



**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E
COMPUTADORES**

Elaboração de um projeto eletrotécnico e projetos complementares
para um edifício residencial energeticamente eficiente

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

FRANCISCO ANDREAZZA SOARES

FARO

2021



**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA**

**MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E
COMPUTADORES**

Elaboração de um projeto eletrotécnico e projetos complementares
para um edifício residencial energeticamente eficiente

ORIENTAÇÃO: PROF. DOUTOR
ANTÓNIO FERNANDO MARQUES
DE SOUSA E ENG. JOÃO MANUEL
MARTINS GOMES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

FRANCISCO ANDREAZZA SOARES

FARO

2021

Declaração de Autoria do Trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam na listagem de referências incluídas.

Francisco Andreazza Soares

Direitos de cópia ou Copyright

O autor, bem como a Universidade do Algarve, reservam para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito do Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar este trabalho, independente do meio utilizado. Assim como divulgar através de repositórios científicos e admitir a sua cópia e distribuição para fins educacionais ou de investigação e não comerciais, desde que seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe, minhas irmãs e (in memoriam) ao meu pai e meus avós.

Agradecimentos

Venho agradecer a todos colegas da universidade e do estágio, assim como as pessoas que de alguma forma participaram e contribuíram para que alcançasse esse objetivo.

Destaco a empresa Cláudio Estevens Lda., a qual em nome do Sr. Cláudio venho agradecer, entendo que ao proporcionar a oportunidade para o estágio demonstra confiança e contribuiu para o aprendizado.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor António Fernando Marques de Sousa e ao Eng. João Manuel Martins Gomes por acreditar e confiar em mim, pela disponibilidade, interesse e apoio na realização desse trabalho.

Agradeço à Universidade do Algarve por abrir as portas para mim deste belo país que é Portugal, o qual aprendi a ter carinho e respeito.

Resumo

Este relatório vem apresentar o trabalho desenvolvido durante o estágio curricular na empresa Cláudio Estevens Eletricidade Lda para conclusão do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve. A empresa tem como missão elaborar soluções na área de eletricidade, assistência e consultoria em projetos de eletricidade, infraestrutura de telecomunicações, sistemas de alarme e vídeo vigilância, e sistemas de segurança contra incêndio em edifícios públicos e privados.

No estágio foram realizadas diversas atividades, como elaborar orçamentos, dimensionamento de cargas elétricas, pedidos de ligação à rede elétrica e visita às obras. Para apresentação deste relatório foi utilizado como exemplo uma dessas obras, uma moradia unifamiliar com três pavimentos que permite a aplicação dos conceitos de projeto e a inclusão de recursos para eficiência energética.

Para elaborar os projetos do edifício foram utilizadas normas técnicas da legislação em Portugal, nomeadamente as Regras Técnicas de Instalações Elétricas em Baixa Tensão (RTIEBT), o manual de Infraestrutura de Telecomunicações em Edifícios (ITED) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). E dessa forma utilizar os conceitos e fundamentos das instalações em baixa tensão na prática da atividade do engenheiro eletrotécnico.

Palavras-chave: Eficiência energética, comportamento térmico de edifícios, projeto eletrotécnico, projeto de infraestrutura de telecomunicações, desempenho energético, nZEB.

Abstract

This report presents the work developed during the curricular internship at Cláudio Estevens Eletricidade Lda for completion of the master's degree in Electrotechnical and Computer Engineering at the Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve. The company's mission is to develop solutions in electricity, assistance, and consulting in electricity projects, ITED telecommunications infrastructure, alarm systems and video surveillance, fire protection for public and private buildings.

During the internship, several activities were carried out, such as preparing budgets, dimensioning loads, requests for connection to the electricity network and visits to the constructions. For the presentation of this report, one of these constructions was used as an example, a single-family house with three floors that allows the application of the design concepts and the inclusion of resources for energy efficiency.

To elaborate the projects of the building, technical standards of the legislation were used, namely the RTIEBT and the ITED manual, and thus applied the concepts and fundamentals of low voltage installations in the practice of the activity of the Electrotechnical Engineer.

Keywords: Energy efficiency, buildings thermal behavior study, Electrotechnical project, telecommunications infrastructure project, energy performance, nZEB.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	6
2.1. PLANO NACIONAL DE ENERGIA E CLIMA 2030	9
2.2. ROTEIRO DE NEUTRALIDADE CARBÓNICA 2050	12
2.3. EDIFÍCIOS NEAR ZERO ENERGY BUILDING – NZEB	18
2.4. SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	21
2.5. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA	22
3. SOLUÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	25
3.1. SOLUÇÕES PASSIVAS	25
3.1.1. <i>ISOLAMENTO DA ENVOLVENTE EXTERIOR</i>	26
3.1.2. <i>SOMBREAMENTO</i>	29
3.1.3. <i>ENVIDRAÇADOS</i>	32
3.1.4. <i>VENTILAÇÃO</i>	35
3.2. SOLUÇÕES ATIVAS	38
3.2.1. <i>AR-CONDICIONADO</i>	39
3.2.2. <i>BOMBAS DE CALOR</i>	41
3.2.3. <i>ESQUENTADORES A GÁS</i>	42
3.2.4. <i>TERMOACUMULADORES ELÉTRICOS</i>	42
3.2.5. <i>CALDEIRAS</i>	42
3.2.6. <i>LAREIRAS</i>	43
3.2.7. <i>RECUPERADORES DE CALOR E SALAMANDRAS</i>	43
3.3. SISTEMA SOLAR TÉRMICO	44
3.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	48
3.5. ILUMINAÇÃO	51
3.6. GESTÃO DE ENERGIA	53
3.7. PROTOCOLO KNX	55
4. PROJETO ELETROTÉCNICO.....	58
4.1. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA.....	59
4.1.1. <i>GENERALIDADES</i>	59
4.1.2. <i>CONSTITUIÇÃO DO IMÓVEL E CLASSIFICAÇÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO</i>	60
4.1.3. <i>CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO AS INFLUÊNCIAS EXTERNAS</i>	60
4.1.4. <i>CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO AO ÍNDICE DE PROTEÇÃO</i>	63

4.1.5.	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM LOCAIS CONTENDO BANHEIRAS OU CHUVEIROS	65
4.1.6.	ALIMENTAÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA	67
4.1.7.	PROTEÇÃO CONTRA SOBREINTENSIDADES	68
4.1.8.	QUADRO ELÉTRICO GERAL E PARCIAIS	69
4.1.9.	TERRA DE SERVIÇO	70
4.1.10.	LIGAÇÃO EQUIPOTENCIAL SUPLEMENTAR	71
4.1.11.	PROTEÇÃO DAS PESSOAS	71
4.1.12.	DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS E CONDUTORES	72
4.1.13.	PROTEÇÃO DAS CANALIZAÇÕES	72
4.1.14.	QUEDA DE TENSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NA INSTALAÇÃO	73
4.1.15.	CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO	74
4.1.16.	DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS FINAIS	76
4.1.17.	CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS	76
4.1.18.	CAIXAS DE PASSAGEM, ALIMENTAÇÃO E DERIVAÇÃO	77
4.1.19.	TOMADAS E ALIMENTAÇÕES	77
4.1.20.	ESTORES ELÉTRICOS	78
4.1.21.	ILUMINAÇÃO E APARELHAGEM	78
4.1.22.	OMISSÕES	79
5.	PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES - ITED	81
5.1.	ENQUADRAMENTO	81
5.2.	CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	81
5.3.	REQUISITOS	82
5.4.	ELEMENTOS	82
5.5.	PROJETO DE REDES A INSTALAR	83
5.6.	CÂMARA DE VISITA MULTIOPERADOR	83
5.7.	REDE INDIVIDUAL DE TUBAGEM	84
5.8.	CAIXAS DE APARELHAGEM E CAIXAS DE PASSAGEM	85
5.9.	PASSAGEM AÉREA DE TOPO	86
5.10.	ARMÁRIO DE TELECOMUNICAÇÕES DE EDIFÍCIO/BASTIDOR	86
5.11.	ZONA DE ACESSO PRIVILEGIADO (ZAP)	87
5.12.	PROJETO DA REDE DE CABOS	88
5.12.1.	GENERALIDADES	88
5.12.2.	REDE DE PARES DE COBRE	88
5.12.3.	REDES DE PARES COAXIAIS	88
5.12.4.	REDES DE FIBRAS ÓTICAS	91
5.13.	TOMADAS DE CLIENTE	92
5.14.	PROTEÇÃO E LIGAÇÕES DE TERRA	92
5.15.	ENSAIOS E CERTIFICAÇÃO	94

