a um luxímetro, Figura 42. É também apresentada a densidade de potência de referência (DPI referência), de acordo com a tabela 25 da portaria n.º 138-I/2021, para comparação com os valores de densidade de potência existentes.



Figura 42 – Luxímetro usado nas medições

⁵ Manual SCE, aprovado pelo Despacho n.º 6476-H/2021, de 1 de julho, na sua atual redação.

3.6 Outros consumos do tipo T

Para cálculo do indicador de eficiência energética previsto, que traduz a totalidade dos consumos de energia primária no edifício por unidade de área, é necessário fazer a distinção entre consumos do tipo S e consumos do tipo T. Os consumos do tipo S dizem respeito a consumos inerentes à climatização, ventilação (exceto hotes), bombagem e iluminação de zonas úteis enquanto os consumos do tipo T se referem a climatização, ventilação (incluindo hotes) e bombagem de zonas não úteis, equipamentos de frio de conservação, iluminação exterior e de emergência, instalações de elevação e outros sistemas e equipamentos não incluídos nos consumos do tipo S [38]. Neste subcapítulo são apresentados os consumos do tipo T.

3.6.1 Sistemas de elevação: Elevadores

O consumo de energia associado aos sistemas de elevação é estimado com base no consumo de energia durante a manobra, considerando os períodos de pausa e standby. Para determinação do consumo anual do ascensor, a realização da medição desse consumo de energia deverá ser efetuada, atendendo às normas EN ISO 25745-1 ou EN ISO 25745-2, pela empresa responsável pela manutenção de instalações de elevação ou por uma entidade inspetora de instalações de elevação [38].

Na ausência das referidas medições, o valor do consumo energético do ascensor deve ser obtido através do produto do consumo de energia diário pelo nº de dias de funcionamento do ascensor. O consumo diário deve ser quantificado através da sua classificação energética e da Tabela 87 do Manual SCE desenvolvido pela ADENE e regulado pelas diretrizes nacionais e europeias para a certificação energética. Quando não se conhece a classe energética considera-se [38]:

- Classe B para ascensores de tração direta;
- Classe C para ascensores de tração com redutor;
- Classe F para ascensores hidráulicos.

O edifício em estudo apresenta dois elevadores da marca *OTIS* e modelo *GEN2*, um monta-cargas com capacidade para 450 Kg e um monta-camas com capacidade para 1000 Kg,

ambos de tração direta (classe energética B) e ambos com uma distância máxima de viagem de 7.70 m.

Depois de conhecida a classe energética, e com o auxílio das tabelas 88 e 89 do Manual SCE, usa-se a equação 6 correspondente para calcular o consumo energético diário dos elevadores.

$$E_{d,asc} = 1.08 Q_{asc} n_a \frac{S_m}{1000} + 100 t_{ist} \quad [\text{Wh/dia}] \quad (6)$$

Com:

- Q_{asc} – Carga nominal [Kg];
- n_a – nº de viagens por dia (Tabela 88 do Manual SCE);
- t_{ist} - Tempo em modo inativo (Tabela 88 do Manual SCE);
- S_m – Distância média de viagem da instalação

$$S_m = \frac{p}{100} l_m \quad [m] \quad (7)$$

- Com l_m a distância máxima de viagem (primeiro piso até último piso);
- p – Rácio entre distância média e distância máxima de viagem (Tabela 89 do Manual SCE).

A Tabela 21 indica o consumo energético dos elevadores assim como todos os parâmetros, já aqui descritos, necessários ao cálculo do mesmo.

Tabela 21 – Valores usados para estimar o consumo energético anual dos elevadores

	Monta-cargas	Monta-camas
Q_{asc}	450 kg	1000 kg
n_a	50 viagens	
l_m	7.70 m	
p	67%	
S_m	5.16 m	
$E_{dia,asc}$	2505.39 [Wh/dia]	2658.64 [Wh/dia]
$E_{ano,asc}$	914.47 [kWh/ano]	970.40 [kWh/ano]

3.6.2 Outros equipamentos

Estão também associados ao lar e centro de dia outros equipamentos com maior ou menor potência e que logicamente consomem energia, contribuindo para o total de consumos indicado na fatura energética.

Os equipamentos mais comuns e com um consumo de energia mais reduzido quando comparados com outros existentes, são por exemplo: computadores, televisões, impressora, arcas e frigoríficos, bombas de água, entre outros. Para além destes existem equipamentos com maior consumo de energia entre os quais se destacam as máquinas de lavar e secar roupa, o armário bastidor, a calandra, a câmara de refrigeração, a HOTE, entre outros. No Anexo N é feita uma pequena demonstração do consumo esperado destes equipamentos assim como o seu perfil de utilização.

3.7 Cargas térmicas

As cargas térmicas são associadas a fluxos de calor que são trocados entre os espaços a climatizar e a sua envolvente, ou com elementos que existem no interior do próprio espaço, tal como os elementos construtivos, os ocupantes e os equipamentos associados. Assim sendo, os diferentes tipos de cargas térmicas usados para dimensionamento de instalações e estudos energéticos são as cargas de calor transmitidas pelas paredes, tetos e pavimentos; as cargas de calor solar devido à radiação nos envidraçados; as cargas por ar novo; cargas por radiação solar; e as cargas associadas aos ocupantes, equipamentos e iluminação [35].

As variáveis envolvidas no cálculo das cargas térmicas, como a temperatura, para as trocas de calor sensível, e a humidade para as trocas latentes, sofrem flutuação dos seus valores ao longo dos diferentes dias do ano e diferentes horas do dia, sendo o seu método de cálculo separado em regime livre e regime controlado. O método de cálculo usado no estudo energético em causa diz respeito ao regime livre que consiste no cálculo térmico através de programas específicos, como o *Energy Plus*, que se servem de equações diferenciais para resolver os problemas em regime transiente, isto é, de acordo com as variações das variáveis interiores e exteriores ao longo do tempo [35].

3.7.1 Cargas por transmissão

As cargas térmicas por transmissão de calor dão-se através das envolventes opaca ou envidraçada por fluxos de calor que por elas passam devido às diferenças de temperaturas exteriores e interiores. Assim sendo, cada um dos elementos que representam as envolventes referidas representa uma troca de calor com o exterior, estando um coeficiente de troca de calor associado a cada material resultando num coeficiente de transmissão térmica final do elemento construtivo (parede, cobertura, pavimento, etc.). Estes coeficientes estão indicados no 3.7.1 para os elementos construtivos do edifício [35].

No que diz respeito à envolvente envidraçada, as janelas e portas envidraçadas oferecem menos resistência à passagem de calor que a envolvente opaca, sendo assim maiores as trocas de calor. O valor do coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados é indicado no 3.3.2.

3.7.2 Cargas por ar novo

As cargas por renovação de ar novo estão divididas entre infiltrações e ventilação mecânica, sendo que transportam consigo uma parcela de calor sensível, devido à diferença de temperaturas, e calor latente, devido à diferença do conteúdo de humidade [35].

As infiltrações ocorrem devido à circulação natural do ar desde o ambiente exterior para o interior devido à diferença de densidades promovidas pelas diferenças de temperatura. Esta circulação natural do ar tem a sua maior contribuição pelas janelas ou pelas portas e foi definido um valor de 0.60 ren/h no *software* de simulação energética.

3.7.3 Cargas por radiação solar

A energia solar contribui fortemente para os ganhos de calor de um edifício. Estes ganhos afetam a dinâmica do ambiente a climatizar e têm origem tanto na envolvente opaca como na envolvente envidraçada.

No que diz respeito à envolvente opaca, o sol a incidir nesta reflete certa parte da radiação incidente para o meio exterior sendo a outra absorvida pela superfície da envolvente e transformada em carga térmica. Este efeito promove a condução de calor no interior da parede e a acumulação deste mesmo calor nos elementos construtivos sendo mais tarde libertado para o ambiente exterior por convecção do ar. Este fenómeno de retenção do calor nos elementos construtivos chama-se de inércia térmica [35].

A envolvente envidraçada, transparente à radiação solar, promove ganhos solares maiores que os da envolvente opaca tendo um grande peso nas parcelas energéticas. O fator solar quantifica a fração da radiação solar incidente que é transmitida para o interior e está indicado na Tabela 14, 3.3.2, para os envidraçados do edifício em estudo [38].

3.7.4 Ganhos internos

Os ganhos internos de um edifício dizem respeito às fontes de calor latente e sensível geradas dentro do próprio edifício, provenientes da ocupação dos espaços e tipo de atividade humana, dos equipamentos e da iluminação. Em relação à ocupação e atividade humana percebe-se que num espaço com maior número de pessoas haverá uma maior geração de calor através do metabolismo do corpo humano, o mesmo se verifica num espaço em que o tipo de atividade seja “desporto” em comparação com um que seja “sentado”. No que diz respeito aos equipamentos e iluminação, estes também geram calor como resultado do seu funcionamento visto que parte da energia elétrica consumida por eles é dissipada sobre a forma de calor, sendo que equipamentos com maior eficiência geram menos calor.

OCUPANTES

Os espaços climatizados destinados à permanência humana são, normalmente, concebidos para suportarem um determinado número de pessoas, sobre determinadas atividades específicas, e também durante um determinado período. Estas questões influenciam bastante a carga térmica pois associado às atividades de cada indivíduo está uma libertação térmica latente e sensível [35].

Sendo assim, é necessária a definição do número de pessoas e tipo de atividade por espaço interior útil de modo a calcular as cargas térmicas. Na Tabela 22 foi definido o número de pessoas previstas para cada espaço, com perfil de ocupação definido segundo a Tabela 45 no Anexo L. O grau de atividade das pessoas por espaço, foi definido no próprio software de simulação energética, segundo o *“Load Calculation Applications Manual”* de Jeffrey D. Spitler publicado pela *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE).

Visto o edifício se tratar de um lar e centro de dia a maior parte dos espaços, tal como salas, quartos, refeitório, entre outros, foram considerados como “sentado em teatro, matinée” que era o que se assemelhava mais às características desse tipo de espaços. A definição do resto dos espaços encontra-se no Anexo M. No mesmo anexo também está

definida a fração radiante por ocupação de acordo com o programa usado para a simulação energética.

Tabela 22 - Nº de pessoas previstas por espaço

Nº Zona	Nº Pessoas
-1.17 Lavandaria	2
-1.18 Sala de pessoal	2
0.01 Sala de reuniões	1
0.02 Gabinete de direção	1
0.04 Quarto de repouso	1
0.05 Quarto de repouso	1
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	2
0.08 Fisioterapia	2
0.11 Secretaria	1
0.19 Cozinha	2
0.20 Refeitório	24
0.23 Sala de estar P0	15
0.24 Sala de atividades	15
0.25 Atelier	8
0.27 Enfermaria	1
1.02 Quarto individual	1
1.04 Sala de estar/convívio P1	12
1.05 Copa	2
1.11 Quarto individual	1
1.12 Quarto individual	1
1.15 Quarto individual	1
1.22 Quarto duplo	2
1.23 Quarto duplo	2
1.24 Quarto duplo	2
1.25 Quarto duplo	2
1.26 Quarto duplo	2
1.33 Quarto individual 1.5	1

ILUMINAÇÃO

Quando uma lâmpada é ligada, uma parte da energia elétrica é transformada em energia térmica, que se traduz num aumento da temperatura da superfície da lâmpada, e outra parte é transformada em energia luminosa, que é emitida sob a forma de radiação. Isto quer dizer que esta parcela radiante vai ser absorvida pelas superfícies envolventes,

transformando-se em carga térmica [35]. Foi adotado um valor de fração radiante de 0.58 para as lâmpadas tipo fluorescente e um valor de 0.90 de fração radiante para as lâmpadas incandescentes, segundo o *software* em uso que se baseia no “*Load Calculation Applications Manual*” de Jeffrey D. Spitler publicado pela ASHRAE.

EQUIPAMENTOS

Associado a cada espaço, e ainda mais quando o edifício é de comércio e serviços, estão equipamentos que libertam calor sensível e/ou latente. No entanto nem todos são os equipamentos que libertam calor latente, por exemplo equipamentos de escritório como computadores, impressoras, entre outros, apenas libertam calor sensível enquanto outros equipamentos como por exemplo os bicos do fogão, as máquinas de secar e lavar roupa, a calandra, etc., libertam calor latente e calor sensível. Para a fração radiante foi considerado um valor médio de 0.30 para todos os equipamentos.

4. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A avaliação do desempenho energético do edifício (DEE) assenta na determinação dos balanços de energia primária dos edifícios previsto e de referência, sendo representados pelo indicador de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) e de referência (IEE_{ref}).

De forma muito simples e sucinta, para avaliação do desempenho energético do edifício é feita uma comparação entre o edifício em estudo (previsto) e um edifício exemplo (referência) segundo certas regras e orientações definidas na Tabela 101 e Tabela 102, respetivamente, no manual SCE. Também é levado em conta o indicador de eficiência energética previsto renovável ($IEE_{pr,ren}$) que representa a produção de energia, elétrica e térmica, a partir de fontes de origem renovável para autoconsumo nos usos regulados [38].

4.1 Validação dos resultados

De modo a calibrar a simulação energética realizada e garantir que se assemelhe o mais possível às condições existentes no edifício foi feita a comparação dos anos de 2020, 2021 e 2022 entre os consumos reais (faturas energéticas) e simulados (*software CYPETHERM SCE-CS Plus*) de eletricidade e gás natural.

Analisando as faturas energéticas de consumo de energia elétrica dos últimos 3 anos, obtém-se o consumo médio de 41587 kWh/ano. Da simulação energética obtém-se o valor de 43976 kWh/ano, correspondente a um diferencial de cerca de 6%, ou seja, uma diferença mínima indicando um valor de consumo elétrico simulado, muito semelhante ao real. No que diz respeito ao consumo de gás natural, através das faturas energéticas referentes aos mesmos anos, obtém-se um valor de 140412 kWh/ano, enquanto da simulação energética se obtém o valor de 140938 kWh/ano, correspondendo a um diferencial de cerca de aproximadamente 0%.

Relativamente à variação mensal de consumo, a maior diferença negativa, para o consumo elétrico, ocorre no mês de fevereiro com -7% e a maior diferença positiva ocorre no mês de agosto com 11%. No que diz respeito ao consumo de gás natural e ainda sobre a variação mensal de consumo, a maior diferença negativa ocorre no mês de outubro com -22% e a maior diferença positiva ocorre no mês de dezembro com 11%.

Nos gráficos da Figura 43 e Figura 44 estão detalhadamente representados os consumos mensais de gás natural e eletricidade por mês, tanto para o consumo real como para o consumo simulado, apresenta-se também a diferença percentual entre os seus valores.

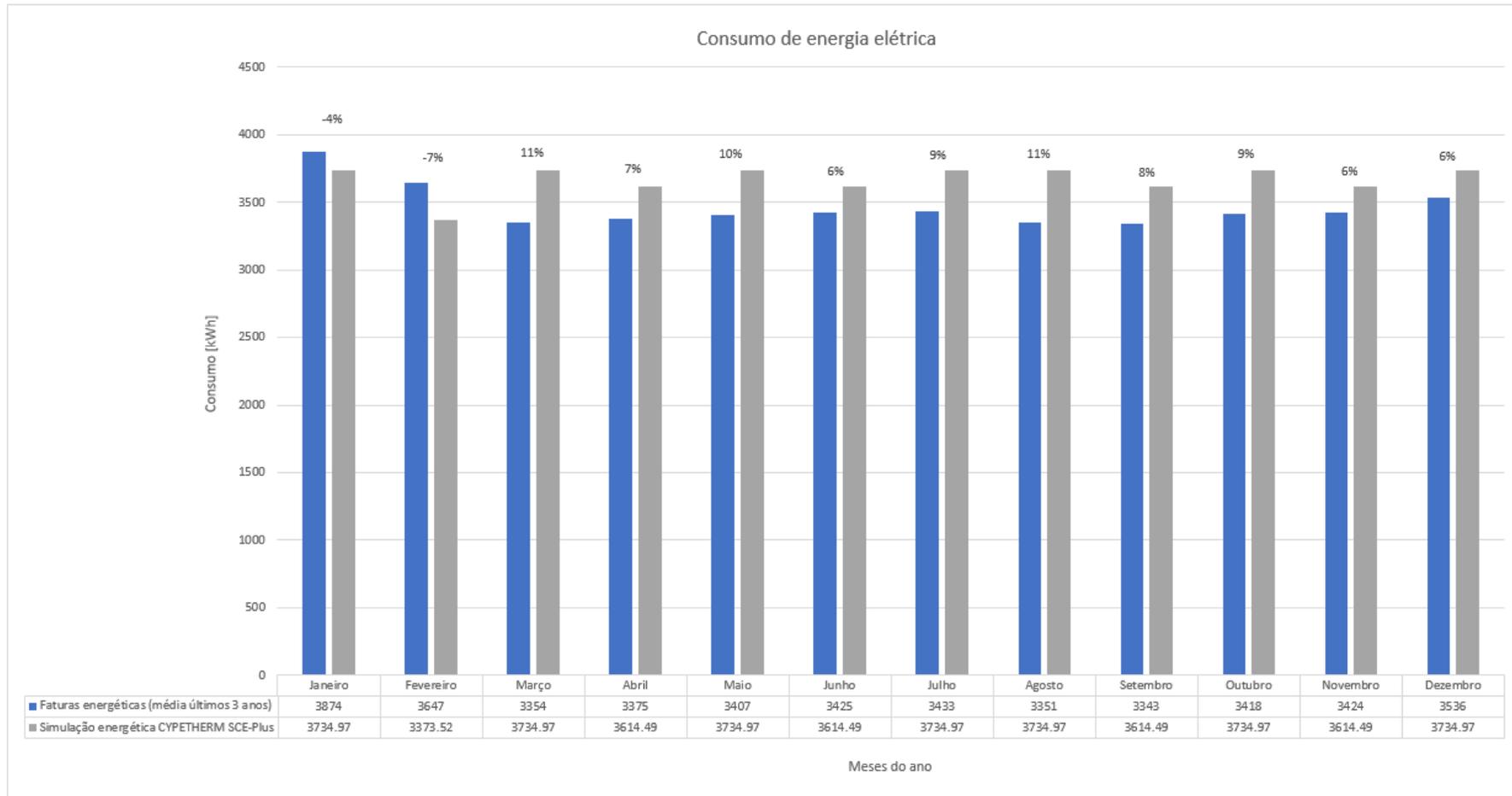


Figura 43 - Gráfico de comparação do consumo elétrico médio para os anos de 2020, 2021 e 2022 com o consumo elétrico simulado

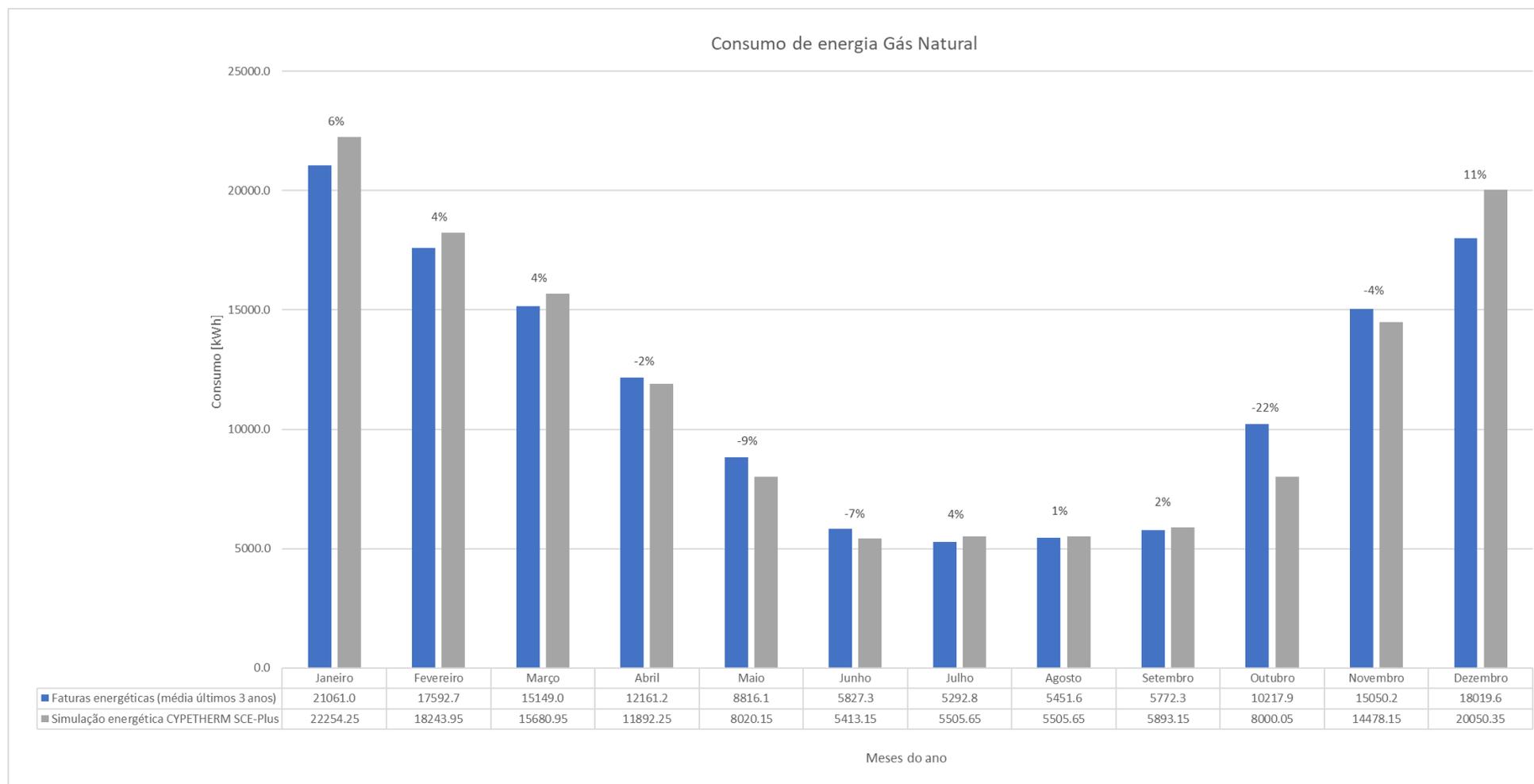


Figura 44 - Gráfico de comparação do consumo médio de gás natural para os anos de 2020, 2021 e 2022 com o consumo de gás natural simulado

4.2 Condições a respeitar – Alterações realizadas

Apesar de calibrarmos a simulação energética para ir ao encontro das faturas de consumo energético do edifício é necessário que a simulação cumpra certos pontos previstos e de referência de acordo com o Manual SCE, alterando assim certos parâmetros da simulação. Todas as condições a respeitar para obtenção do índice de eficiência energética previsto e de referência são abordadas no 2.7.1.

Em relação ao IEE_{pr} , para a simulação energética do caso de estudo, todas as condições seriam respeitadas à exceção de um ponto acerca do perfil de utilização da ventilação e outro acerca da climatização. Isto é, segundo as condições a respeitar: “Em sistemas de ventilação que sirvam espaços interiores úteis, considerar o perfil horário em funcionamento contínuo sempre que os espaços estão ocupados (...)” [38], caso que não acontece realmente no edifício. Posto isto, definiu-se o perfil de ventilação por espaço segundo a Tabela 45 do Anexo L. O outro ponto trata-se do arrefecimento e é especificado que “Na ausência de sistemas de climatização para aquecimento o arrefecimento, considerar o sistema por defeito (...)” [38].

No que diz respeito às condições de referência a respeitar, o *software* utilizado (*CYPETHERM SCE-CS Plus*) garante o cumprimento das mesmas. No entanto, devido ao modo como se definiram as zonas do edifício no *software*, não seria possível respeitar uma condição acerca da ventilação que afirma: “Para os ventiladores associados à ventilação de espaços interiores úteis (insuflação e extração) com uma potência igual ou superior a 750 W no edifício previsto, considerar uma potência determinada através do produto entre o caudal de ar do edifício previsto e uma potência específica (*SFP*) de 1250 W/(m³/s)”. Posto isto, utilizou-se uma folha de cálculo no *excel* de forma a obter os resultados corretos e respeitar a referida condição. O processo está explicado no Anexo O.

Concluindo, depois das alterações feitas e todas as condições respeitadas é possível avançar para a análise dos resultados obtidos.

4.3 Resultados obtidos

Depois de definidas as características do edifício e realizada a simulação energética obtiveram-se os resultados da simulação, nomeadamente, os consumos de energia elétrica e de gás natural, as emissões de CO₂ libertadas, os indicadores de eficiência energética, entre

outros, conforme mostra a Tabela 23 para o edifício previsto e a Tabela 24 para o edifício de referência.

Tabela 23 - IEE previsto: Indicador de consumo de energia primária por m² de área de pavimento

	Fonte de energia	Consumo (kWh/ano)	Fpu	Consumo EP (kWh/ano)	Emissões de CO ₂ (toneladas/ano)	IEE (kWh/m ² . ano)	(kWh/m ² .ano)	
IEE _{pr, S}	Aquecimento em zonas úteis	Gás natural	55837.95	1.0	55837.95	11.28	46.32	
		Eletricidade	858.78	2.5	2146.94	0.31		
	Arrefecimento em zonas úteis	Eletricidade	2519.73	2.5	6299.33	0.91	5.03	
	Ventilação em zonas úteis	Eletricidade	11253.26	2.5	28133.16	4.05	22.48	
	Bombagem em sistemas de climatização de zonas úteis	Eletricidade	2629.96	2.5	6574.91	0.95	5.25	118.41
	Preparação de AQS	Gás natural	22237.86	1.0	22237.86	4.49	17.77	
	Preparação de AQP							
	Bombagem em sistemas de AQS e AQP	Eletricidade	1657.92	2.5	4144.80	0.60	3.31	
	Iluminação interior	Eletricidade	9134.53	2.5	22836.32	3.29	18.24	
IEE _{pr, T}	Aquecimento em zonas não úteis						86.14	
	Arrefecimento em zonas não úteis							
	Ventilação em zonas não úteis							
	Bombagem em sistemas de climatização de zonas não úteis							
	Equipamentos de frio	Eletricidade	5167.31	2.5	12918.28	1.86		10.32
	Iluminação dedicada, de emergência e exterior	Eletricidade	2482.00	2.5	6205.00	0.89		4.96
	Outros equipamentos e sistemas não incluídos no tipo S	Eletricidade	19050.06	2.5	47625.15	6.86		70.86
	Gás natural	41069.37	1.0	41069.37	8.30			

IEE_{pr, REN}	Aquecimento em zonas não úteis	0.00
	Arrefecimento em zonas não úteis	
	Preparação de AQS	
	Preparação de AQP	
	Eletricidade renovável	

Tabela 24 - IEE referência: Indicador de consumo de energia primária por m² de área de pavimento

	Fonte de energia	Consumo (kWh/ano)	Fpu	Consumo EP (kWh/ano)	Emissões de CO₂ (toneladas/ano)	IEE (kWh/m².ano)	(kWh/m².ano)	
IEE_{ref, S}	Aquecimento em zonas úteis	Gás natural	78757.92	1.0	78757.92	15.91	64.62	
		Eletricidade	848.90	2.5	2122.25	0.31		
	Arrefecimento em zonas úteis	Eletricidade	1359.35	2.5	3398.39	0.49	2.72	
	Ventilação em zonas úteis	Eletricidade	9137.21	2.5	22843	3.55	19.45	
	Preparação de AQS	Gás natural	20238.95	1.0	20238.95	4.09	113.25	
	Preparação de AQP							
	Bombagem em sistemas de AQS e AQP	Eletricidade	1657.92	2.5	4144.80	0.60		3.31
		Iluminação interior	Eletricidade	3498.00	2.5	8744.99	1.26	6.99
IEE_{ref, T}	Aquecimento em zonas não úteis						86.14	
	Arrefecimento em zonas não úteis							
	Ventilação em zonas não úteis							
	Bombagem em sistemas de climatização de zonas não úteis							
	Equipamentos de frio	Eletricidade	5167.31	2.5	12918.28	1.86		10.32
	Iluminação dedicada, de emergência e exterior	Eletricidade	2482.00	2.5	6205.00	0.89		4.96

Outros equipamentos e sistemas não incluídos no tipo S						
Eletricidade	19050.06	2.5	47625.15	6.86		70.86
Gás natural	41069.37	1.0	41069.37	8.30		

O gráfico em baixo, Figura 45, representa a informação contida na Tabela 23 acerca dos consumos energéticos por tipo de utilidade. Através deste concluímos que os principais consumidores de energia no edifício são: o aquecimento que representa cerca de 38% das necessidades energéticas do edifício, o AQS com 12% e outros equipamentos com 32%. De acordo com a Tabela 49, que caracteriza os “outros equipamentos” existentes no edifício, dentro destes os maiores consumidores de energia são: a máquina de lavar roupa industrial, a máquina de lavar loiça industrial, o bastidor, a calandra e os elevadores, principalmente. Outros consumos de energia que podem e devem ser diminuídos através da proposta de investimentos são a iluminação interior, com 5% das necessidades energéticas do edifício, e a ventilação com 6%.

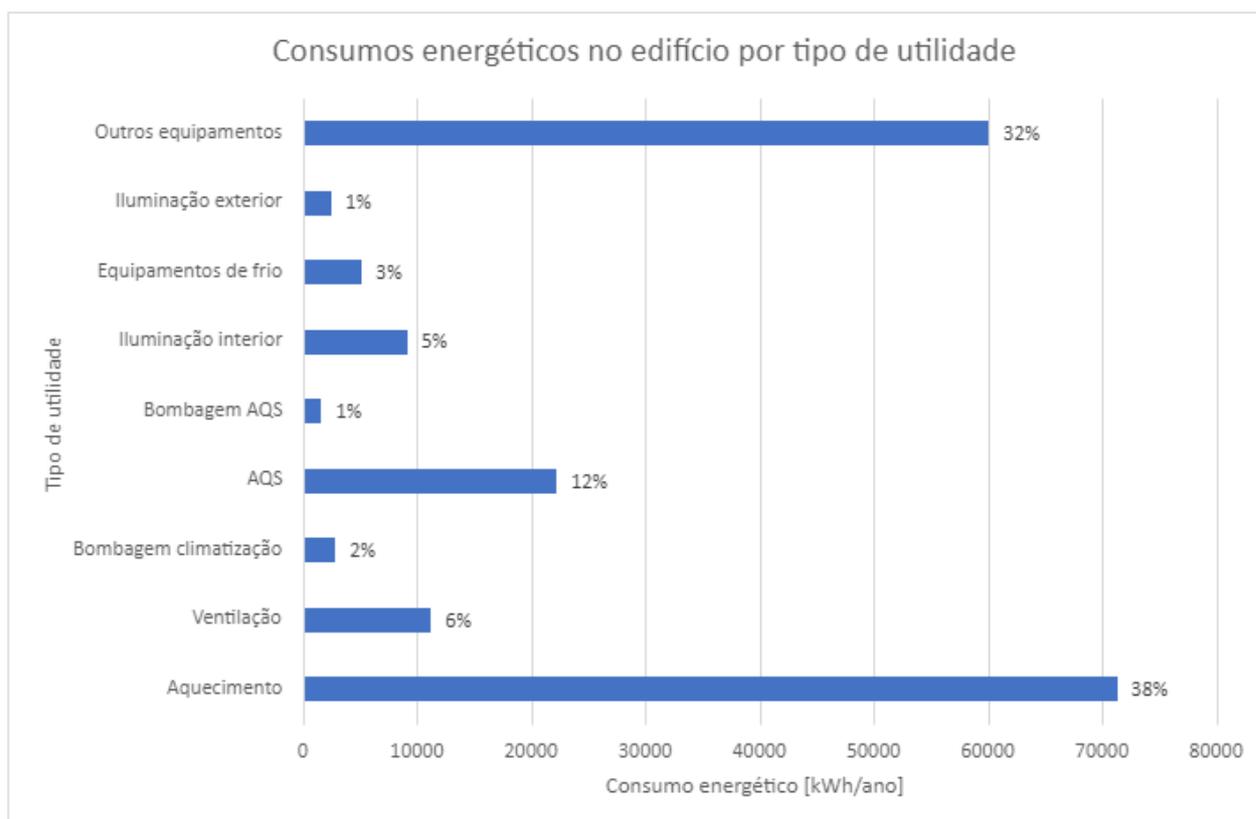


Figura 45 - Consumos energéticos no edifício [kWh/ano] por tipo de utilidade

4.4 Classificação Energética

Para edifícios de comércio e serviços, a classe energética é determinada em função do rácio de classe energética (R_{IEE}), que resulta da relação entre os indicadores de eficiência energética do tipo S previsto, tendo em conta o contributo de fontes de energia renovável, e de referência, conforme a equação abaixo [38].

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (8)$$

Analisando todos os resultados obtidos obteve-se o valor de R_{IEE} igual a **1.034**, correspondendo à **classe energética C**.

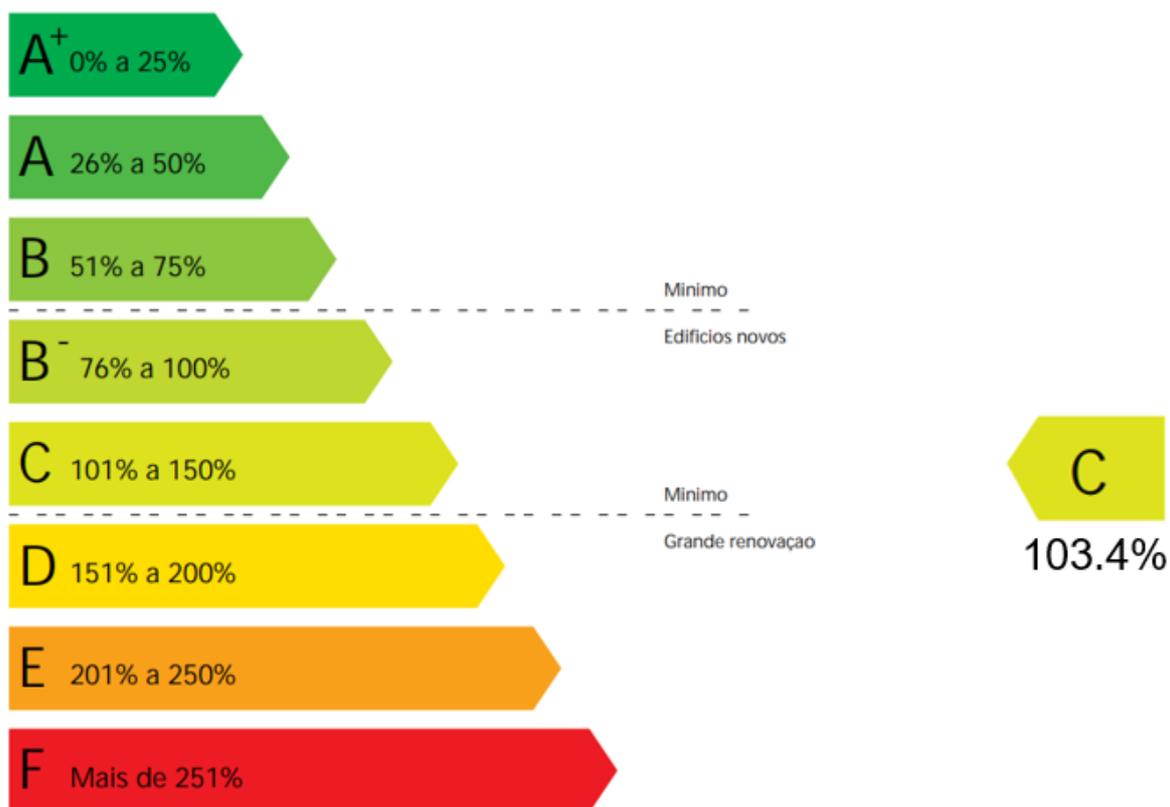


Figura 46 - Classificação energética final do edifício, adaptado do relatório de certificação energética

5. PROPOSTA DE INVESTIMENTOS PARA OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CONFORTO TÉRMICO E QUALIDADE DO AR INTERIOR

Após a realização do cálculo da simulação energética e a obtenção dos resultados é necessária a análise dos mesmos não só com vista a melhoria da eficiência energética do edifício, mas também o conforto dos utilizadores do edifício, que no caso em estudo são pessoas de terceira idade, utentes do lar e centro de dia.

Neste capítulo são abordadas algumas das propostas de melhoria do edifício, pensadas e analisadas num brainstorming realizado e descrito no Anexo P , e que foram selecionadas pois permitem a eficiência energética e uma consequente redução da fatura energética ou porque vêm resolver algumas das deficiências e problemas construtivos que o edifício enfrenta, tal como abordado no subcapítulo 3.2.2.

Os valores dos orçamentos aqui apresentados para cálculo do retorno de investimento, foram feitos com a ajuda e experiência do Eng.º Marco Freitas da Lusitar – Lobarinhas & Jardim e são apenas estimativas realizadas recorrendo a pedidos de orçamento a empresas com as quais a empresa costuma trabalhar. Em adição, os valores do preço do quilowatt-hora €/kWh de eletricidade e gás natural foram calculados tendo em conta a média das faturas energéticas respetivas para o ano de 2022, com 9um valor de 0.25712 €/kWh de eletricidade e 0.12911 €/kWh de gás natural.

5.1 Instalação de um sistema solar fotovoltaico – Nº1

A primeira melhoria estudada diz respeito à instalação de um sistema solar fotovoltaico, com estrutura do tipo triangular, na zona da cobertura plana. O sistema deverá englobar um total de 26 módulos fotovoltaicos JA SOLAR (550W) com um ângulo de inclinação de 30°, orientação sul, um inversor SOLAX X3 MIC de 15 kW e uma potência nominal de 14.2 kW.