5.16. MAPA DE MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL.....	94
6. ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO	95
6.1. INTRODUÇÃO	95
6.2. LOCALIZAÇÃO	95
6.3. DEFINIÇÃO DO EDIFÍCIO	95
6.4. PEÇAS DESENHADAS.....	96
6.5. ELEMENTOS DA ENVOLVENTE	96
6.5.1. PAREDES.....	97
6.5.2. COBERTURAS.....	97
6.5.3. PAVIMENTOS.....	98
6.5.4. PONTES TÉRMICAS PLANAS.....	98
6.6. VÃOS ENVIDRAÇADOS	98
6.7. SISTEMA DE VENTILAÇÃO	99
6.8. SISTEMA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS	99
6.9. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	101
6.10. CÁLCULO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO EDIFÍCIO	101
6.11. CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA.....	104
6.12. OMISSÕES.....	105
6.13. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO	105
6.13.1. DADOS GEOGRÁFICOS.....	105
6.13.2. DESCRIÇÃO SUSCINTA DO EDIFÍCIO/ FRAÇÃO	105
6.13.3. DADOS GEOMÉTICOS	105
6.13.4. VENTILAÇÃO DO ESPAÇO INTERIOR	106
6.13.5. CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA	106
6.13.6. CLIMATIZAÇÃO	106
6.13.7. AQS, ENERGIA SOLAR E OUTRAS	106
6.13.8. INÉRCIA.....	106
6.13.9. MEDIÇÕES	106
6.13.10. SITUAÇÃO ATUAL.....	106
7. PROJETO FOTOVOLTAICO.....	108
7.1. EFEITO FOTOVOLTAICO	109
7.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	109
7.3. INVERSORES	111
7.4. QUALIDADE DA ENERGIA.....	112
7.5. FATOR DE POTÊNCIA	114
7.6. CONEXÕES.....	114
7.7. PROTEÇÃO DAS PESSOAS.....	115

7.8. PROTEÇÃO CONTRA CONTATOS DIRETOS	116
7.8.1. LADO DC	116
7.8.2. LADO AC	116
7.8.3. SINALIZAÇÃO	117
7.9. PROTEÇÃO CONTRA CONTATOS INDIRETOS.....	118
7.9.1. LADO DC	118
7.9.2. LADO AC	118
7.10. LIGAÇÃO DAS MASSAS À TERRA.....	118
7.11. CORRENTE INVERSA	119
7.12. PROTEÇÃO CONTRA A CORRENTE INVERSA.....	120
7.13. PROTEÇÃO CONTRA SOBREINTENSIDADES	120
7.13.1. LADO DC	120
7.13.2. LADO AC	120
7.14. SECCIONAMENTO E CORTE.....	121
7.15. INSTALAÇÃO	121
7.16. QUEDA DE TENSÃO.....	121
7.16.1. LADO DC	121
7.16.2. LADO AC	121
7.17. DIMENSIONAMENTO.....	122
7.17.1. CABOS DC	123
7.17.2. CABOS AC	124
7.18. COMO GERIR O EXCESSO DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA	125
7.19. OMISSÕES.....	126
8. CONCLUSÃO.....	127
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
APÊNDICE I – PEÇAS DESENHADAS – PROJECTO ELETROTÉCNICO E ITED	135
APÊNDICE II – TABELAS PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO	153
ANEXO I – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA SOLAR TÉRMICO	180
ANEXO II – RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	183
ANEXO III – FICHAS TÉCNICAS	185

Figuras

FIGURA 1 – MATRIZ ENERGÉTICA EM PORTUGAL PERÍODOS 1999 E 2019 [6].....	6
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM PORTUGAL RELATIVA A 1990 [8]....	7
FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DAS METAS DE CONSUMO E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA 2020 EM PORTUGAL [8]	8
FIGURA 4 - EVOLUÇÃO DO PIB, EMISSÕES DE CO ₂ E CONSUMO DE ENERGIA, REFERÊNCIA ANO 2000 [8]....	8
FIGURA 5 - INDICADORES ENERGÉTICOS RELATIVOS AO PERÍODO 2005-2020 [8].....	9
FIGURA 6 – EVOLUÇÃO DAS METAS DE CONSUMO E DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA 2020 EM PORTUGAL [8]	9
FIGURA 7 - ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES DE CO ₂ [8].....	10
FIGURA 8 - PARTICIPAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA [8]	11
FIGURA 9 - PARTICIPAÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO [8].....	11
FIGURA 10 - ESTIMATIVA PARA AS EMISSÕES DE CO ₂ ATÉ 2050, COM REFERÊNCIA A 2005 [13].....	13
FIGURA 11 – EMISSÃO NOS EDIFÍCIOS E USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO [13].....	14
FIGURA 12 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENERGIA FINAL E INTENSIDADE ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS [13] ..	15
FIGURA 13 - MATRIZ ENERGÉTICA ESTIMADA EM PORTUGAL, A CONSIDERAR 2050 [13].....	16
FIGURA 14 – ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA E ENERGIA FINAL [13].....	16
FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO FINAL DE ENERGIA EM PORTUGAL, HORIZONTE 2050 [13]	17
FIGURA 16 – CRONOLOGIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR DE HABITAÇÃO PARA O HORIZONTE DE 2050 [13].....	18
FIGURA 17 - EVOLUÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA DO PARQUE HABITACIONAL [6]	24
FIGURA 18 - PERDAS TÉRMICAS TÍPICAS EM UM EDIFÍCIO PARA HABITAÇÃO [20].....	26
FIGURA 19 - ISOLAMENTO PELO SISTEMA ETICS [FONTE: HTTPS://WWW.OBRAS360.PT/ETICS-LP].....	27
FIGURA 20 - CAIXA DE ESTORE COM ISOLAMENTO TÉRMICO [FONTE: HTTPS://POLIBOX.PT/CAIXAS-DE-ESTORES].....	27
FIGURA 21 - ISOLAMENTO DA ENVOLVENTE OPACA PELA FACE EXTERIOR	28
FIGURA 22 - TIJOLO TÉRMICO COM FURAÇÃO VERTICAL UTILIZADO NO EDIFÍCIO	28
FIGURA 23 - DISPOSITIVOS DE SOMBREAMENTOS UTILIZADOS NA HABITAÇÃO	31
FIGURA 24 – PORMENOR DA PALA HORIZONTAL NA COBERTURA, UTILIZADA COMO DISPOSITIVO DE SOMBREAMENTO	31
FIGURA 25 - GANHOS DE CALOR EM UMA HABITAÇÃO [23].....	32
FIGURA 26 - CAIXILHO DOS ENVIDRAÇADOS COM RETÍCULA TÉRMICA, MODELO UTILIZADO NA HABITAÇÃO	33
FIGURA 27 - VIDRO UTILIZADO NA MORADIA	34
FIGURA 28 - DADOS TÉCNICOS DOS VIDROS UTILIZADOS NO EDIFÍCIO, SGG PLANITHERM 4S.....	34
FIGURA 29 - EXTRATOR INSTALADO NA CAVE PARA RENOVAÇÃO DO AR	36
FIGURA 30 - CONDUTA DE ADMISSÃO DE AR PARA A CAVE	36
FIGURA 31 - CONDUTA DE ADMISSÃO DE AR NA CASA DE BANHO	37
FIGURA 32 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA AQUECIMENTO AMBIENTE [27]	38
FIGURA 33 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA ARREFECIMENTO AMBIENTE [27].....	39
FIGURA 34 - UNIDADE INTERIOR DO SISTEMA DE AR-CONDICIONADO MULTI-SPLIT HAIER	40
FIGURA 35 - RECUPERADOR DE CALOR UTILIZADO NA HABITAÇÃO.....	44
FIGURA 36 – EFICIÊNCIA MÍNIMA PARA CALDEIRAS, RECUPERADORES DE CALOR E SALAMANDRAS A BIOMASSA [28]	44
FIGURA 37 - APARELHOS UTILIZADOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIOS [29].....	45
FIGURA 38 - SISTEMA SOLAR TÉRMICO DE TERMOSSIFÃO PARA ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS	46
FIGURA 39 - CUSTOS DE ENERGIA DO SISTEMA SOLAR TÉRMICO VERSUS TERMOACUMULADOR ELÉTRICO	47
FIGURA 40 - CUSTOS DE ENERGIA DO SISTEMA SOLAR TÉRMICO VERSUS ESQUENTADOR A PROPANO	48
FIGURA 41 - CUSTOS DE ENERGIA DO SISTEMA SOLAR TÉRMICO VERSUS CALDEIRA A PROPANO	48
FIGURA 42 - TELHAS FOTOVOLTAICAS [FONTE: HTTP://TRILHOSENERGETICOS.PT/TRILHOS-ENERGETICOS-LANCA-NOVO-PRODUTO-TELHAS-FOTOVOLTAICAS-HANTILE].....	49

FIGURA 43 - JANELAS FOTOVOLTAICAS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA [FONTE: HTTPS://PPLWARE.SAPO.PT/HIGH-TECH/CELULAS-SOLARES-SEMITRANSARENTES-PARA-JANELAS- PODEM-SER-TAO-EFICIENTES-COMO-TELHADOS-SOLARES]	49
FIGURA 44 - MODELO DO CONSUMO DIÁRIO DE ENERGIA PARA UMA MORADIA TÍPICA [32]	51
FIGURA 45 - COMPARATIVO ENTRE AS LÂMPADAS MAIS RECENTES E AS LÂMPADAS INCANDESCENTES [33]	52
FIGURA 46 – LUMINÁRIA A LED UTILIZADA NA MORADIA	52
FIGURA 47 - MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM A ADOÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO DE ENERGIA [33]	54
FIGURA 48 - POSSIBILIDADE DE INTEGRAR OS EQUIPAMENTOS ATRAVÉS DA REDE KNX [34]	55
FIGURA 49 - VOLUMES NAS CASAS DE BANHO, CONSIDERAR COMO VOLUME 0 A BANHEIRA [37]	67
FIGURA 50 – VOLUMES NAS CASAS DE BANHO, CONSIDERAR COMO VOLUME 0 A BACIA DO CHUVEIRO [37]	67
FIGURA 51 - RAMAL DE ENTRADA DA HABITAÇÃO [39].....	68
FIGURA 52 - FOTO DO QUADRO GERAL DA MORADIA.....	69
FIGURA 53 - REPRESENTAÇÃO DE SISTEMA DE TERRA [37]	71
FIGURA 54 - ARQUITETURA DA INSTALAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES [38].....	83
FIGURA 55 – EXEMPLO DE ARMÁRIO DE TELECOMUNICAÇÕES INDIVIDUAL (FONTE: HTTPS://WWW.QUITERIOS.PT)	87
FIGURA 56 - ZONA DE ACESSO PRIVILEGIADO [38]	87
FIGURA 57 - PRODUÇÃO BRUTA DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL EM GWh [FONTE: PORDATA].....	108
FIGURA 58 - PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS [48].....	109
FIGURA 59 – COMPARATIVO DE DESEMPENHO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS [48]	110
FIGURA 60 - PARÂMETROS ELÉTRICOS DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS J A SOLAR.....	111
FIGURA 61 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO INVERSOR SUNNY TRIPOWER 3.0.....	112
FIGURA 62 - DISPOSITIVO DE CORRENTE RESIDUAL TIPO B PARA APLICAÇÃO FOTOVOLTAICA	113
FIGURA 63 - TECNOLOGIA DE CONEXÃO SUNCLIX MC4, UTILIZADOS NA CONEXÃO DOS MÓDULOS (WWW.PHOENIXCONTACT.COM)	115
FIGURA 64 - TECNOLOGIA DE CONEXÃO NO LADO DE SAÍDA DO INVERSOR (WWW.PHOENIXCONTACT.COM)	115
FIGURA 65 – SINALÉTICA UTILIZADA PARA COMPLEMENTAR A PROTEÇÃO DAS PESSOAS NO SISTEMA FOTOVOLTAICO. [FONTE: HTTPS://M.SINALUX.EU/PT].....	116
FIGURA 66 – SINALIZAÇÃO INFORMATIVA DE DUAS FONTES GERADORAS DE ENERGIA [FONTE: HTTPS://M.SINALUX.EU/PT]	117
FIGURA 67 – SINALÉTICA PARA PROTEGER AS PESSOAS EM SITUAÇÃO DE MANOBRA OU MANUTENÇÃO [FONTE: HTTPS://M.SINALUX.EU/PT]	118
FIGURA 68 – TOMADAS E ALIMENTAÇÕES NA CAVE	136
FIGURA 69 - TOMADAS E ALIMENTAÇÕES NO RÉ-DE-CHÃO.....	137
FIGURA 70 - TOMADAS E ALIMENTAÇÕES NO 1º PISO.....	138
FIGURA 71 - TOMADAS E ALIMENTAÇÕES NO 2º PISO E NA COBERTURA	139
FIGURA 72 – PROJETO DE ILUMINAÇÃO NA CAVE	140
FIGURA 73 – PROJETO ILUMINAÇÃO NO PAVIMENTO RÉ-DO-CHÃO	141
FIGURA 74 – PROJETO DE ILUMINAÇÃO NO 1º PISO	142
FIGURA 75 - PROJETO DE ILUMINAÇÃO NO 2º PISO	143
FIGURA 76 - ESTORES NO PAVIMENTO RÉ-DO-CHÃO	144
FIGURA 77 - ESTORES NO PAVIMENTO DO 1º PISO	145
FIGURA 78 - PROJETO ITED NA CAVE	146
FIGURA 79 - PROJETO ITED NO 1º PISO	147
FIGURA 80 - PROJETO ITED NO PAVIMENTO 2º PISO.....	148
FIGURA 81 - PROJETO ITED NO PAVIMENTO DO 2º PISO	149
FIGURA 82 - ESQUEMA UNIFILAR DO QUADRO ELÉTRICO GERAL DA HABITAÇÃO	150
FIGURA 83 - ESQUEMA UNIFILAR DOS QUADROS ELÉTRICOS PARCIAIS DA HABITAÇÃO	151
FIGURA 84 - DIAGRAMA DOS QUADROS ELÉTRICOS DA HABITAÇÃO.....	152

Tabelas

TABELA 1 - CLASSES PARA CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS [18].....	23
TABELA 2 – COMPARATIVO DAS SOLUÇÕES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS MAIS UTILIZADAS	47
TABELA 3 - ANÁLISE ENERGÉTICA E FINANCEIRA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	50
TABELA 4- CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES DA HABITAÇÃO.....	62
TABELA 5 - CÓDIGO IP PARA RESISTÊNCIA À PRESENÇA DE ÁGUA	63
TABELA 6 - CÓDIGO IP PARA PROTEÇÃO A POEIRA, A OBJETOS E PESSOAS	64
TABELA 7 - CÓDIGO IK DE RESISTÊNCIA A IMPACTOS	64
TABELA 8 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA AS CASAS DE BANHO.....	66
TABELA 9 - CÁLCULO DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO.....	75
TABELA 10 - CÁLCULO DAS CORRENTES DE CIRCUITO ESPECÍFICO.....	76
TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	82
TABELA 12 - REDES DE CABOS INSTALADOS PARA TELECOMUNICAÇÕES	83
TABELA 13 – DIMENSIONAMENTO DAS CAIXAS PARA APARELHAGEM E CAIXAS DE PASSAGEM [38]	86
TABELA 14 – TABELA DE ATENUAÇÃO LIMITE DE ACORDO COM A FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO [38].....	89
TABELA 15 – ATENUAÇÃO LIMITE NOS COMPONENTES DA REDE DE CABOS COAXIAIS [38].....	90
TABELA 16 - TABELA COM PARÂMETROS PARA CONVERSÃO DE ENERGIA [44]	101
TABELA 17 - EQUAÇÕES PARA CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO [46]	102
TABELA 18 - EQUAÇÕES PARA CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO [46]	102
TABELA 19 – VALOR MÁXIMO PARA AS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO [28]	103
TABELA 20 - EQUAÇÕES PARA O CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE AQS [46].....	103
TABELA 21 - EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA CÁLCULO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA [46].....	103
TABELA 22 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA [46]	103
TABELA 23 – VALOR MÁXIMO PARA NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA [28]	104
TABELA 24 - RESUMO DA CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO [47]	104
TABELA 25 – DADOS GEOGRÁFICOS DO EDIFÍCIO, OBJETO, DO ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO ...	105
TABELA 26 - DADOS GEOMÉTRICOS DO EDIFÍCIO, OBJETO, DO ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO ...	106
TABELA 27 - CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE [47]	157
TABELA 28 - MEDIDAS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DO EDIFÍCIO	160
TABELA 29 - CÁLCULO DA INÉRCIA TÉRMICA DO EDIFÍCIO [47]	161
TABELA 30 - CÁLCULO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DA VENTILAÇÃO [47].....	163
TABELA 31 - CÁLCULO DOS GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO [47]	166
TABELA 32 - CÁLCULO DOS GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO [47].....	168
TABELA 33 - COMPLEMENTO DO CÁLCULO DE GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO	170
TABELA 34 - CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO [47]	173
TABELA 35 - CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO [47]	175
TABELA 36 - CÁLCULO DAS NECESSIDADES ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA [47]	179

Abreviaturas e siglas

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ATI – Armário de Telecomunicações Individual

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

BGT – Barramento Geral de Terra

COP – Coeficiente de Performance

CVM – Câmara de Visita Multioperador

DALI – Digital Addressable Lighting Interface

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EER – Rácio de Eficiência Energética

EPS – Poliestireno Expandido

ETICS – External Thermal Insulation Composite System

ITED – Infraestrutura de Telecomunicações em Edifícios

LED – Light Emitting Diode

nZEB – near Zero Energy Building

PNEC – Plano Nacional de Energia e Clima

RECS – Regulamento de desempenho energético de Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de desempenho energético de Edifícios de Habitação

RNC – Roteiro de Neutralidade Carbónica

RPH – Renovações Por Hora

RTIEBT – Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

SCE – Sistema de Certificação Energética

XPS – Poliestireno Extrudido

PAT – Passagem Aérea de Topo

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Muitos países, especialmente na União Europeia (UE), estão atentos às mudanças climáticas e suas possíveis consequências. Os estudos indicam que a emissão de gases de efeito estufa provocam o aumento da temperatura média global e isso seja a principal causa de fenómenos meteorológicos, como tempestades severas, derretimento das calotas polares, maior incidência de incêndios florestais, vagas de calor intenso e inundações. Estas alterações no ecossistema podem diminuir a biodiversidade, reduzir a capacidade dos países de produzir alimentos, e geram altos custos para a economia da UE [1].