Tendo em conta os consumos elétricos simulados obtidos pelo SCE.ER, foi efetuada uma comparação entre diversas soluções com alteração do número total de módulos fotovoltaicos a utilizar, obtendo-se os resultados da tabela seguinte:

Tabela 25 - Comparação e seleção de módulos fotovoltaicos com perfil de consumo elétrico atual

Nº de módulos	16	18	20	22	24	26	28	30
- Área [m ²]	41.3	46.5	51.7	56.8	62.0	62.7	67.5	77.5
- Necessidades do edifício [kWh/ano]	54753							
- Custo de investimento [€]	10585	11908	13231	14554	15877	17200	18523	19846
- Autoconsumo [kWh/ano]	13203	14607	15806	16814	17695	18470	19141	19727
- Aumento do autoconsumo	1617	1404	1199	1008	881	775	671	586
- Redução na fatura [€] /ano – 0.257€/kWh	3394.76	3755.75	4064.04	4323.22	4549.74	4749.01	4921.53	5072.21
- Entregue à rede [kWh/ano]	38	291	748	1395	2170	3051	4036	5106
- Aumento da energia entregue à rede	38	253	457	647	775	881	985	1070
- Venda à rede [€] - 0.04€/kWh	1.52	11.64	29.92	55.8	86.8	122.04	161.44	204.24
- Payback [nº anos]	3.30	3.34	3.42	3.52	3.62	3.74	3.86	3.98

Analisando a Tabela 25, que contém os resultados obtidos pela simulação no SCE.ER, verifica-se que o *payback* é relativamente próximo para as possíveis opções a adotar não sendo por isso um parâmetro a ter em conta na escolha e comparação do número de painéis. Outro ponto de análise que deve ser estudado para a otimização do sistema é a comparação entre o aumento do autoconsumo e o aumento da energia entregue à rede, com a evolução do nº de painéis. Como podemos ver pelo gráfico abaixo (Figura 47), é aproximadamente com 26 painéis fotovoltaicos que o “desperdício” da energia entregue à rede é maior que o autoconsumo. Posto isto, optou-se pelos 26 módulos.

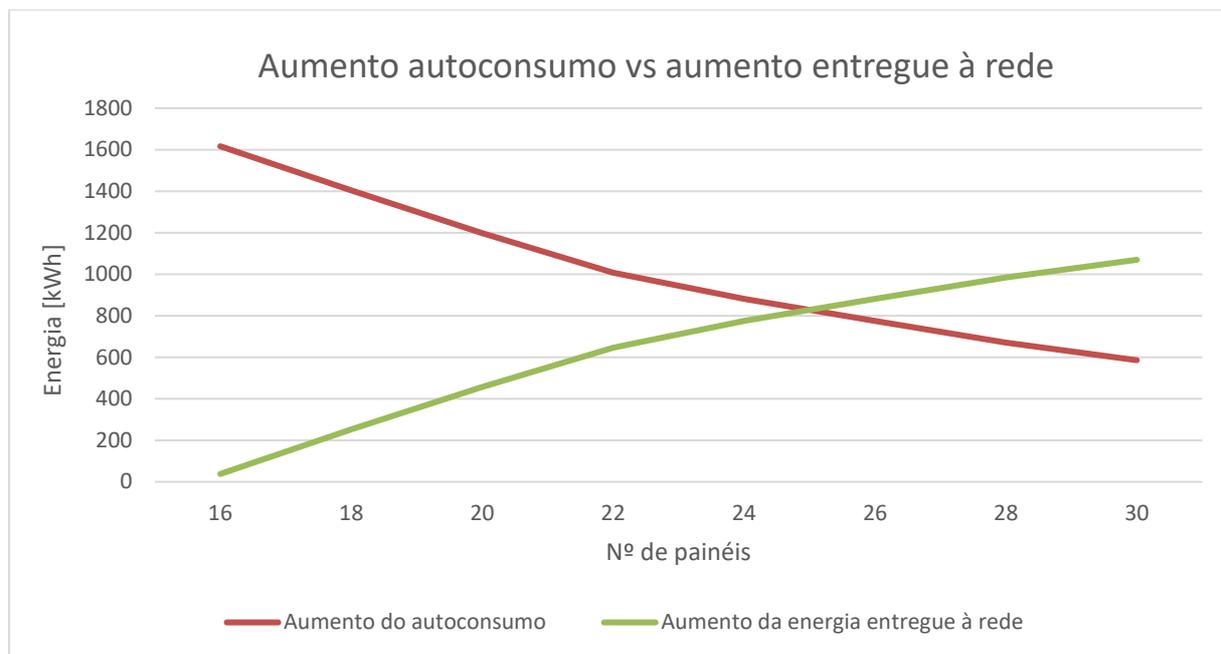


Figura 47 - Gráfico do aumento do autoconsumo vs aumento da energia entregue à rede em função da evolução do número de painéis, para perfil de consumo elétrico atual

Sendo assim, neste momento, com o perfil de consumo elétrico atual do edifício, as necessidades energéticas são de 54753 kWh/ano com autoconsumo de 18470 kWh/ano, 34% das necessidades do edifício, e uma energia entregue à rede de 3051 kWh/ano, 17% do valor de energia fotovoltaica produzida. De notar que para o perfil de consumo elétrico atual, a lavagem da roupa (um dos equipamentos maior consumidor de eletricidade) é feita de noite devido a um menor custo do kWh de eletricidade.

No Anexo S está presente o relatório da simulação, do sistema fotovoltaico, com o SCE.ER. Na Tabela 26 segue o resumo do impacto desta medida:

Tabela 26 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	17 200	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	171.5	[MWh/ano]
	26 862	[€]
Venda à rede (0.04€/kWh)	122	[€]
Redução na fatura energética	4 749	[€]
Payback	3.62	anos

Novo IEEpr, S	131.95	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	36.89	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	127.59	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.745	
Nova classe energética	B	

MELHORIA DA PRESENTE PROPOSTA DE INVESTIMENTO

A proposta de investimento anteriormente apresentada, referente à instalação de um sistema fotovoltaico no edifício, está dimensionada para o consumo atual do edifício, ou seja, está dimensionada de acordo com o perfil de consumo elétrico que o edifício apresenta neste momento. Visto que a tarifa do kWh de eletricidade é mais baixa em período noturno, a máquina de lavar roupa, que é um dos maiores consumidores de energia do edifício, é utilizada somente durante a noite para poupar custos.

Uma das duas ideias que surgiram para otimizar o funcionamento do sistema fotovoltaico para este edifício passa, portanto, pela conversão total do perfil de consumo elétrico do edifício para um perfil diurno que permita aproveitar ao máximo toda a energia renovável solar. Visto este sistema não apresentar baterias de armazenamento de energia faz todo o sentido aproveitar as horas de maior incidência solar para fazer grandes consumos de energia.

A outra ideia surge num contexto de maximizar ao máximo o uso do sistema solar fotovoltaico e de reduzir quase totalmente o consumo de gás natural no edifício, exceto no fogão da cozinha, e usar predominantemente eletricidade. Isto é, a ideia baseia-se na substituição da máquina de secar roupa a gás natural, que é também um dos equipamentos maior consumidores de energia, para uma do mesmo género funcionando a eletricidade. A análise destas duas ideias para melhorar a proposta de investimento num sistema solar fotovoltaico são apresentadas Anexo Q .

Em suma, e de acordo com os resultados especificados no Anexo S , conclui-se que o sistema solar fotovoltaico traz importantes benefícios para a eficiência energética do edifício qualquer que seja a medida de melhoria adotada. No entanto, para um melhor uso deste tipo de instalação deve-se dar prioridade ao máximo consumo de energia nas horas de maior

incidência solar de forma a consequentemente aproveitar o máximo possível de energia renovável. Em relação ao investimento na máquina de secar roupa elétrica, este será sempre vantajoso mesmo apesar de não ser possível colocar o nº de painéis desejados, devido a questões de área de cobertura disponível.

5.2 Aumento do isolamento na cobertura – N.º2

A seguinte medida de melhoria foi pensada acima de tudo como uma forma de combater as perdas e ganhos de calor indesejados e manter uma temperatura constante e agradável nos espaços interiores, e consiste em reforçar a camada de isolamento (40 mm) já existente na cobertura. Para isso será aumentada em 60 mm a camada de poliestireno extrudido (XPS) totalizando uma nova camada de cobertura com 100 mm.

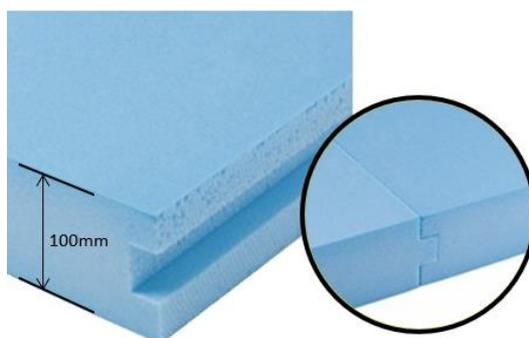


Figura 48 - Exemplo de placa de poliestireno extrudido (XPS) [54]

Na Tabela 27 estão caracterizadas termicamente as coberturas do edifício com a medida de melhoria referente ao aumento da camada de XPS, já aplicada. Apesar de este não ser um edifício novo ou sujeito a grande renovação, com a aplicação desta melhoria o coeficiente de transmissão térmica superficial das coberturas vem respeitar o máximo regulamentar imposto pela Tabela 4 da portaria 138-I/2021.

Tabela 27 - Aumento da espessura de isolamento na cobertura

Descrição da(s) solução(ões) adotada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em $W/m^2 \cdot ^\circ C$	
	Da solução	Máximo regulamentar
COB1 – Placa de gesso cartonado ($d_i=50mm$, $k=0.250 W/m \cdot ^\circ C$, $\rho=1000 Kg/m^3$); Caixa de ar ($d_i=192mm$, $k=1.067 W/m \cdot ^\circ C$, $\rho=1 Kg/m^3$); Laje aligeirada ($d_i=300m$, $k=1 W/m \cdot ^\circ C$,	0.269	0.45

<p>$\rho=2400 \text{ Kg/m}^3$); Camada de forma ($d_i=100\text{mm}$, $k=0.8 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=1600 \text{ Kg/m}^3$); Tela elastómera ($d_i=8\text{mm}$, $k=0.230 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=1100 \text{ Kg/m}^3$); Poliestireno extrudido, XPS ($d_i=100\text{mm}$, $k=0.037 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=40 \text{ Kg/m}^3$); Geotêxtil ($d_i=10\text{mm}$, $k=0.220 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=910 \text{ Kg/m}^3$); Godos ($d_i=50\text{mm}$, $k=2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=2000 \text{ Kg/m}^3$).</p>						
Identificação do Elemento Construtivo						
Fachada exterior - COB1						
#	Constituição	d_i [m]	λ [W/m. $^\circ\text{C}$]]	R_j [m 2 . $^\circ\text{C}/\text{W}$]	ρ [Kg/m 3]	mt [Kg/m 2]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.192	1.067	0.180	1	0.192
3	Laje aligeirada	0.250	1.087	0.230	2400	600
4	Camada de forma	0.100	0.800	0.125	1600	160
5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8
6	XPS	0.100	0.037	2.703	40	4
7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1
8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100
Total		0.760		3.543		932.092
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 440.21 m2		Rtérmica total		3.713	Msi [Kg/m2]	
U [W/m2.$^\circ\text{C}$]				0.269	933.092	
<p>COB2 – Placa de gesso cartonado ($d_i=50\text{mm}$, $k=0.250 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$); Caixa de ar ($d_i=522\text{mm}$, $k=2.900 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=1 \text{ Kg/m}^3$); Laje aligeirada ($d_i=300\text{mm}$, $k=1 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=2400 \text{ Kg/m}^3$); Camada de forma ($d_i=100\text{mm}$, $k=0.8 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=1600 \text{ Kg/m}^3$); Tela elastómera ($d_i=8\text{mm}$, $k=0.230 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=1100 \text{ Kg/m}^3$); Poliestireno extrudido, XPS ($d_i=100\text{mm}$, $k=0.037 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=40 \text{ Kg/m}^3$); Geotêxtil ($d_i=10\text{mm}$, $k=0.220 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=910 \text{ Kg/m}^3$); Godos ($d_i=50\text{mm}$, $k=2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, $\rho=2000 \text{ Kg/m}^3$).</p>				0.274	0.45	
Identificação do Elemento Construtivo						
Fachada exterior - COB2						
#	Constituição	d_i [m]	λ [W/m. $^\circ\text{C}$]]	R_j [m 2 . $^\circ\text{C}/\text{W}$]	ρ [Kg/m 3]]	mt [Kg/m 2]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.522	2.900	0.180	1	0.522
3	Laje aligeirada	0.300	1.110	0.270	2400	720
4	Camada de forma	0.020	0.800	0.025	1600	32
5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8
6	XPS	0.100	0.037	2.703	40	4
7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1
8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100
Total		1.060		3.483		924.422

Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 100.16 m ²		Rtérmica total		3.653	Msi [Kg/m ²]	
		U [W/m ² .°C]		0.274	925.422	
<p>COB3 – Placa de gesso cartonado (di=50mm, k=0.250 W/m.°C, ρ=1000 Kg/m³); Caixa de ar (di=192mm, k=1.067 W/m.°C, ρ=1 Kg/m³); Laje aligeirada (di=3000mm, k=1 W/m.°C, ρ=2400 Kg/m³); Camada de forma (di=100mm, k=0.8 W/m.°C, ρ=1600 Kg/m³); Tela elastómera (di=8mm, k=0.230 W/m.°C, ρ=1100 Kg/m³); Poliestireno extrudido, XPS (di=100mm, k=0.037 W/m.°C, ρ=40 Kg/m³); Geotêxtil (di=10mm, k=0.220 W/m.°C, ρ=910 Kg/m³); Godos (di=50mm, k=2 W/m.°C, ρ=2000 Kg/m³).</p>				0.266	0.45	
Fachada exterior -						
#	Constituição	di [m]	λ [W/m.°C]	Rj [m ² .°C/W]	ρ [Kg/m ³]	mt [Kg/m ²]
1	Gesso cartonado	0.050	0.250	0.200	1000	50
2	Caixa de ar	0.192	1.067	0.180	1	0.192
3	Laje aligeirada	0.300	1.110	0.270	2400	720
4	Camada de forma	0.100	0.800	0.125	1600	160
5	Tela elastómera	0.008	0.230	0.035	1100	8.8
6	XPS	0.100	0.037	2.703	40	4
7	Geotêxtil	0.010	0.220	0.045	910	9.1
8	Godos	0.050	2.000	0.025	2000	100
Total		0.810		3.583		1052.092
Resistências Térmicas Superficiais						
Resistência térmica superficial exterior (fluxo horizontal)				0.04		
Resistência térmica superficial interior (fluxo horizontal)				0.13		
Total				0.17	r=	1.00
Área de superfície total = 15.89 m ²		Rtérmica total		3.753	Msi [Kg/m ²]	
		U [W/m ² .°C]		0.266	1053.092	

Tal como já abordado esta proposta de investimentos visa não só a eficiência energética como também o conforto dos utilizadores através, por exemplo, da reparação de certas anomalias no edifício já referenciadas no subcapítulo 3.2.2. Com base neste objetivo, a presente medida, para além de melhorar o isolamento vem promover o reparo e eliminação das infiltrações de água existentes na cobertura do edifício criadas devido a má-formações presentes na camada de materiais constituintes da cobertura, e vem também diminuir as infiltrações de ar pela cobertura.

A influência da aplicação de isolamento verifica-se em todo o edifício já que este reforço de isolamento será aplicado na totalidade das coberturas existentes no edifício. Segue o resumo do impacto desta medida:

Tabela 28 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	13 200	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	186.8	[MWh/ano]
	31 189	[€]
Redução na fatura energética	422	[€]
Payback	31.3	anos
Novo IEEpr, S	129.30	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	-	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	127.592	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	1.013	
Nova classe energética	C	

5.3 Substituição da iluminação existente por tipo LED – Nº3

O edifício encontra-se atualmente equipado com lâmpadas incandescentes e fluorescentes, grandes consumidores de energia e grandes dissipadoras de calor quando em utilização, o que não representa vantagens para um uso eficiente do edifício.

Posto isto, este investimento vem realizar a substituição das luminárias existentes por novas do tipo LED, complementando a melhoria da qualidade da luminância nos diversos espaços e a verificação dos requisitos relativos à iluminância e à densidade de potência nos termos do disposto na portaria prevista no n.º 12 do artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. No Anexo T é apresentada uma tabela que indica o número e tipo de luminárias por espaço assim como os novos valores de iluminância e densidade de potência. Na Tabela 29 está caracterizada a nova iluminação LED do edifício.

Tabela 29 - Características de funcionamento da nova iluminação LED

Modelo do LED	Marca	Qtd.	Potência [W]	Fluxo luminoso [lm]	Temperatura [K]
MASTER LEDtube 600mm H0 8W 840 T8	Philips	7	8	1050	4000
MASTER LEDtube 900mm H0 12W 840 T8	Philips	4	12	1575	4000
MASTER LEDtube 1200mm UO 14.7W 840 T8	Philips	16	14.70	2500	4000
MASTER LEDtube 1500mm UO 21.7W 840 T8	Philips	7	21.70	3700	4000
CorePro LEDBulb ND 120W E27 A67 840 FR G	Philips	10	13	2000	4000
DN 145B LED20S/830 PSD-E II WH	Philips	4	21	2100	4000
DL ALU DN 150 14W 6500 K IP44/IP20 WT	Ledvance	8	14	1330	6500
FLAT TOP 30880184 18W	Elecman	100	18	1440	4000
FLAT TOP 30880244 24W	Elecman	34	24	1920	4000

Na tabela abaixo podemos verificar o retorno do investimento, bem como a classe final da medida de melhoria. Segue o resumo do impacto desta medida:

Tabela 30 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	8 100	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	186.8	[MWh/ano]
	30 432	[€]
Redução na fatura energética	1 179	[€]
Payback	6.90	anos
Novo IEEpr, S	122.22	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	-	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	130.10	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.939	
Nova classe energética	B ⁻	

5.4 Instalação de UTAN's com climatização – N^o4

Em edifícios do tipo lar e centro de dia, a manutenção da temperatura interior, a qualidade do ar interior e o conforto térmico são fatores de extrema importância que podem

ser afetados pela necessidade de ventilação. No caso Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães, torna-se muito difícil fazer a ventilação do edifício com o sistema existente, pois este não possui climatização, provocando assim a entrada de ar novo frio no inverno e a entrada de ar novo quente no verão. Esta incapacidade de fazer renovação de ar novo tantas vezes como as necessárias traz outro tipo de problemas para o edifício e para o conforto dos seus ocupantes que são predominantemente terceira idade.

Um dos problemas observados no edifício, tal como referido no subcapítulo 3.2.2, é a grande quantidade de humidade e condensações, visíveis através de manchas escuras nas paredes, descasque da tinta das paredes ou até mesmo aquele típico odor a humidade, por exemplo. Isto deve-se, para além de outros fatores, a uma reduzida ventilação no edifício.

Tornou-se assim necessário pensar em soluções que promovessem a ventilação de modo a diminuir as condensações e a humidade, mas sem afetar a temperatura interior e o conforto térmico no edifício. Sendo assim, a presente medida de melhoria passa pela substituição das unidades de tratamento de ar novo VI1, VI2 e VI3 por UTAN's com capacidade de fazer aquecimento ou arrefecimento do ar novo.

As UTAN's são unidades de tratamento de ar modulares, constituídas por diversos equipamentos agrupados numa dada sequência com um controlo próprio, que permitem tratar o ar antes de entrar nos espaços a climatizar, com operações de aquecimento, arrefecimento, humedificação e filtragem. As novas UTAN's têm de cumprir os requisitos descritos em baixo, para as condições exteriores e localização do edifício em estudo:

UTAN01, UTAN02 E UTAN03

- Caudal de insuflação de ar novo = 1800 m³/h;
- Pressão estática disponível – 200 Pa;
- Bateria de expansão direta de 11,4 kW arrefecimento e 14,0 kW de aquecimento – circuito R32;
- Temperatura *setpoint* 25°C (verão) e 20°C (inverno);
- Incluir sonda CO2 + Sonda adicional de temperatura a colocar no espaço;
- Controlo incluído.

Portanto, de acordo com as características especificadas, os equipamentos escolhidos para substituir os sistemas de insuflação de ar existentes foram três UTAN's de expansão direta do modelo *OCRAM AHU Select V15.70.0* (Figura 49).



Figura 49 - Exemplo de uma UTAN de expansão direta da OCRAM [55]

Algumas das principais características deste equipamento como potência, eficiência, entre outras, podem ser observadas na Tabela 31. A ficha técnica do equipamento em questão encontra-se no Apêndice C.

Tabela 31 - Características de funcionamento das UTAN's

UTAs de expansão direta – UTAN01, UTAN02 e UTAN03		
Marca e modelo	OCRAM AHU Select V15.70	
Dimensões	2477 x 830 x 750	[m]
Caudal de ar novo	1800	[m ³ /h]
Velocidade de insuflação	1.37	[m ² /s]
Potência de aquecimento	14.50	[kW]
SCOP	4.10	
Potência de arrefecimento	11.40	[kW]
SEER	6.10	
Pressão estática do ventilador	567	[Pa]

É importante referir que os caudais de ventilação reais e existentes no edifício, Figura 16, não cumprem com os requisitos mínimos obrigatórios de caudal de ar novo, determinados em função do critério de ocupação e do edifício de acordo com a equação 9 [38], no entanto com a adoção desta medida de melhoria é garantido o cumprimento dos mesmos.

$$Q_{AN_{min}} = \text{Máximo}(Q_{AN} \text{ critério ocupação}; Q_{AN} \text{ critério edifício}) \quad (9)$$

A Tabela 60, presente no Anexo U, indica os caudais mínimos de ar novo aplicados ao edifício. Na tabela seguinte segue o resumo do impacto desta medida.

Tabela 32 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	29 000	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	181.5	[MWh/ano]
	30 661	[€]
Redução na fatura energética	950	[€]
Payback	30.5	anos
Novo IEEpr, S	139.37	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	12.84	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	122.72	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	1.031	
Nova classe energética	C	

5.5 Substituição da caldeira a gás natural por bomba de calor – N°5

Um objetivo a alcançar aquando do brainstorming desta proposta de investimentos era uma tentativa de reduzir ao máximo o consumo de gás natural no edifício, restringindo-o apenas aos bicos do fogão da cozinha. Nesse sentido propõem-se a instalação de uma bomba de calor com capacidade de 160 kW, para suprimento total das necessidades de aquecimento do ar ambiente, através de piso radiante, e das necessidades de aquecimento de águas quentes sanitárias. Na Tabela 33 estão as características de funcionamento da bomba de calor.

Tabela 33 - Características de funcionamento da bomba de calor

Bomba de Calor	
Marca e modelo	Clivet WiSAN-YEE1 65.4
Dimensões	4300 x 1200 x 1900 [m]

Fluido frigorígeno	R - 32	
Potência	160	[kW]
SCOP	2.66	
Temperatura de referência	50	[°C]
Diferença de temperatura (ΔT)	5	[°C]
Altura manométrica	97321.40	[Pa]



Figura 50 - Bomba de Calor Clivet WiSAN-YEE1 65.4, adaptado do catálogo do equipamento

Uma bomba de calor é um equipamento de ar condicionado que faz a produção de calor, mas também a produção de frio, sendo que esta permite aquecer o ar ambiente com desempenhos mais elevados que um sistema convencional de aquecimento por resistências ou caldeiras. O seu princípio de funcionamento é baseado na inversão do ciclo frigorífico para produzir o aquecimento tirando partido do calor que é rejeitado no condensador. Estas máquinas trabalham segundo um princípio em que retiram a uma determinada fonte (ar, água, terra) uma parcela de energia gratuita sendo que a outra parcela de energia vem do trabalho do compressor. Isto permite a este tipo de máquinas ter uma parte de energia renovável e por isso eficiências sempre superiores à unidade [35].

A substituição da caldeira a gás natural por uma bomba de calor é uma medida de melhoria que traz benefícios ao nível da eficiência, visto que se consegue obter a mesma quantidade de calor com um menor consumo de energia, e ao nível da sustentabilidade pois não promove a queima de combustíveis fósseis e posterior libertação de gases poluentes. Apesar do elevado custo deste tipo de equipamentos a sua maior eficiência resulta num *payback* interessante a longo prazo.

Em suma, esta medida vai não só ao encontro de uma alternativa mais eficiente e sustentável, mas também do que já tinha sido abordado no subcapítulo 5.1, que era o término do uso de gás natural no edifício e a possibilidade do consumo da bomba de calor ser coberto, em parte, pelo sistema solar fotovoltaico. Segue o resumo do impacto desta medida:

Tabela 34 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	63 000	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	113.4	[MWh/ano]
	23 904	[€]
Redução na fatura energética	7 707	[€]
Payback	8.2	anos
Novo IEEpr, S	110.82	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	19.66	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	112.65	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.809	
Nova classe energética	B ⁻	

5.6 Resolução de problemas no sistema solar térmico – N^o6

O sistema solar térmico já abordado apresenta 18 painéis solares que fornecem 18603 kWh/ano e representam um apoio de 68% da energia útil solicitada pelo edifício para aquecimento de AQS. No entanto, neste momento, o sistema solar apresenta-se avariado desde março de 2020 e sem previsões para a sua reparação.

Como tal, esta proposta de melhoria diz respeito ao arranjo do sistema solar térmico de modo a contribuir para a eficiência do edifício, poupar na fatura energética, e não deixar os equipamentos do solar térmico chegar ao ponto de avaria sem reparação possível. Na tabela em baixo, Tabela 35, podemos verificar o retorno do investimento.

Tabela 35 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	1 750	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]

	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	171.4	[MWh/ano]
	29 212	[€]
Redução na fatura energética	2 399	[€]
Payback	0.7	anos
Novo IEEpr, S	124.99	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	9.76	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	124.12	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.928	
Nova classe energética	B ⁻	

5.7 Classificação final após aplicação das medidas de melhoria

No conjunto das seis medidas de melhoria indicadas anteriormente obtemos os seguintes resultados, Tabela 36, que expressam o *payback* global dos investimentos e a redução do consumo de energia:

Tabela 36 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	131 850	[€]
Consumo atual	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria	104.1	[MWh/ano]
	21 515	[€]
Redução na fatura energética	10 096	[€]
Payback	13.2	anos
Novo IEEpr, S	106.99	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	71.27	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	108.75	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.328	
Nova classe energética	A	

ANÁLISE DE RESULTADOS

Na Tabela 37 estão caracterizados o edifício base e a aplicação das medidas de melhoria tanto individualmente como em simultâneo. É possível fazer a comparação entre o edifício inicial e a proposta de investimentos no que diz respeito ao consumo de energia, emissões de CO₂ e classe energética, por exemplo. Também se pode analisar o *payback* de cada proposta de investimentos

Tabela 37 - Resultados obtidos

		Proposta de investimentos							
		Inicial	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	Final
Consumo anual	[MWh/ano]	190.0	190.0	186.8	186.8	181.5	113.4	171.4	104.1
Energia Solar	[MWh/ano]	-	18.5			16.1	24.6	15.1	29.5
Consumo energia primária	[MWh/ano]	273.0	273.0	273.0	260.8	282.3	246.5	269.5	241.7
Emissões CO ₂	[ton/ano]	47.1	40.5	46.5	45.5	45.6	34.4	43.4	31.0
Energia poupada	[MWh/ano]	-	18.5	3.2	3.2	8.5	76.6	18.6	104.3
Investimento	[€]	-	18 300	13 200	8 100	29 000	63 000	1 750	133 350
Receitas	[€/ano]	-	4 749	421	1 178	950	7 707	2 399	10 096
Payback	[anos]	-	3.9	31.3	6.9	30.5	8.2	0.7	13.2
R_{IEE}	-	1.034	0.745	1.013	0.939	1.031	0.809	0.918	0.328
Classe energética	-	C	B	C	B ⁻	C	B ⁻	B ⁻	A

Tendo como base a Tabela 37, elaborou-se o gráfico de comparação de consumos energéticos (Figura 51) para o edifício base e as medidas de melhoria sendo o valor percentual apresentado referente à diminuição de consumo entre cada medida de melhoria e o edifício inicial.

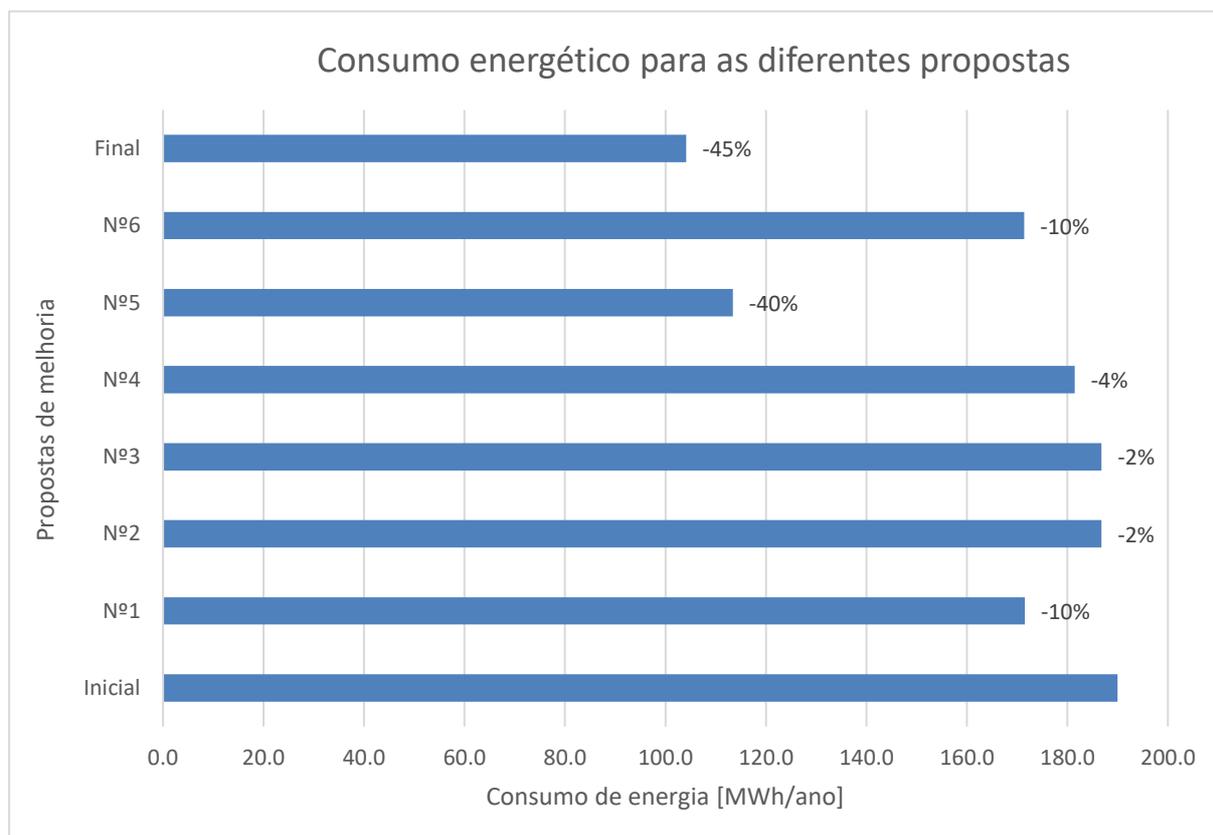


Figura 51 - Consumos energéticos para o edifício base e para as medidas de melhoria

Com a análise da Figura 51 e da Tabela 37 percebe-se que para a proposta de investimentos apresentada todas as medidas de melhoria apresentam uma redução no consumo energético, principalmente a substituição da caldeira a gás natural por uma bomba de calor visto o aquecimento das zonas úteis do edifício ser o parâmetro que mais implica no consumo final do edifício. A instalação do sistema solar fotovoltaico e a recuperação do solar térmico vêm logo de seguida como propostas que mais baixam o consumo de energia. Ou seja, destas três medidas o fator em comum é o uso de algum tipo de energia renovável, fator importante para uma maior eficiência energética.

Elaborou-se, também, um gráfico que relaciona o investimento, o retorno anual de poupança energética e o *payback* associado a cada medida de melhoria apresentada na

proposta de investimentos. Através do *payback*, representado no gráfico à frente das barras referentes ao investimento e receitas anuais, percebemos a quantidade de vezes que demora às receitas anuais para pagar o investimento inicial. Sendo assim, concluímos que as medidas que mais tempo demoram a ser pagas são a instalação das UTAN's e o aumento do isolamento XPS na cobertura. Isto deve-se ao facto de estas medidas terem sido pensadas não só para melhorar a eficiência energética do edifício mas mais até no âmbito de melhorar o conforto térmico e a qualidade do ar interior no edifício.

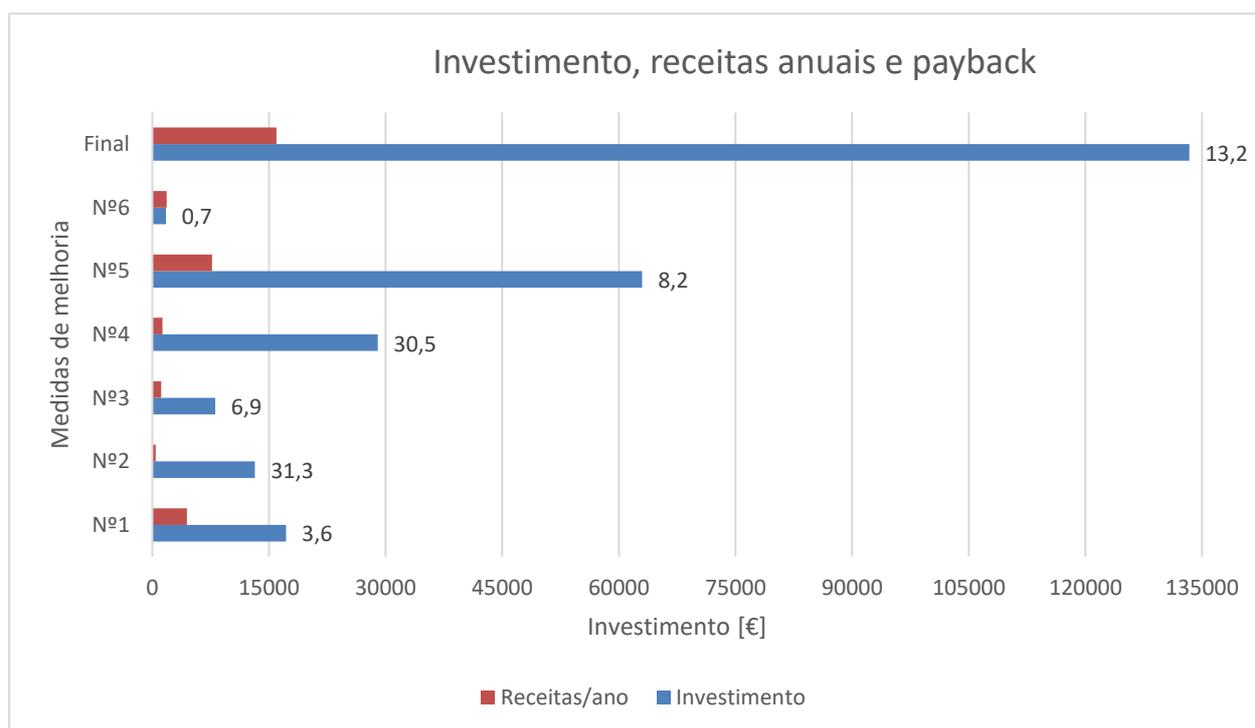


Figura 52 - Gráfico de relação entre investimento, receitas anuais e *payback* para cada medida de melhoria

CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Para concluir, depois da obtenção e análise dos resultados falta apenas perceber em que é que se traduz esta proposta de investimentos com vista à otimização energética e conforto térmico do Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães.

De acordo com a Equação 4, o rácio de classe energética para o Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães é de **0.328** ($R_{IEE} = 0.328$). Posto isto, sabe-se que a classe final do edifício após aplicação de todas as medidas de investimento indicadas no certificado e neste estudo energético é **classe A**.

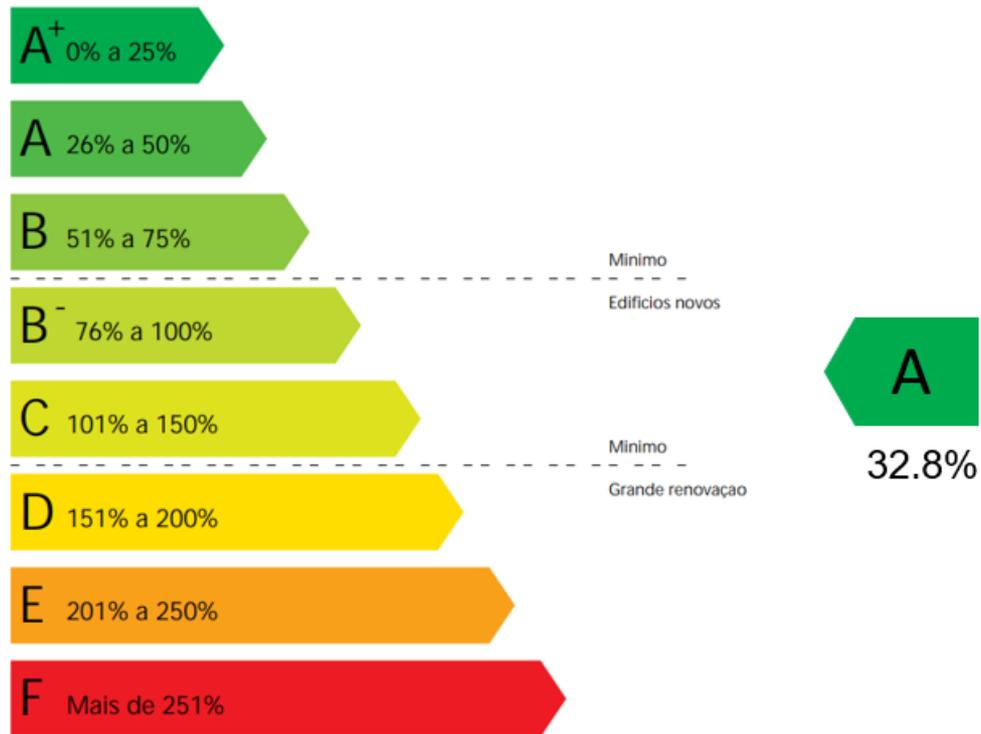


Figura 53 - Classificação energética do edifício após medidas de melhoria, adaptado do relatório de certificação energética

6. CONCLUSÕES

6.1 Conclusões ao projeto realizado

O estudo energético do Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães revelou-se fundamental para identificar oportunidades de melhoria e propor investimentos que visam otimizar o consumo energético do edifício. Através deste estudo conseguiu-se perceber os consumos energéticos do edifício e identificar os principais consumidores, perceber as principais perdas e ganhos térmicos no edifício e identificar eventuais problemas e maus hábitos associados ao conforto térmico e qualidade do ar interior.