Dados recentes da Comissão Europeia indicam perdas económicas de aproximadamente 446 mil milhões de euros, resultado de fenómenos meteorológicos, apenas no período entre 1980 e 2019. Ao considerar Portugal, os valores são próximos dos 7,6 mil milhões de euros no mesmo período. Contudo, estima-se que nas regiões costeiras até 2050 os valores poderão alcançar os 39 mil milhões de euros ao ano [2].

A Agência Internacional de Energia reporta que a produção e o consumo de energia contribuem para a maioria das emissões de gases de efeito estufa (GEE), particularmente dióxido de carbono (CO_2), que é considerada a principal causa do aquecimento global. O sector da construção é responsável por aproximadamente 40% do consumo global de energia e 36% das emissões de CO_2 . No entanto, é reconhecido que o setor da construção tem grande potencial para reduzir o seu consumo de energia através da implementação de medidas para melhorar a sua eficiência energética [3].

Através da implementação das medidas de eficiência energética, na construção dos novos edifícios ou na reabilitação dos edifícios existentes, se consegue aumentar a quantidade de Edifícios de Energia Quase Zero ou Edifícios Zero Energia, por conseguinte, minimizar os impactos das mudanças climáticas e alcançar um ambiente sustentável. Ao estimular o aumento da eficiência energética nos edifícios, além de proporcionar uma oportunidade para melhorar o seu desempenho térmico e energético, é uma estratégia de mitigação e adaptação aos efeitos das alterações climáticas.

Um dos desafios mais importantes dos edifícios verdes é simultaneamente reduzir o consumo de energia e melhorar a qualidade do ar interior, mantendo o nível de conforto térmico dos ocupantes dentro de padrões aceitáveis.

Para aumentar o desempenho energética nos edifícios, a destacar nos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (AVAC) e iluminação, se propõe a redução do consumo de energia através de soluções ativas e passivas de aquecimento, arrefecimento, iluminação, sombreamento e ventilação.

A redução das emissões de GEE também é efetuada com a geração de energia a partir de fontes renováveis, como o sol ou o vento. A legislação nacional a este respeito começou com foco na produção que permitia comercializar o excedente de energia (“injetar o excedente à rede pública”), mas com o Decreto-Lei n.º 153/2014, e mais recentemente, com o Decreto-Lei n.º 162/2019, passou a dar especial ênfase à produção de energia para consumo próprio na instalação produtora, designada por autoconsumo [4].

1.2. OBJETIVOS

Inicialmente era importante determinar o edifício que reunia condições para aplicação de todas as tarefas pretendidas no âmbito do estágio. A partir da escolha foram obtidas as plantas da arquitetura e realizadas visitas em obra para obter os dados mais precisos para o desenvolvimento dos projetos. Foram obtidas as informações dos materiais utilizados na construção para o estudo das características térmicas do edifício e dos aparelhos elétricos a serem utilizados, especialmente aqueles para aquecimento e arrefecimento ambiente e de aquecimento das águas sanitárias. De posse destes dados, foram iniciados os estudos técnicos e projetos.

Neste trabalho se pretende apresentar um estudo completo do ponto de vista energético. Em um capítulo inicial, apresentar-se-á a importância da eficiência energética no aspeto climático, de sustentabilidade, da economia, e conseqüentemente para o conforto das pessoas.

Assim é analisada a eficiência energética do setor edifícios no âmbito residencial. A considerar que a produção de energia é responsável por grande parte da emissão de GEE e que a matriz energética ainda é composta na sua maioria por combustíveis fósseis. Serão apresentados os aspetos relacionados ao setor climático e ao consumo de energia, além das principais políticas para aumentar a eficiência energética nos edifícios, as estimativas e a cronologia de resultados destas iniciativas.

Com a aplicação das políticas de eficiência energética se atinge o principal objetivo do setor de edifícios, a transição da edificação existente para os novos edifícios com

consumo de energia quase zero. Esse conceito está cada vez mais presente nas construções e associa aspetos construtivos eficientes, como os materiais com reduzida transmissão térmica, ao uso de aparelhos eléctricos mais eficientes, principalmente para reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento, que representam o maior consumo de energia em um edifício. Estes edifícios ainda incorporam as fontes de energia renováveis através do aquecimento das águas sanitárias e a geração de energia fotovoltaica para autoconsumo.

Por conseguinte, os principais objectivos deste trabalho são:

- Identificar soluções passivas (características arquitectónicas do edifício) que sejam relevantes para se obter um baixo consumo de energia;
- Identificar soluções activas (iluminação, climatização, automação, etc.) que permitam contribuir para a melhoria da eficiência energética do edifício e a obtenção de uma certificação energética, pelo menos, classe A;
- Estudar a implementação de um sistema de produção de energia eléctrica para autoconsumo com recurso às energias renováveis (fotovoltaico);
- Identificar e aplicar a legislação adequada à concretização dos objectivos acima descritos;
- Elaborar o projecto electrotécnico do edifício aplicando adequadamente a respectiva legislação e identificando os equipamentos a instalar que contribuam para a melhoria da eficiência energética do edifício;
- Elaborar o projecto ITED do edifício aplicando adequadamente a respectiva legislação;
- Elaborar o projecto de implementação de um sistema fotovoltaico de autoconsumo.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho foi desenvolvida ao longo de vários capítulos. No presente capítulo faz-se um enquadramento e uma apresentação geral do trabalho a desenvolver, onde se estabelecem também os objectivos a atingir.

No capítulo 2 é apresentada a atual situação nas iniciativas de eficiência energética. São consideradas as políticas para aumento do desempenho energético nos edifícios residenciais e o resultado destas medidas no âmbito de meio ambiente, na economia e na melhoria do bem estar das pessoas.

Considerada a eficiência energéticas e as políticas e iniciativas, no capítulo 3 são apresentadas soluções, passivas e ativas, adotadas para aumentar a eficiência energética no âmbito dos edifícios de habitação. São medidas adotadas desde a construção dos edifícios com maior desempenho térmico até automatismos que reduzem o consumo de energia. São também consideradas a utilização de energia renovável, nomeadamente solar fotovoltaico e solar térmico, para atender as necessidades de energia do edifício.

No capítulo 4 deste trabalho foi elaborado o projeto eletrotécnico para dimensionar o ramal de energia da moradia desde a alimentação até os circuitos finais, consideradas as melhores práticas de segurança e fiabilidade das regras técnicas para as habitações.

No capítulo 5 foi elaborado o projeto de infraestrutura de telecomunicações em edifícios (ITED), que apresenta o dimensionamento e os requisitos para uma rede de cabos para TV, para internet e para fibra ótica. No trabalho foram considerados aspetos para uma moradia unifamiliar e os requisitos para ligação à rede pública de telecomunicações junto as operadoras locais.

Na avaliação do comportamento térmico do edifício, capítulo 6, se buscou apresentar os conceitos recentes para eficiência energética no setor de edifícios. Foram analisados os pormenores dos aspetos construtivos do edifício, a localização da moradia, além de suas envolventes exteriores, nomeadamente pontes térmicas lineares, vão envidraçados, a posição solar e a existência de possível obstrução solar nas redondezas do edifício. Estes são aspetos passivos do estudo térmico. Ainda foram considerados aspetos ativos, designadamente a utilização de sistemas de ventilação, aquecimento e arrefecimento ambiente, e para aquecimento de águas quentes sanitárias, além da instalação de painéis fotovoltaicos destinados a suprir as necessidades reduzidas de energia em um edifício eficiente.

No capítulo 7 são apresentadas algumas características de um sistema fotovoltaico e realizado um projeto de dimensionamento de um sistema fotovoltaico para atender o consumo de energia da habitação.

No apêndice 1 são apresentadas as peças desenhadas dos projetos eletrotécnico e infraestrutura de telecomunicações, enquanto no apêndice 2 são apresentados os cálculos, na forma de tabelas, que permitem obter a classe energética do edifício.

No anexo 1, são apresentadas as fichas técnicas dos materiais e equipamentos utilizados na habitação, e dos considerados nos projetos das especialidades.

A partir deste enquadramento, de edifícios sustentáveis, nos projetos foram descritas técnicas e a utilização de equipamentos que possibilitam aumentar a eficiência energética do edifício e promover a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia.

2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Estima-se que o consumo anual de energia de um cidadão europeu seja de aproximadamente 27 MWh, incluído as atividades domésticas, industriais e mobilidade. Este consumo atendido por uma matriz energética nos Estados-Membros, composta em sua maioria por combustíveis fósseis, coloca o setor de produção de energia como um dos principais responsáveis pela emissão de GEE, ainda que se observa o aumento da energia produzida por fontes renováveis, principalmente a energia hídrica [5]. A considerar a matriz energética em Portugal (ver figura 1) no ano de 1999 e no ano de 2019, se observa que no período houve a redução de consumo de petróleo e carvão, enquanto cresce a produção de energia a partir de gás natural e de energias renováveis [6].

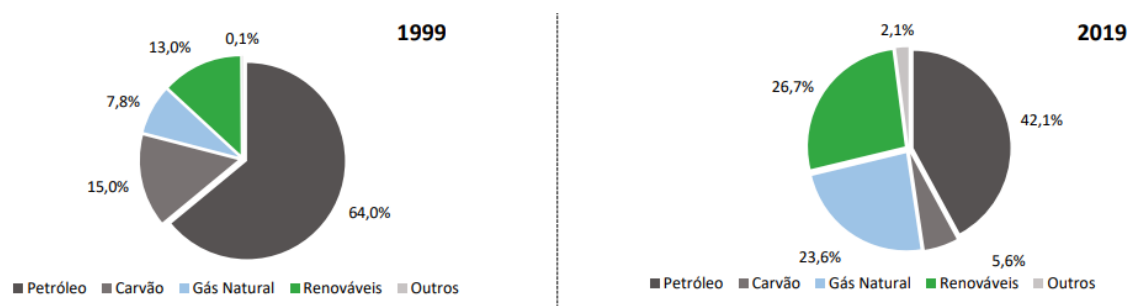


Figura 1 – Matriz energética em Portugal períodos 1999 e 2019 [6]

No âmbito dos edifícios, o consumo elevado é resultado da expansão do setor associada a maior procura por conforto térmico nos edifícios para habitação e naqueles de comércio e serviços. Entretanto, é importante ressaltar que outros setores como a indústria, transportes, e mobilidade também apresentam demasiado consumo de energia e emissões de GEE.

Uma das principais iniciativas no setor de edifícios de habitação é a eficiência energética, pela qual se pretende reduzir o consumo de energia e, conseqüentemente, os impactos no meio ambiente, além de promover a competitividade e sustentabilidade no setor de energia, e fomentar investimentos para o crescimento económico e a geração de empregos.

Para reduzir a emissão global de GEE foi assinado em 1998 o Protocolo de Quioto, um tratado internacional que estabeleceu limites aos países mais desenvolvidos e com capacidade financeira e institucional para atingir no período de 2008 a 2012, uma redução de 5% nas emissões com referência ao ano 1990 [7]. No protocolo foi considerada a par-

tilha de responsabilidade para cada Estado-Membro na Comunidade Europeia, sendo admissível que Portugal no período 2008-2012 aumentasse até 27% as emissões em relação a 1990, embora seja observado na figura 2 que neste período as emissões de CO₂ em Portugal mantiveram os níveis de 1990, e ratifica o compromisso do país com as políticas para energia e clima.

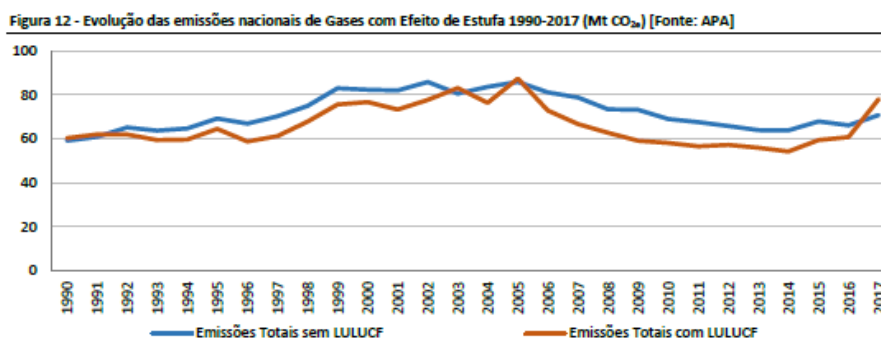


Figura 2 - Evolução das emissões de gases de efeito estufa em Portugal relativa a 1990 [8]

Em 2016 entra em vigor o Acordo de Paris, uma investida da comunidade internacional contra o aquecimento global que visa a descarbonização das economias mundiais e evitar que a temperatura média global suba 2°C em relação aos níveis pré-industriais (1850-1900) [9].

Para atender as metas do acordo e travar o aquecimento global, a UE definiu estratégias para estimular a produção de energia através de fontes renováveis e alcançar a neutralidade nas emissões de CO₂. As políticas de energia e clima foram apresentadas no Pacote Energia Limpa para Todos os Europeus.

No âmbito dos edifícios, destaca-se a promoção à eficiência energética e o estímulo a transição da matriz energética para fontes renováveis, no aumento da eficiência energética e na regulamentação da governança para o setor de energia e o mercado de eletricidade.

Ao promover a eficiência energética, a UE no horizonte de 2020 esperava reduzir em 20% a emissão de GEE relativa ao ano 1990, atender 20% do consumo final de energia através de fontes renováveis, além de reduzir 20% o consumo de energia primária. Na figura 3 são apresentadas as projeções obtidas em 2007 através do modelo PRIMES que estimaram para 2020 um consumo de energia primária de 1842 Mtep, que reduziam para 1474 Mtep ao considerar as medidas de eficiência energética, o que representava uma economia de 368 Mtep [10].

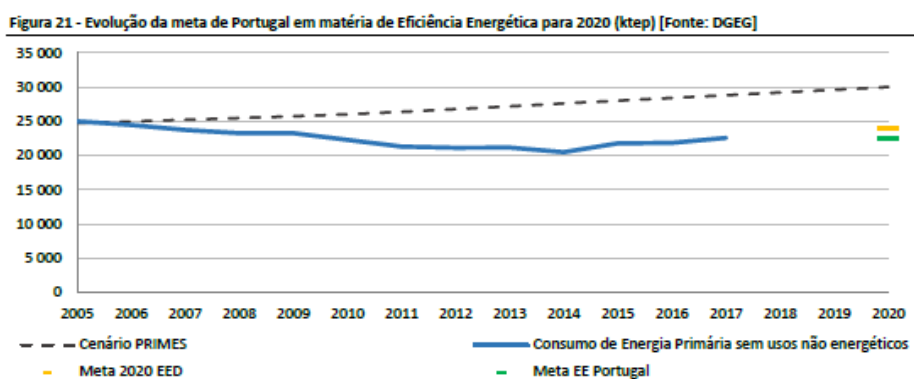


Figura 3 - Evolução das metas de consumo e de eficiência energética para 2020 em Portugal [8]

No período até 2020 Portugal está a seguir o Plano Nacional de Energias Renováveis 2020 e o Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética 2020 que visam cumprir as metas europeias 20-20-20 do pacote Energia Limpa. Pelo plano caberia a Portugal um consumo de até 24 Mtep excluindo o uso não energético, uma redução de 20%; no entanto a proposta de redução apresentada foi igual a 25% e pela figura 4 se observa a tendência de cumprir a meta, além de destacar que as medidas de eficiência energética dissociam o crescimento do PIB e as emissões de CO₂ [11].

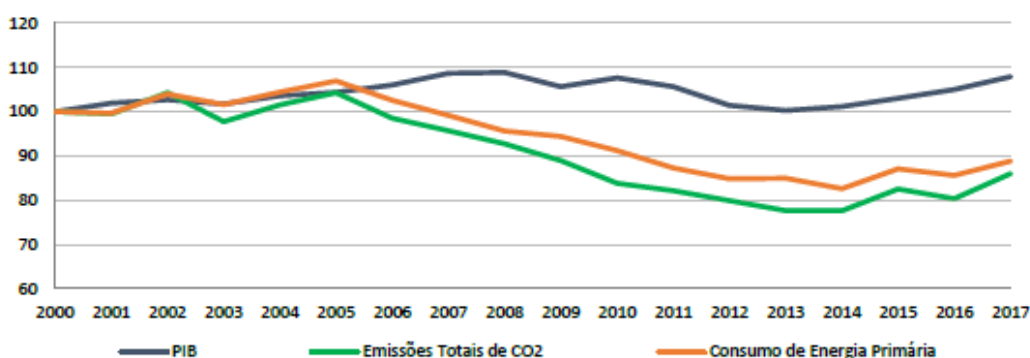


Figura 4 - Evolução do PIB, Emissões de CO₂ e Consumo de Energia, referência ano 2000 [8]

Nas medidas de governança propostas pela Comissão Europeia fica estabelecido que os Estados-Membros devem apresentar um plano nacional integrado de energia e clima para o período de 2021 a 2030, além de elaborar outro planeamento para o horizonte 2050.

Para assegurar o cumprimento das políticas ambientais definidas com a UE e contribuir de forma efetiva na questão climática foram elaborados em Portugal o PNEC 2030 e o RNC 2050, dois planos plurianuais com as metas do país no setor de energia e clima e as estratégias que serão utilizadas para atingir a neutralidade das emissões de carbono.

Na figura 5 são apresentados indicadores energéticos de Portugal, considerado o período 2005 a 2017, onde se observa o aumento de energia produzida por fontes renováveis, além da redução do consumo de energia primária, da emissão de CO₂ e da dependência energética. Nestes indicadores se observa os resultados das políticas de eficiência energética.