A simulação dinâmica realizada permitiu obter um consumo anual de energia de 190 MWh sendo 55 MWh referentes a eletricidade e 135 MWh a gás natural. Desde logo nota-se um elevado consumo de gás natural no edifício, o qual se quis reduzir ao máximo através de medidas de melhoria. Pensou-se por isso numa proposta de investimentos composta por seis medidas de melhoria para o edifício com vista a sua otimização energética e consequente redução das emissões de CO₂, conforto térmico dos ocupantes e qualidade do ar interior.

O lar e centro de dia de Mire de Tibães, inicialmente para o edifício base, apresenta uma classificação energética C com rácio de indicador de eficiência energética de 0.103, ou seja, no limite entre classe energética C e B⁻. Depois de aplicadas as propostas de melhoria, individualmente e em simultâneo, percebeu-se que umas apresentam maiores benefícios que outras e consequentemente maior *payback* que outras. Para cada medida de melhoria podemos concluir que:

- A instalação de painéis fotovoltaicos é um investimento seguro que permite a produção de energia elétrica renovável, através do sol, permitindo otimizar a eficiência do consumo de eletricidade. No entanto, é preciso aproveitar ao máximo a radiação solar e otimizar o perfil de consumo elétrico do edifício para as horas em que o sol é mais incidente. Percebemos também que investir numa máquina de secar roupa elétrica em vez de usar a de gás natural existente no

edifício, e grande consumidora de energia, viria reduzir a fatura energética e diminuir o consumo de gás natural;

- O aumento do isolamento de XPS na cobertura, de 40 mm para 100 mm, tem um *payback* muito elevado, pois apenas vem reduzir uma pequena parte do consumo energético de aquecimento do edifício. No entanto, para além do consumo energético, com o aumento do isolamento da cobertura fazem se cumprir os requisitos de coeficiente de transmissão térmica associados às coberturas e também a eliminação das infiltrações de água existentes pela cobertura;
- A substituição da iluminação existente por iluminação LED é uma das medidas de melhoria que mais depressa deve ser implementada pois apresenta um *payback* reduzido, não é de difícil aplicação no que diz respeito a obras, e sendo as luminárias todos os dias utilizadas, é dinheiro que se perde se esta medida de melhoria não for logo aplicada;
- A proposta relativa às UTAN's com climatização, é uma das medidas de melhoria que é mais difícil de aceitar pois individualmente apresenta uma classe energética menor, mas mesmo assim muito próxima da atual do edifício. Apesar disso, as UTAN's são importantes no contexto em que se inserem, de lar e centro de dia, pois garantem o cumprimento dos requisitos mínimos de ar novo aumentando assim a qualidade do ar interior. Outro fator importante que vem beneficiar a qualidade do ar interior é o facto de depois da instalação da UTA com climatização ser possível aumentar a ventilação existente no edifício, no sentido em que é possível ventilar o edifício independentemente da temperatura exterior, contribuindo assim também para o conforto térmico e eliminação das condensações e humidades no edifício;
- A substituição da caldeira a gás natural por uma bomba de calor, vem contribuir para a redução do uso de gás natural no edifício e promover o uso de eletricidade, o que é importante se juntarmos a esta proposta a outra medida de melhoria relacionada com a instalação de um sistema solar fotovoltaico.

Esta proposta de melhoria permite a climatização do edifício com eficiências mais elevadas, quando comparada a uma caldeira convencional das do género do edifício, devido ao sistema de aproveitamento de energia gratuita vindo do ar, da terra ou da água;

- A última ideia pensada para otimizar o consumo energético, que diz respeito à reparação do sistema solar térmico, deve ser adotada o mais rápido possível, visto ter um *payback* muito reduzido porque há grande aproveitamento da energia solar e tratar-se de uma situação em que o sistema já existe no edifício, no entanto está sujeito a que os seus componentes se estraguem permanentemente devido à sua não utilização.

Tendo em consideração os resultados obtidos para a proposta de investimentos, conclui-se que as medidas implementadas tiveram um impacto significativo não só no bom funcionamento energético do edifício, como também no seu conforto térmico e qualidade do ar interior. Como resultado de todas as medidas de melhoria implementadas, o edifício alcançou uma classificação final de A, com um R_{IEE} de 0.328. É importante ressaltar que todas as medidas de melhoria implementadas respeitaram os requisitos da legislação em vigor, garantindo a conformidade com as normas e regulamentos aplicáveis.

6.2 Projeções para trabalhos futuros

No que diz respeito a trabalhos futuros a realizar para a contínua otimização da eficiência energética do edifício, do conforto térmico e qualidade do ar interior seria do maior interesse a monitorização, daqui a um ano, das causas e consequências provocadas pela implementação das medidas de melhoria, de forma a perceber se estas estão a criar o efeito desejado no edifício. Outra possibilidade de medida de melhoria a estudar e que não foi abordada neste relatório pode ser um estudo da eficiência do uso de AQS no edifício.

Em suma, o estudo energético realizado ao Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães serviu não só para a otimização energética e redução das faturas de consumo do edifício como também para o aumento da qualidade de utilização do edifício pelos seus ocupantes. A proposta de investimentos apresentada foi pensada de modo a permitir uma classe energética

superior através de certas medidas como a instalação do fotovoltaico, iluminação LED, substituição da caldeira a gás natural por uma bomba de calor e arranjo do sistema solar térmico, mas também para melhorar o conforto dos utilizadores através de medidas como a instalação de ventilação com climatização ou o aumento do isolamento na cobertura. Para concluir, os resultados obtidos forneceram uma base sólida para a implementação das medidas propostas, visando um futuro mais eficiente para o edifício em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. A. B. Batista, “Estudo de medidas de eficiência energética para um edifício de serviços,” ISEP, Porto, 2018.
- [2] Governo Português, “Decreto-Lei nº101-D/2020,” em *Diário da República*, Lisboa, 2020, pp. 21-45.
- [3] World Commission on Environment and Development, “Our Common Future,” United Nations, USA, 1987.
- [4] Worldmeter, “Worldometer,” [Online]. Available: <https://www.worldometers.info/world-population/#>. [Acedido em 5 abril 2023].
- [5] T. H. e. G. Q. Mayara Paixão, “Gráficos e mapas explicam como o mundo chegou a 8 bilhões de habitantes,” *Folha de São Paulo*, 2022.
- [6] Parlamento Europeu do Conselho, “Lei Europeia e do Clima 2021/1119 (UE),” *Jornal oficial da União Europeia*, pp. 1-17, 2021.
- [7] Parlamento Europeu, “Reduzir as emissões de gases efeito de estufa na UE: metas nacionais para 2030,” 14 fevereiro 2023. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180208STO97442/reduzir-emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-na-ue-metas-para-2030>. [Acedido em 3 abril 2023].
- [8] ADENE - Agência para a Energia, “Certificar é Valorizar - Certificação Energética dos Edifícios - Legislação,” ADENE, [Online]. Available: <https://www.sce.pt/legislacao/>. [Acedido em 15 outubro 2023].
- [9] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2002/91/CE,” *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 2002.
- [10] Governo Português, “Decreto-Lei nº 78/2006,” em *Diário da República*, Lisboa, 2006.

- [11] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2010/31/UE,” *Jornal Oficial da União Europeia*, 2010.
- [12] Governo Português, “Decreto-Lei nº 118/2013,” *Diário da República*, 2013.
- [13] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2018/844 (UE),” *Jornal Oficial da União Europeia*, 2018.
- [14] Governo Português, “Decreto-Lei nº 68/2019,” em *Diário da República*, Lisboa, 2019.
- [15] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2019/944 (UE),” *Jornal Oficial da União Europeia*, 2019.
- [16] O. v. Troschke, “World Economic Forum,” 2 junho 2015. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2015/06/why-energy-efficiency-is-key-to-sustainable-development>. [Acedido em 4 abril 2023].
- [17] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva (UE) 2018/2002,” *Jornal Oficial da União Europeia*, 2018.
- [18] Governo Português, “Plano Nacional Energia e Clima 2030,” em *Diário da República*, Lisboa, 2020, pp. 2-158.
- [19] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Eficiência Energética,” [Online]. Available: <https://www.erse.pt/atividade/eficiencia-energetica/>. [Acedido em 4 abril 2023].
- [20] Direção Geral da Energia e Geologia, “Desempenho energético de edifícios,” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/desempenho-energetico-de-edificios/>. [Acedido em 3 abril 2023].
- [21] Governo Português, “Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050,” Lisboa, 2019.
- [22] S. P. C. M. V. G. C. L. P. M. R. D. V. Cristina Becchioa, “ScienceDirect,” *Toward NZEB by optimizing HVAC system configuration in different climates*, 10 maio 2017.
- [23] L. Aelenei, “NZEB EXEMPLOS E CASOS DE ESTUDO,” Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2022.

- [24] F. N. M. D. F. A. Gagliano*, “Design solutions for reducing the energy needs of residential buildings,” Universidade da Catania, Itália, 2015.
- [25] Moodular Wood Buildings Systems, “NZEB – Eficiência energética dos novos edifícios obrigatória a partir de 2021,” [Online]. Available: <https://moodular.pt/blog/nzeb-eficiencia-energetica-dos-novos-edificios-obrigatoria-a-partir-de-2021/>. [Acedido em 15 3 2023].
- [26] G. M. O. H. M. G. V. S. N. S. C. e. A. A. M. Teresa M. Mata, “Indoor Air Quality Improvement Using Nature-Based Solutions: Design Proposals to Greener Cities,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, p. 20, 2021.
- [27] G. R. Ruiz e A. O. d. Olmo, “Buildings,” *Climate Change Performance of nZEB Buildings*, p. 19, 20 outubro 2022.
- [28] Governo Português, “Despacho nº 6476-E/2021,” em *Diário da República, 2ª Série*, Lisboa, 2021.
- [29] Governo Português, “Portaria nº 42/2019,” em *Diário da República*, Lisboa, 2019, p. 2.
- [30] P. Professor Roberto Lamberts, “Conforto e stress térmico,” Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Santa Catarina, 2011.
- [31] A. M. B. e. A. M. R. A. Canha da Piedade, *Térmica de Edifícios*, ORION, 2009.
- [32] A. S. M. Núria Forcada Matheu, “Análise do conforto térmico em lares de idosos na zona de cooperação transfronteiriça de Espanha - Portugal,” Centro Internacional sobre o Envelhecimento, 15 abril 2019. [Online]. Available: <https://cenie.eu/pt/blogs/conterma/analise-do-conforto-termico-em-lares-de-idosos-na-zona-de-cooperacao-transfronteirica>. [Acedido em 24 outubro 2023].
- [33] A. Batista, “Quão envelhecida é a população portuguesa?,” *Expresso*, p. 3, 2023.
- [34] Prana Air, “Prana Air - Papel da Qualidade do Ar Interior na Saúde e Segurança Ocupacional,” 25 11 2020. [Online]. Available: <https://www.pranaair.com/pt-pt/blog/iaq-in-occupational-health-and-safety/>. [Acedido em 29 10 2023].

- [35] A. J. d. A. Santos, AVAC, um manual de apoio, Porto: Quântica Editora, 2021.
- [36] B. d. C. Matos, “Idealista/News,” *O que é o BIM e qual a sua importância (e como pode ser aplicado) na construção e gestão de imóveis.*, 12 Agosto 2020.
- [37] Departamento de Energia EUA, “ASHRAE Standard 140 Maintenance and Development,” Governo dos Estados Unidos da América, 2018. [Online]. [Acedido em 11 abril 2023].
- [38] Governo Português, Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios, Lisboa, 2021.
- [39] CYPE, “CYPE - Software para engenharia e construção,” [Online]. Available: <http://programas.cype.pt/>. [Acedido em 21 Setembro 2023].
- [40] R. D. d. S. e. A. T. d. S. Dutra, “Brazilian Journal of Development,” *BIM aplicado para avaliação do Desempenho Térmico em uma residência*, p. 20, 09 Dezembro 2020.
- [41] CYPE, “CYPETHERM SCE-PLUS,” CYPE, [Online]. Available: <https://tinyurl.com/nhddrj3c>. [Acedido em 22 Setembro 2023].
- [42] CYPE, “CYPETHERM Improvements Plus,” CYPE, [Online]. Available: <https://tinyurl.com/yr8h8n2c>. [Acedido em 22 Setembro 2023].
- [43] Governo Português, “Despacho nº 6476-A/2021,” em *Diário da República, 2ª Série*, Lisboa, 2021.
- [44] Governo Português, “Despacho (extrato) nº 9017/2021,” em *Diário da República, 2ª Série*, Lisboa, 2021.
- [45] W.-K. C. H.-W. L. Tianzhen Hong, “Applied Energy,” *A fresh look at weather impact on peak electricity demand and energy use of buildings using 30-year actual weather data*, p. 18, 4 junho 2013.
- [46] A. N. Portela, “Memória Descritiva Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães,” Braga, 2007.

- [47] Grupo Ria, “Infiltração vs Condensação - Como diferenciar?,” 28 setembro 2023. [Online]. Available: <https://gruporia.pt/infiltracao-vs-condensacao-como-diferenciar/>. [Acedido em 26 outubro 2023].
- [48] BLATEM Pinturas, “Diferenças entre a humidade por infiltração e condensação,” 03 novembro 2017. [Online]. Available: <https://www.blatem.com/pt/atualidade/noticias/diferencas-entre-humidade-por-filtracao-e-por-condensacao>. [Acedido em 26 outubro 2023].
- [49] Governo Português, “Portaria nº138-I/2021: Ambiente e ação climática e infraestruturas e habitação,” em *Diário da República*, 1ª série, 2021.
- [50] ADENE, Agência portuguesa do ambiente, Grupo de águas de Portugal, “Casa eficiente 2020,” *Intervenções na envolvente opaca do edifício*, p. 9, 18 Janeiro 2018.
- [51] Direção-Geral de Energia e Geologia, “Iluminação Conteúdo,” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/iluminacao-conteudo/>. [Acedido em 11 outubro 2023].
- [52] J. Brox, *Brilliant - The Evolution of Artificial Light*, Souvenir Press Limited, 2011.
- [53] N. A. N. Khan, “Renewable and Sustainable Energy Reviews,” *Comparative study of energy saving light sources*, p. 14, 27 junho 2010.
- [54] Armazéns Reis, “Armazéns Reis,” Armazéns Reis, [Online]. Available: https://www.armazensreis.pt/pt/construcao/isolamento/poliestireno-extrudido-xps_795-203.html#:~:text=Isolamento%20para%20Pavimentos%20ou%20Coberturas%20XPS%201250x600%20de,Isolamento%20para%20Paredes%20XPS%202600x600%20Liso%20M%2FF%2015%2C49%E2%82%AC%2FM2. [Acedido em 15 outubro 2023].
- [55] OCRAM Clima, Vieira Lopes, “UTA DX,” OCRAM Clima, [Online]. Available: <https://ocram-clima.com/produtos/uta-dx/>. [Acedido em 15 outubro 2023].
- [56] ETAP Lighting, “DOSSIER EN 12464-1,” *Descrição resumida da norma*, p. 12, 2 junho 2012.

APÊNDICES

Apêndice A Ficha técnica módulos solares JA SOLAR

Harvest the Sunshine

DEEP BLUE 3.0

Mono

555W MBB Half-cell Module

JAM72S30 530-555/MR Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

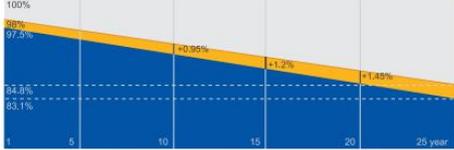


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



Year	New linear power warranty (%)	Standard module linear power warranty (%)
1	97.5%	94.8%
5	97.0%	94.3%
10	96.5%	93.8%
15	96.0%	93.3%
20	95.5%	92.8%
25	91.7%	88.1%

■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing





JA SOLAR

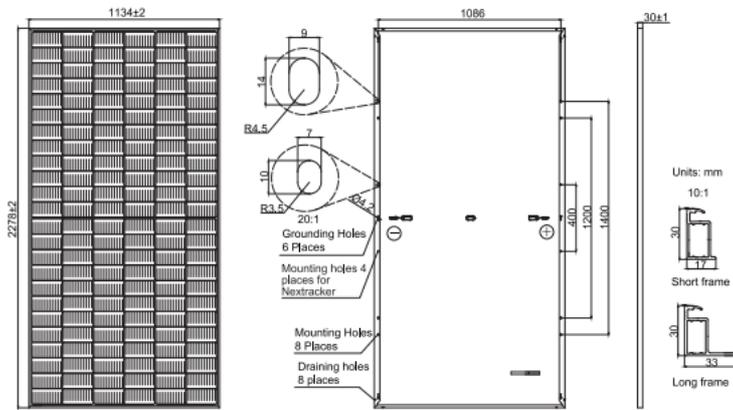
www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



Figura 54 - Ficha técnica módulos fotovoltaicos JA SOLAR

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	27.8kg
Dimensions	2278±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/ QC 4.10-351
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 720pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR	JAM72S30 -555/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	530	535	540	545	550	555
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90	50.02
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96	42.11
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00	14.07
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11	13.18
Module Efficiency [%]	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3	21.5
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR	JAM72S30 -555/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	401	405	408	412	416	420
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68	46.85
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43	39.66
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17	11.21
Max Power Current(Imp) [A]	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55	10.59
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G					

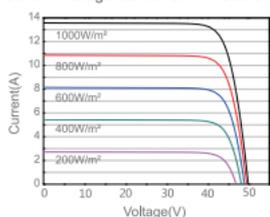
OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112lb/ft ²)
Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50lb/ft ²)
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

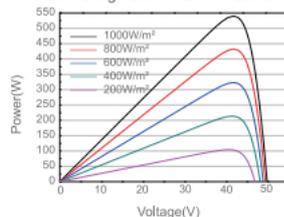
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa.

CHARACTERISTICS

Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR

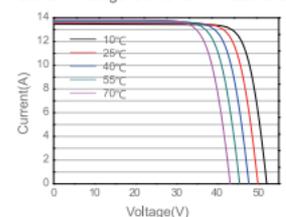


Figura 55 - Ficha técnica módulos fotovoltaicos JA SOLAR

Apêndice B Ficha técnica máquina de secar roupa elétrica

Este apêndice mostra a ficha técnica da máquina de secar roupa do género da já existente, mas elétrica em vez de a gás natural, de modo a otimizar o uso do fotovoltaico.



DRYING

—



SINGLE POCKET DRYERS ADVANCE+ SR-11/14 TP2 PLUS



CHARACTERISTICS

TP2

- User friendly and totally programmable 7" TP2.
- USB Connection. Online platform free of charge for programming, telemetry, data analysis...thanks to the IoT.
- Videos on display (ads, instructions, etc).
- 37 languages.

OUTSTANDING FEATURES

- Reversing drum action as standard
- Stainless steel drum as standard
- Frequency inverter as standard

EFFICIENCY

- iDRY - Intelligent humidity control. With new drum inlet temperature control.
- GREEN FLOW SYSTEM - Efficient air recirculation system.
- Double door glass.
- MIXED FLOW - New 'optimized' system of mixed airflow.
- Big fluff filter.

VERSATILITY

- Make to order - customisation.
- WET CLEANING.

CONNECTIVITY

- Standard IoT FagorKconnect.

ERGONOMICS

- Drawer as fluff filter, made of stainless steel.
- Biggest door diameters.
- Opening sense of door adjustable on site.

MAINTENANCE

- Hinged panel: easy and ergonomic access.
- Technical menu: statistics for technicians and maintenance with external console (with console option).

OTHERS

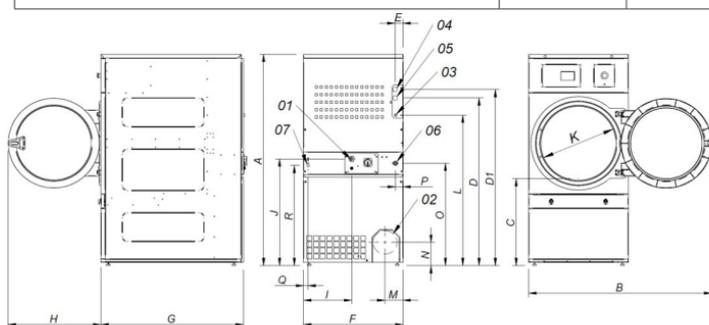
- Grey skinplate outer casing, stainless steel look.
- FK - Integrated Fire Extinguishing System.
- SOFT TOUCH - new drum with stamped holes.
- COOL DOWN - anti-wrinkle at the end of the cycle.
- Heating options: electric, gas and steam.
- CE approved.

OPTIONS

- Opposite door opening
- Tropicalized model
- Dosing/spraying system
- Back panel external air + filter
- Fluff filter with grid 0,6mm (standard is 0,3mm)
- Fluff filter with grid 1,2mm (standard is 0,3mm)
- Stainless steel front and side panels
- Front panel in stainless steel
- Steam battery in stainless steel
- Low pressure steam battery
- Reduced power (12kw instead of 18kw) for SR-14
- Ship voltage for electric models: 440V III 50/60 Hz No neutral
- Other voltages available
- Maritime wooden packing

Figura 56 - Ficha técnica de máquina de secar roupa elétrica

	UNIT.	SR-11 TP2 PLUS	SR-14 TP2 PLUS		
CAPACITY					
Capacity 1/18	Kg	11,7	15		
Capacity 1/20	Kg	10,5	13,5		
Hourly Output (electr. // gas)	Kg/h	21,7 // 31,3	29 // 32,5		
Evaporation capacity (electr. // gas)	l/h	11 // 15	14,5 // 15,6		
DRUM					
Ø Drum	mm	750	750		
Ø Door	mm	574	574		
Door center height	mm	976	976		
Load hole bottom height	mm	689	689		
Drum length	mm	475	610		
Drum volume	l	210	269		
POWER					
Drum motor power	Kw	0,37	0,37		
Fan motor power	Kw	0,55	0,55		
Electric heating power	Kw	12	18		
Total electric power (elec.model)	Kw	12,97	18,97		
Gas heating power	Kw	20,51	20,51		
Instant propane gas consumption (G31)	Kg/h	1,76	1,76		
Instant natural gas consumption (G20)	m3/h	2,17	2,17		
Total electric power (gas model)	Kw	0,97	0,97		
Steam heating power	Kw	30	30		
Total electric power (steam model)	Kw	0,97	0,97		
CONNECTIONS		ELECTRICAL	STEAM / GAS	ELECTRICAL	STEAM / GAS
Tension 230V - I + N + T	Nº x mm2 / A	3 x 25 / 63A	3 x 1,5 / 20A	-	3x1,5 / 20A
Tension 230V - III + T	Nº x mm2 / A	4 x 10 / 40A	3 x 1,5 / 20A	4x16 / 63A	3x1,5 / 20A
Tension 400V - III + N + T	Nº x mm2 / A	5 x 4 / 25A	3 x 1,5 / 20A	5x10 / 32A	3x1,5 / 20A
Ø Gas inlet	BSP	1/2"		1/2"	
DIMENSIONS / PACKING DIMENSIONS					
Net Width / Gross Width	mm	785 / 865		785 / 865	
Net Depth / Gross Depth	mm	855 / 940		989 / 1074	
Net Height / Gross Height	mm	1.694 / 1.840		1694 / 1840	
Net weight / Gross weight	Kg	172 / 180		180 / 190	
OTHERS					
Max airflow	m3/h	850		1.200	
Ø Fume exhaust	mm	200		200	
Sound level	dB	64		64	



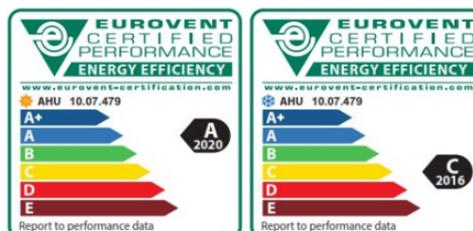
- 01 POWER SUPPLY
- 02 FUMES OUTLET Ø200
- 03 GAS INLET 1/2"
- 04 STEAM INLET 3/4"
- 05 CONDENSATE OUTLET 3/4"
- 06 SPRINKLER VALVE 3/4"
- 07 ETHERNET CONNECTION

	A	B	C	D	D1	E	E1	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
SR-11	1694*	1447	689	1354	1422	68	68	785	855	735	380	870	575	1226	133	180	830	65	35	805
SR-14	1694*	1447	689	1354	1422	68	68	785	989	735	380	870	575	1226	133	180	830	65	35	805

Figura 57 - Ficha técnica de máquina de secar roupa elétrica

Apêndice C Ficha técnica UTAN OCRAM AHU Select V15.70

A ficha técnica da UTA utilizada para a proposta de investimento n.º 4 é demonstrada neste apêndice.



Eficiência Energética CLASSE C Folha de Características Técnicas

Ficheiro: UTA01

Versão: OCRAM AHU Select V15.70.0

Data Versão: 06/2023

Classificação de acordo com a EN 1886:

Resistência Mecânica: D1(M)

Fugas pela envolvente: L1 / L1 (M) - L2 / L1 (R) (- 400 Pa / + 400 Pa)

Fugas p/by-pass nos filtros: G1-F9 (M)

Coefficiente de Transferência Térmica: T2 (M)

Factor de Pontes Térmica: TB4 (M)

Atenuação Acústica da Envolvente:

Hz	125	250	500	1K	2K	4K	8K
dB	15	27	33	33	31	34	40

DETALHES DO PROJECTO

Data	Projecto n.	Ref. Projecto	Unidade n.
07 Sep 2023	PRJ23-1765	P2301_Cotação UTAN	UTA01
Cliente	Data da Revisão	Ref. do Cliente	Caudal de Ar
	07 Sep 2023	UTA01	1800 m3/h
Velocidade na Unidade	Velocidade de Insuflação	Ar Recirculado	
1.37 m/s	1.37 m/s	%	
ASHRAE 2017 Condições Climáticas para Projecto			
Temperatura Exterior de Projecto	Localização	Temp. de Bulbo Seco de Verão	Temp. de Bulbo Húmido de Verão
0.00 C	Portugal - VIANA DO CASTELO	33.10 C	16.30 C

CONSTRUÇÃO DA UNIDADE

Espessura do Painel	Isolamento do Painel	Estrutura em Alumínio	Acabamento da Estrutura
48 mm	RW 60kg/m3	Aluminium Post	Anodised
Painel Exterior	Painel Interior	Estrutura da Base	Localização
1.0mm Galv RAL7040	0.8mm Galv	Chassis STD 120mm	External
Lado dos Acessos	Model Box	Modelo	Tipo de Telhado
Right	MB5	Non-standard	Flat painted

PESO E DIMENSÕES DAS SECÇÕES

Secção N.	Comprimento	Largura	Altura	Peso
A	2477 mm	830 mm	750 mm	242 kg

DIMENSÕES TOTAIS DA UNIDADE

Comprimento	Largura	Altura	Peso Total
2477 mm	830 mm	750 mm	242 kg

001 REGISTO/LIGAÇÃO FLEX.

Caudal de Ar	Dimensões	Perda de Carga	Fugas	Velocidade	Damper	Ligação Fléxivel	Louvre	Actuador
1800 m3/h	730 x 500 mm	0 Pa	Class 2	1.37 m/s	Yes	No	No	No

Figura 58 - Ficha técnica UTA OCRAM AHU Select V15.70

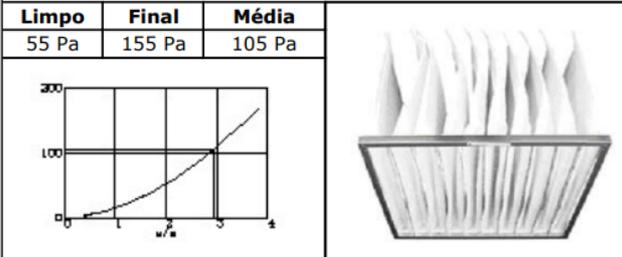
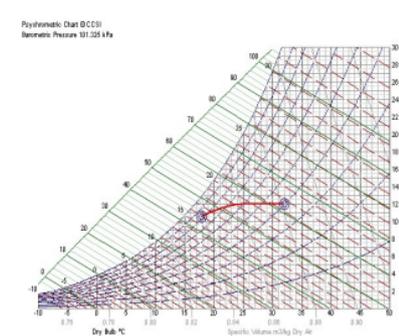
002 FILTROS										
Etapas	Caudal	Velocidade	Classe	Classe Energética	Tipo	Modelo	Mat.	Qtd/Dim. 1	Qtd/Dim. 2	Comp.
1	1800 m ³ /h	2.94m/s	M5 - ePM10 50%	B	Bag	ALFABAG	Polyester	1/592x287	.	360 mm
1										
Limpo	Final	Média								
55 Pa	155 Pa	105 Pa								
Método Cálculo P.D.C.										
002 PORTA DE ACESSO										
Dimensões						Tipo				
450 x 500 mm						Hinged door				
003 BATERIA DE EXPANSÃO DIRETA DE ARREFECIMENTO / AQUECIMENTO										
Caudal de Ar	Qtd	Modelo					Fiadas	Espaçamento Alhetas	Área Frontal	
1800 m ³ /h	1	Cu-Al-FeZn P25ED 3R-14T-558A-2.0pa 5C 28 mm-RHS					3	2	558 x 350	
Ar	BS	BH	HR	Pot. Total	Pot. Sensível	Velocidade Frontal	Perda de Carga			
On	32.0 °C	21.6 °C	40.0 %	11.40 kW	8.78 kW	2.72 m/s	103 Pa			
Off	17.7 °C	15.7 °C	81.0 %							
Refrig	Temp. Evap.	Caudal Mássico	Tipo Refrig.	P.D.C. Refrig.	Carga Circuito	Ligações				
-	7.0 °C	0.05 kg/s	R32	11.05 kPa	-	Líquido	5.00 x 1 off			
						Aspiração	28 mm x 1 off			
Ar	BS	BH	HR	Pot. Total	Pot. Sensível	Velocidade Frontal	Perda de Carga			
On	0 °C	-	90.0 %	14.50 kW	14.50 kW	2.72 m/s	62 Pa			
Off	23.8 °C	-	18.5 %							
Refrig	Temp. Evap.	Caudal Mássico	Tipo Refrig.	P.D.C. Refrig.	Carga Circuito	Ligações				
-	7.0 °C	0.05 kg/s	R32	3.28 kPa	-	Líquido	5.00 x 1 off			
						Aspiração	28 mm x 1 off			
Circuitos	Eliminador de gotas	Mat. Alhetas	Material Tubos	Geometria	Material Estrutura	Condensação	Volume Interno	Factor Seg		
5	Integrated into coil	AL-0.10	CU	P25-0.50	FeZn	4.0 kg/h	2.20 L	1.00		
Projectado para condições húmidas (Dry Pressure Drop = 48 Pa)										
003 PORTA DE ACESSO										
Dimensões						Tipo				
390 x 500 mm						Coil Panel				
003 TABULEIRO DE CONDENSADOS										
Material						Tamanho				
St.Steel						730 mm				
004 PLENUM										
Comprimento						280 mm				
004 PORTA DE ACESSO										
Dimensões						Tipo				
280 x 500 mm						Hinged door				

Figura 59 - Ficha técnica UTA OGRAM AHU Select V15.70

005 VENTILADOR PLUG									
Fabricante	Configuração	Classe de eficiência IE		Frequência de Operação - Voltage					
OcramClima	Free Outlet			7.42 V					
Modelo	Tipo de Roda	Tamanho	Motor Technology						
Plenum Fan	Backward Curve	250	EC						
Caudal de Ar	Velocidade de Saída	Polias	K factor						
1800 m³/h		3	70						
Pressão .Est. Disponível	Velocidade	Velocidade nominal							
200 Pa	2968 rpm	3450 rpm	.						
Pressão .Est. Unidade	Potência Absorvida	Potência Nominal	Factor de Segurança						
367 Pa	1x 0.53 kW	1x 0.75 kW	1.42						
Pressão .Est. Ventilador	Eficiência Estática	Corrente Nominal							
567 Pa	53.9 %	1x 3.3 A	.						
Quantidade	Var. Freq.	Volts/Ph/Hz							
1		230-1-50.00	.						
Frequência	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Descrição
Entrada	62.3	65.8	68.5	69.1	67.4	67.7	67.5	63.7	SWL Interior da Conduta Admissão (dB)
Saída	66.5	67.3	68.7	70.8	73.5	75.7	73	68.9	SWL Interior da Conduta Descarga (dB)

005 PORTA DE ACESSO	
Dimensões	Tipo
500 x 500 mm	Hinged door

006 FILTROS										
Etapas	Caudal	Velocidade	Classe	Classe Energética	Tipo	Modelo	Mat.	Qtd/Dim. 1	Qtd/Dim. 2	Comp.
1	1800 m³/h	2.94m/s	F7 - ePM1 55%	C	Bag	ALFABAG	Synthetic micro fibre	1/592x287	.	535 mm
1										
Limpo	Final	Média								
104 Pa	204 Pa	154 Pa								
Método Cálculo P.D.C.			Mean							

006 PORTA DE ACESSO	
Dimensões	Tipo
550 x 500 mm	Hinged door

DADOS ACÚSTICOS NA SECÇÃO DE INSUFLAÇÃO									
Frequência	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Total dB (A)	Descrição
	65	60	59	62	62	56	48	67	Pot. Sonora Saída (dB)
	64	64	58	53	53	54	45	62	Pot. Sonora Entrada (dB)
	52	42	38	41	45	39	29	48	Pot. Sonora Exterior (dB)

Figura 60 - Ficha técnica UTA OCRAH AHU Select V15.70

SFP (SPECIFIC FAN POWER)			
Ventilador Insuflação		Ventilador de Extracção	
Estado de Filtro	Clean	Estado de Filtro	
Potência Absorvida	.44 Kw	Potência Absorvida	NaN Kw
Eficiência Accionamento	100%	Eficiência Accionamento	NaN%
Eficiência Var. Freq.	100%	Eficiência Var. Freq.	NaN%
Eficiência Motor	100%	Eficiência Motor	NaN%
Caudal de Ar	.5m3/s	Caudal de Ar	m3/s
SFPv	.88 Kw/m3/s		

NOTAS CERTIFICAÇÃO EUROVENT
O efeito do sistema de ventilação é levado em consideração no desempenho do ventilador

Figura 61 - Ficha técnica UTA OCRAH AHU Select V15.70

Apêndice D Ficha técnica Bomba de Calor Clivet WiSAN-YEE1 65.4

A bomba de calor escolhida e orçamentada para investimento no edifício como substituto da caldeira a gás natural é da marca e modelo *Clivet WiSAN-YEE1 65.4*.



Air cooled reversible full inverter heat pump for outdoor installation

Large EVO
WiSAN-YEE1 45.4-85.4 RANGE

TECHNICAL BULLETIN

ErP 2021 COMPLIANT R-32

SIZE	45.4	50.4	55.4	60.4	65.4	70.4	75.4	80.4	85.4
COOLING CAPACITY KW	115	127	139	152	164	176	196	215	233
HEATING CAPACITY KW	118	130	150	170	190	210	230	250	268

Figura 62 - Ficha técnica bomba de calor - capa

General technical data

Performance

Acoustic configuration with compressor soundproofing (SC)

Size			45.4	50.4	55.4	60.4	65.4	70.4	75.4	80.4	85.4
Cooling											
Cooling capacity	1	[kW]	115	127	139	152	164	176	196	215	233
Compressor power input	1	[kW]	40,1	47,0	52,4	62,5	61,0	69,3	67,5	79,6	92,7
Total power input	2	[kW]	43,7	50,7	56,0	66,1	66,4	74,7	73,0	85,0	98,1
Partial recovery heating capacity	3	[kW]	37,3	41,8	46,0	51,5	54,0	58,9	63,3	70,8	78,2
EER	1	-	2,63	2,51	2,49	2,30	2,47	2,36	2,69	2,53	2,38
Water flow-rate (User Side)	1	[l/s]	5,5	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,3	10,2	11,1
Internal exchanger pressure drop	1	[kPa]	19,6	23,5	19,7	23,2	20,8	23,7	28,9	34,2	39,7
Cooling capacity (EN14511:2018)	4	[kW]	115	127	139	152	164	176	196	215	233
Total power input (EN14511:2018)	4	[kW]	44,0	51,0	56,3	66,5	66,8	75,2	73,6	85,8	99,0
EER (EN14511:2018)	4	-	2,62	2,49	2,47	2,29	2,46	2,34	2,66	2,51	2,35
SEER	6	-	4,51	4,51	4,38	4,37	4,48	4,45	4,48	4,45	4,42
SEPR	7	-	5,55	5,50	5,45	5,42	5,46	5,42	5,53	5,38	5,28
Cooling capacity (AHRI 550/590)	5	[kW]	115	127	139	152	164	176	196	215	233
Compressor power input (AHRI 550/590)	5	[kW]	43,7	50,7	56,0	66,1	66,4	74,7	73,0	85,0	98,1
COPR	5	-	2,63	2,51	2,49	2,30	2,47	2,36	2,69	2,53	2,38
IPLV	5	-	4,28	4,25	4,12	4,04	4,23	4,22	4,23	4,19	4,16
heating											
Heating capacity	8	[kW]	118	130	150	170	190	210	230	250	268
Compressor power input	8	[kW]	33,8	39,2	43,3	50,9	54,0	61,5	64,2	73,2	82,1
Total power input	2	[kW]	37,4	42,8	46,9	54,6	59,4	67,0	69,6	78,7	87,5
COP	8	-	3,15	3,03	3,19	3,11	3,19	3,13	3,30	3,17	3,06
Water flow-rate (User Side)	8	[l/s]	5,7	6,3	7,2	8,2	9,2	10,1	11,1	12,1	12,9
Internal exchanger pressure drop	8	[kPa]	21,1	25,2	23,3	29,2	28,0	33,7	39,8	46,4	52,8
Heating capacity (EN14511:2018)	9	[kW]	118	130	150	170	190	210	230	250	268
Total power input (EN14511:2018)	9	[kW]	37,7	43,2	47,3	55,1	60,0	67,7	70,5	79,7	88,7
COP (EN14511:2018)	9	-	3,13	3,01	3,17	3,09	3,17	3,10	3,26	3,14	3,02
SCOP - AVERAGE Climate - W35	6	-	4,16	4,12	4,15	4,07	4,19	4,15	4,22	4,16	4,11
SCOP - MEDIUM Climate - W55	6	-	2,97	2,88	2,96	2,88	2,93	2,87	2,99	2,95	2,93

The Product complies with the European ErP Directive (Energy Related Products), which includes the Commission Regulation (EU) 2016/2281, also known as Ecodesign LOT21.

Contains fluorinated greenhouse gases (GWP 675)

1. Data referring to the following conditions: Water temperature to the internal exchanger = 12/7 °C. Temperature of air entering the external exchanger = 35°C. Evaporator fouling factor = 0.44×10^{-4} m² K/W
2. The Total Power Input value does not take into account the part related to the pumps and required to overcome the pressure drops for the circulation of the solution inside the exchangers
3. Recovery exchanger water = 40/45°C
4. Data compliant to Standard EN 14511:2018 referred to the following conditions: internal exchanger water temperature = 12/7 °C. Entering external exchanger air temperature = 35°C
5. Data calculated in accordance with AHRI 550/590 under the following conditions: Water temperature to the internal exchanger = 6.7 °C. Water flow-rate 0.043 l/s per kW. Temperature of air entering the external exchanger = 35°C. Evaporator fouling factor = 0.18×10^{-4} m² K/W
6. Data calculated in compliance with EN 14825:2018.
7. Data calculated according to the EU 2016/2281 Regulation
8. Data referring to the following conditions: Internal heat exchanger water temperature = 40/45 °C. Temperature of air entering the external exchanger = 7°C D.B./6°C W.B. Evaporator fouling factor = 0.44×10^{-4} m² K/W
9. Data calculated in accordance with EN 14511:2013 under the following conditions: Internal heat exchanger water temperature = 40/45 °C. Temperature of air entering the external exchanger = 7°C D.B./6°C W.B.

Figura 63 - Ficha técnica bomba de calor – características de funcionamento por gama de bomba de calor

General technical data

Performances - Heating

Acoustic configuration Compressor soundproofing (SC) - Silenced (LN) - Super-silenced (EN)

Size D.B./W.B.	Ta (°C)	Leaving internal exchanger water temperature (°C)											
		35		40		45		50		55		60	
		kWt	kWe_tot	kWt	kWe_tot	kWt	kWe_tot	kWt	kWe_tot	kWt	kWe_tot	kWt	kWe_tot
45.4	-20 / -21	54,4	28,1	51,9	29,4	50,1	28,2	-	-	-	-	-	-
	-15 / -16	62,1	29,7	60,0	31,4	58,7	30,4	57,0	32,3	-	-	-	-
	-7 / -8	84,0	30,7	75,8	34,3	74,8	33,7	73,1	35,9	68,5	38,0	-	-
	-4 / -5	87,2	30,0	84,6	32,6	82,3	34,8	80,9	37,1	73,5	40,7	66,9	45,3
	2 / 1	103	31,5	101	34,0	98,4	36,4	96,7	39,0	81,5	45,2	79,9	48,0
	7 / 6	120	32,1	117	34,9	118	37,4	112	40,4	94,2	47,0	92,2	50,0
	12 / 11	137	32,7	134	35,6	131	38,5	128	41,5	108	48,4	105	51,7
	18 / 14	155	32,7	152	35,8	147	38,8	144	42,0	121	49,1	118	52,6
50.4	-20 / -21	60,1	28,0	57,1	29,3	56,7	32,0	-	-	-	-	-	-
	-15 / -16	67,6	29,7	65,2	31,4	65,6	34,6	63,5	36,7	-	-	-	-
	-7 / -8	89,3	32,8	85,1	38,0	82,8	38,4	81,1	40,9	75,7	42,1	-	-
	-4 / -5	95,0	36,5	93,0	39,2	90,9	39,6	89,2	42,2	82,2	45,6	73,3	48,5
	2 / 1	113	37,8	111	40,8	108	41,5	106	44,5	89,1	48,5	87,4	51,4
	7 / 6	135	37,1	130	39,8	130	42,8	123	46,1	103	50,4	101	53,7
	12 / 11	151	37,3	149	40,7	143	44,0	141	47,5	118	52,0	115	55,5
	18 / 14	171	37,3	168	40,9	162	44,4	158	48,1	132	52,8	129	56,5
55.4	-20 / -21	61,0	34,4	61,2	37,4	61,8	41,1	-	-	-	-	-	-
	-15 / -16	72,4	35,1	72,5	38,2	72,9	42,0	74,3	42,2	-	-	-	-
	-7 / -8	106	38,6	97,8	40,1	97,6	43,8	92,8	43,1	87,5	48,7	-	-
	-4 / -5	113	37,1	107	40,5	107	44,1	101	43,7	91,0	50,0	86,9	55,5
	2 / 1	133	37,6	126	41,4	125	45,1	118	44,5	101	52,4	101	56,5
	7 / 6	151	39,8	147	43,3	150	46,9	134	45,2	114	53,3	114	57,5
	12 / 11	168	40,0	166	43,8	165	47,8	151	45,8	129	53,9	128	58,2
	18 / 14	189	39,8	186	43,7	184	47,7	169	45,8	143	54,0	142	58,3
60.4	-20 / -21	77,0	38,8	77,4	42,8	81,6	49,2	-	-	-	-	-	-
	-15 / -16	89,3	40,3	89,7	44,3	94,2	50,6	81,3	55,1	-	-	-	-
	-7 / -8	111	40,6	111	45,0	116	52,2	99,7	56,7	99,7	58,9	-	-
	-4 / -5	121	41,4	120	45,6	126	52,8	108	57,3	108	61,3	108	68,1
	2 / 1	140	42,3	140	46,4	146	53,7	125	58,4	124	64,5	124	69,5
	7 / 6	163	43,5	159	48,4	170	54,6	141	59,4	140	65,6	139	70,7
	12 / 11	193	46,1	192	50,7	187	55,2	159	60,2	157	66,5	156	71,8
	18 / 14	217	46,0	215	50,7	209	55,3	177	60,4	175	66,7	173	72,1
65.4	-20 / -21	76,0	48,9	79,6	55,6	82,6	61,9	-	-	-	-	-	-
	-15 / -16	94,9	49,1	97,7	55,5	100	61,5	75,9	62,6	-	-	-	-
	-7 / -8	127	46,2	125	55,9	127	61,6	101	61,3	102	59,7	-	-
	-4 / -5	137	50,1	137	56,4	138	61,3	124	60,9	124	65,0	125	72,0
	2 / 1	160	51,1	160	56,3	160	61,1	143	60,5	143	65,8	142	71,3
	7 / 6	177	47,0	190	57,8	190	59,4	161	60,6	160	65,9	159	71,3
	12 / 11	216	51,6	214	58,2	219	63,2	180	60,9	179	66,1	177	71,5
	18 / 14	241	51,5	238	58,1	244	63,0	200	60,6	198	65,7	196	71,1
70.4	-20 / -21	81,7	53,3	86,1	60,1	90,8	68,0	-	-	-	-	-	-
	-15 / -16	102	54,0	106	60,4	109	67,9	79,2	68,8	-	-	-	-
	-7 / -8	139	50,5	137	61,2	139	67,5	105	66,7	106	64,7	-	-
	-4 / -5	151	55,5	153	61,3	154	67,2	129	66,2	130	70,7	130	78,2
	2 / 1	181	55,8	182	61,2	182	66,9	149	65,8	149	71,5	149	77,4
	7 / 6	192	51,8	212	62,8	210	67,0	167	65,9	166	71,6	166	77,4
	12 / 11	240	57,9	238	63,3	239	70,3	187	66,2	186	71,8	184	77,6
	18 / 14	268	57,9	266	63,2	266	70,1	207	66,0	205	71,5	203	77,2

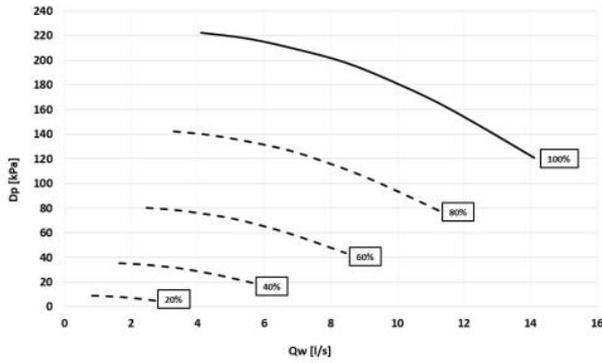
kWt = Heating capacity in kW
 kWe_tot = Total power input in kW
 Ta = Temperature of air entering the external exchanger
 D.B. = Dry bulb
 W.B. = Wet bulb

Figura 64 - Ficha técnica bomba de calor – capacidade de aquecimento para diferentes temperaturas de água

Accessories - Hydronic assembly

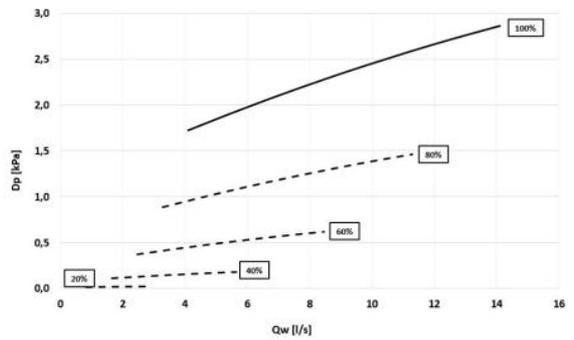
1PMVH - User side Hydropack with 1 high head inverter pump

Head - Size 45.4 - 60.4



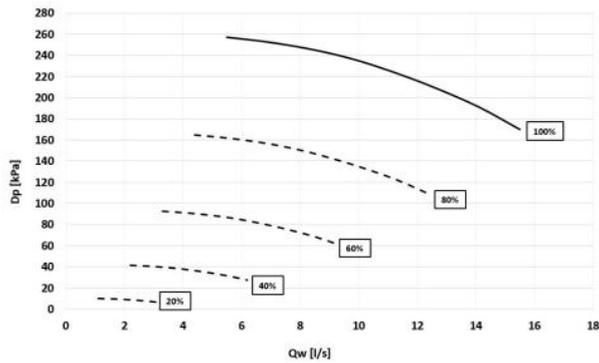
Dp = Pump head [kPa]
Qw = Water flow-rate [l/s]

Power input - Size 45.4 - 60.4



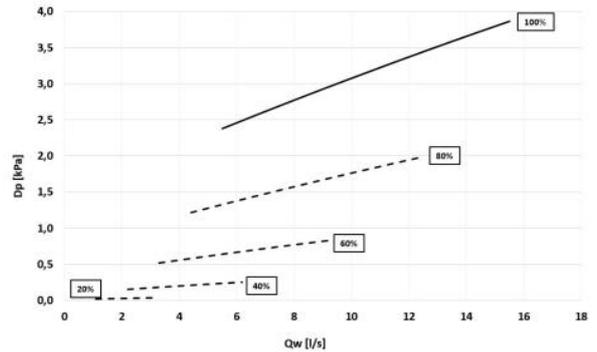
Pe = Power input [kW]
Qw = Water flow-rate [l/s]

Head - Size 65.4 - 85.4



Dp = Pump head [kPa]
Qw = Water flow-rate [l/s]

Power input - Size 65.4 - 85.4



Pe = Power Input [kW]
Qw = Water flow-rate [l/s]

Figura 65 - Ficha técnica bomba de calor – características de funcionamento da bomba inversora da bomba de calor

ANEXOS

Anexo A Caracterização e divisão de espaços

As Figura 66, Figura 67 e Figura 68 representam as divisões devidamente numeradas, respetivas áreas e caracterização dos espaços entre úteis e não úteis.

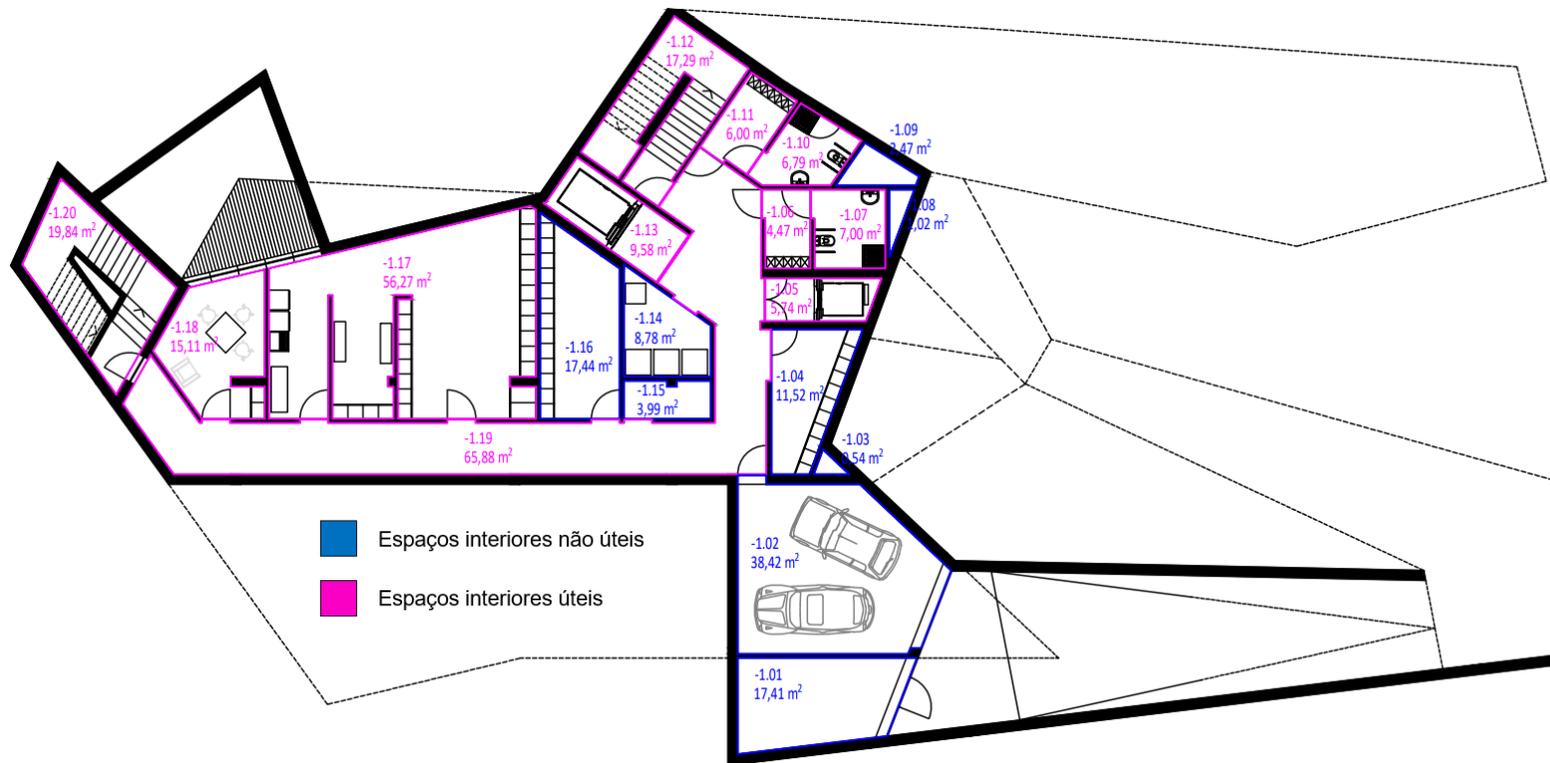


Figura 66 - Área e numeração da divisão de espaços no piso -1



Figura 67 - Área e numeração da divisão de espaços no piso 0



Figura 68 - Área e numeração da divisão de espaços no piso 1

Sobre o mesmo tema, a Tabela 38 transcreve das plantas referidas em cima, a área de cada espaço, o pé-direito e o tipo de espaço de cada divisão, útil ou não útil.

Tabela 38 -Definição de zona, altura, pé-direito e tipo de espaço

Nº	Zona	Área [m ²]	P _d médio [m]	Tipo de espaço
-1.01	Reservatórios	17.41	3.30	Interior não útil
-1.02	Garagem	38.42	3.30	Interior não útil
-1.03	Vazio 1	0.54	3	Interior não útil
-1.04	Despensa produtos alimentares	11.52	3	Interior não útil
-1.05	Elevador monta-cargas	5.74	3	Interior útil
-1.06	Zona de descanso	4.47	3	Interior útil
-1.07	Instalação sanitária	6.79	3	Interior útil
-1.08	Vazio 2	1.02	3	Interior não útil
-1.09	Vazio 3	2.47	3	Interior não útil
-1.10	Instalação sanitária	6.79	3	Interior útil
-1.11	Zona de descanso	6	3	Interior útil
-1.12	Caixa de escadas principal	17.29	3	Interior útil
-1.13	Elevador monta-camas	9.58	3	Interior útil
-1.14	Despensa (Frio)	8.78	3	Interior não útil
-1.15	Arrumos materiais de limpeza	3.99	3	Interior não útil
-1.16	Arrecadação geral	17.44	3	Interior não útil
-1.17	Lavandaria	56.27	3	Interior útil
-1.18	Sala de pessoal	15.11	3	Interior útil
-1.19	Corredor	65.86	3	Interior útil
-1.20	Caixa de escadas de emergência	19.84	3	Interior útil
Piso -1		310.07		
-	-	-	-	-
0.01	Sala de reuniões	12.21	3	Interior útil
0.02	Gabinete de direção	10.07	3	Interior útil
0.03	Instalação sanitária	6.57	3	Interior útil
0.04	Quarto de repouso	12.17	3	Interior útil
0.05	Quarto de repouso	12.8	3	
0.06	Pedicure/Cabeleireiro	8.66	3	Interior útil

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

0.07	Quarto de banho assistido	9.85	3	Interior útil
0.08	Fisioterapia	15.31	3	Interior útil
0.09	Sanitário de apoio	4.06	3	Interior útil
0.10	Sala de espera	14.77	3	Interior útil
0.11	Secretaria	10.89	3	Interior útil
0.12	Corredor	91.1	3	Interior útil
0.13	Elevador monta-cargas	7.82	3	Interior útil
0.14	Depósito de lixo	3.74	3	Interior não útil
0.15	Despensa de dia	4.09	3	Interior não útil
0.16	Arrumos vasilhame	1.63	3	Interior não útil
0.17	Acesso de despensas	11.59	3	Interior útil
0.18	Casa das máquinas	9.32	3	Interior não útil
0.19	Cozinha	30.92	3	Interior útil
0.20	Refeitório	66.34	3	Interior útil
0.21	Vazio 4	1.91	3	Interior não útil
0.22	Vazio 5	0.90	3	Interior não útil
0.23	Sala de Estar	39.02	3	Interior útil
0.24	Sala de atividades	34.11	3	Interior útil
0.25	Atelier	17.81	3	Interior útil
0.26	Vazio 6	0.89	3	Interior não útil
0.27	Enfermaria	18.32	3	Interior útil
0.28	I.S.M. Sanita	2.97	3	Interior útil
0.29	I.S.M. Lavatório	2.75	3	Interior útil
0.30	I.S.M. Sanita assistida	6.13	3	Interior útil
0.31	I.S.F. Sanita	2.98	3	Interior útil
0.32	I.S.F. Sanita	2.98	3	Interior útil
0.33	I.S.F. Lavatório	3.89	3	Interior útil
0.34	I.S.F. Sanita assistida	5.28	3	Interior útil
0.35	Vazio 7	0.18	3	Interior não útil
0.36	Vazio 8	0.16	3	Interior não útil
0.37	Vazio 9	0.37	3	Interior não útil
0.38	Vazio 10	0.68	3	Interior não útil
0.39	Vazio 11	0.70	3	Interior não útil
0.40	Vazio 12	0.29	3	Interior não útil

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

0.41	Vazio 13	0.43	3	Interior não útil
0.42	Elevador monta-camas	9.58	3	Interior útil
0.43	Caixa de escadas principal	18.54	3	Interior útil
0.44	Vazio 14	2.89	3	Interior não útil
Piso 0		499.37		
-	-	-	-	-
1.01	Elevador monta-cargas	6.31	3	Interior útil
1.02	Quarto individual	17.64	3	Interior útil
1.03	Sanitário de apoio	5.95	3	Interior útil
1.04	Sala de convívio	45.89	3	Interior útil
1.05	Copa	8.21	3	Interior útil
1.06	Caixa de escadas principal	18.68	3	Interior útil
1.07	Elevador monta-camas	9.58	3	Interior útil
1.08	Vazio 15	0.43	3	Interior não útil
1.09	Sanitário de apoio	6.68	3	Interior útil
1.10	Vazio 16	0.51	3	Interior não útil
1.11	Quarto individual	15.31	3	Interior útil
1.12	Quarto individual	16.03	3	Interior útil
1.13	Sanitário de apoio	8.13	3	Interior útil
1.14	Sanitário de apoio	7.59	3	Interior útil
1.15	Quarto individual	13.00	3	Interior útil
1.16	Caixa de escadas de emergência	17.65	3	Interior útil
1.17	Corredor	57.73	3	Interior útil
1.18	Rouparia suja	4.09	3	Interior não útil
1.19	Rouparia limpa	6.14	3	Interior não útil
1.20	Vazio 17	0.64	3	Interior útil
1.21	Sanitário de apoio	5.72	3	Interior útil
1.22	Quarto duplo	26.12	3	Interior útil
1.23	Quarto duplo	25.25	3	Interior útil
1.24	Quarto duplo	25.25	3	Interior útil
1.25	Quarto duplo	25.25	3	Interior útil
1.26	Quarto duplo	25.25	3	Interior útil
1.27	Sanitário de apoio	5.72	3	Interior útil
1.28	Sanitário de apoio	5.72	3	Interior útil

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

1.29	Vazio 18	1.31	3	Interior não útil
1.30	Sanitário de apoio	5.72	3	Interior útil
1.31	Sanitário de apoio	5.72	3	Interior útil
1.32	Vazio 19	1.32	3	Interior não útil
1.33	Quarto individual	26.19	3	Interior útil
1.34	Vazio 20	1.15	3	Interior não útil
1.35	Sanitário de apoio	6.51	3	Interior útil
1.36	Vazio 21	0.29	3	Interior não útil
1.37	Vazio 22	0.53	3	Interior não útil
1.38	Vazio 23	1.25	3	Interior não útil
-	-	-	-	-
Piso 1		441.27		

Anexo B Marcação da envolvente: Plantas em corte

Para além das plantas em vista de cima dos diferentes pisos do edifício, foi também feita a marcação da envolvente de plantas em corte de modo a não restar qualquer dúvida ou má interpretação acerca das condições de fronteira do edifício.

A Figura 69 indica os cortes nos quais foram feitas a marcação da envolvente.

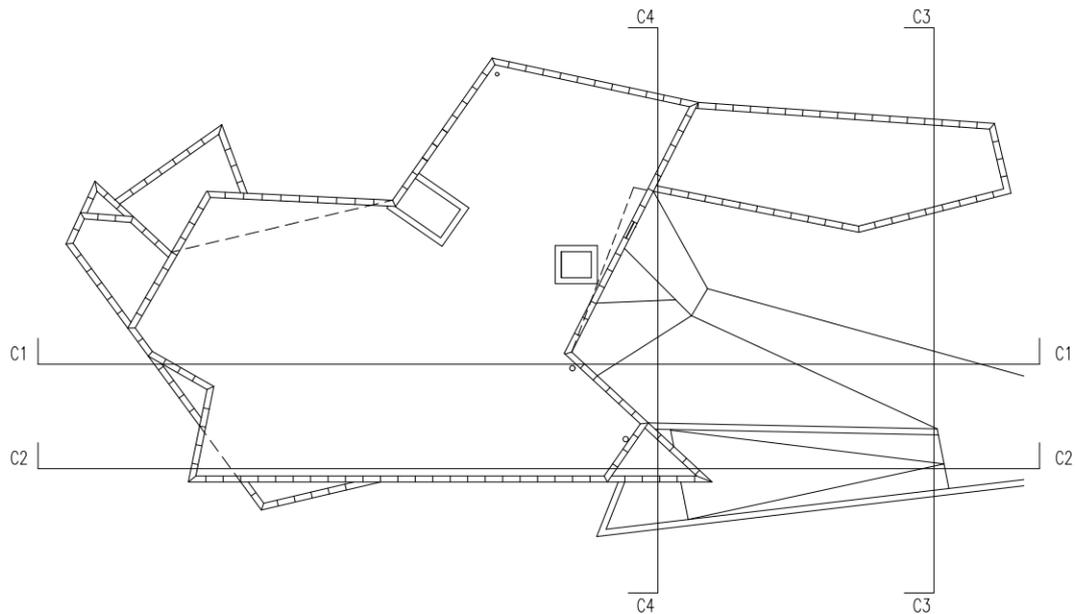


Figura 69 - Representação da localização dos cortes feitos para a marcação da envolvente

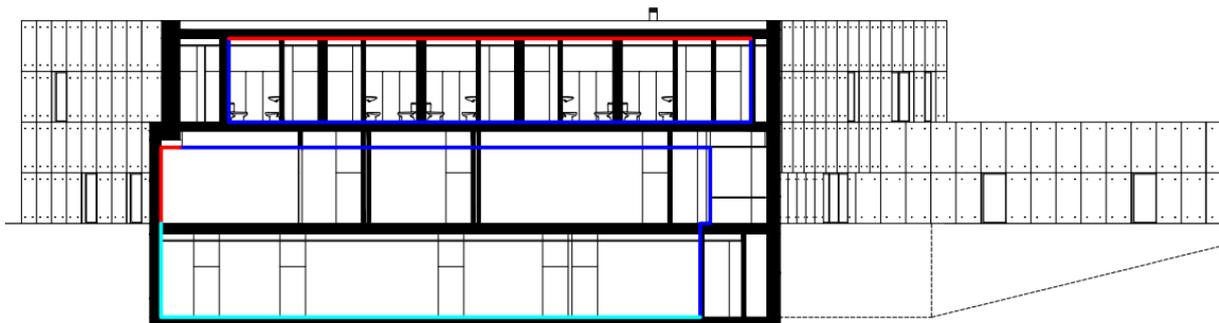


Figura 70 - Marcação da envolvente, corte C1



Figura 71 - Marcação da envolvente, corte C2

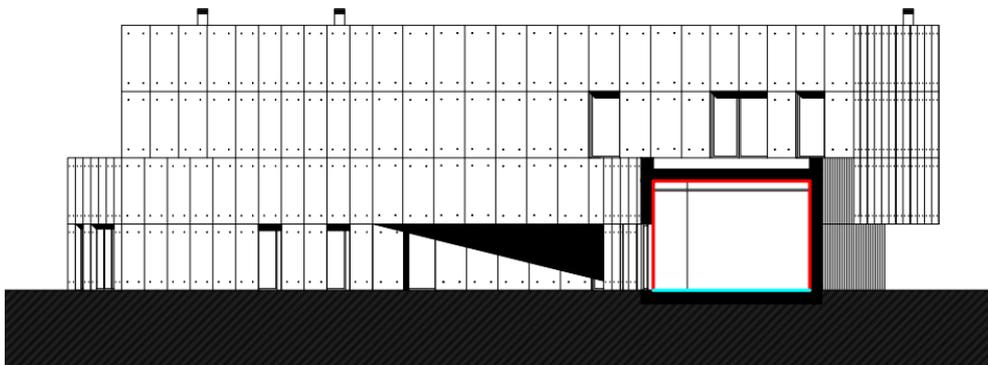


Figura 72 - Marcação na envolvente, corte C3

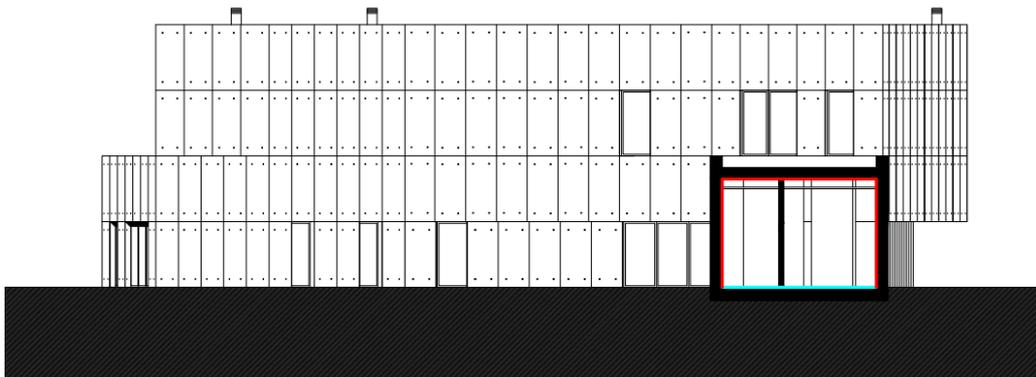


Figura 73 - Marcação na envolvente, corte C4

Anexo C Coeficiente de redução de perdas (b_{ztu})

Visto que foi impossível conhecer com precisão o valor da temperatura dos espaços interiores não úteis, do tipo vazio, o b_{ztu} foi calculado tendo em conta: o volume do espaço interior não útil [V_{enu}]; o somatório das áreas dos elementos que o separam dos espaços interiores úteis [A_i]; o somatório das áreas dos elementos que o separam do ambiente exterior [A_u]; e se este é ou não permeável ao ar [f e F , respetivamente]. A Tabela 39, retirada do manual SCE, fornece as indicações de como chegar ao valor de b_{ztu} .

Tabela 39 – Condições a respeitar para o cálculo do coeficiente de redução de perdas [38]

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

A Tabela 40 mostra o raciocínio aplicado no cálculo do coeficiente de redução de perdas representando as áreas e volumes necessários; a estanquidade ao ar apenas dos espaços correspondentes aos reservatórios, garagem e casa de máquinas; e a cor da condição de fronteira, respeitando as indicações da Tabela 40.

Tabela 40 - Cálculo do coeficiente de redução de perdas b_{ztu}

Nº	Espaços não úteis (enu)	Área [m^2]	A_i [m^2]	A_u [m^2]	V_{enu} [m^3]	f	F	B_{ztu}	Cor
-1.03	Vazio 1	0,54	2,78	3,81	49,6	X		0,6	
-1.07	Vazio 2	1,02	7,05	7,5	91,8	X		0,6	
-1.08	Vazio 3	2,47	11,13	7,72	1,63	X		0,6	
Piso -1			28,52	160,43	153,55				
0.20	Vazio 4	1,91	41,37	-	5,74	X		0,6	
0.21	Vazio 5	0,90	18,72	-	2,69	X		0,6	

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

0.25	Vazio 6	0,89	19,44	-	2,68	X	0,6
0.34	Vazio 7	0,18	4,64	3,87	0,55	X	0,6
0.35	Vazio 8	0,16	4,3	3,57	0,48	X	0,6
0.36	Vazio 9	0,37	5,9	5,43	1,11	X	0,6
0.37	Vazio 10	0,68	14,07	6,03	1,73	X	0,6
0.38	Vazio 11	0,7	6,68	1,48	2,1	X	0,6
0.39	Vazio 12	0,29	7,56	-	0,86	X	0,6
0.40	Vazio 13	0,43	9,69	-	1,28	X	0,6
0.43	Vazio 14	2,89	14,91	10,89	8,66	X	0,6
Piso 0			159,79	57,19	55,88		
1.08	Vazio 15	0,43	9,69	-	1,3	X	0,6
1.10	Vazio 16	0,51	10,56	-	1,52	X	0,6
1.17	Vazio 17	0,64	13,92	-	1,92	X	0,6
1.22	Vazio 18	1,31	28,02	-	3,94	X	0,6
1.24	Vazio 19	1,32	29,22	-	3,97	X	0,6
1.26	Vazio 20	1,15	9,6	7,2	3,42	X	0,6
1.28	Vazio 21	0,29	4,83	3,6	0,87	X	0,6
1.29	Vazio 22	0,53	6,19	4,38	1,6	X	0,6
1.30	Vazio 23	1,25	7,2	9,51	3,67	X	0,6
Piso 1			119,23	24,69	22,21		
Total			307,54	242,31	231,64		
					A_i/A_u = 1,26920061		

Anexo D Identificação das paredes exteriores e interiores

PAREDES EXTERIORES

Este apêndice ajuda a completar o capítulo 0 referente às paredes exteriores. Na Figura 74, Figura 75 e Figura 76 pode-se identificar a tipologia de cada parede exterior para os diferentes pisos, respetivamente.