INDICADOR	2005		2017	VARIAÇÃO
EMISSÕES TOTAIS DE CO ₂ (sem LULUCF)	85,8 Mton	→	70,8 Mton	-17,5%
CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA	27,1 Mtep	→	22,5 Mtep	-17,0%
RENOVÁVEIS NO CONSUMO FINAL	19,2%	→	28,1%	+8,9 p.p.
RENOVÁVEIS NA ELETRICIDADE	27,4%	→	54,2%	+26,8 p.p.
DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA	88,8%	→	79,7%	-9,1 p.p.

Figura 5 - Indicadores energéticos relativos ao período 2005-2020 [8]

Na figura 6 é apresentado um comparativo do consumo de energia primária com a adoção das políticas de eficiência energética. Se verifica que o consumo de energia primária é inferior às estimativas obtidas, através do modelo PRIMES, quando não são consideradas as medidas de eficiência energética.

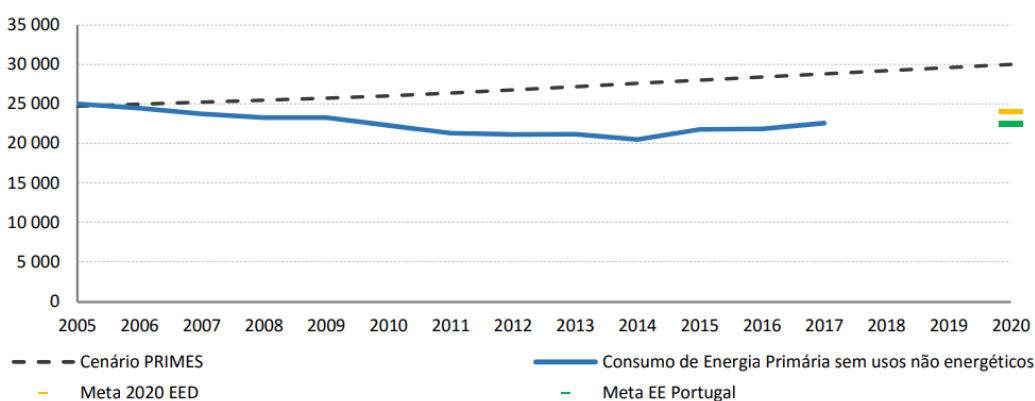


Figura 6 – Evolução das metas de consumo e de eficiência energética para 2020 em Portugal [8]

2.1. PLANO NACIONAL DE ENERGIA E CLIMA 2030

No Plano Nacional Integrado de Energia e Clima que Portugal apresentou à Comissão Europeia em dezembro de 2018 tem as suas propostas para o período 2021 a 2030. No programa está a situação atual nas cinco áreas previstas no Regulamento da Governança da União da Energia e Ação Climática que foi aprovado no âmbito do Pacote Ener-

gia Limpa para Todos os Europeus, nomeadamente a Descarbonização, Eficiência Energética, Segurança de Abastecimento, Mercado Interno da Energia e Investigação, além de Inovação e Competitividade. Ficam também definidas as políticas e ações para reduzir a emissão de GEE, e promover a adoção de fontes de energias renováveis, a eficiência energética e a rede de interligações elétricas [8].

As principais estratégias de descarbonização para os edifícios de habitação, de comércio e serviços vão no sentido de promover a reabilitação das construções existentes, aumentar a eletrificação dos edifícios, incentivar a utilização de técnicas de construção sustentáveis, além de incorporar o uso de fontes de energia renovável nos novos edifícios. Foi ainda regulamentado o Sistema de Certificação Energética e definidas políticas de incentivo à formação de profissionais especializados em eficiência energética e em energias renováveis.

Com as iniciativas se espera diminuir os custos com energia e renovar o parque imobiliário para um modelo que atenda aos requisitos de descarbonização. Transita-se para um modelo de edifícios com necessidades de energia quase zero, que possuem alta eficiência energética, além de proporcionar maior conforto térmico e melhor qualidade do ar para as pessoas. No horizonte 2030 se estima que Portugal possa reduzir em 35% as emissões de CO₂ no setor residencial e até 70% no setor de comércio e serviços [8].

Na figura 7, se observa uma redução nas emissões de CO₂ desde 2005, no entanto com aumento das iniciativas de eficiência energética, a considerar um período de transição para surgir os efeitos destas iniciativas, no período 2020 a 2030 se espera uma redução mais acentuada nas emissões de CO₂.

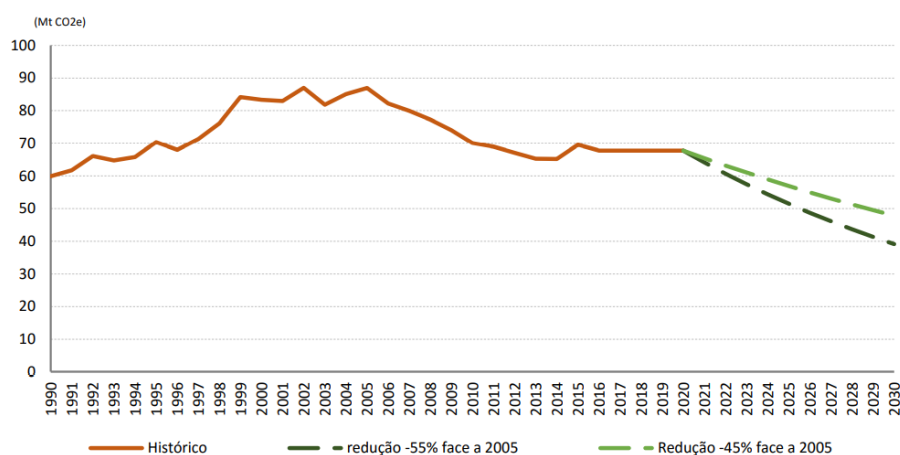


Figura 7 - Estimativas das emissões de CO₂ [8]

Ressalte-se também, entre as medidas de eficiência energética, a utilização de energias renováveis. Na figura 8 se observa que para 2030 é estimado que 80% do consumo de energia primária seja a partir de fontes de energia renováveis, considerando a energia utilizada para eletricidade e excluindo outros consumos de energia final.

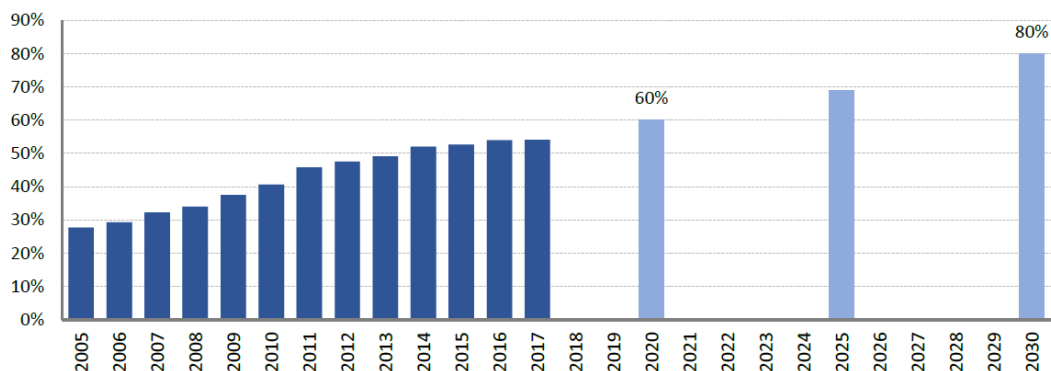


Figura 8 - Participação de energias renováveis no consumo de energia primária [8]

Ao analisar o consumo de energia nos edifícios, se observa que a maior parte é utilizada para alimentar os sistemas de aquecimento e arrefecimento. Nesse sentido, o PNEC propõe incentivos à aquisição de sistemas térmicos mais eficientes e à utilização a partir de fontes renováveis de energia como fotovoltaica, solar térmico, e biomassa, além de promover a melhoria nos aspetos construtivos do edifício que contribuem para o isolamento térmico e redução no consumo de energia. Na figura 9, se observa que para fins de aquecimento e arrefecimento, além do aquecimento de águas sanitárias, é estimado que 38% da energia consumida seja produzida a partir de fontes de energia renováveis.

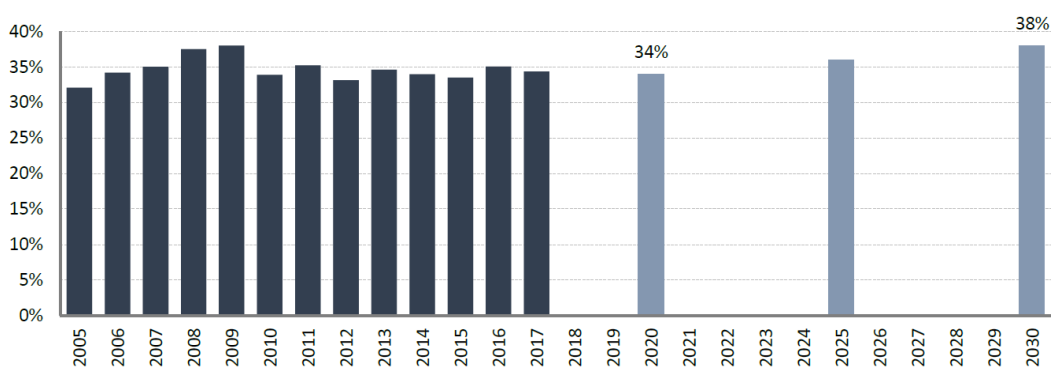


Figura 9 - Participação das energias renováveis para aquecimento e arrefecimento [8]

Para o horizonte 2030 estão definidas no PNEC propostas para reduzir a emissão de GEE, incentivar o consumo mais eficiente da energia e a economia de partilha, estimular a maior eletrificação dos edifícios e associar esse consumo a fontes de energia re-

nováveis, além de incentivar a utilização de materiais de baixo carbono e afirmar a eficiência energética como prioridade. São ações que permitem ao consumidor produzir a própria energia e assim contribuir para uma matriz energética mais sustentável, além de diminuir a dependência energética do país.