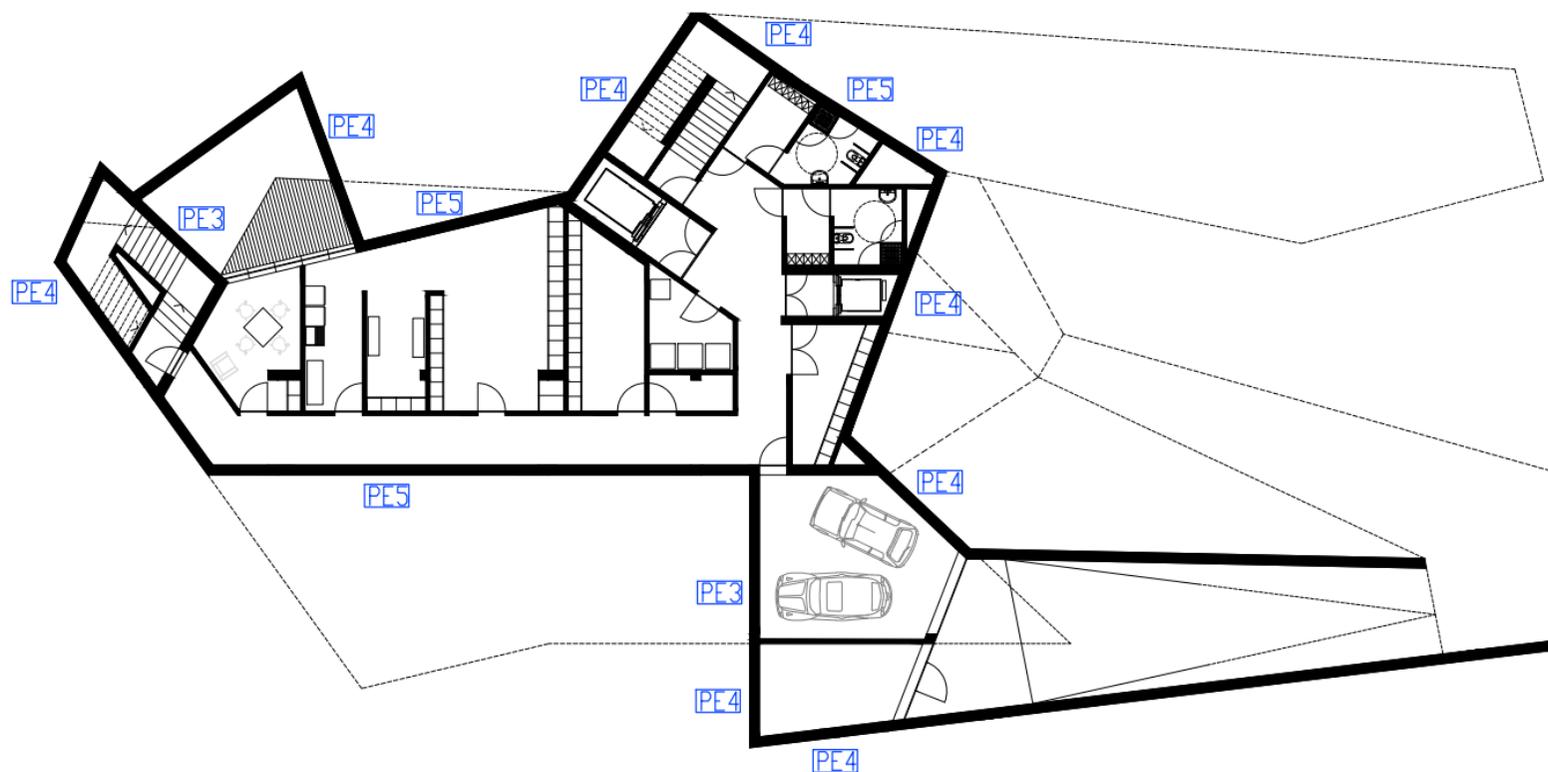


Figura 74 - Identificação das paredes exteriores no piso -1

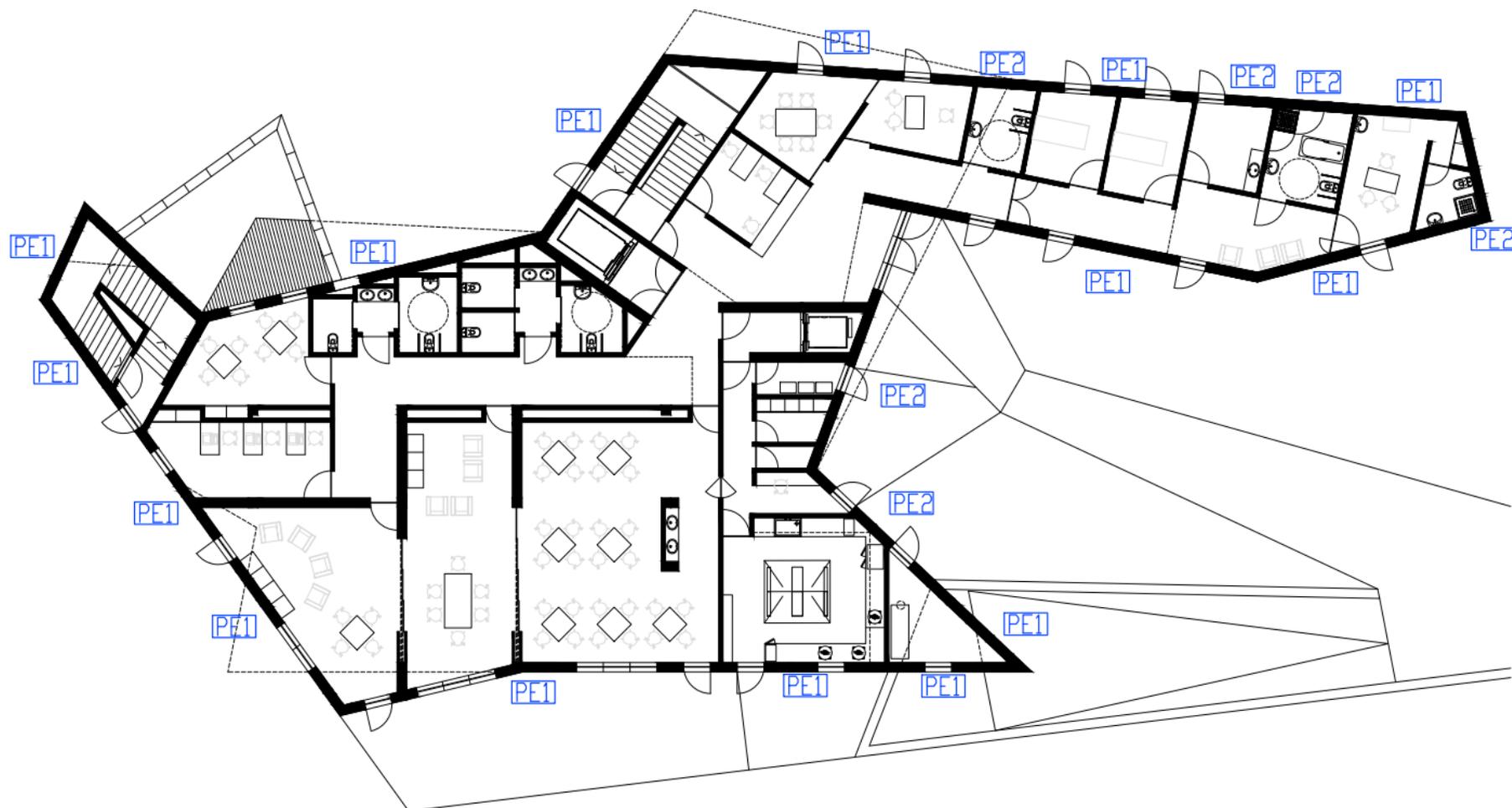


Figura 75 - Identificação das paredes no piso 0

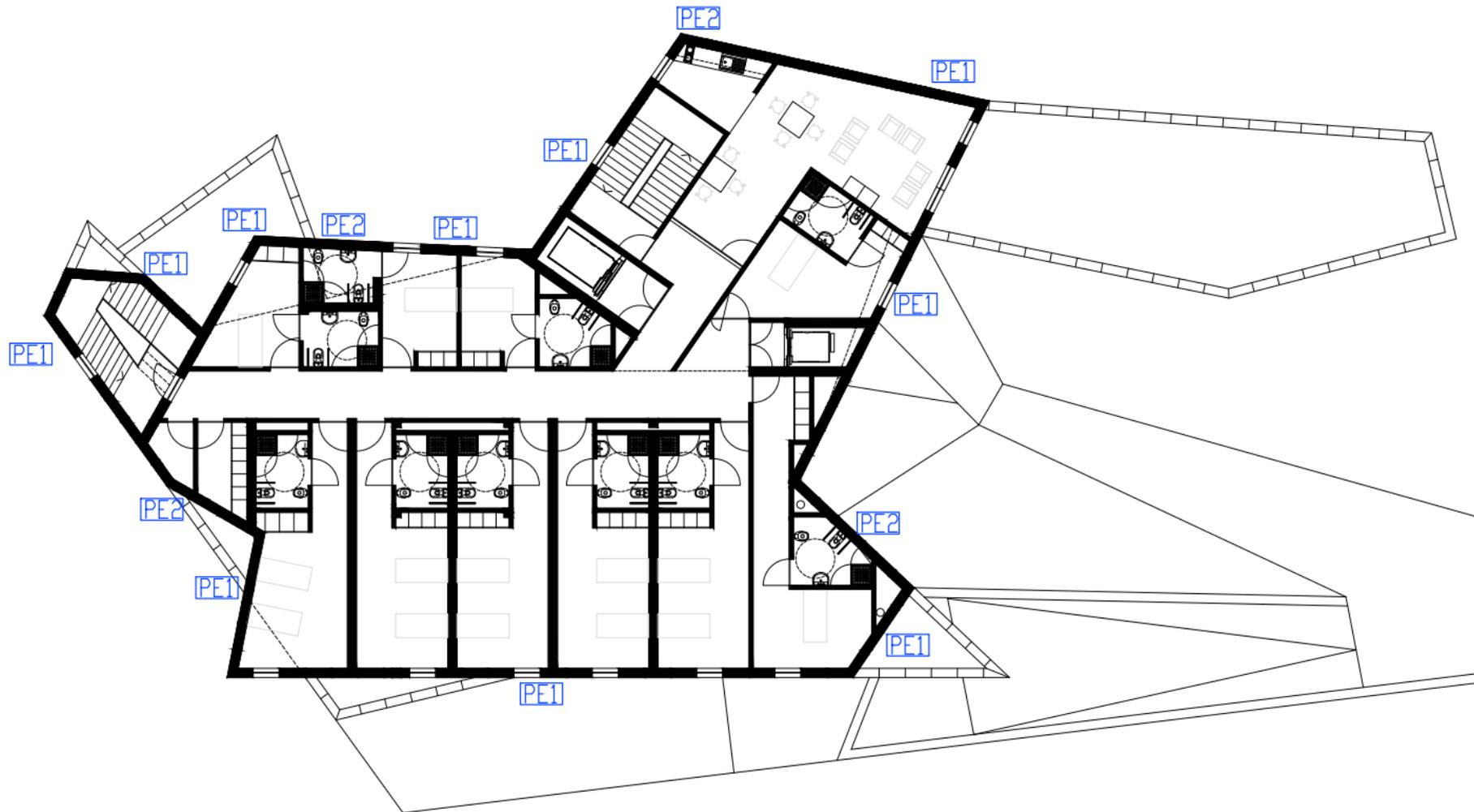


Figura 76 - Identificação das paredes exteriores no piso 1

PAREDES INTERIORES

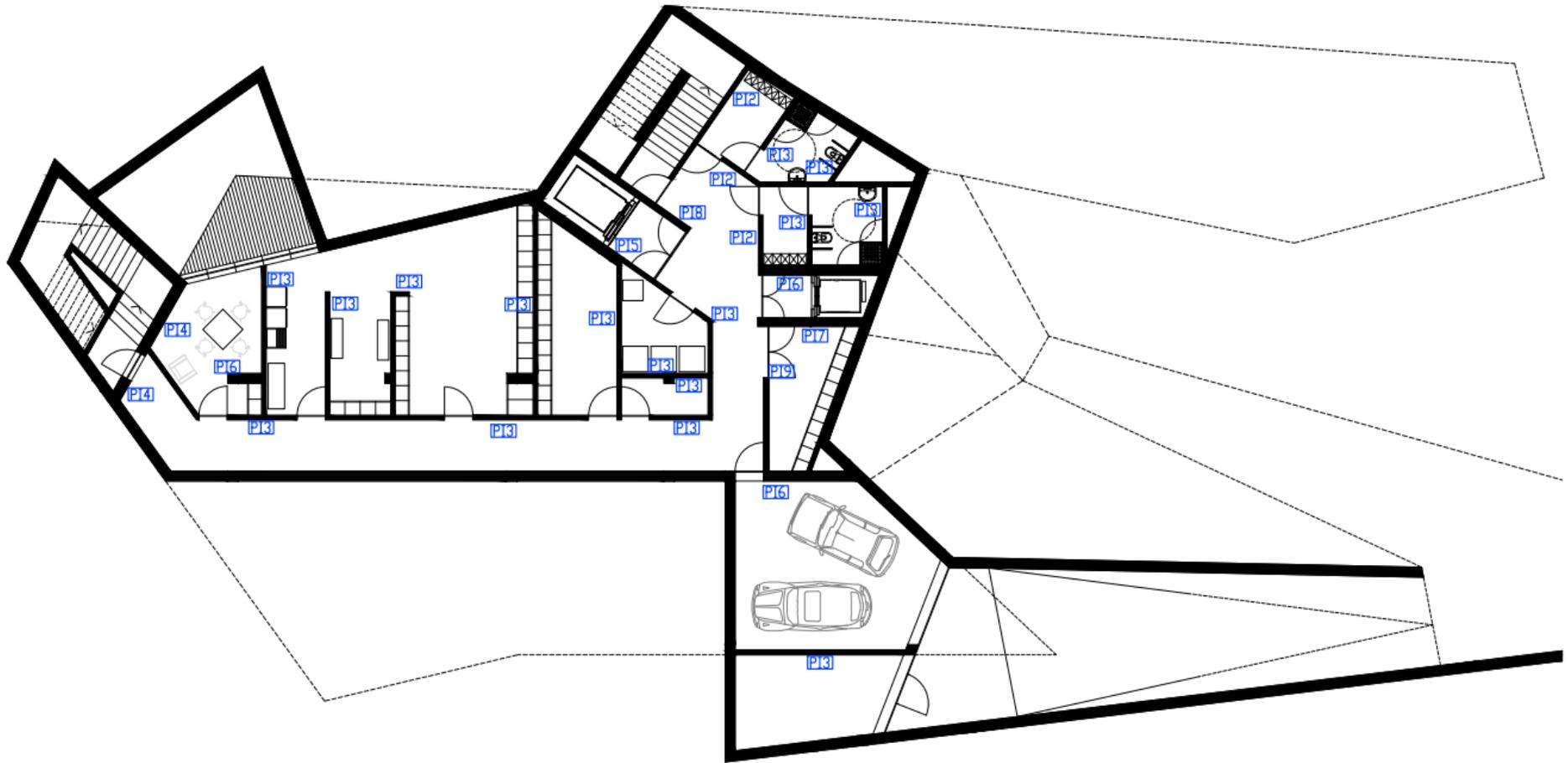


Figura 77 - Identificação das paredes piso -1



Figura 78 - Identificação das paredes piso 0

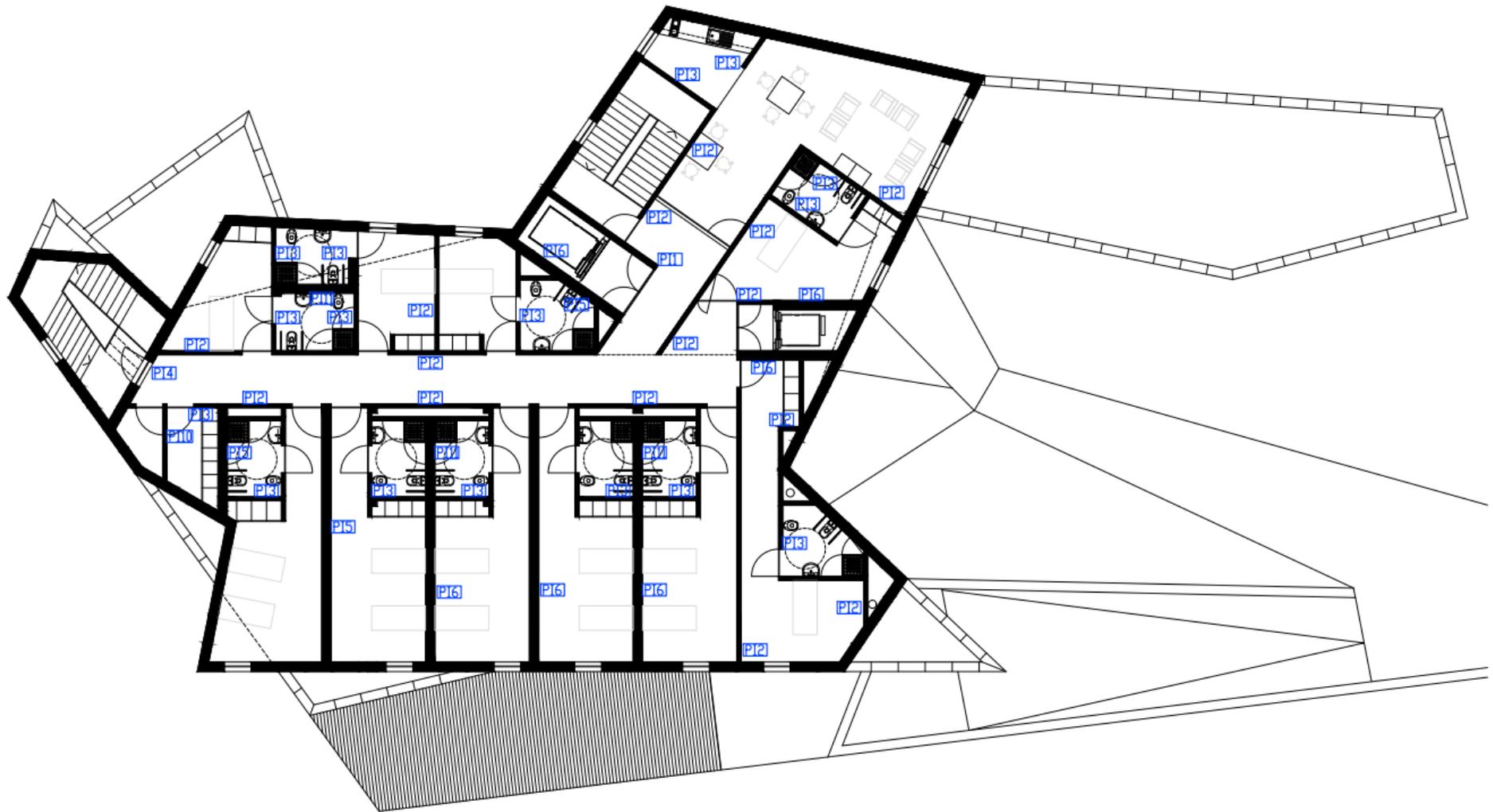


Figura 79 - Identificação das paredes interiores piso 1

Anexo E Espaços com climatização

As Figura 80, Figura 81 e Figura 82 representam os espaços dotados com climatização através de piso radiante.

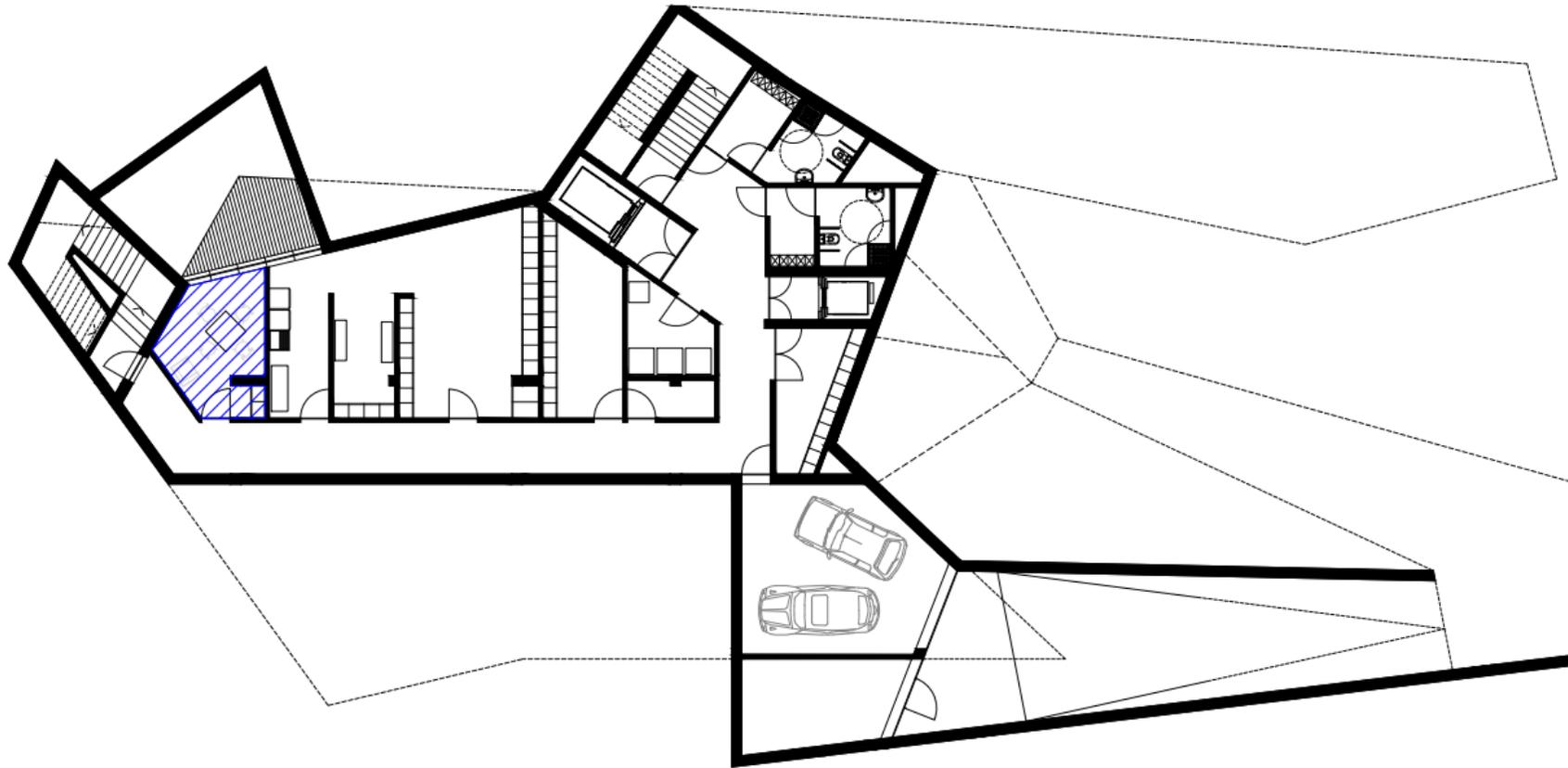


Figura 80 - Espaços com climatização (piso radiante) no piso -1

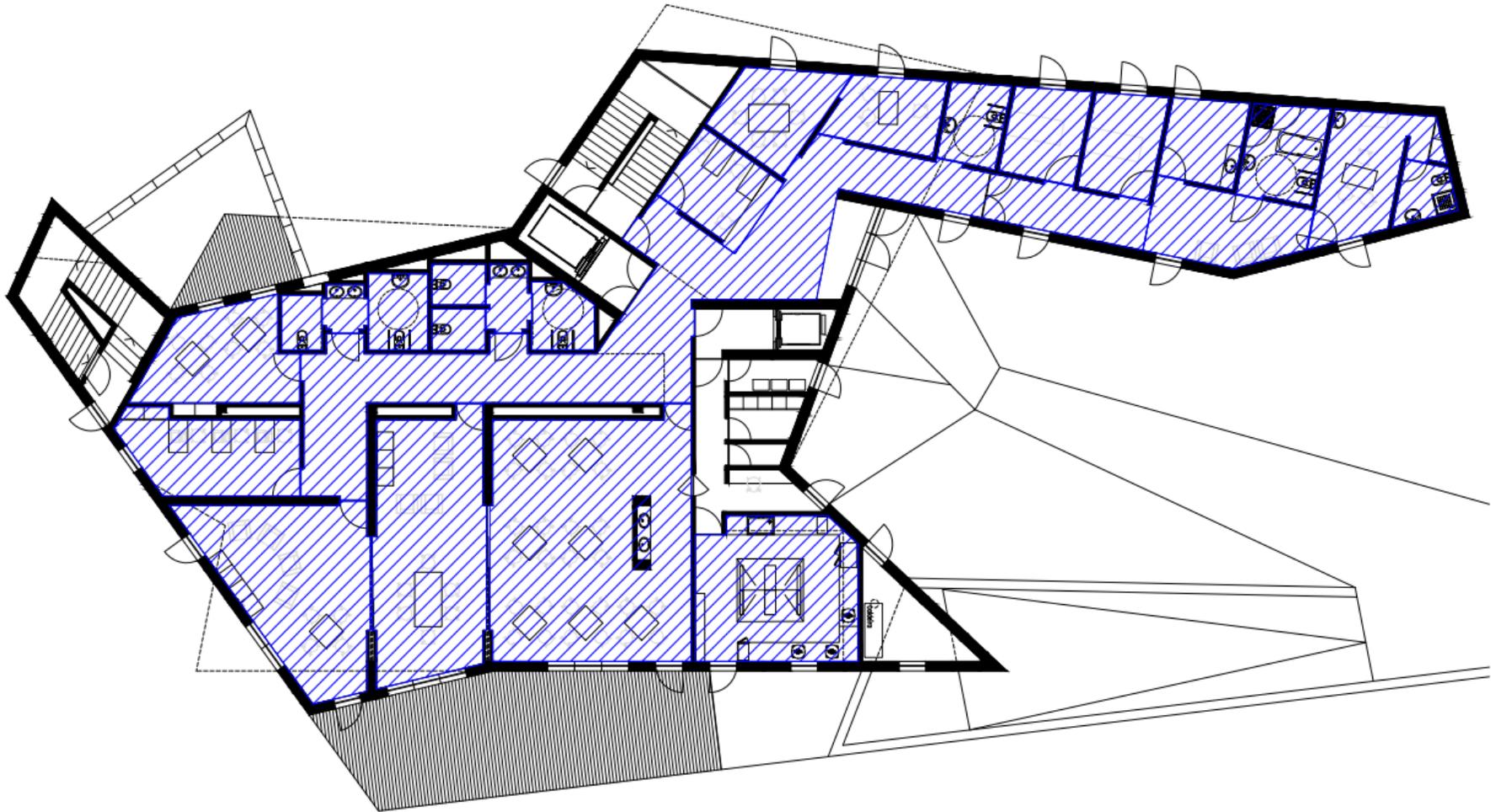


Figura 81 - Espaços com climatização (piso radiante) no piso 0

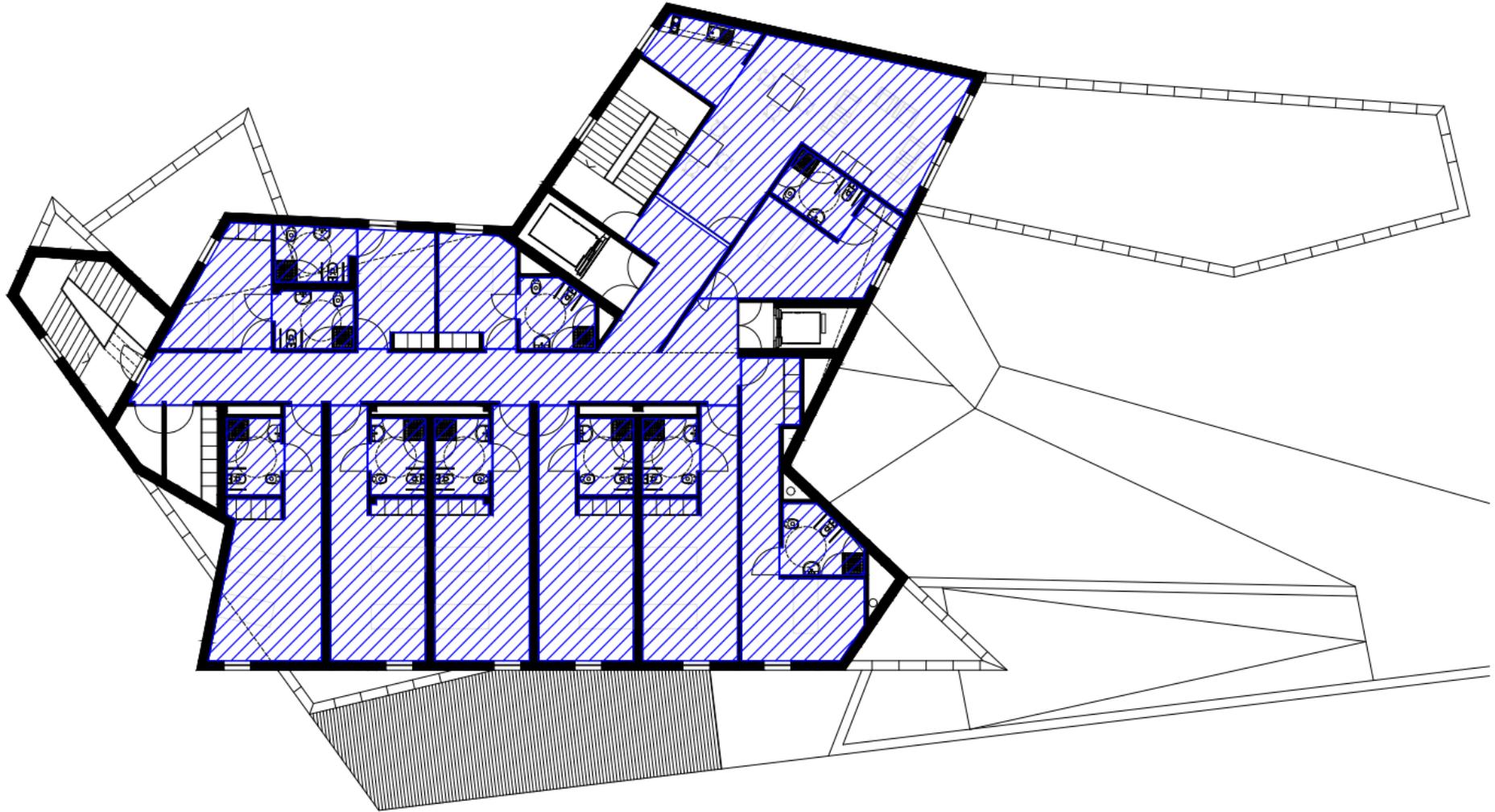


Figura 82 - Espaços com climatização (piso radiante) no piso 1

Anexo F Sistema de ventilação: espaços e ventilador associado

As Figura 83, Figura 84 e Figura 85 representam os respetivos ventiladores associados a cada espaço, sendo o esquema de cores rosa para a ventilação de insuflação, verde para extração e azul para a mista.

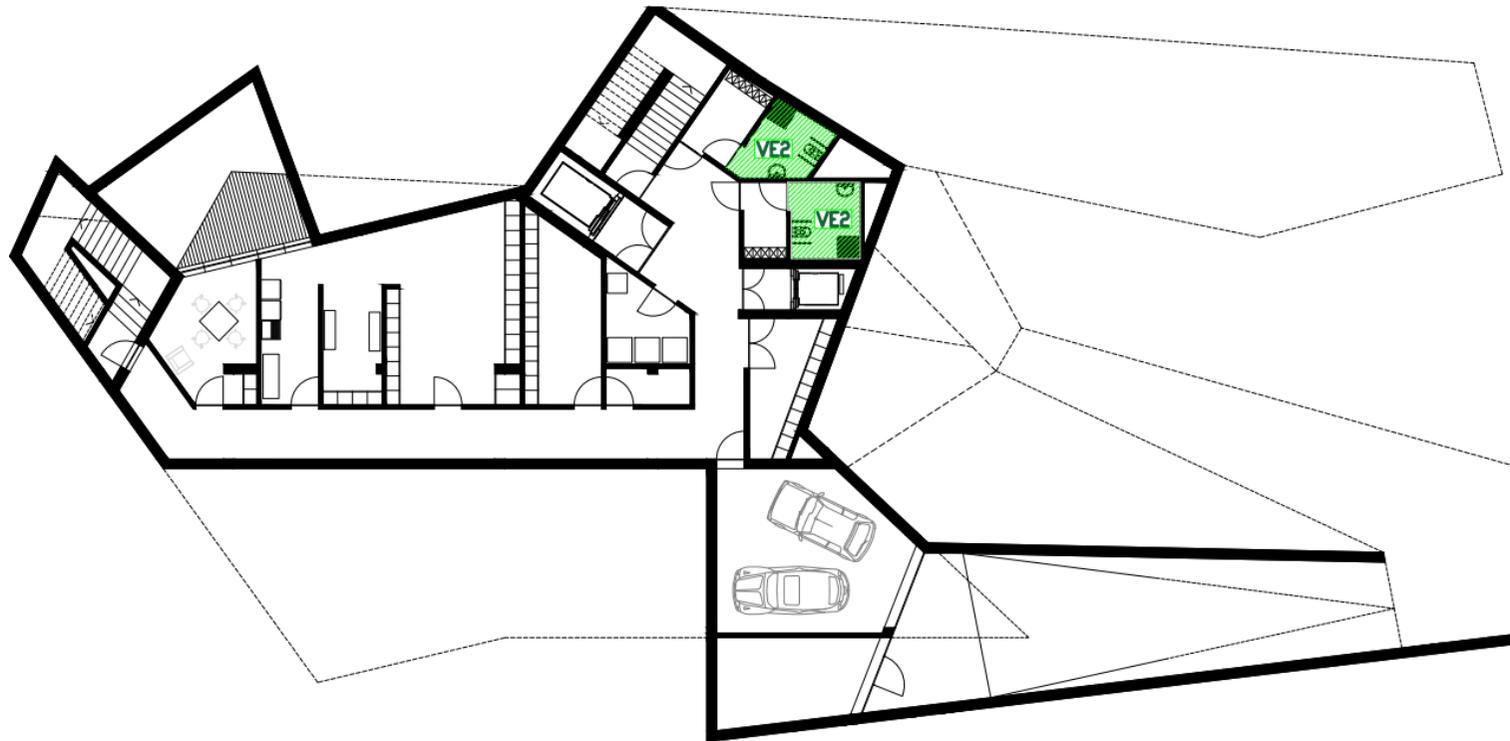


Figura 83 - Espaços com ventilação (insuflação, extração ou mista) no piso -1



Figura 84 - Espaços com ventilação (insuflação, extração ou mista) no piso 0



Figura 85 - Espaços com ventilação (insuflação, extração ou mista) no piso 1

Anexo G Perfil e potência de ventilação

O perfil de utilização real da ventilação existente no edifício é o indicado na Tabela 41. Está representado em percentagem para cada hora do dia e apenas se aplica aos espaços dotados de sistema de ventilação de insuflação.

Tabela 41 - Perfil de ventilação real do edifício

Horas	Perfil de ventilação [%]
0h às 1h	0
1h às 2h	0
2h às 3h	0
3h às 4h	0
4h às 5h	0
5h às 6h	0
6h às 7h	100
7h às 8h	100
8h às 9h	0
9h às 10h	0
10h às 11h	0
11h às 12h	0
12h às 13h	0
13h às 14h	0
14h às 15h	0
15h às 16h	0
16h às 17h	0
17h às 18h	0
18h às 19h	0
19h às 20h	0
20h às 21h	100
21h às 22h	0
22h às 23h	0
23h às 24h	0

A potência de ventilação por cada zona definida no programa em uso foi calculada recorrendo a diagramas de *Gantt*, Figura 86, Figura 87, Figura 88 e Figura 89, de modo a perceber graficamente quais os ventiladores que trabalhavam ao mesmo tempo na mesma zona, ou que ventiladores tralham simultaneamente em zonas diferentes. Isto para que

chegássemos à conclusão de uma potência de ventilação em cada zona em que não houvesse sobreposição de potências de ventiladores.

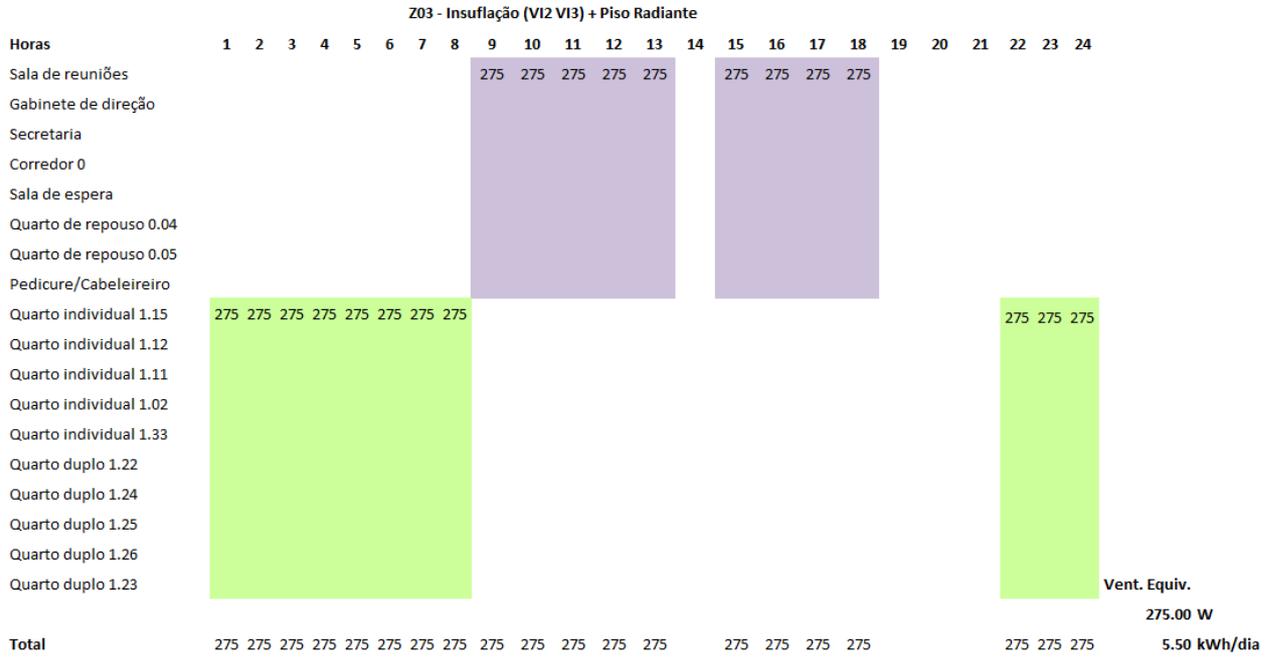


Figura 86 - Potência de ventilação equivalente para a zona 03

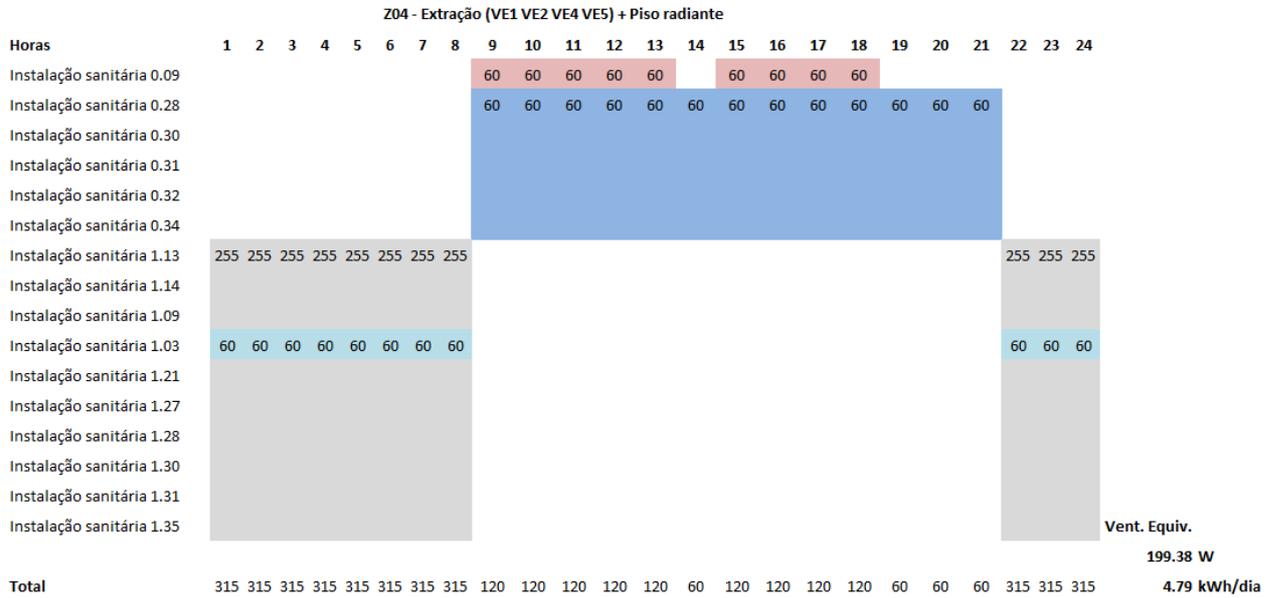


Figura 87 - Potência de ventilação equivalente para a zona 04

Anexo H Perfil de consumo AQS

Segundo o levantamento feito ao edifício, o consumo de AQS por dia tem um valor estimado de 1450 litros. Na Figura 91 podemos ver o perfil de consumo de AQS por cada hora do dia para o edifício em estudo, assim como a temperatura, por mês, do abastecimento da água da rede. A temperatura de consumo de AQS é de 60 °C.

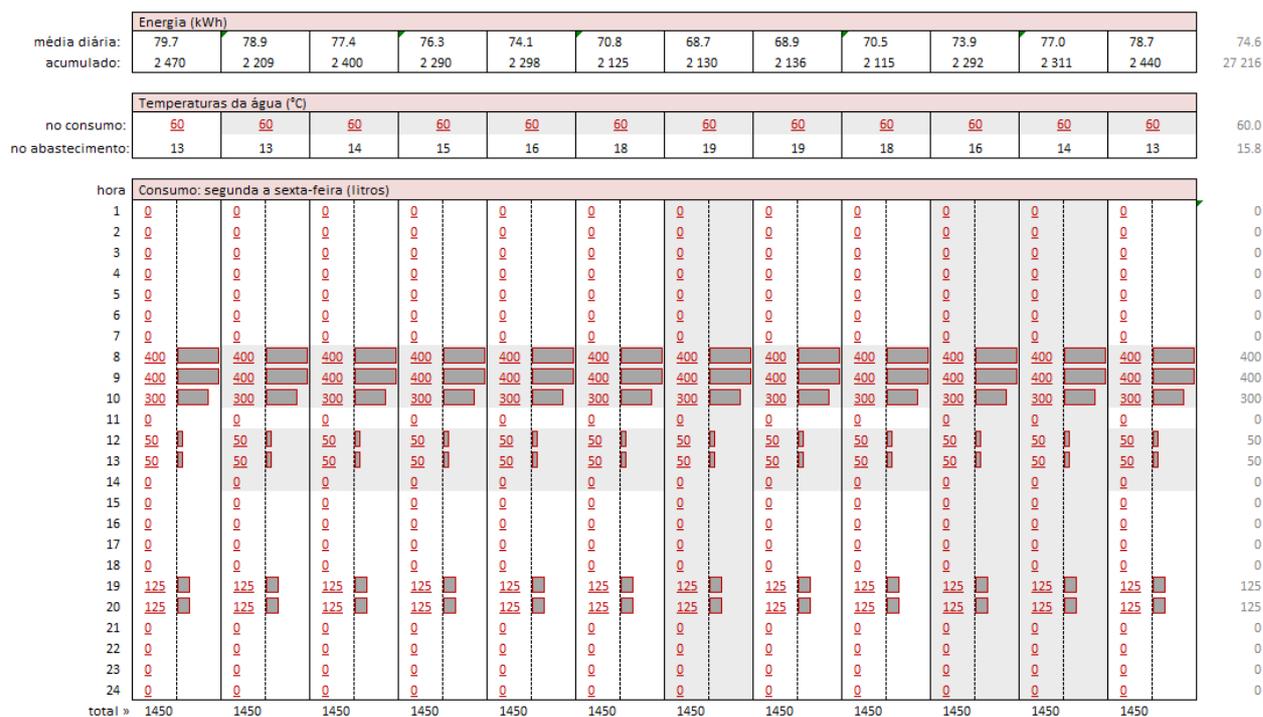


Figura 91 - Perfil de consumo diário de AQS; Temperatura de consumo de AQS e temperatura da água da rede por mês

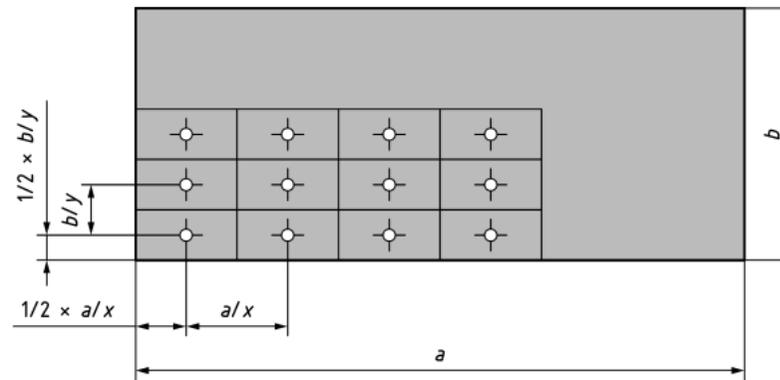
Anexo I Norma EN 12464-1: Medição iluminância média mantida [Em]

Para caracterização do sistema de iluminação é necessário ter em consideração diversos parâmetros, nomeadamente, a iluminância média mantida. Para obtenção do seu valor, deve-se recorrer a um estudo luminotécnico com recurso a software ou então através de medição no local, seguindo a metodologia prevista na Norma EN 12464-1, não devendo ser contabilizado o contributo da iluminação natural, móvel e de emergência.

Como já referido, o aparelho utilizado para medição da iluminância média mantida, no edifício, de acordo com a norma já indicada, foi um luxímetro (Figura 42).

A Norma EN 12464-1 estabelece os requisitos mínimos aplicáveis à iluminação em locais de trabalho interiores e que vão ao encontro das necessidades de performance e conforto visual das pessoas. Esta norma centra-se mais nos aspetos quantitativos da luz e da iluminação, sendo assim difícil combinar técnicas de baixo consumo energético e o cumprir desses requisitos quantitativos [56].

No que diz respeito à medição da iluminância média mantida, a norma define um sistema em grelha para determinar o número de pontos de cálculo e medição. Na Figura 92 consegue-se perceber o tipo de sistema em grelha em questão, sendo quadrados as células da grelha e os pontos representados pontos de medição da iluminância média mantida.



Key

- a dimension of the longer side of the calculation area/verification area
- b dimension of the shorter side of the calculation area/verification area
- x number of points along the longer side
- y number of points along the shorter side

Figura 92 - Tipo de grelha de medição de iluminação segundo Norma EN 12464-1

De acordo com este método de medição as distâncias entre os pontos da grelha devem ser os mesmos tanto para o comprimento como para a largura e o seu rácio deve estar entre 0.50 e 2.00. O tamanho máximo da grelha é dado pela equação 10, com a condição de que:

$$p = 0.2 \times 5^{\log_{10}(d)} \quad (10)$$

- $P \leq 10$ m;
- d é o maior lado/dimensão da área de cálculo;
- p é o tamanho máximo da grelha.

Por fim, o número de pontos na maior dimensão da grelha é dado pelo maior número inteiro da relação de d/p , sendo que o número de pontos na outra dimensão é calculado através do espaçamento entre pontos na grelha.

Os parâmetros necessários ao cálculo das condições para medição da iluminância média mantida, nomeadamente, o número de pontos de medição por espaço, estão representados na Tabela 42.

Tabela 42 - Parâmetros de cálculo das condições para medição da iluminância

Zona	Área	Compri. (a)	Largura (b)	Ratio (a/b)	Banda marginal	Maior dimensão da grid	Menor dimensão da grid	Tamanho máximo das células da grelha (p)	Nº de pontos na maior dimensão da grelha (d/p)		Espaço entre células da grelha (a/x)	Nº de pontos na menor dimensão da grelha (y)		Nº de pontos por espaço
	[m ²]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
Reservatórios	17.41	6.33	3.36	1.88	0.50	6.33	3.36	0.73	8.71	9	0.70	4.78	5	45
Garagem	38.42	6.4	5.9	1.08	0.50	6.4	5.9	0.73	8.74	9	0.71	8.30	9	81
Dispensa de produtos alimentares	11.52	5.07	3.2	1.58	0.48	5.07	3.2	0.62	8.15	8	0.63	5.05	6	48
Elevador monta- cargas	5.74	4.1	1.5	2.73	0.23	1.5	4.1	0.54	2.80	3	0.50	8.20	9	27
Zona de descanso	4.47	2.75	1.58	1.74	0.24	2.75	1.58	0.41	6.78	7	0.39	4.02	5	35
Instalação sanitária	7	2.75	2.5	1.10	0.38	2.75	2.5	0.41	6.78	7	0.39	6.36	7	49
Instalação sanitária	6.79	3.1	2.5	1.24	0.38	3.1	2.5	0.44	7.03	7	0.44	5.65	6	42
Zona de descanso	6	3.12	1.9	1.64	0.29	3.12	1.9	0.44	7.04	7	0.45	4.26	5	35
Caixa de escadas principal	17.29	5.8	3.2	1.81	0.48	5.8	3.2	0.68	8.49	8	0.73	4.41	5	40
Elevador monta- camas	9.58	4.79	2	2.40	0.30	2	4.79	0.60	3.35	3	0.67	7.19	8	24
Dispensa (frio)	8.78	3.92	3.07	1.28	0.46	3.92	3.07	0.52	7.54	8	0.49	6.27	7	56

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Zona	Área	Compri. (a)	Largura (b)	Ratio (a/b)	Banda marginal	Maior dimensão da grid	Menor dimensão da grid	Tamanho máximo das células da grelha (p)	Nº de pontos na maior dimensão da grelha (d/p)		Espaço entre células da grelha (a/x)	Nº de pontos na menor dimensão da grelha (y)		Nº de pontos por espaço
	[m ²]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
Arrumos materiais de limpeza	3.99	3.07	1.32	2.33	0.20	1.32	3.07	0.44	3.01	3	0.44	6.98	7	21
Arrecadação geral	17.44	7.2	2.8	2.57	0.42	2.8	7.2	0.79	3.52	4	0.70	10.29	11	44
Lavandaria	56.27	9.42	5.26	1.79	0.50	9.42	5.26	0.96	9.82	10	0.94	5.58	6	60
Sala de pessoal	15.11	5.22	2.22	2.35	0.33	2.22	5.22	0.63	3.50	3	0.74	7.05	8	24
Corredor	65.88	20.91	9.97	2.10	0.50	9.97	20.91	1.67	5.95	6	1.66	12.58	13	78
Caixa de escadas de emergência	19.84	5.59	4.31	1.30	0.50	5.59	4.31	0.67	8.39	8	0.70	6.17	7	56
Sala de reuniões	12.21	4.59	3.42	1.34	0.50	4.59	3.42	0.58	7.91	8	0.57	5.96	6	48
Gabinete de direção	10.07	4.33	2.84	1.52	0.43	4.33	2.84	0.56	7.77	8	0.54	5.25	6	48
Instalação sanitária	6.57	3.14	2.2	1.43	0.33	3.14	2.2	0.45	7.06	7	0.45	4.90	5	35
Quarto de repouso	12.17	3.16	2.82	1.12	0.42	3.16	2.82	0.45	7.07	7	0.45	6.25	7	49
Quarto de repouso	12.8	3.88	2.67	1.45	0.40	3.88	2.67	0.52	7.52	8	0.49	5.51	6	48
Pedicure/Cabeleireiro	8.66	3.23	2.82	1.15	0.42	3.23	2.82	0.45	7.12	7	0.46	6.11	7	49
Quarto de banho assistido	9.85	3.62	2.82	1.28	0.42	3.62	2.82	0.49	7.36	7	0.52	5.45	6	42
Fisioterapia	15.31	5.26	3.75	1.40	0.50	5.26	3.75	0.64	8.24	8	0.66	5.70	6	48
Sanitário de apoio	4.06	2.55	1.6	1.59	0.24	2.55	1.6	0.38	6.63	7	0.36	4.39	5	35

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Zona	Área	Compri. (a)	Largura (b)	Ratio (a/b)	Banda marginal	Maior dimensão da grid	Menor dimensão da grid	Tamanho máximo das células da grelha (p)	Nº de pontos na maior dimensão da grelha (d/p)		Espaço entre células da grelha (a/x)	Nº de pontos na menor dimensão da grelha (y)		Nº de pontos por espaço
	[m ²]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
Sala de espera	14.77	11.98	2.77	4.32	0.42	2.77	11.98	1.13	2.44	2	1.39	8.65	9	18
Secretaria	10.89	3.6	3	1.20	0.45	3.6	3	0.49	7.35	7	0.51	5.83	6	42
Corredor	91.1	14.33	1.67	8.58	0.25	1.67	14.33	1.29	1.30	1	1.67	8.58	9	9
Elevador monta-cargas	7.82	5.27	1.82	2.90	0.27	1.82	5.27	0.64	2.85	3	0.61	8.69	9	27
Depósito de lixo	3.74	3.34	1.2	2.78	0.18	1.2	3.34	0.46	2.58	3	0.40	8.35	9	27
Despensa de dia	4.09	2.83	1.61	1.76	0.24	2.83	1.61	0.41	6.84	7	0.40	3.98	4	28
Arrumos vasilhame	1.63	2.18	0.8	2.73	0.12	0.8	2.18	0.34	2.32	2	0.40	5.45	6	12
Acesso de despensas	11.59	6.4	0.9	7.11	0.14	0.9	6.4	0.73	1.23	1	0.90	7.11	8	8
Casa das máquinas	9.32	4.46	4.17	1.07	0.50	4.46	4.17	0.57	7.84	8	0.56	7.48	8	64
Cozinha	30.92	6.03	5.39	1.12	0.50	6.03	5.39	0.70	8.59	9	0.67	8.04	9	81
Refeitório	66.34	8.88	7.35	1.21	0.50	8.88	7.35	0.92	9.65	10	0.89	8.28	9	90
Sala de estar P0	39.02	9.9	3.95	2.51	0.50	3.95	9.9	0.99	3.98	4	0.99	10.03	11	44
Sala de atividades	34.11	7.3	6.83	1.07	0.50	7.3	6.83	0.80	9.10	9	0.81	8.42	9	81
Atelier	17.81	6.69	2.8	2.39	0.42	2.8	6.69	0.76	3.71	4	0.70	9.56	10	40
Enfermaria	18.32	6.33	4.1	1.54	0.50	6.33	4.1	0.73	8.71	9	0.70	5.83	6	54

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Zona	Área	Compri. (a)	Largura (b)	Ratio (a/b)	Banda marginal	Maior dimensão da grid	Menor dimensão da grid	Tamanho máximo das células da grelha (p)	Nº de pontos na maior dimensão da grelha (d/p)		Espaço entre células da grelha (a/x)	Nº de pontos na menor dimensão da grelha (y)		Nº de pontos por espaço
	[m ²]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
I.S.M. sanita	2.97	2	1.5	1.33	0.23	2	1.5	0.32	6.16	6	0.33	4.50	5	30
I.S.M. lavatórios	2.75	1.63	1.4	1.16	0.21	1.63	1.4	0.28	5.79	6	0.27	5.15	6	36
I.S.M. assistida	6.13	2.8	2.2	1.27	0.33	2.8	2.2	0.41	6.82	7	0.40	5.50	6	42
I.S.F. sanita	2.98	2	1.5	1.33	0.23	2	1.5	0.32	6.16	6	0.33	4.50	5	30
I.S.F. sanita	2.98	2	1.5	1.33	0.23	2	1.5	0.32	6.16	6	0.33	4.50	5	30
I.S.F. lavatórios	3.89	2.4	1.4	1.71	0.21	2.4	1.4	0.37	6.51	7	0.34	4.08	5	35
I.S.F. assistida	5.28	3.32	2.5	1.33	0.38	3.32	2.5	0.46	7.18	7	0.47	5.27	6	42
Elevador monta- camas	9.58	4.79	2	2.40	0.30	2	4.79	0.60	3.35	3	0.67	7.19	8	24
Caixa de escadas principal	18.54	5.8	3.19	1.82	0.48	5.8	3.19	0.68	8.49	8	0.73	4.40	5	40
Elevador monta- cargas	6.31	4.41	1.7	2.59	0.26	1.7	4.41	0.56	3.01	3	0.57	7.78	8	24
Quarto individual	17.4	6.11	3.29	1.86	0.49	6.11	3.29	0.71	8.62	9	0.68	4.85	5	45
Sanitário de apoio 1.4	5.95	2.9	2	1.45	0.30	2.9	2	0.42	6.89	7	0.41	4.83	5	35
Sala de estar/convívio P1	45.89	7.78	7.06	1.10	0.50	7.78	7.06	0.84	9.27	9	0.86	8.17	9	81
Copa	8.21	3.35	1.81	1.85	0.27	3.35	1.81	0.47	7.19	7	0.48	3.78	4	28

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Zona	Área	Compri. (a)	Largura (b)	Ratio (a/b)	Banda marginal	Maior dimensão da grid	Menor dimensão da grid	Tamanho máximo das células da grelha (p)	Nº de pontos na maior dimensão da grelha (d/p)		Espaço entre células da grelha (a/x)	Nº de pontos na menor dimensão da grelha (y)		Nº de pontos por espaço
	[m ²]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]		[m]			
Caixa de escadas principal	18.68	5.8	3.31	1.75	0.50	5.8	3.31	0.68	8.49	8	0.73	4.57	5	40
Elevador montacamas	9.58	4.78	2	2.39	0.30	2	4.78	0.60	3.35	3	0.67	7.17	8	24
Sanitário de apoio 1.3	6.68	2.75	2.6	1.06	0.39	2.75	2.6	0.41	6.78	7	0.39	6.62	7	49
Quarto individual 1.2	15.31	3.69	2.85	1.29	0.43	3.69	2.85	0.50	7.41	7	0.53	5.41	6	42
Quarto individual 1.3	16.03	4.39	2.85	1.54	0.43	4.39	2.85	0.56	7.80	8	0.55	5.19	6	48
Sanitário de apoio 1.1	8.13	2.89	2.11	1.37	0.32	2.89	2.11	0.42	6.88	7	0.41	5.11	6	42
Sanitário de apoio 1.2	7.59	3.02	2.1	1.44	0.32	3.02	2.1	0.43	6.97	7	0.43	4.87	5	35
Quarto individual 1.1	13	4.55	4.14	1.10	0.50	4.55	4.14	0.58	7.89	8	0.57	7.28	8	64
Corredor	57.73	22.51	3.89	5.79	0.50	3.89	22.51	1.76	2.21	2	1.95	11.57	12	24
Rouparia suja	4.09	2.6	1.3	2.00	0.20	2.6	1.3	0.39	6.67	7	0.37	3.50	4	28
Rouparia limpa	6.14	3.75	1.89	1.98	0.28	3.75	1.89	0.50	7.44	7	0.54	3.53	4	28
Sanitário de apoio 1.5	5.72	2.78	2	1.39	0.30	2.78	2	0.41	6.80	7	0.40	5.04	6	42
Quarto duplo 1.1	26.12	9.35	4.18	2.24	0.50	4.18	9.35	0.95	4.38	4	1.05	8.95	9	36
Quarto duplo 1.2	25.25	9.35	4.18	2.24	0.50	4.18	9.35	0.95	4.38	4	1.05	8.95	9	36

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Zona	Área	Compri. (a)	Largura (b)	Ratio (a/b)	Banda marginal	Maior dimensão da grid	Menor dimensão da grid	Tamanho máximo das células da grelha (p)	Nº de pontos na maior dimensão da grelha (d/p)		Espaço entre células da grelha (a/x)	Nº de pontos na menor dimensão da grelha (y)		Nº de pontos por espaço
	[m ²]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]		[m]			
Quarto duplo 1.3	25.25	9.35	4.18	2.24	0.50	4.18	9.35	0.95	4.38	4	1.05	8.95	9	36
Quarto duplo 1.4	25.25	9.35	4.18	2.24	0.50	4.18	9.35	0.95	4.38	4	1.05	8.95	9	36
Quarto duplo 1.5	25.25	9.35	4.18	2.24	0.50	4.18	9.35	0.95	4.38	4	1.05	8.95	9	36
Sanitário de apoio 1.6	5.72	2.78	2	1.39	0.30	2.78	2	0.41	6.80	7	0.40	5.04	6	42
Sanitário de apoio 1.7	5.72	2.78	2	1.39	0.30	2.78	2	0.41	6.80	7	0.40	5.04	6	42
Sanitário de apoio 1.8	5.72	2.78	2	1.39	0.30	2.78	2	0.41	6.80	7	0.40	5.04	6	42
Sanitário de apoio 1.9	5.72	2.78	2	1.39	0.30	2.78	2	0.41	6.80	7	0.40	5.04	6	42
Quarto individual 1.5	26.2	11.1	2.16	5.14	0.32	2.16	11.1	1.08	2.01	2	1.08	10.28	11	22
Sanitário de apoio 1.5	6.51	3.13	2.61	1.20	0.39	3.13	2.61	0.44	7.05	7	0.45	5.84	6	42

Anexo J Caracterização do sistema de iluminação

Na Tabela 43, é apresentada e caracterizada detalhadamente a iluminação interior existente em cada divisão tendo em conta o capítulo 11 do manual técnico para a avaliação do desempenho energético dos edifícios. Os valores de iluminância média mantida foram medidos no local, de acordo com a norma EN 12464-1 e recorrendo a um luxímetro, Figura 42. É ainda apresentada a densidade de potência de referência (DPI referência), de acordo com a tabela 25 da portaria n.º 138-I/2021, para comparação com os valores de densidade de potência existentes. De notar também que existem sensores de ocupação apenas nos espaços destinados aos elevadores, assumindo o valor de fator de ocupação igual a 1, tal como todos os outros espaços onde existe ausência deste tipo de sistemas.

Tabela 43 - Caracterização dos sistemas de iluminação do edifício

Espaços	Nº de Luminárias	Nº de lâmpadas/por luminária	Género	Potência [W]	Fator de ocupação (Foc)	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]
-1.01 Reservatórios	1	2	Tubular fluorescente	72	1	79	5.23	2.10
-1.02 Garagem	1	2	Tubular fluorescente	72	1	67	2.82	2.10
-1.04 Despensa de produtos alimentares	1	2	Tubular fluorescente	72	1	166	3.77	2.10
-1.05 Elevador monta-cargas	1	2	Fluorescente compacta	52	1	268	3.39	2.30
-1.06 Zona de descanso	1	2	Fluorescente compacta	52	1	197	5.91	2.30
-1.07 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	230	4.10	2.30
-1.10 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	230	4.23	2.30
-1.11 Zona de descanso	1	2	Fluorescente compacta	52	1	197	4.40	2.30
-1.12 Caixa de escadas principal	2	1	Incandescente	120	1	70	14.98	2.30
-1.13 Elevador monta-camas	1	2	Fluorescente compacta	52	1	205	2.65	2.30
-1.14 Despensa (frio)	1	2	Tubular fluorescente	72	1	124	6.61	2.10

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Espaços	Nº de Luminárias	Nº de lâmpadas/ por luminária	Género	Potência [W]	Fator de ocupação (Foc)	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]
-1.15 Arrumos materiais de limpeza	1	2	Tubular fluorescente	72	1	166	10.87	2.10
-1.16 Arrecadação geral	2	2	Tubular fluorescente	144	1	166	4.97	2.10
-1.17 Lavandaria	8	2	Tubular fluorescente	576	1	218	4.70	2.10
-1.18 Sala de pessoal	5	2	Fluorescente compacta	260	1	166	10.37	2.30
-1.19 Corredor	12	2	Fluorescente compacta	624	1	139	6.84	2.30
-1.20 Caixa de escadas de emergência	2	1	Incandescente	120	1	35	17.28	2.30
0.01 Sala de reuniões	4	2	Fluorescente compacta	208	1	195	8.74	1.50
0.02 Gabinete de direção	3	2	Fluorescente compacta	156	1	213	7.27	1.50
0.03 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	217	4.63	2.30
0.04 Quarto de repouso	1	2	Fluorescente compacta	52	1	250	1.71	2.30
0.05 Quarto de repouso	1	2	Fluorescente compacta	52	1	250	1.63	2.30
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	2	2	Fluorescente compacta	118	1	308.5	4.42	2.10
0.07 Quarto de banho assistido	1	2	Fluorescente compacta	66	1	215	3.12	2.30
0.08 Fisioterapia	4	2	Fluorescente compacta	208	1	216.5	6.28	2.30
0.09 Sanitário de apoio	1	2	Fluorescente compacta	66	1	215	7.56	2.30
0.10 Sala de espera	4	2	Fluorescente compacta	208	1	192.5	7.32	2.30
0.11 Secretaria	3	2	Fluorescente compacta	156	1	170	8.43	2.30
0.12 Corredor	16	2	Fluorescente compacta	832	1	146	6.26	2.30
0.13 Elevador monta-cargas	1	2	Fluorescente compacta	52	1	220	3.02	2.30
0.14 Depósito do lixo	1	2	Tubular fluorescente	52	1	145	9.59	2.10
0.15 Despensa de dia	1	2	Tubular fluorescente	52	1	145	8.77	2.10
0.16 Arrumos de vasilhame	1	2	Tubular fluorescente	52	1	145	22.00	2.10

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Espaços	Nº de Luminárias	Nº de lâmpadas/ por luminária	Género	Potência [W]	Fator de ocupação (Foc)	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]
0.17 Acesso de despensas	2	2	Tubular fluorescente	144	1	149	8.34	2.30
0.18 Casa das máquinas	1	2	Tubular fluorescente	52	1	197	2.83	2.10
0.19 Cozinha	6	2	Fluorescente compacta	312	1	192.5	5.24	2.10
0.20 Refeitório	12	2	Fluorescente compacta	638	1	118	8.15	2.30
0.23 Sala de estar P0	8	2	Fluorescente compacta	416	1	300	3.55	2.30
0.24 Sala de atividades	8	2	Fluorescente compacta	416	1	300	4.07	2.30
0.25 Atelier	3	2	Fluorescente compacta	156	1	218	4.02	2.10
0.27 Enfermaria	4	2	Fluorescente compacta	208	1	220	5.16	2.30
0.28 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	52	1	298.5	5.87	2.30
0.29 Lavatórios	1	2	Fluorescente compacta	66	1	248	9.68	2.30
0.30 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	52	1	215.5	3.94	2.30
0.31 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	52	1	298.5	5.85	2.30
0.32 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	52	1	298.5	5.85	2.30
0.33 Lavatórios	1	2	Fluorescente compacta	66	1	248	6.84	2.30
0.34 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	52	1	215.5	4.57	2.30
0.42 Elevador monta-camas	1	2	Fluorescente compacta	52	1	203	2.67	2.30
0.43 Caixa de escadas principal	2	1	Incandescente	120	1	69.5	9.31	2.30
1.01 Elevador monta-cargas	2	2	Fluorescente compacta	104	1	236	6.98	2.30
1.02 Quarto individual	1	2	Fluorescente compacta	52	1	101	2.92	2.30
1.03 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	173.5	6.39	2.30
1.04 Sala de estar/convívio P1	9	2	Fluorescente compacta	468	1	200	5.10	2.30
1.05 Copa	2	2	Fluorescente compacta	104	1	210	6.03	2.10

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Espaços	Nº de Luminárias	Nº de lâmpadas/ por luminária	Género	Potência [W]	Fator de ocupação (Foc)	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m²) / 100lx]	DPI referência [(W/m²) / 100lx]
1.06 Caixa de escadas principal	2	1	Incandescente	52	1	69.5	0.00	2.30
1.07 Elevador monta-camas	2	2	Fluorescente compacta	104	1	203	5.35	2.30
1.09 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	179.5	5.50	2.30
1.11 Quarto individual	1	2	Fluorescente compacta	52	1	102	3.33	2.30
1.12 Quarto individual	1	2	Fluorescente compacta	52	1	102	3.18	2.30
1.13 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	182.5	4.45	2.30
1.14 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	182.5	4.76	2.30
1.15 Quarto individual	1	2	Fluorescente compacta	52	1	102	3.92	2.30
1.16 Caixa de escadas de emergência	2	1	Incandescente	120	1	33	20.60	2.30
1.17 Corredor	10	2	Fluorescente compacta	520	1	131	6.88	2.30
1.18 Rouparia suja	1	2	Tubular fluorescente	72	1	96.5	18.24	2.10
1.19 Rouparia limpa	1	2	Tubular fluorescente	72	1	160	7.33	2.10
1.21 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	173.5	6.65	2.30
1.22 Quarto duplo	1	5	Fluorescente compacta	130	1	121	4.11	2.30
1.23 Quarto duplo	1	5	Fluorescente compacta	130	1	121	4.25	2.30
1.24 Quarto duplo	1	5	Fluorescente compacta	130	1	121	4.25	2.30
1.25 Quarto duplo	1	5	Fluorescente compacta	130	1	121	4.25	2.30
1.26 Quarto duplo	1	5	Fluorescente compacta	130	1	121	4.25	2.30
1.27 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	173.5	6.65	2.30
1.28 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	173.5	6.65	2.30
1.30 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	173.5	6.65	2.30
1.31 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	173.5	6.65	2.30

Espaços	Nº de Luminárias	Nº de lâmpadas/ por luminária	Género	Potência [W]	Fator de ocupação (Foc)	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m²) / 100lx]	DPI referência [(W/m²) / 100lx]
1.33 Quarto individual 1.5	1	4	Fluorescente compacta	104	1	118	3.36	2.30
1.35 Instalação sanitária	1	2	Fluorescente compacta	66	1	119.5	8.48	2.30

Anexo K Perfil de iluminação

O perfil real de iluminação é representado na Tabela 44 em percentagem para cada hora do dia, para todos os espaços do edifício que contenham sistemas de iluminação. A percentagem indica a quantidade do tempo que a iluminação está ligada na respetiva hora.

Tabela 44 - Perfil de iluminação do edifício

Espaços	Perfil de iluminação [%]																		
	00h-05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
-1.01 Reservatórios	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
-1.02 Garagem	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
-1.04 Despensa de produtos alimentares	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.05 Elevador monta-cargas	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
-1.06 Zona de descanso	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	50
-1.07 Instalação sanitária	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
-1.10 Instalação sanitária	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
-1.11 Zona de descanso	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	50
-1.12 Caixa de escadas principal	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
-1.13 Elevador monta-camas	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
-1.14 Despensa (frio)	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.15 Arrumos materiais de limpeza	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.16 Arrecadação geral	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.17 Lavandaria	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.18 Sala de pessoal	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.19 Corredor	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0

Espaços	Perfil de iluminação [%]																		
	00h-05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
-1.20 Caixa de escadas de emergência	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
0.01 Sala de reuniões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
0.02 Gabinete de direção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
0.03 Instalação sanitária	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.04 Quarto de repouso	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05 Quarto de repouso	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.07 Quarto de banho assistido	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.08 Fisioterapia	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.09 Sanitário de apoio	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.10 Sala de espera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0
0.11 Secretaria	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	0	0	0
0.12 Corredor	0	0	0	50	50	25	25	25	25	25	25	25	25	50	50	50	25	0	0
0.13 Elevador monta-cargas	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
0.14 Depósito do lixo	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.15 Despensa de dia	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.16 Arrumos de vasilhame	0	0	0	0	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.17 Acesso de despensas	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
0.18 Casa das máquinas	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.19 Cozinha	0	0	0	30	0	0	30	100	100	0	0	30	0	30	100	100	0	0	0
0.20 Refeitório	0	0	0	30	30	30	30	100	100	30	30	30	30	30	30	100	0	0	0
0.23 Sala de estar P0	0	0	0	30	30	30	30	100	100	30	30	30	30	30	30	100	0	0	0
0.24 Sala de atividades	0	0	0	30	30	30	30	100	100	30	30	30	30	30	30	100	0	0	0

Espaços	Perfil de iluminação [%]																		
	00h-05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
0.25 Atelier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0
0.27 Enfermaria	0	0	0	50	50	50	50	50	0	70	70	70	70	0	0	0	0	0	0
0.28 Instalação sanitária	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.29 Lavatórios	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.30 Instalação sanitária	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.31 Instalação sanitária	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.32 Instalação sanitária	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.33 Lavatórios	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.34 Instalação sanitária	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
0.42 Elevador monta-camas	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
0.43 Caixa de escadas principal	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
1.01 Elevador monta-cargas	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
1.02 Quarto individual	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.03 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.04 Sala de estar/convívio P1	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
1.05 Copa	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50	0	0
1.06 Caixa de escadas principal	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
1.07 Elevador monta-camas	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
1.09 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.11 Quarto individual	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.12 Quarto individual	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.13 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.14 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0

Espaços	Perfil de iluminação [%]																		
	00h-05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
1.15 Quarto individual	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.16 Caixa de escadas de emergência	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
1.17 Corredor	0	50	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	50	0
1.18 Rouparia suja	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.19 Rouparia limpa	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.21 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.22 Quarto duplo	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.23 Quarto duplo	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.24 Quarto duplo	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.25 Quarto duplo	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.26 Quarto duplo	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.27 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.28 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.30 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.31 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0
1.33 Quarto individual 1.5	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
1.35 Instalação sanitária	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0

Anexo L Perfil de ocupação dos espaços

A Tabela 45 diz respeito ao perfil de ocupação, em percentagem por hora, dos diferentes espaços do edifício, excluindo espaços interiores não úteis e espaços com presença humana pontual, tais como: corredores, elevadores, instalações sanitárias, etc.

Tabela 45 - Perfil de ocupação do edifício

Espaços	Perfil de ocupação [%]																		
	00h-05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
-1.17 Lavandaria	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.18 Sala de pessoal	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.01 Sala de reuniões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
0.02 Gabinete de direção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
0.04 Quarto de repouso	0	0	0	0	50	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05 Quarto de repouso	0	0	0	0	50	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	0	0	0	0	50	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.08 Fisioterapia	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.11 Secretaria	0	0	0	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
0.19 Cozinha	0	0	0	30	0	0	100	100	100	0	0	30	0	100	100	100	0	0	0
0.20 Refeitório	0	0	0	30	20	15	100	100	15	15	15	15	15	30	20	0	0	0	0
0.23 Sala de estar P0	0	0	0	50	50	50	50	10	10	50	50	50	50	50	10	10	0	0	0
0.24 Sala de atividades	0	0	0	50	50	50	50	10	10	50	50	50	50	50	10	10	0	0	0

Espaços	Perfil de ocupação [%]																		
	00h-05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
0.25 Atelier	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0
0.27 Enfermaria	0	0	0	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
1.02 Quarto individual	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.04 Sala de estar/convívio P1	0	0	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0
1.05 Copa	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	0
1.11 Quarto individual	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.12 Quarto individual	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.15 Quarto individual	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.22 Quarto duplo	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.23 Quarto duplo	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.24 Quarto duplo	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.25 Quarto duplo	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.26 Quarto duplo	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
1.33 Quarto individual 1.5	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

Anexo M Ganhos internos por ocupação

Na Tabela 46 são caracterizados os espaços do edifício com ocupação permanente de acordo com o seu nº de ocupantes, grau de atividade, nível de atividade e fração radiante.

Tabela 46 - Cargas térmicas por ocupação e grau de atividade por espaço

Nº Zona	Nº Pessoas	Grau de atividade	Nível de atividade [W/pessoa]	Fração radiante
-1.17 Lavandaria	2	De pé, trabalho leve	130	0.58
-1.18 Sala de pessoal	2	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.01 Sala de reuniões	1	Sentado, trabalho muito leve	115	0.60
0.02 Gabinete de direção	1	Sentado, trabalho muito leve	115	0.60
0.04 Quarto de repouso	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.05 Quarto de repouso	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	2	De pé, trabalho leve	130	0.58
0.08 Fisioterapia	2	De pé, trabalho leve	130	0.58
0.11 Secretaria	1	Sentado, trabalho muito leve	115	0.60
0.19 Cozinha	2	Trabalho sedentário	160	0.58
0.20 Refeitório	24	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.23 Sala de estar P0	15	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.24 Sala de atividades	15	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.25 Atelier	8	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
0.27 Enfermaria	1	Sentado, trabalho muito leve	115	0.60
1.02 Quarto individual	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.04 Sala de estar/convívio P1	12	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.05 Copa	2	De pé, trabalho leve	130	0.58
1.11 Quarto individual	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.12 Quarto individual	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.15 Quarto individual	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.22 Quarto duplo	2	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.23 Quarto duplo	2	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.24 Quarto duplo	2	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.25 Quarto duplo	2	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.26 Quarto duplo	2	Sentado em teatro, matineé	95	0.60
1.33 Quarto individual 1.5	1	Sentado em teatro, matineé	95	0.60

Anexo N Outros equipamentos: Perfil de utilização e consumos

De acordo com o representante do Lar e Centro de dia de Mire de Tibães, o Sr. Pároco Marcelino, que ajudou a dar a entender as rotinas de funcionamento do edifício, a lista de equipamentos detalhada e o seu perfil de utilização. Todas estas informações encontram-se especificados na Tabela 47.

Tabela 47 - Perfil de utilização dos equipamentos

Perfil de utilização de equipamentos [%]																								
Espaços	00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Hotte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	100	50	0	0	0
Máquina Loiça Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0
Micro-ondas(x2)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
Bicos de fogão (x5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	100	0	0	0	50	0	70	100	0	0	0	0
Máquina da Loiça	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Máquina a vapor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
Ferro roupa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0
Computador (x3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
Máquina de secar roupa GN	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0
Máquina lavar roupa Elétrica	0	0	70	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Perfil de utilização de equipamentos [%]																								
Espaços	00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Bomba tratamento Água 1	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba tratamento Água 2	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calandra	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Televisões quartos duplos (x3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	0
Televisões quartos individuais (x3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	0
Televisões salas P0 (x2)	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	0	0	0
Televisão sala P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	70	0
Bombas águas Pluviais (x2) ⁶	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0
Bomba Saneamento (x2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Computador (secretaria)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	70	70	70	70	50	70	70	70	70	0	0	0	0	0
Bastidor (servidores)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

⁶ O perfil de utilização das bombas de águas pluviais passa a ser inexistente nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

Perfil de utilização de equipamentos [%]																								
Espaços	00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Impressora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
TV repouso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frigorífico (x4)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Congelador (x4)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Câmara Frigorífica	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Minibar	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Associado a este perfil de consumo e de acordo com a potência do equipamento há sempre um consumo inerente. Esses consumos encontram-se nas seguintes tabelas e estão divididos entre equipamentos de frio (Tabela 48) e outros equipamentos não incluídos no tipo S elétricos (Tabela 49) e a gás natural, ou seja, por exemplo instalações de elevação, hotes ou a máquina de secar roupa. É importante referir que a potência total dos equipamentos já se encontra multiplicada por uma percentagem representativa da quantidade de potência efetivamente consumida.