A partir das metas apresentadas no PNEC, para todos os setores, Portugal espera reduzir entre 45% e 55% a emissão de GEE relativa a 2005, atender ao menos 47% da energia consumida através de fontes renováveis e aumentar em 35% a eficiência energética [8].

Para aumentar a eficiência energética, outra medida é descarbonizar a administração pública nos vetores transportes e mobilidade, edifícios e compras públicas, entre outros. É desenvolvido o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP) [12]. A revisão do programa visa aumentar o raio de ação na Administração Pública Local e Regional, através de um Barômetro de Eficiência Energética com o objetivo de caracterizar, comparar e divulgar o desempenho energético das entidades da Administração Pública. Esta iniciativa possibilita identificar em detalhe o consumo de energia no setor público e promover o uso de coletores solares térmicos para aquecimento em edifícios ou equipamentos com grandes necessidades como piscinas, recintos desportivos, escolas e pavilhões multiusos e a implementação de soluções de climatização mais eficientes, além da instalação de painéis solares para a produção de eletricidade em regime de autoconsumo.

2.2. ROTEIRO DE NEUTRALIDADE CARBÓNICA 2050

Em 2016, na 22^a Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, Portugal assume o compromisso de até 2050 igualar a emissão de GEE e o sequestro de carbono pelo uso do solo e das florestas, nomeadamente alcançar a Neutralidade Carbónica. No Roteiro Nacional de Neutralidade Carbónica estão definidas políticas públicas que abrangem áreas diversas da economia até ao ano 2050. Essas ações pretendem nortear a descarbonização da economia nacional e a transição energética no longo prazo.

Dados obtidos através do modelo TIMES_PT1 indicam que as emissões em Portugal, na década 2007 a 2017 foram de 69 Mt CO₂, sendo 25% na produção de energia, 25% transportes, 23% na indústria, 10% agricultura, 8% outros usos de energia e 8% resíduos.

A considerar que os sumidouros, nomeadamente, agricultura, pastagens, florestas e matos absorveram neste período cerca 8,5 Mt CO₂ e representam 12% das emissões, obtém-se um total líquido entre emissões e sumidouros de 60 Mt CO₂. Este é o montante a ser reduzido até 2050 para atingir a neutralidade carbónica, uma redução entre 85% e 90% na emissão de GEE em relação a 2005 associado ao sequestro de 9 Mt a 13 Mt CO₂ através dos sumidouros de carbono [13]. Na figura 10 se observam as estimativas para reduzir as emissões de GEE, além da contribuição dos sumidouros de CO₂ através do uso do solo.

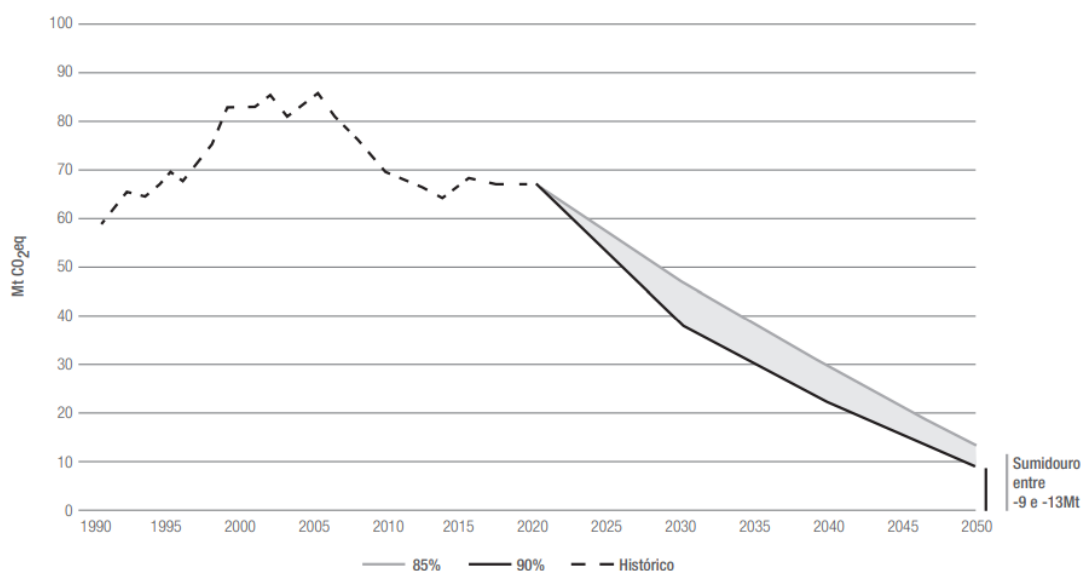


Figura 10 - Estimativa para as emissões de CO₂ até 2050, com referência a 2005 [13]

O uso do solo e, principalmente, as florestas são sumidouros em larga escala de CO₂. Ao considerar o ano 2015 se estima uma retirada da atmosfera de até 11 Mt CO₂, porém é importante controlar os incêndios e promover o aumento do plantio de espécies

1 O modelo TIMES_PT integra todo o sistema energético de Portugal e contabiliza as emissões de GEE desde a produção até o consumo de energia em todos os setores da economia.

florestais; atualmente são cultivadas as espécies sobreiro, pinheiro branco e eucalipto para a produção, além das folhosas autóctones para proteção e conservação [13].

Para alcançar a neutralidade carbónica é consensual que todos os setores deverão reduzir as emissões de GEE, no entanto, em alguns haverá uma redução maior devido às tecnologias custo-eficazes que permitem um alto desempenho energético. Para o horizonte 2050 no setor de edifícios, em comparação a 2005, é estimada uma redução de 96% nas emissões nos edifícios para habitação e de 100% naqueles destinados ao comércio e serviços [13]. Na figura 11 se observa que no período 2030 a 2050 é esperado que a contribuição de energias renováveis no aquecimento e arrefecimento suba de forma muito acentuada, sendo esperado que até 70% do consumo de energia para estes fins seja proveniente de fontes de energia renováveis.

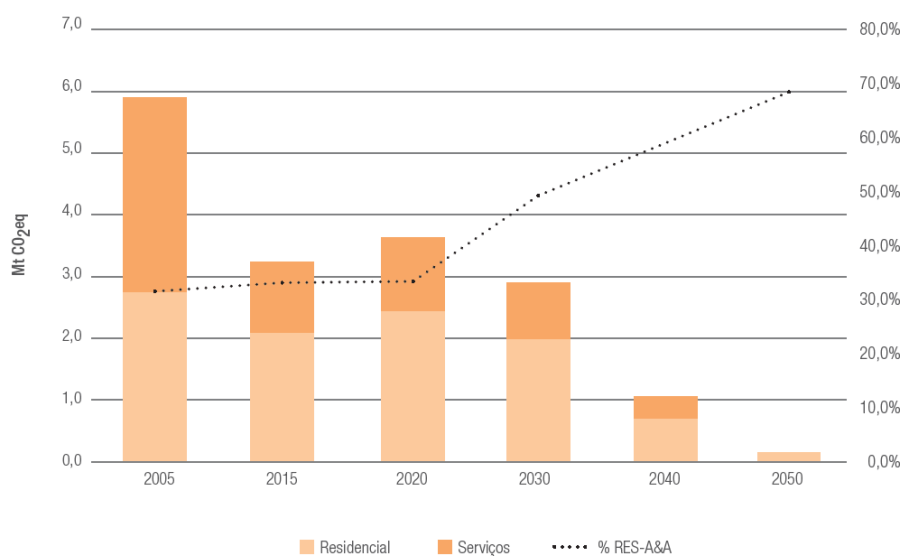


Figura 11 – Emissão nos edifícios e uso de energias renováveis para aquecimento e arrefecimento [13]

As ações visam promover a eficiência energética, eletrificação, isolamento e reabilitação, além de aumentar a utilização de sistemas de energia solar térmico e de bombas de calor. A destacar que a descarbonização dos edifícios acelerará entre 2030 e 2040, uma vez que a remodelação do parque imobiliário existente é relativamente lenta.

As próprias alterações climáticas provavelmente irão aumentar o consumo de energia até 2050, principalmente para atender às necessidades energéticas no verão. Para 2050 no setor de edifícios se estima que o consumo de energia para aquecimento aumente três vezes e para arrefecimento aumente duas vezes face ao consumo atual, que também resultará da maior eletrificação do setor [13].