Tabela 48 - Consumo energético dos equipamentos de frio

Equipamento	Potência [W]	Nº horas/ano	Consumo de energia [kWh/ano]
Frigorífico 1	137.5	8760	602.25
Frigorífico 2	137.5	8760	120.45
Frigorífico 3	137.5	8760	120.45

Equipamento	Potência [W]	Nº horas/ano	Consumo de energia [kWh/ano]
Frigorífico 4	137.5	8760	120.45
Congelador 1	27.5	8760	602.25
Congelador 2	27.5	8760	602.25
Congelador 3	27.5	8760	602.25
Arca (sala pessoal)	27.5	8760	2035.61
Minibar	55	8760	120.45
Câmara frigorífica	464.75	8760	240.90
Consumo previsto			5167.31
Consumo de referência			5167.31

Tabela 49 - Consumo energético dos equipamentos e sistemas não incluídos no tipo S

Equipamento	Potência [W]	Nº horas/ano	Consumo de energia [kWh/ano]
Monta-cargas	-	-	972.14
Monta-camas	-	-	1111.96
Hote	637.5	1277.5	814.40
VI4 (hote compensação)	750	1277.5	958.13
Máquina loiça industrial	5775	365	2107.88
Micro-ondas 1	80	730	58.40
Micro-ondas 2	80	730	58.40
Máquina da loiça	56.25	365	20.53
Máquina a vapor	300	365	109.50

Equipamento	Potência [W]	Nº horas/ano	Consumo de energia [kWh/ano]
Ferro roupa	525	365	191.63
Computador 1	140	1460	204.40
Computador 2	140	1460	204.40
Computador 3	140	1460	204.40
Computador 4	140	3650	511.00
Máquina lavar roupa	4550	730	3321.50
Bomba trat. Água 1	50	730	36.50
Bomba trat. Água 2	40	730	29.20
Calandra	3750	365	1368.75
Tv quartos duplos 1	19.6	730	14.31
Tv quartos duplos 2	19.6	730	14.31
Tv quartos duplos 3	19.6	730	14.31
Tv quartos individuais 1	63	730	45.99
Tv quartos individuais 2	42	730	30.66
Tv quartos individuais 3	42	730	30.66
Tv salas P0 1	42	4745	199.29
Tv salas P0 2	42	4745	199.29
Tv sala P1	42	730	30.66
Bombas ág. Pluviais 1	440	1225	539.00
Bombas ág. Pluviais 2	440	1225	539.00
Bomba Saneamento 1	300	1095	328.50
Bomba Saneamento 2	300	1095	328.50
Bastidor (servidores)	500	8760	4380.00

Equipamento	Potência [W]	Nº horas/ano	Consumo de energia [kWh/ano]
Impressora	93	2920	271.56
TV repouso	2.80	365	1.02
Consumo previsto			19050.06
Consumo de referência			19050.06

Tabela 50 - Consumo energético de gás natural para equipamentos não incluídos no tipo S

Equipamento	Potência [W]	Nº horas/ano	Consumo de energia [kWh/ano]
Máquina de secar roupa	16000	1272 (lava 6x/dia)	25243.50
		765 (lava 5x/dia)	15826
Fogão	5955.30	1423.50	8477.37
Consumo previsto			41069.37
Consumo de referência			41069.37

Anexo O Ventilação de referência

Para o cálculo do indicador de eficiência energética de referência (IEE_{ref}) o *software* *CYPETHERM SCE-CS Plus* em uso faz automaticamente o cálculo dos parâmetros de referência respeitando as condições descritas na Tabela 102 do manual SCE conforme os dados colocados no programa.

No entanto, foi necessário adaptar a simulação realizada no *software* de forma a respeitar a seguinte condição de referência: “Para os ventiladores associados à ventilação de espaços interiores úteis (insuflação e extração) com uma potência igual ou superior a 750 W no edifício previsto, considerar uma potência determinada através do produto entre o caudal de ar do edifício previsto e uma potência específica (SFP) de $1250 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ ”.

O motivo pelo qual se teve de realizar o cálculo da ventilação de referência em zonas úteis, através de uma folha de cálculo no *excel*, deveu-se ao facto de as zonas criadas no *software* para realização do estudo energético terem sido criadas de acordo com o tipo de ventilação em cada espaço, como mostra a Figura 93, apesar de estarem diferentes ventiladores associados a uma mesma zona. Ou seja, como não está associado a cada zona só um tipo de ventilador então não é possível ao programa respeitar a condição descrita em cima.

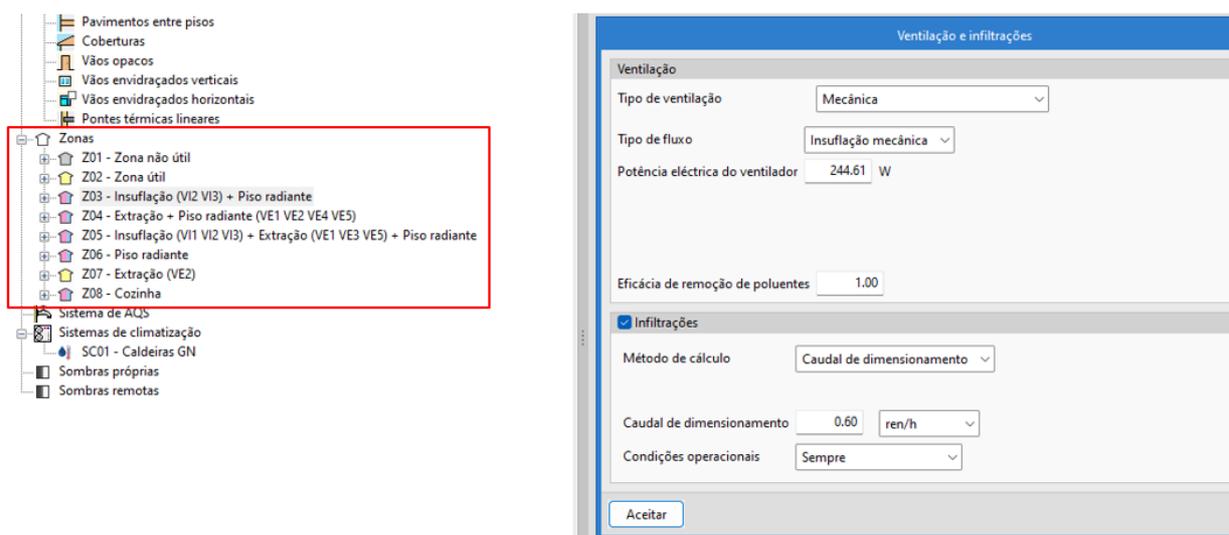


Figura 93 - Demonstração da definição das zonas no *software* para a obra base; Demonstração de como se define o tipo de ventilação e potência de ventilação no *software*.

Posto isto, recorreu-se ao *excel* para fazer uma folha de cálculo que garantisse o correto consumo de referência da ventilação. Para isso criou-se a Tabela 51 com a potência de ventilação de cada espaço, para cada ventilador respetivo e com o número de horas de funcionamento, obtendo-se assim a energia consumida em kWh. O que muda em relação à potência de ventilação prevista é a potência do ventilador VI1 que agora é assegurada através da equação 11.

$$VI1: \frac{Q}{3600} \times SFP = \frac{1240}{3600} \times 1250 = 430.46 W \quad (11)$$

- Q – Caudal total do VI1 [m³/h];
- SFP – Potência específica [W/(m³/h)];

Tabela 51 - Cálculo do consumo da ventilação de referência

Equipamento	Potência [W]	Nº Horas Por Ano	Espaço	Energia consumida [kWh]
VI1	162.66	4745.00	Refeitório	771.83
	95.67	4745.00	Sala de estar P0	453.98
	83.64	4745.00	Sala de atividades	396.85
	43.67	4745.00	Atelier	207.21
	44.92	4745.00	Enfermaria	213.14
VI2	32.85	3285	Sala de reuniões	107.93
	27.10	3285	Gabinete direção	89.01
	17.68	3285	I.S. 0.03	58.07
	32.75	3285	Quarto de repouso 0.04	107.57
	34.44	3285	Quarto de repouso 0.05	113.14
	23.30	3285	Pedicure	76.55
	26.50	3285	Quarto de banho assistido 0.07	87.07
	41.20	3285	Fisioterapia	135.33
	39.74	3285	Sala de espera	130.56
	29.30	3285	Secretaria	96.26
245.13	3285	Corredor	805.26	
VI3	96.72	4015	Sala estar P1	388.34
	36.67	4015	Quarto individual	147.24
	32.27	4015	Quarto individual	129.56
	33.79	4015	Quarto individual	135.65
	27.40	4015	Quarto individual	110.01

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

	55.22	4015	Quarto individual	221.71
	55.05	4015	Quarto duplo	221.04
	53.22	4015	Quarto duplo	213.67
	53.22	4015	Quarto duplo	213.67
	53.22	4015	Quarto duplo	213.67
	53.22	4015	Quarto duplo	213.67
VE1	13.61	3285	Instalação sanitária 0.09	44.72
	22.03	3285	Instalação sanitária 0.03	72.36
	33.03	3285	Quarto banho assistido	108.49
	51.33	3285	Fisioterapia	168.63
VE2	24.61	4745	Instalação Sanitária -1	116.78
	23.87	4745	Instalação Sanitária -1	113.28
	10.44	4745	Instalação Sanitária (salas)	49.55
	21.55	4745	Instalação Sanitária (salas)	102.27
	10.48	4745	Instalação Sanitária (salas)	49.72
	10.48	4745	Instalação Sanitária (salas)	49.72
	18.56	4745	Instalação Sanitária (salas)	88.09
VE3	96.34	4745.00	Refeitório	457.12
	56.66	4745.00	Sala de estar P0	268.87
	49.53	4745.00	Sala atividades	235.04
	25.86	4745.00	Atelier	122.72
	26.60	4745.00	Enfermaria	126.23
VE4	26.64	4015	Instalações sanitárias P1	106.97
	29.91	4015	Instalações sanitárias P1	120.09
	36.40	4015	Instalações sanitárias P1	146.16
	33.99	4015	Instalações sanitárias P1	136.45
	25.61	4015	Instalações sanitárias P1	102.83
	25.61	4015	Instalações sanitárias P1	102.83
	25.61	4015	Instalações sanitárias P1	102.83
	25.61	4015	Instalações sanitárias P1	102.83
	25.61	4015	Instalações sanitárias P1	102.83
VE5	105.09	4015	Sala estar P1	421.94
	14.91	4015	Instalações sanitárias P1	59.86
			Total	9737.21

Anexo P Brainstorming para escolha das medidas de melhoria

Após a simulação do edifício no programa CYPE, obteve-se um conjunto de dados referentes ao desempenho energético do edifício. Através da análise de dados foi possível pensar num conjunto de medidas de melhoria capazes de aumentar a sua eficiência energética. Assim, realizou-se um Brainstorming que envolveu a discussão de várias ideias. Como podemos observar na Tabela 52, muitas das ideias pensadas foram descartadas, pelo que se escolheu as cinco propostas mais vantajosas para serem aplicadas.

Tabela 52 - Brainstorming para a proposta de investimentos

<p>1- Ventilação</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ UTAs com baterias de aquecimento e arrefecimento; ✗ UTAs de expansão direta com free-cooling; 	<p>Optou-se pelas UTAs com baterias, pois são bastante versáteis, isto é, independentes das condições climáticas, enquanto as de free-cooling dependem de temperaturas baixas para uma ótima eficiência de arrefecimento, logo menor eficiência na estação de arrefecimento (verão).</p>
<p>2- Aplicação de Isolamento</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Isolamento na cobertura; ✗ Isolamento na fachada; 	<p>Inicialmente, apesar das fachadas já possuírem capoto, tinha-se pensado em colocar isolamento no interior destas, mas apresentava custos muito elevados. Pensou-se em colocar pelo exterior, no entanto a ideia seria reprovada pelo arquiteto. Então optou-se por colocar isolamento na cobertura.</p>
<p>3- Envidraçados</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Janelas com batente; ✗ Corte térmico, película de proteção UV, ↑ a espessura da caixa de ar e impermeabilização do chão dos envidraçados; 	<p>Existia evidências de bolor nos buracos onde as janelas de correr encaixavam, pelo que se considerou substituir as janelas existentes por janelas com batentes, contudo, tal como todas as outras medidas de melhoria pensadas para os envidraçados, esta solução é bastante cara.</p>
<p>4- Climatização e AQS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bomba de calor; ✗ Caldeira a Lenha; 	<p>Ambas as ideias trariam uma redução na fatura energética. Não se optou pela caldeira a lenha porque para o uso deste equipamento seria necessário bastante espaço devido às suas grandes dimensões, a lenha também iria ocupar muito espaço e seria necessário alguém responsável de colocar lenha algumas vezes por dia, pelo que se teve de optar pelo segundo equipamento pensado.</p>

5- Iluminação

- ✓ LEDs;

No caso da iluminação apenas se pensou substituir a iluminação existente por LEDs, pois esta é a opção energeticamente mais eficiente.

6- Uso de Energias Renováveis

- ✓ Aplicação dos painéis fotovoltaicos;
- ✗ Restantes energias renováveis;

Com base na localização e nas condições do edifício, concluiu-se que o único equipamento viável para a produção de energia através de fontes renováveis são os painéis solares.

Anexo Q Melhoria na proposta de investimento num sistema fotovoltaico

PERFIL DE CONSUMO ENERGÉTICO OTIMIZADO (DIURNO)

Com a instalação do sistema solar fotovoltaico, o perfil do consumo elétrico do edifício pode e deve ser mudado de forma a otimizar o uso da energia solar durante o dia e reduzir desperdícios de energia entregue à rede. Ou seja, deve-se colocar a máquina de lavar roupa a trabalhar nas horas em que há maior incidência de radiação solar.

Neste subcapítulo da medida de melhoria relativa ao sistema solar fotovoltaico pretende-se mostrar o efeito que um perfil de consumo elétrico diurno do edifício tem no consumo de energia solar e na escolha dos painéis.

Tabela 53 - Comparação e seleção de módulos fotovoltaicos com perfil de consumo elétrico diurno

Nº de módulos	16	18	20	22	24	26	28	30	32
- Área [m ²]	41.3	46.5	51.7	56.8	62.0	62.7	67.5	77.5	82.7
- Necessidades do edifício [kWh/ano]	54753								
- Custo de investimento [€]	10773	12120	13467	14813	16160	17507	18853	20200	21547
- Autoconsumo [kWh/ano]	13217	14725	16116	17375	18542	19592	20489	21264	21938
- Aumento do autoconsumo	1631	1508	1391	1259	1167	1050	897	775	674
- Redução na fatura [€] /ano – 0.257€/kWh	3398.36	3786.09	4143.75	4467.46	4767.52	5037.50	5268.13	5467.40	5640.70
- Entregue à rede [kWh]	25	172	437	835	1324	1929	2688	3569	4550
- Aumento da energia entregue à rede	25	147	265	398	489	605	759	881	981
- Venda à rede [€] - 0.04€/kWh	1	6.88	17.48	33.4	52.96	77.16	107.52	142.76	182
- Payback [nº anos]	3,12	3,20	3,24	3,29	3,35	3,42	3,51	3,60	3,70

Comparando o aumento do autoconsumo e o aumento da energia entregue à rede, com a evolução do nº de painéis, podemos ver pelo gráfico abaixo (Figura 94), que é na transição de 28 para 30 painéis fotovoltaicos que o “desperdício” da energia entregue à rede é maior que o autoconsumo, aumentando essa diferença progressivamente com o aumento dos painéis. Em relação ao payback do sistema fotovoltaico mais uma vez não é relevante para a comparação visto os valores serem bastante próximos. Sendo assim, optou-se por 30 painéis fotovoltaicos.

Sendo assim, neste momento, com o perfil de consumo elétrico otimizado do edifício, as necessidades energéticas continuam a ser de 54753 kWh/ano sendo o autoconsumo, proveniente dos 30 painéis fotovoltaicos, com autoconsumo de 21264 kWh/ano, 39% das necessidades do edifício, e uma energia entregue à rede de 3569 kWh/ano, 17% do valor de energia fotovoltaica produzida.

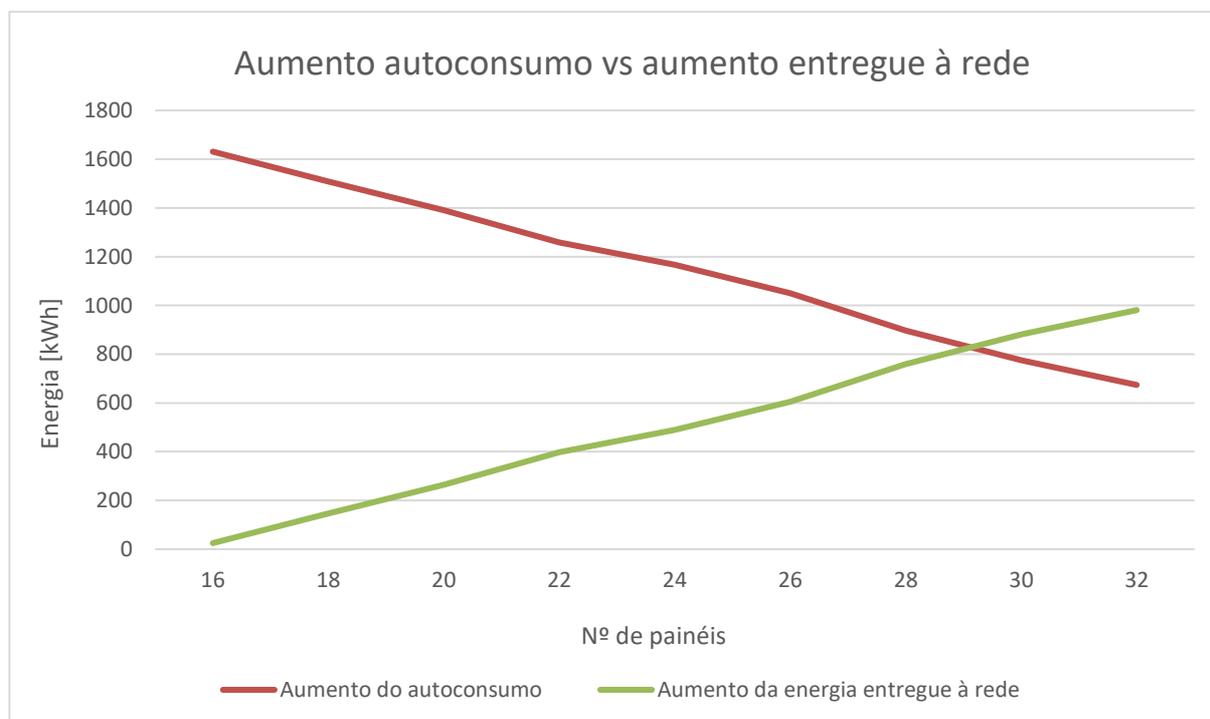


Figura 94 - Gráfico do aumento do autoconsumo vs aumento da energia entregue à rede em função da evolução do número de painéis, para perfil de consumo elétrico diurno

Em suma, pode-se concluir que para este tipo de perfil de consumo elétrico, otimizado para aproveitar a energia solar, a escolha já mudaria para 30 módulos fotovoltaicos visto serem as condições em que se aproveita mais energia solar.

Tabela 54 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	20 200	[€]
Consumo atual (elétrico)	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria (elétrico)	168.7	[MWh/ano]
	26 144	[€]
Venda à rede (0.04€/kWh)	119	[€]
Redução na fatura energética	5 325	[€]

Payback	3.79	anos
Novo IEEpr, S	131.95	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	42.47	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	127.59	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.701	
Nova classe energética	B	

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO OTIMIZADO + MÁQUINA DE SECAR ROUPA ELÉTRICA

Com a instalação do sistema solar fotovoltaico, que fornece energia renovável elétrica, e tendo em consideração a “MM 5: Instalação de uma Bomba de Calor”, detalhada no subcapítulo 8.5, surgiu também a ideia de diminuir a utilização de gás natural no edifício restringindo o seu uso apenas ao fogão da cozinha. Ou seja, a ideia seria substituir a máquina de secar roupa industrial a gás natural por uma máquina do mesmo género, mas de consumo elétrico de forma a aproveitar esta energia “gratuita” vinda do sol.

A Tabela 55 representa as características de funcionamento de uma máquina industrial de secar roupa do mesmo género da existente, mas com consumo elétrico. As necessidades do edifício passam agora para os 81262 kWh/ano.

Tabela 55 - Características de funcionamento de uma possível máquina de secar roupa industrial elétrica

Máquina secar roupa industrial elétrica	
Preço (estimativa) [€]	5000
Potência [kW]	12.97
Nº de horas de funcionamento	2037
Consumo anual [kWh/ano]	26419.8

De notar, na Tabela 56, que houve um aumento do número de painéis simulados, em comparação com os estudos anteriores, visto as necessidades do edifício serem superiores e que o custo de investimento engloba os painéis fotovoltaicos e a nova máquina de secar roupa. É importante salientar também que por uma questão de área disponível na cobertura do edifício, apenas se poderão instalar no máximo 30 painéis fotovoltaicos.

Tabela 56 - Comparação e seleção de módulos fotovoltaicos com perfil de consumo elétrico diurno e nova máquina de secar roupa elétrica

Nº de módulos	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62
- Área [m ²]	67.20	77.50	87.80	98.20	108.50	118.80	129.20	139.50	149.80	160.20
- Necessidades do edifício [kWh/ano]	81262									
- Custo de investimento [€] ⁷	17507	20200	22893	25587	28280	30973	33667	36360	39053	41747
- Autoconsumo [kWh/ano]	20352	22825	25200	27481	29678	31783	33737	35595	37329	38842
- Aumento do autoconsumo	2618.0	2473	2375	2281	2197	2105	1954	1858	1734	1513
- Redução na fatura [€] /ano – 0.257€/kWh	5232.9	5868.8	6479.4	7065.9	7630.8	8172.0	8674.5	9152.2	9598.0	9987.1
- Entregue à rede [kWh]	1169	2008	2944	3974	5089	6295	7653	9106	10683	12481
- Aumento da energia entregue à rede	694.0	839.00	936.00	1030.00	1115.00	1206.00	1358.00	1453.00	1577.00	1798.00
- Venda à rede [€] - 0.04€/kWh	46.76	80.32	117.76	158.96	203.56	251.80	306.12	364.24	427.32	499.24
- Payback [nº anos]	3,11	3,40	3,47	3,54	3,61	3,68	3,75	3,82	3,90	3,98

Pela análise do gráfico abaixo percebe-se que para este perfil de consumo elétrico o número de painéis mais adequado será 60 painéis fotovoltaicos, dado que é a partir deste ponto que o aumento da energia entregue à rede é maior que o aumento do autoconsumo, ou seja, quando é entregue mais energia à rede do que aquela que é consumida pelo edifício. Posto isto, a escolha indicada seriam 60 painéis fotovoltaicos, no entanto a cobertura apenas apresenta área disponível para 30.

⁷ O custo de investimento engloba a instalação do sistema fotovoltaico e a estimativa de preço de uma máquina de lavar roupa elétrica.

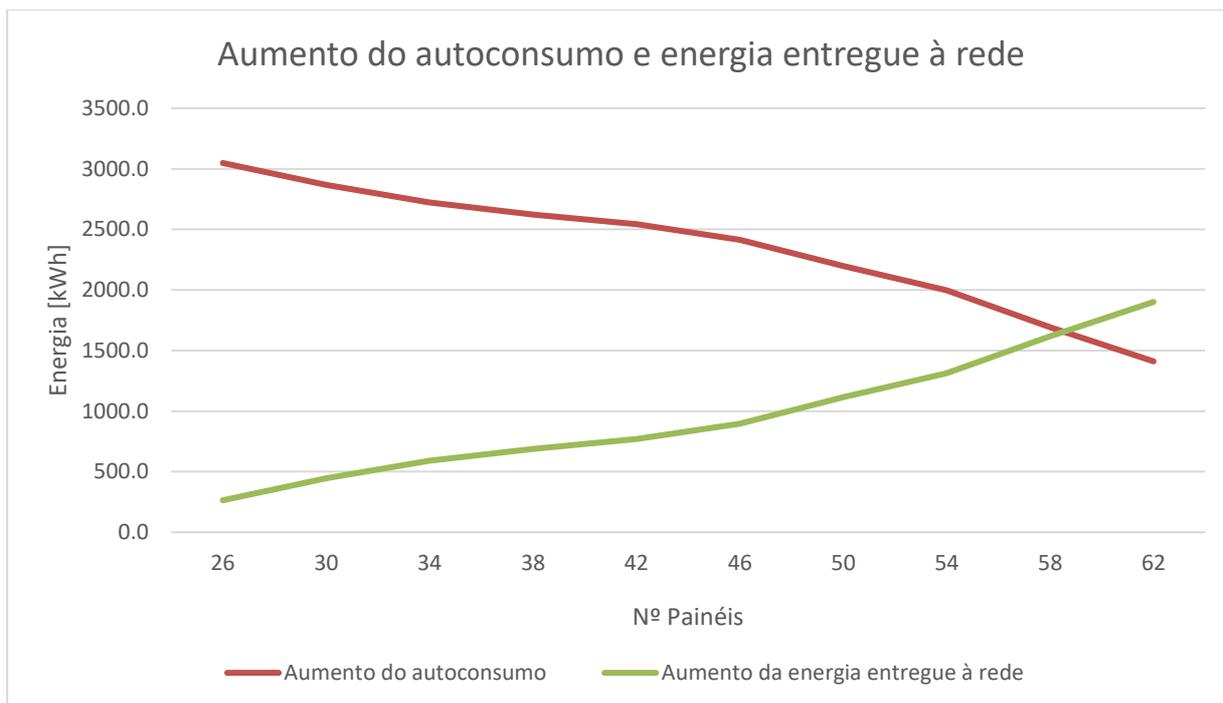


Figura 95 - Gráfico do aumento do autoconsumo vs aumento da energia entregue à rede em função da evolução do número de painéis, para perfil de consumo elétrico diurno e máquina de lavar roupa elétrica

Visto só haver área disponível de instalação fotovoltaica para 30 painéis, a seguinte tabela representa o resumo do impacto da medida de melhoria apenas para 30 painéis fotovoltaicos.

Tabela 57 - Resumo do impacto da medida de melhoria

Custo de investimento estimado	20 200	[€]
Consumo atual (elétrico + máquina a GN)	190.0	[MWh/ano]
	31 611	[€]
Consumo c/ medida de melhoria (elétrico)	183.7	[MWh/ano]
	28 146	[€]
Venda à rede (0.04€/kWh)	80	[€]
Redução na fatura energética	3 545	[€]
Payback	5.70	anos
Novo IEEpr, S	133.13	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEren	45.59	[kWh/m ² .ano]
Novo IEEref, S	128.82	[kWh/m ² .ano]
Novo RIEE	0.681	
Nova classe energética	B	

CONCLUSÃO

Desta sucessão de ideias de melhoria para instalação de um sistema solar fotovoltaico, conclui-se que qualquer delas é um investimento útil com payback a curto prazo.

No entanto, de forma a otimizar o uso do sistema solar fotovoltaico, seria do máximo interesse mudar o perfil de consumo do edifício maximizando o consumo elétrico nas horas de maior incidência de radiação solar, ou seja, mudando o perfil de funcionamento (Tabela 47) da máquina de lavar roupa industrial para horário diurno.

Posto isto, surgiu também a ideia de investir numa nova máquina de secar roupa elétrica, que sendo um equipamento entre os maiores consumidores de energia do edifício faz todo o sentido alternar de consumo de gás natural para consumo de eletricidade de modo a se poder aproveitar a energia elétrica proveniente da radiação solar.

Em suma, conclui-se que o sistema solar fotovoltaico traz importantes benefícios para a eficiência energética do edifício qualquer que seja a medida de melhoria adotada. No entanto, para um melhor uso deste tipo de instalação deve-se dar prioridade ao máximo consumo de energia nas horas de maior incidência solar de forma a consequentemente aproveitar o máximo possível de energia renovável. Em relação ao investimento na máquina de secar roupa elétrica, este será sempre vantajoso mesmo apesar de não ser possível colocar o nº de painéis desejados, devido a questões de área de cobertura disponível.

Anexo R Instalação Fotovoltaica: Perfis de consumo elétrico do edifício

Este anexo é relacionado com a proposta de investimento referente à instalação de um sistema fotovoltaico e diz respeito ao perfil de consumo elétrico atual do edifício e aos dois outros possíveis perfis de consumo elétrico de modo a rentabilizar ao máximo a instalação deste sistema.

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO ATUAL

O perfil de consumo elétrico atual do edifício está representado na figura abaixo e representa o consumo da iluminação, bombas de água, ventilação, equipamentos, entre outros, de acordo com o seu consumo ao longo das 24h do dia.

É notório dois grandes consumos de energia elétrica à 1h e 3h da madrugada. Estes dois consumos representam duas utilizações da máquina de lavar roupa, um dos equipamentos maior consumidor de energia do edifício, e devem este horário a um preço mais reduzido do kWh de eletricidade à noite.

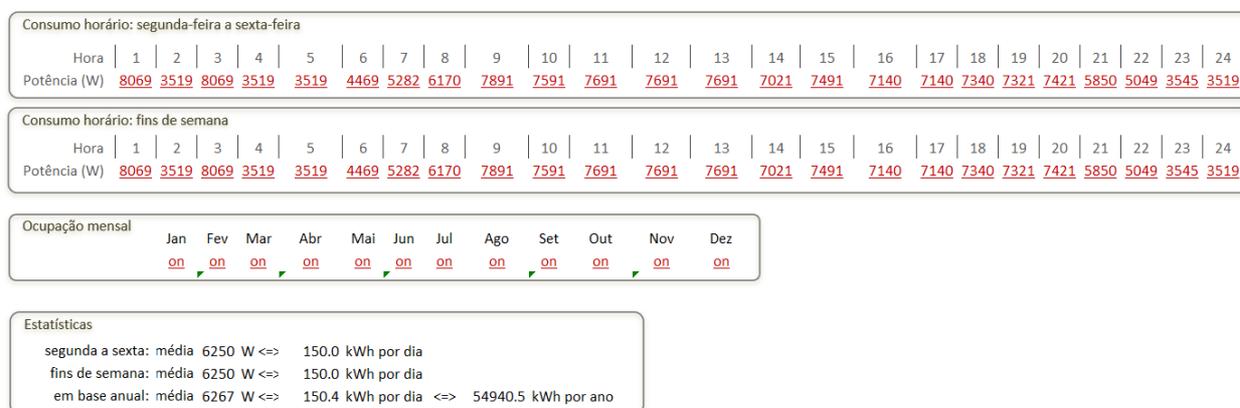


Figura 96 - Perfil de consumo elétrico atual do edifício

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO DIURNO

A figura seguinte representa o consumo elétrico do edifício à semelhança do consumo anterior, apenas com a diferença que os dois consumos noturnos da máquina de lavar roupa foram transferidos para as 12h e 14h de forma a aproveitar a energia proveniente da radiação solar.

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

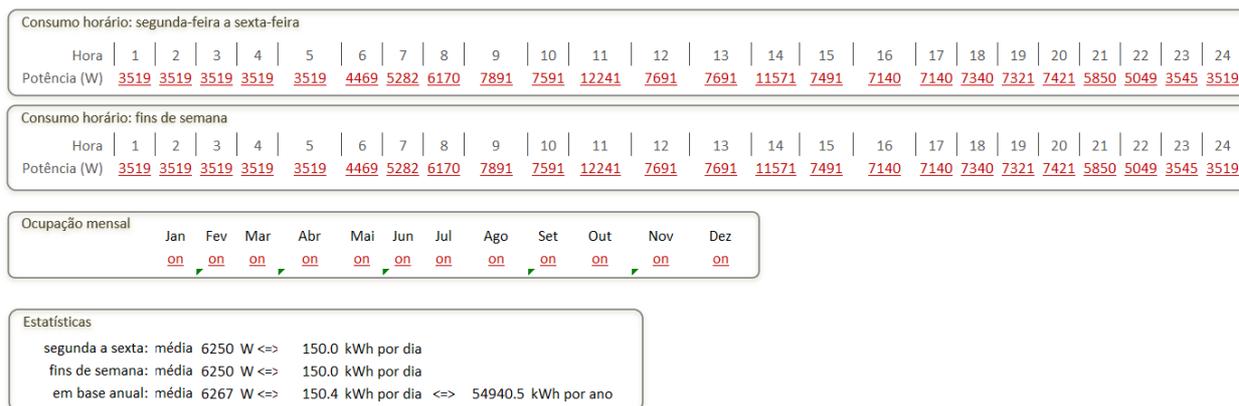


Figura 97 - Perfil de consumo elétrico do edifício maximizando o aproveitamento solar

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO DIURNO + MÁQUINA DE SECAR ROUPA ELÉTRICA

Aqui é apresentado o consumo do edifício caso ocorra investimento numa máquina de secar roupa industrial elétrica em substituição da existente a gás natural, maximizando assim o aproveitamento solar.

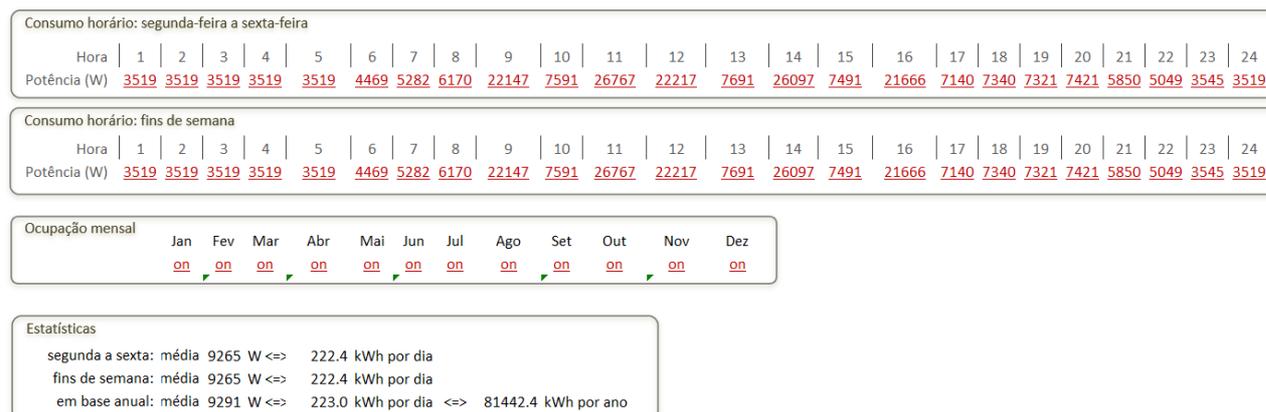


Figura 98 - Perfil de consumo elétrico do edifício maximizando o aproveitamento solar e investindo numa máquina de secar roupa industrial elétrica

Anexo S Instalação fotovoltaica: Resultados SCE.ER

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO ATUAL (26 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS)

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																							
Sumário																							
Instalação em Mire de Tibães (Braga)																							
67.2 m ² de módulos JA SOLAR 550W montagem fixa com inclinação 30° e orientação 0°.				energia solar incidente: 117 449 kWh/ano				Índices de desempenho															
Potência: 14.2 kW (nominal)				produção fotovoltaica potencial (DC): 23 651 kWh/ano				produtividade técnica: 1489 kWh/kW instalado															
				perdas de sistema (DC): -636 kWh/ano				aproveitado: 1301 kWh/kW instalado															
				perdas e consumos parasíticos (AC): -803 kWh/ano				rendimento relativo: 88% (performance ratio)															
				produção (AC): 21 521 kWh/ano				i.e. 18% da energia incidente															
				autoconsumo (AC): 18 470 kWh/ano				necessidades cobertas: 34%															
Local e clima																							
NUTS III: Cávado			Município: Braga			Local: Mire de Tibães			elevação: Cávado m			albedo: 3%											
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	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
azimute:		S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W			
altura angular:		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																							
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 26 módulos JA SOLAR 550W (67.2 m ²) com inclinação 30° e orientação 0°. Potência nominal da instalação 14.2 kW; módulos organizados em 2 fileiras (strings). A tensão máxima é 84 V. Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0.6% 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: 0.04 kWh/ano para ventilação. Sem baterias. Sistema explorado em regime de autoconsumo.																							
Aproveitamento do recurso solar																							
radiação solar directa																							
											jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)											3.0	4.7	7.8	10.7	14.2	18.4	18.2	17.1	11.3	5.8	3.2	2.0	9.7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos											6.0	7.7	10.4	12.2	14.0	17.0	17.3	18.2	14.2	8.7	6.0	4.2	11.3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos											5.9	7.6	10.2	11.9	13.7	16.7	17.0	17.8	13.9	8.6	5.9	4.1	11.1 kWh/m ² .dia
radiação solar global																							
											jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera											14.4	19.8	27.2	34.5	39.6	41.8	40.6	36.2	29.7	22.2	15.8	12.8	27.9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)											6.2	9.4	14.5	19.1	22.9	26.6	26.1	23.6	17.7	11.2	6.9	5.0	15.8 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos											9.7	13.0	17.7	20.9	22.8	25.3	25.4	25.1	21.3	14.8	10.2	7.6	17.8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos											9.4	12.6	17.1	20.2	22.0	24.5	24.6	24.3	20.6	14.3	9.9	7.4	17.2 kWh/m ² .dia
Desempenho energético																							
temperatura																							
											jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)											10	11	12	14	16	20	23	22	21	17	13	11	16 °C
nos módulos (média diurna)											30	30	34	33	36	41	45	50	49	41	38	31	38 °C
energia																							
											jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente											5 437	6 576	9 877	11 302	12 701	13 692	14 199	14 036	11 538	8 279	5 533	4 278	117 449 kWh
produção fotovoltaica (DC)											1 125	1 365	2 031	2 312	2 567	2 812	2 792	2 751	2 287	1 683	1 137	881	23 651 kWh
perdas do sistema (DC)											-30	-37	-55	-62	-69	-76	-75	-74	-61	-45	-31	-24	-636 kWh
consumos parasíticos (AC)											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1 kWh
outras perdas (AC)											-38	-46	-69	-78	-87	-95	-95	-93	-78	-57	-39	-30	-802 kWh
produção disponível (AC)											1 024	1 242	1 848	2 104	2 336	2 559	2 541	2 504	2 081	1 532	1 034	802	21 521 kWh
necessidades do edifício (AC)											4 650	4 200	4 650	4 500	4 650	4 650	4 650	4 650	4 500	4 650	4 500	4 650	54 753 kWh
autoconsumo (AC)											966	1 142	1 598	1 799	1 966	2 022	2 074	1 988	1 749	1 411	980	776	18 470 kWh
acumulada entregue à rede, passível de remuneração (AC)											58	158	408	712	1 082	1 536	2 002	2 517	2 849	2 970	3 025	3 051	3 051 kWh
Avaliação do desempenho																							
rendimento global: 18% da energia incidente								produtividade técnica 1489 kWh/kW instalado															
rendimento relativo: 88% (performance ratio)								i.e. 316 kWh/m ² instalado															
								exploração real 1301 kWh/kW instalado															
								i.e. 275 kWh/m ² instalado															
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																							
Potência do sistema: 14.2 kW – deve ser menor que a potência contratada																							
21 521 kWh < 54 753 kWh [produção anual < consumo anual]																							
Passível de remuneração: 3 051 kWh																							

Figura 99 - Relatório de simulação SCE.ER do sistema solar fotovoltaico para perfil de consumo elétrico atual

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO DIURNO (30 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS)

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																				
Sumário																				
Instalação em Mire de Tibães (Braga)																				
77.5 m ² de módulos JA SOLAR 550W montagem fixa com inclinação 30° e orientação 0°.				energia solar incidente: 135 518 kWh/ano produção fotovoltaica potencial (DC): 27 290 kWh/ano perdas de sistema (DC): -733 kWh/ano perdas e consumos parasíticos (AC): -926 kWh/ano produção (AC): 24 833 kWh/ano autoconsumo (AC): 21 264 kWh/ano				Índices de desempenho produtividade técnica: 1507 kWh/kW instalado aproveitado: 1297 kWh/kW instalado rendimento relativo: 88% (<i>performance ratio</i>) i.e. 18% da energia incidente necessidades cobertas: 39%												
Local e clima																				
NUTS III: Cávado		Município: Braga				Local: Mire de Tibães				elevação: Cávado m		albedo: 3%								
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	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:		S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																				
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 30 módulos JA SOLAR 550W (77.5 m ²) com inclinação 30° e orientação 0°. Potência nominal da instalação 16.4 kW; módulos organizados em 2 fileiras (strings). A tensão máxima é 84 V. Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0.6% 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																				
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual							
horizontal (à superfície)	3.0	4.7	7.8	10.7	14.2	18.4	18.2	17.1	11.3	5.8	3.2	2.0	9.7 kWh/m ² .dia							
incidente nos módulos	6.0	7.7	10.4	12.2	14.0	17.0	17.3	18.2	14.2	8.7	6.0	4.2	11.3 kWh/m ² .dia							
absorvida pelos módulos	5.9	7.6	10.2	11.9	13.7	16.7	17.0	17.8	13.9	8.6	5.9	4.1	11.1 kWh/m ² .dia							
radiação solar global																				
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual							
no topo da atmosfera	14.4	19.8	27.2	34.5	39.6	41.8	40.6	36.2	29.7	22.2	15.8	12.8	27.9 kWh/m ² .dia							
na horizontal (à superfície)	6.2	9.4	14.5	19.1	22.9	26.6	26.1	23.6	17.7	11.2	6.9	5.0	15.8 kWh/m ² .dia							
incidente nos módulos	9.7	13.0	17.7	20.9	22.8	25.3	25.4	25.1	21.3	14.8	10.2	7.6	17.8 kWh/m ² .dia							
absorvida pelos módulos	9.4	12.6	17.1	20.2	22.0	24.5	24.6	24.3	20.6	14.3	9.9	7.4	17.2 kWh/m ² .dia							
Desempenho energético																				
temperatura																				
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual							
ambiente (média diária)	10	11	12	14	16	20	23	22	21	17	13	11	16 °C							
nos módulos (média diurna)	30	30	34	33	36	41	45	50	49	41	38	31	38 °C							
energia																				
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual							
radiação solar incidente	6 274	7 588	11 396	13 041	14 655	15 799	16 384	16 196	13 313	9 553	6 384	4 936	135 518 kWh							
produção fotovoltaica (DC)	1 298	1 575	2 343	2 667	2 962	3 244	3 222	3 175	2 639	1 942	1 312	1 017	27 290 kWh							
perdas do sistema (DC)	-35	-42	-63	-72	-80	-87	-87	-85	-71	-52	-35	-27	-733 kWh							
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1 kWh							
outras perdas (AC)	-44	-53	-79	-90	-100	-110	-109	-108	-89	-66	-44	-34	-925 kWh							
produção disponível (AC)	1 181	1 433	2 132	2 427	2 695	2 952	2 931	2 889	2 401	1 767	1 193	925	24 833 kWh							
necessidades do edifício (AC)	4 637	4 189	4 637	4 488	4 637	4 637	4 637	4 637	4 488	4 637	4 488	4 637	54 602 kWh							
autoconsumo (AC)	1 102	1 310	1 852	2 072	2 255	2 334	2 380	2 296	2 033	1 613	1 124	892	21 264 kWh							
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	79	202	482	838	1 277	1 800	2 352	2 945	3 313	3 467	3 536	3 569	3 569 kWh							
Avaliação do desempenho																				
rendimento global: 18% da energia incidente				produtividade técnica: 1507 kWh/kW instalado																
rendimento relativo: 88% (<i>performance ratio</i>)				i.e. 320 kWh/m ² instalado																
				exploração real: 1297 kWh/kW instalado																
				i.e. 274 kWh/m ² instalado																
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																				
Potência do sistema: 16.4 kW – deve ser menor que a potência contratada																				
24 833 kWh < 54 602 kWh [produção anual < consumo anual]																				
Passível de remuneração: 3 569 kWh																				

Figura 100 - Relatório de simulação SCE.ER do sistema solar fotovoltaico para perfil de consumo elétrico diurno

PERFIL DE CONSUMO ELÉTRICO DIURNO + MÁQUINA DE SECAR ROUPA ELÉTRICA (30 PAINÉIS PV)

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																			
Sumário																			
Instalação em Mire de Tibães (Braga)																			
82.7 m ² de módulos JA SOLAR 550W	energia solar incidente:	144 552 kWh/ano	Índices de desempenho																
montagem fixa	produção fotovoltaica potencial (DC):	29 109 kWh/ano	produtividade técnica:	1507 kWh/kW instalado															
com inclinação 30° e orientação 0°.	perdas de sistema (DC):	-782 kWh/ano	aproveitado:	1254 kWh/kW instalado															
Potência: 17.5 kW (nominal)	perdas e consumos parasíticos (AC):	-988 kWh/ano	rendimento relativo:	88% (performance ratio)															
	produção (AC):	26 488 kWh/ano	i.e.	18% da energia incidente															
	autoconsumo (AC):	21 938 kWh/ano	necessidades cobertas:	40%															
Local e clima																			
NUTS III: Cávado	Município: Braga	Local: Mire de Tibães	elevação: Cávado m	albedo: 3%															
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	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																			
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 32 módulos JA SOLAR 550W (82.7 m ²) com inclinação 30° e orientação 0°.																			
Potência nominal da instalação 17.5 kW; módulos organizados em 2 fileiras (strings). A tensão máxima é 84 V.																			
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0.6% 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	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
horizontal (à superfície)	3.0	4.7	7.8	10.7	14.2	18.4	18.2	17.1	11.3	5.8	3.2	2.0	9.7	kWh/m ² .dia					
incidente nos módulos	6.0	7.7	10.4	12.2	14.0	17.0	17.3	18.2	14.2	8.7	6.0	4.2	11.3	kWh/m ² .dia					
absorvida pelos módulos	5.9	7.6	10.2	11.9	13.7	16.7	17.0	17.8	13.9	8.6	5.9	4.1	11.1	kWh/m ² .dia					
radiação solar global	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
no topo da atmosfera	14.4	19.8	27.2	34.5	39.6	41.8	40.6	36.2	29.7	22.2	15.8	12.8	27.9	kWh/m ² .dia					
na horizontal (à superfície)	6.2	9.4	14.5	19.1	22.9	26.6	26.1	23.6	17.7	11.2	6.9	5.0	15.8	kWh/m ² .dia					
incidente nos módulos	9.7	13.0	17.7	20.9	22.8	25.3	25.4	25.1	21.3	14.8	10.2	7.6	17.8	kWh/m ² .dia					
absorvida pelos módulos	9.4	12.6	17.1	20.2	22.0	24.5	24.6	24.3	20.6	14.3	9.9	7.4	17.2	kWh/m ² .dia					
Desempenho energético																			
temperatura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
ambiente (média diária)	10	11	12	14	16	20	23	22	21	17	13	11	16	°C					
nos módulos (média diurna)	30	30	34	33	36	41	45	50	49	41	38	31	38	°C					
energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
radiação solar incidente	6 692	8 094	12 156	13 910	15 632	16 852	17 476	17 275	14 200	10 190	6 810	5 265	144 552	kWh					
produção fotovoltaica (DC)	1 385	1 680	2 499	2 845	3 159	3 461	3 436	3 386	2 815	2 072	1 399	1 084	29 109	kWh					
perdas do sistema (DC)	-37	-45	-67	-76	-85	-93	-92	-91	-76	-56	-38	-29	-782	kWh					
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	kWh					
outras perdas (AC)	-47	-57	-85	-96	-107	-117	-117	-115	-95	-70	-47	-37	-987	kWh					
produção disponível (AC)	1 260	1 528	2 274	2 589	2 875	3 149	3 127	3 082	2 561	1 885	1 273	987	26 488	kWh					
necessidades do edifício (AC)	4 637	4 189	4 637	4 488	4 637	4 637	4 637	4 488	4 637	4 488	4 637	4 488	54 602	kWh					
autoconsumo (AC)	1 154	1 368	1 917	2 135	2 316	2 384	2 435	2 339	2 087	1 681	1 180	941	21 938	kWh					
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	106	267	624	1 079	1 638	2 301	2 993	3 735	4 209	4 413	4 505	4 550	4 550	kWh					
Avaliação do desempenho																			
rendimento global:	18%	da energia incidente		produtividade técnica:	1507 kWh/kW instalado														
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	320 kWh/m ² instalado														
				exploração real:	1254 kWh/kW instalado														
				i.e.	265 kWh/m ² instalado														
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																			
Potência do sistema:	17.5 kW	- deve ser menor que a potência contratada																	
26 488 kWh <	54 602 kWh	[produção anual < consumo anual]																	
Passível de remuneração:	4 550 kWh																		

Figura 101 - Relatório de simulação SCE.ER do sistema solar fotovoltaico para perfil de consumo elétrico diurno + nova máquina de secar roupa elétrica

Anexo T Iluminação LED: Caracterização

A Tabela 58 caracteriza toda a perspetiva futura de iluminação no edifício após a proposta de melhoria de instalação de iluminação LED. Ou seja, são indicados o número de lâmpadas e a potência, a marca e género de lâmpada, a iluminância média calculada de acordo com norma EN12464-1, a densidade de potência prevista e de referência conforme a Tabela 25 da portaria n.º 138-I/2021, o índice de desconforto e encandeamento (UGR), a uniformidade mínima de iluminação a respeitar (U_0) e a reprodução mínima exigida das cores.

Tabela 58 - Caracterização dos sistemas de iluminação adotados na medida de melhoria nº3

Espaços	Nº de lâmpadas	Género	Potência [W]	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]	UGR	U_0	R_a
-1.01 Reservatórios	2	Tubular Philips	14.7	201	0.92	2.10	19	0.75	80
-1.02 Garagem	2	Tubular Philips	14.7	116	1.39	2.10	25	0.51	80
-1.04 Despensa de produtos alimentares	2	Tubular Philips	8	111	1.28	2.10	19	0.51	80
-1.05 Elevador monta-cargas	2	Downlight Ledvance	14	259	1.65	2.30	-	0.91	80
-1.06 Zona de descanso	2	Downlight Elecman	24	255	2.16	2.30	-	0.85	80
-1.07 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	212	1.68	2.30	-	0.81	80
-1.10 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	212	1.72	2.30	-	0.82	80
-1.11 Zona de descanso	2	Downlight Elecman	24	221	1.83	2.30	-	0.82	80
-1.12 Caixa de escadas principal	1	LED E27 Philips	13	102	1.37	2.30	20	0.65	80
-1.13 Elevador monta-camas	2	Downlight Elecman	18	202	1.82	2.30	-	0.89	80
-1.14 Despensa (frio)	2	Tubular Philips	12	115	1.19	2.10	-	0.66	80

Espaços	Nº de lâmpadas	Género	Potência [W]	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]	UGR	U ₀	R _a
-1.15 Arrumos materiais de limpeza	2	Tubular Philips	8	120	1.64	2.10	-	0.88	80
-1.16 Arrecadação geral	2	Tubular Philips	12	126	1.10	2.10	20	0.76	80
-1.17 Lavandaria	2	Tubular Philips	14.7	236	0.86	2.10	21	0.57	80
-1.18 Sala de pessoal	2	Downlight Elecman	18	222	1.62	2.30	19	0.77	80
-1.19 Corredor	2	Downlight Elecman	18	117	1.69	2.30	21	0.52	80
-1.20 Caixa de escadas de emergência	1	LED E27 Philips	13	100	1.35	2.30	24	0.49	80
0.01 Sala de reuniões	2	Downlight Philips	21	554	1.25	1.50	19	0.75	80
0.02 Gabinete de direção	2	Downlight Elecman	24	540	1.19	1.50	17	0.71	80
0.03 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	216	1.71	2.30	-	0.84	80
0.04 Quarto de repouso	2	Downlight Elecman	18	113	1.71	2.30	-	0.78	80
0.05 Quarto de repouso	2	Downlight Elecman	18	110	1.68	2.30	-	0.76	80
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	2	Downlight Elecman	18	252	1.68	2.10	18	0.86	80
0.07 Quarto de banho assistido	2	Downlight Elecman	18	257	1.46	2.30	18	0.80	80
0.08 Fisioterapia	2	Downlight Elecman	24	361	1.80	2.30	17	0.83	80
0.09 Sanitário de apoio	2	Downlight Ledvance	14	229	1.58	2.30	-	0.88	80
0.10 Sala de espera	2	Downlight Elecman	24	105	1.64	2.30	19	0.43	80
0.11 Secretaria	2	Downlight Elecman	24	386	1.71	2.30	15	0.76	80
0.12 Corredor	2	Downlight Elecman	18	253	1.59	2.30	20	0.63	80
0.13 Elevador monta-cargas	2	Downlight Elecman	24	244	1.65	2.30	-	0.81	80

Espaços	Nº de lâmpadas	Género	Potência [W]	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]	UGR	U ₀	R _a
0.14 Depósito do lixo	2	Tubular Philips	14.7	254	1.57	2.10	-	0.87	80
0.15 Despensa de dia	2	Tubular Philips	14.7	245	1.50	2.10	-	0.89	80
0.16 Arrumos de vasilhame	2	Tubular Philips	12	242	1.82	2.10	-	0.91	80
0.17 Acesso de despensas	2	Tubular Philips	8	124	1.75	2.30	19	0.89	80
0.18 Casa das máquinas	2	Tubular Philips	21.7	251	0.98	2.10	-	0.82	80
0.19 Cozinha	2	Tubular Philips	21.7	522	0.82	2.10	21	0.79	80
0.20 Refeitório	2	Downlight Elecman	18	201	1.52	2.30	20	0.62	80
0.23 Sala de estar P0	2	Downlight Elecman	18	128	1.50	2.30	20	0.59	80
0.24 Sala de atividades	2	Downlight Elecman	18	121	1.35	2.30	20	0.44	80
0.25 Atelier	2	Downlight Elecman	18	246	1.65	2.10	19	0.69	80
0.27 Enfermaria	2	Downlight Elecman	24	513	1.81	2.30	17	0.71	80
0.28 Instalação sanitária	2	Downlight Ledvance	14	250	1.87	2.30	-	0.92	80
0.29 Lavatórios	2	Downlight Ledvance	14	256	2.06	2.30	-	0.92	80
0.30 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	229	1.80	2.30	-	0.83	80
0.31 Instalação sanitária	2	Downlight Ledvance	14	249	1.87	2.30	-	0.93	80
0.32 Instalação sanitária	2	Downlight Ledvance	14	250	1.87	2.30	-	0.92	80
0.33 Lavatórios	2	Downlight Ledvance	14	220	1.63	2.30	-	0.91	80
0.34 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	245	1.85	2.30	-	0.87	80
0.42 Elevador monta-camas	2	Downlight Elecman	18	230	1.62	2.30	-	0.89	80

Espaços	Nº de lâmpadas	Género	Potência [W]	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]	UGR	U ₀	R _a
0.43 Caixa de escadas principal	1	LED E27 Philips	13	103	1.39	2.30	20	0.60	80
1.01 Elevador monta-cargas	2	Downlight Ledvance	14	251	2.16	2.30	-	0.93	80
1.02 Quarto individual	2	Downlight Elecman	18	129	1.59	2.30	18	0.78	80
1.03 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	231	1.78	2.30	-	0.84	80
1.04 Sala de estar/convívio P1	2	Downlight Elecman	18	253	1.41	2.30	21	0.60	80
1.05 Copa	2	Downlight Elecman	24	217	1.39	2.10	-	0.77	80
1.06 Caixa de escadas principal	1	LED E27 Philips	13	100	1.42	2.30	20	0.68	80
1.07 Elevador monta-camas	2	Downlight Elecman	24	259	1.87	2.30	-	0.91	80
1.09 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	231	1.58	2.30	-	0.83	80
1.11 Quarto individual	2	Downlight Elecman	18	101	1.53	2.30	-	0.62	80
1.12 Quarto individual	2	Downlight Elecman	18	101	1.47	2.30	-	0.62	80
1.13 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	236	1.90	2.30	-	0.84	80
1.14 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	227	1.74	2.30	-	0.88	80
1.15 Quarto individual	2	Downlight Elecman	24	121	1.55	2.30	18	0.49	80
1.16 Caixa de escadas de emergência	1	LED E27 Philips	13	101	1.52	2.30	23	0.51	80
1.17 Corredor	2	Downlight Elecman	18	128	1.73	2.30	20	0.63	80
1.18 Rouparia suja	2	Tubular Philips	8	130	2.06	2.10	-	0.92	80
1.19 Rouparia limpa	2	Tubular Philips	8	116	1.15	2.10	-	0.76	80
1.21 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	18	233	1.84	2.30	-	0.85	80

Espaços	Nº de lâmpadas	Género	Potência [W]	Iluminância média mantida [lx]	DPI previsto [(W/m ²) / 100lx]	DPI referência [(W/m ²) / 100lx]	UGR	U ₀	R _a
1.22 Quarto duplo	5	Downlight Elecman	18	129	1.64	2.30	20	0.57	80
1.23 Quarto duplo	5	Downlight Elecman	18	129	1.67	2.30	20	0.52	80
1.24 Quarto duplo	5	Downlight Elecman	18	130	1.66	2.30	20	0.54	80
1.25 Quarto duplo	5	Downlight Elecman	18	129	1.67	2.30	20	0.55	80
1.26 Quarto duplo	5	Downlight Elecman	18	129	1.67	2.30	20	0.52	80
1.27 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	18	232	1.85	2.30	-	0.85	80
1.28 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	18	232	1.85	2.30	-	0.86	80
1.30 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	18	232	1.85	2.30	-	0.85	80
1.31 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	18	232	1.85	2.30	-	0.84	80
1.33 Quarto individual 1.5	4	Downlight Elecman	18	123	1.69	2.30	19	0.61	80
1.35 Instalação sanitária	2	Downlight Elecman	24	213	1.80	2.30	-	0.76	80

Anexo U UTAN's: Caudais mínimos de ar novo

Conforme o previsto, para edifícios de habitação e edifícios de comércio e serviços a regulamentação existente para a avaliação do desempenho energético dos edifícios, Decreto-Lei n.º 101-D/2020, garante requisitos mínimos de cumprimento de insuflação de ar novo, quando aplicável.

Para edifícios de comércio e serviços o caudal de ar novo deve ser igual ou superior ao caudal de ar novo mínimo, determinado em função dos critérios de ocupação e do edifício, de acordo com a condição da equação 12, que indica que o caudal mínimo de ar novo deve ser igual ao maior caudal calculado entre o critério de ocupação e o critério do edifício.

$$Q_{AN_{min}} = \text{Máximo}(Q_{AN} \text{ critério ocupação}; Q_{AN} \text{ critério edifício}) \quad (10)$$

- Q_{AN} – Caudal de ar novo [m³/h]
- $Q_{AN_{min}}$ – Requisito de caudal de ar novo mínimo [m³/h]

A Tabela 59 descreve os parâmetros usados no cálculo do caudal mínimo de ar novo para o critério de ocupação (método prescritivo) e para o critério do edifício, segundo o manual SCE [38].

Tabela 59 - Indicação dos parâmetros e cálculo dos caudais mínimos de ar novo segundo o critério de ocupação e critério do edifício

Nº - Zona	Área [m ²]	Ocupação prevista	Tipo de atividade	$Q_{AN, M_{met}}$	Q_{AN} – Critério ocupação [m ³ /h]	Eficácia de ventilação ϵ_V	Q_{AN} – Critério ocupação (corrigido) [m ³ /h]	Caudal de ar novo - função da carga poluente	Q_{AN} – Critério edifício [m ³ /h]	Q_{AN} – Critério edifício (corrigido) [m ³ /h]
0.01 Sala de reuniões	12.21	1	Sedentária	24	24	0.8	30	3	36.6	45.8
0.02 Gabinete de direção	10.07	1	Sedentária	24	24	0.8	30	3	30.2	37.8

Centro Social e Paroquial de Mire de Tibães: propostas de melhoria energética, térmica e da QAI

Nº - Zona	Área [m ²]	Ocupação prevista	Tipo de atividade	$Q_{AN, M_{met}}$	Q_{AN} – Critério ocupação [m ³ /h]	Eficácia de ventilação ϵ_V	Q_{AN} – Critério ocupação (corrigido) [m ³ /h]	Caudal de ar novo - função da carga poluente	Q_{AN} – Critério edifício [m ³ /h]	Q_{AN} – Critério edifício (corrigido) [m ³ /h]
0.04 Quarto de repouso	12.17	1	Sono	16	16	0.8	20	3		
0.05 Quarto de repouso	12.80	1	Sono	16	16	0.8	20	3		
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	8.66	2	Moderada	35	70	0.8	88	5	43.3	54.1
0.08 Fisioterapia	15.31	2	Sedentária	24	48	0.8	60	2	30.6	38.3
0.10 Sala de espera	14.77	2	Descanso	20	40	0.8	50	3	44.3	55.4
0.11 Secretaria	10.89	1	Sedentária	24	24	0.8	30	3	32.7	40.8
0.20 Refeitório	66.34	24	Sedentária	24	576	0.8	720	3	199.0	248.8
0.23 Sala de estar P0	39.02	15	Descanso	20	300	0.8	375	3	117.1	146.3
0.24 Sala de atividades	34.11	15	Descanso	20	300	0.8	375	3	102.3	127.9
0.25 Atelier	17.81	5	Moderada	35	175	0.8	219	5	89.1	111.3
0.27 Enfermaria	18.32	2	Sedentária	24	48	0.8	60	3	55.0	68.7
1.02 Quarto individual	17.40	1	Sono	16	16	0.8	20	3		
1.04 Sala de estar/convívio P1	45.89	5	Sedentária	24	120	0.8	150	3	137.7	172.1
1.11 Quarto individual 1.2	15.31	1	Sono	16	16	0.8	20	3		
1.12 Quarto individual 1.3	16.03	1	Sono	16	16	0.8	20	3		
1.15 Quarto individual 1.1	13.00	1	Sono	16	16	0.8	20	3		
1.22 Quarto duplo 1.1	26.12	2	Sono	16	32	0.8	40	3		

Nº - Zona	Área [m ²]	Ocupação prevista	Tipo de atividade	$Q_{AN, M_{met}}$	Q_{AN} – Critério ocupação [m ³ /h]	Eficácia de ventilação ϵ_V	Q_{AN} – Critério ocupação (corrigido) [m ³ /h]	Caudal de ar novo - função da carga poluente	Q_{AN} – Critério edifício [m ³ /h]	Q_{AN} – Critério edifício (corrigido) [m ³ /h]
1.23 Quarto duplo 1.2	25.25	2	Sono	16	32	0.8	40	3		
1.24 Quarto duplo 1.3	25.25	2	Sono	16	32	0.8	40	3		
1.25 Quarto duplo 1.4	25.25	2	Sono	16	32	0.8	40	3		
1.26 Quarto duplo 1.5	25.25	2	Sono	16	32	0.8	40	3		
1.33 Quarto individual 1.5	26.20	1	Sono	16	16	0.8	20	3		

É importante salientar que de acordo com a portaria 138-I/2021 os seguintes espaços encontram-se isentos do cumprimento dos requisitos de caudal mínimo de ar novo e por isso não se encontram apresentados na Tabela 59 e na Tabela 60:

- Corredores, balneários, instalações sanitárias, arrumos, armazéns, cozinhas, copas ou similares;
- Espaços técnicos e locais sujeitos a requisitos de higiene e segurança no local de trabalho, relativos à renovação do ar interior, no âmbito da respetiva atividade, com fontes poluentes específicas e nos quais são manuseados produtos químicos ou biológicos.

A Tabela 60 indica o caudal mínimo de ar novo final segundo a condição referida na equação 12.

Tabela 60 - Caudais mínimos obrigatórios de ar novo

Nº - Zona	Área [m ²]	Ventilação	Caudal Ar Novo existente [m ³ /h]	Caudal Ar Novo c/MM4 (mínimo obrigatório) [m ³ /h]
0.01 Sala de reuniões	12.21	VI2	20	45.79
0.02 Gabinete de direção	10.07	VI2	20	37.76
0.04 Quarto de repouso	12.17	VI2	15	20.00
0.05 Quarto de repouso	12.80	VI2	15	20.00
0.06 Pedicure/Cabeleireiro	8.66	VI2	15	87.50
0.08 Fisioterapia	15.31	VI2 e VE1	15	60.00
0.10 Sala de espera	14.77	VI2	60	55.39
0.11 Secretaria	10.89	VI2	25	40.84
0.20 Refeitório	66.34	VI1 e VE3	640	720.00
0.23 Sala de estar P0	39.02	VI1 e VE3	160	192.00
0.24 Sala de atividades	34.11	VI1 e VE3	160	196.00
0.25 Atelier	17.81	VI1 e VE3	240	218.75
0.27 Enfermaria	18.32	VI1 e VE3	40	68.70
1.02 Quarto individual	17.40	VI3	50	5.56
1.04 Sala de estar/convívio P1	45.89	VE5 e VI3	90	47.80
1.11 Quarto individual 1.2	15.31	VI3	50	5.56
1.12 Quarto individual 1.3	16.03	VI3	50	5.56

Nº - Zona	Área [m²]	Ventilação	Caudal Ar Novo existente [m³/h]	Caudal Ar Novo c/MM4 (mínimo obrigatório) [m³/h]
1.15 Quarto individual 1.1	13.00	VI3	50	5.56
1.22 Quarto duplo 1.1	26.12	VI3	0	8.89
1.23 Quarto duplo 1.2	25.25	VI3	0	8.89
1.24 Quarto duplo 1.3	25.25	VI3	50	11.11
1.25 Quarto duplo 1.4	25.25	VI3	50	11.11
1.26 Quarto duplo 1.5	25.25	VI3	50	11.11
1.33 Quarto individual 1.5	26.20	VI3	50	5.56

Anexo V Comparação de combustíveis

Tabela 61 - Comparação entre preços de combustíveis e eficiências de equipamentos para substituição da caldeira a gás natural

Entrada de dados		Combustível utilizado na caldeira							Equipamentos elétricos	
		Butano garrafa	Propano canalizado	Propano garrafa	Gás natural	Gasóleo de aquecimento	Pellet	Lenha	Resistência	Bomba de calor
Saída de dados		(T3 - 13kg)		(T5 - 45kg)				Carvalho		
- Necessidades anuais médias	[kWh/ano]	93516.7								
- Peso específico	[kg/m³]	2.623	2.01	2.01	0.84	900	650	740	-	-
- Poder calorífico inferior	[MJ/kg]	45.85	46.47	46.47	45.11	42.9	18	21.77	-	-
	[MJ/m³]	120.26	93.40	93.40	37.89	38610.00	11700.00	-	-	-
- Custo do combustível	[€/kg]	1.829 €/kg	2.440 €/kg	1.919 €/kg	1.618 €/kg	1.533 €/kg	0.292 €/kg	0.140 €/kg	-	-
	[€/m³]	4.80 €/m³	4.90 €/m³	3.86 €/m³	1.36 €/m³	1379.67 €/m³	-	-	-	-
	[€/l]	0.00480 €/l	0.00490 €/l	0.00386 €/l	0.00136 €/l	1.380 €/l	-	-	-	-
	[€/kWh]	0.1436 €/kWh	0.1890 €/kWh	0.1486 €/kWh	0.1291 €/kWh	0.1286 €/kWh	0.0584 €/kWh	0.0232 €/kWh	0.257 €/kWh	0.257 €/kWh
- Rendimento da conversão energética	[%]	89 %	89 %	89 %	92 %	85 %	90 %	80 %	100 %	2.93 (COP)
- Consumo anual	[kg/ano]	8250.16 kg/ano	8140.09 kg/ano	8140.09 kg/ano	8112.06 kg/ano	9232.42 kg/ano	20781.49 kg/ano	19330.51 kg/ano	-	-
	[m³/ano]	3145.31 m³/ano	4049.79 m³/ano	4049.79 m³/ano	9657.21 m³/ano	10.26 m³/ano	-	-	-	-
	[l/ano]	3 145 314 l/ano	4 049 794 l/ano	4 049 794 l/ano	9 657 211 l/ano	10 258 l/ano	-	-	-	-
- Consumo por kWh	[kWh/ano]	105075 kWh/ano	105075 kWh/ano	105075 kWh/ano	101649 kWh/ano	110020 kWh/ano	103907 kWh/ano	116896 kWh/ano	93517 kWh/ano	31917 kWh/ano
	[kg/kWh]	0.08822 kg/kWh	0.08704 kg/ano	0.08704 kg/ano	0.08674 kg/ano	0.09872 kg/ano	0.22222 kg/ano	0.20671 kg/ano	-	-
	[m³/kWh]	0.03363 m³/kWh	0.04331 m³/kWh	0.04331 m³/kWh	0.10327 m³/kWh	0.00011 m³/kWh	-	-	-	-
	[l/kWh]	33.634 l/kWh	43.306 l/kWh	43.306 l/kWh	103.267 l/kWh	0.110 l/kWh	-	-	-	-
- Custo do kWh útil	[€/kWh]	0.1614 €	0.2124 €	0.1670 €	0.1403 €	0.1513 €	0.0649 €	0.0289 €	0.2571 €	0.0878 €
- Custo anual	[€/ano]	15 091.75 €	19 861.81 €	15 618.38 €	13 123.85 €	14 153.04 €	6 065.49 €	2 706.27 €	24 045.01 €	8 206.49 €

Para a escolha de um sistema que substituísse a caldeira a gás natural, responsável pelo aquecimento de zonas úteis e AQS, foi construída a Tabela 61 de modo que se fizesse uma comparação entre os diferentes tipos de escolha de climatização para um caso de estudo do género.

A tabela contém as necessidades anuais do edifício, características e custo do combustível e a eficiência do equipamento que, posteriormente, se traduzem em consumos anuais de energia e custos anuais com o equipamento utilizado.

Posto isto, conclui-se que de todos o que apresenta uma vantagem superior em termos económicos é a caldeira a lenha, seguida da caldeira a pellets e logo depois a bomba de calor. Foi, no entanto, escolhida a bomba de calor, de acordo com o n.º 5 da proposta de investimentos, devido ao seu reduzido custo anual comparativamente com os outros equipamentos que recorrem a combustíveis fósseis e devido à sua acessibilidade quando comparada com a caldeira a lenha, pois um equipamento do género apresenta grandes dimensões e necessita de atenção regular, no que diz respeito à introdução de combustível na caldeira, por outras palavras é necessário alguém responsável para colocar lenha na caldeira, algumas vezes ao dia.

Anexo W Sistema solar térmico: Resultados SCE.ER

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												1/2		
Sumário														
Instalação em Mire de Tibães (Braga) 18 coletores KS 2000 TP » painel de 32.72 m ² (inclinação 35° e azimute -24°) » 2 depósitos 2000 l, modelo VS 2000 15L			Necessidades de energia: AQS Energia útil solicitada: 17 985 kWh - satisfeitas por origem solar 15 031 kWh - satisfeitas pelo apoio 2 954 kWh				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 40% produtividade: 459 kWh/m ² perdas: 39%							
Local e clima														
NUTS III: Cávado		Município: Braga		Local: Mire de Tibães				elevação: 44 m		albedo: 20%				
obstruções do horizonte														
azimute: E		-85° -80°		-75° -70°		-65° -60°		-55° -50°		NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S				
altura angular:														
azimute: S		5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40°		NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85°		W								
altura angular:														
Configuração do sistema solar														
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 32.7 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação -24°, e armazenamento de água sanitária com 4000 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.														
Circuito primário com 51 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 35 mm, isolamento em polietileno com 39 mm de espessura. Bombas de 90 W, garantindo um caudal nominal de 39 l/m ² por hora, fluido circulante com 20% de anticongelante.														
18 coletores KS 2000 TP - certificado 011-751831F de Solar Keymark, dados inseridos por (válido até). Área de abertura 1.82 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3.80 W/m ² K e a2 = 0.007 W/m ² K ² , rendimento óptico = 80%. 2 depósitos de modelo VS 2000 15L, com capacidade 2000 litros, em posição ; coeficiente de perdas térmicas global = 15.2 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 95°C. Apoio energético fornecido por sistema térmico5 (gás natural) com eficiência nominal 85%. Água quente distribuída por tubagens de calibre 35 mm isoladas por polietileno com espessura 19 mm, com 35 m entre depósito e pontos de consumo.														
Necessidades de água quente (em volume)														
segunda a sexta-feira														
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
hora (solar)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	8	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	litros
	9	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	litros
	10	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	litros
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	12	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	litros
	13	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	litros
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	19	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	litros
	20	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	litros
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
total »		1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	litros
fim-de-semana														
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
hora (solar)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	8	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	litros
	9	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	litros
	10	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	litros
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	12	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	litros
	13	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	litros
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	19	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	litros
	20	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	litros
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	litros
total »		1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	litros

Figura 102 - Resultados sistema solar térmico SCE.ER

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	1.3	2.2	3.0	4.0	5.1	5.1	4.8	3.1	1.6	0.9	0.6	2.7 kWh/m ² .dia
	incidente nos colectores	1.7	2.1	2.9	3.3	3.8	4.6	4.7	4.9	3.9	2.4	1.7	1.2	3.1 kWh/m ² .dia
	absorvida pelos colectores	1.6	2.0	2.7	3.0	3.3	3.8	3.9	4.5	3.7	2.3	1.6	1.1	2.8 kWh/m ² .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	7.5	9.6	11.0	11.6	11.3	10.1	8.2	6.2	4.4	3.6	7.7 kWh/m ² .dia
	na horizontal (à superfície)	1.7	2.6	4.0	5.3	6.4	7.4	7.3	6.5	4.9	3.1	1.9	1.4	4.4 kWh/m ² .dia
	incidente nos colectores	2.7	3.6	4.9	5.7	6.2	6.9	6.9	6.9	5.9	4.1	2.8	2.1	4.9 kWh/m ² .dia
	absorvida pelos colectores	2.3	3.1	4.2	4.7	5.0	5.4	5.5	5.8	5.0	3.5	2.4	1.8	4.1 kWh/m ² .dia
<i>Desempenho energético</i>														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	ambiente	10	11	12	14	16	20	23	22	21	17	13	11	16 °C
	abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	19	19	18	16	14	13	16 °C
	base do armazenamento	31	38	46	53	56	67	67	74	64	46	34	29	51 °C
	topo do armazenamento pretendida no consumo	44	48	53	59	62	74	73	80	70	52	45	44	59 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	energia primária (gás natural)	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450	1 450 litros/dia
	extraída do armazenamento	1 433	1 347	1 222	1 061	989	758	771	665	833	1 220	1 406	1 427	1 093 litros/dia
	nota: adicionada	17	103	228	389	461	692	679	785	617	230	44	23	357 litros/dia
balanços de energia	- sistema solar													
	nota: radiação solar na horizontal	1 738	2 398	4 082	5 215	6 445	7 251	7 356	6 643	4 827	3 155	1 889	1 419	52 418 kWh
	energia primária (radiação solar incidente)	2 734	3 289	4 928	5 619	6 309	6 776	7 033	6 957	5 750	4 130	2 777	2 154	58 457 kWh
	energia solar captada	1 344	1 534	2 249	2 531	2 615	2 562	2 863	2 952	2 510	1 967	1 350	1 011	25 487 kWh
	perdas térmicas no circuito primário	24	33	54	60	65	74	76	90	77	48	26	18	644 kWh
	perdas térmicas no armazenamento	387	470	671	799	894	1 117	1 134	1 298	1 043	666	419	355	9 254 kWh
	consumos eléctricos parasiticos	15	16	21	19	20	18	19	19	20	20	16	14	217 kWh
	energia final (calor de origem solar)	1 209	1 407	2 089	2 204	2 430	2 378	2 631	2 565	2 318	1 831	1 220	905	23 184 kWh
	- sistema de apoio													
	energia primária (eletricidade via SEP)	2 311	1 180	708	186	28	3			6	377	1 820	2 691	9 310 kWh
	energia final (calor)	924	472	283	75	11	1			2	151	728	1 076	3 724 kWh
	- circuito de distribuição													
	perdas térmicas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	59 kWh
	- fornecimento de água quente													
	necessidades (consumo de energia útil)	1 686	1 501	1 616	1 532	1 514	1 366	1 346	1 352	1 356	1 508	1 552	1 656	17 985 kWh
	energia de origem solar (útil)	955	1 124	1 423	1 481	1 507	1 366	1 346	1 352	1 355	1 393	972	756	15 031 kWh
	energia com origem no apoio (útil)	730	377	193	50	7	1			1	115	580	900	2 954 kWh
<i>Desempenho global do sistema</i>														
fracção solar	84% em termos de energia útil													
produtividade	459 kWh/m ² de colector													
i.e.	35% da produtividade limite dos colectores, 1300 kWh/m ²													
rendimento - definição física	40% em relação à energia solar no plano dos colectores													
rendimento - definição estatística	29% em relação à energia solar na horizontal													
perdas térmicas e consumos parasiticos	40% da energia solar captada													
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.														

Figura 103 - Resultados sistema solar térmico SCE.ER