Contudo, é importante ressaltar que a eletrificação é eficiente quando a matriz energética é proveniente de fontes renováveis. A considerar que até 2050 se espera atender aproximadamente 68% da energia utilizada para fins de conforto térmico através de energia renovável [13]. Ainda observar que a intensidade energética do setor residencial também é diminuída através do resultado das iniciativas de eficiência energética, como se pode ver na figura 12.



Figura 12 – Evolução do consumo de energia final e a intensidade energética nos edifícios [13]

Essa transição energética para fontes de energia renovável endógenas representa para uma economia aberta, porém ainda fortemente dependente de importação de combustíveis fósseis, como é a economia nacional hoje, uma oportunidade importante para reduzir a dependência energética e redirecionar recursos económicos que atualmente saem do país para aquisição de combustíveis fósseis, mas que poderiam ser direcionados a investimentos. Por conseguinte, é esperado em Portugal uma economia de 1355 milhões de euros em relação a 2015, ao reduzir a importação de combustíveis fósseis [13].

Ao considerar que Portugal pretende transitar o sistema energético de uma matriz predominantemente fóssil para uma matriz renovável, a dependência energética externa será reduzida a menos de 20% em 2050 em relação a 2015 que foi de 78%. Decorrida a transição da matriz energética, estima-se que 85% do consumo seja atendido por fontes renováveis, com destaque para as energias provenientes do sol e do vento, com até 1/3 da produção. Associado a isto, se observa na figura 13, que face a 2015, é estimado que através da eficiência energética nas diversas áreas da economia, se reduza o consumo da energia primária em até 47% e a energia final em cerca de 28% [13].

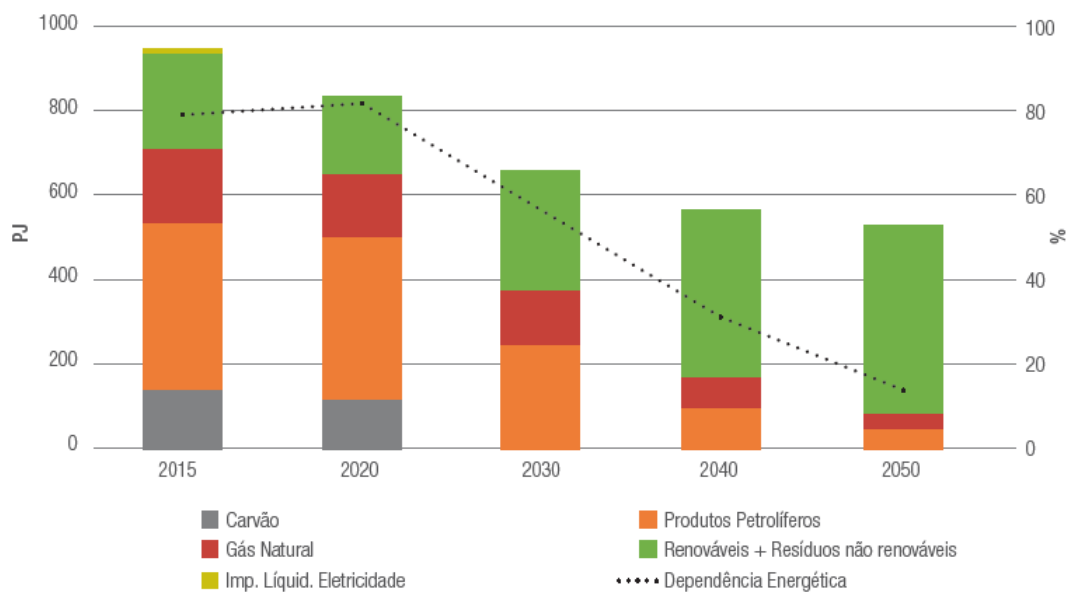


Figura 13 - Matriz energética estimada em Portugal, a considerar 2050 [13]

Ainda é importante observar que ao promover a eficiência energética, é diminuído o rácio entre a energia primária (produzida) e a energia final (consumida). Na figura 14 se observa, a redução do consumo total de energia e por conseguinte a diminuição das emissões de GEE [13].

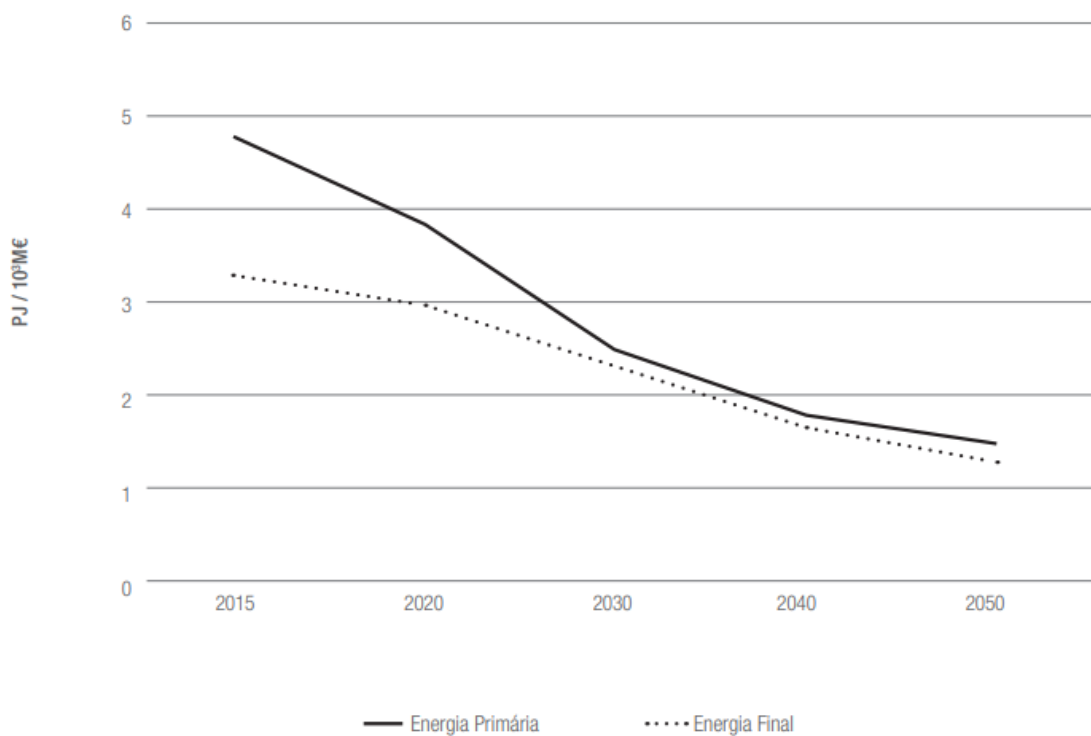


Figura 14 – Estimativa de consumo de energia primária e energia final [13]

Os edifícios respondem atualmente por 5% das emissões nacionais de GEE e por 30% no consumo de energia final, sendo o consumo de energia nos edifícios resultado do aquecimento e arrefecimento dos ambientes, iluminação fixa, refrigeração, fogões de indução e no aquecimento de águas sanitárias. Essa incorporação de fontes endógenas renováveis, o aumento da eficiência energética e hídrica, além da utilização de materiais com baixo nível de carbono espera-se que contribuam significativamente para as metas de descarbonização, onde se observa na figura 15 a estimativa da redução na utilização de produtos petrolíferos no consumo de energia. Além disso, ressaltar as medidas de isolamento térmico, nomeadamente conforto térmico passivo, que reduz o consumo em 26% até 2040 e em 50% até 2050 [13].

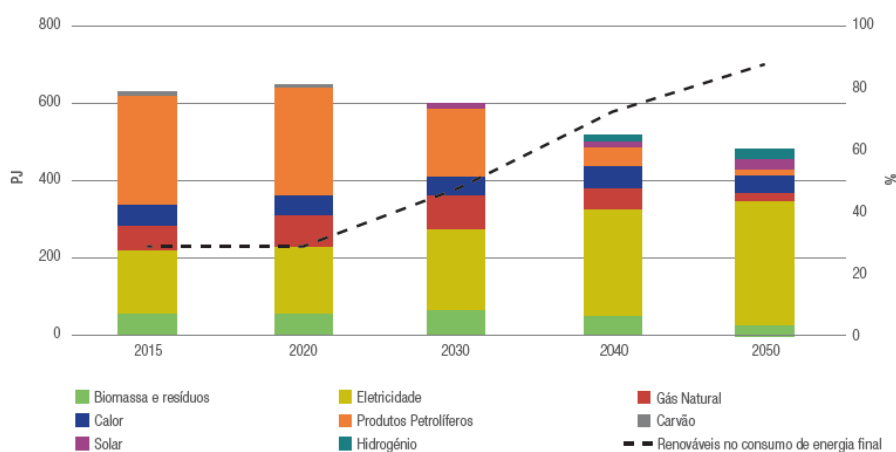


Figura 15 - Evolução do consumo final de energia em Portugal, horizonte 2050 [13]

Outro aspecto apresentado é a maior descentralização na produção de energia, pois as construções mais recentes já propõem que a energia consumida seja produzida no próprio edifício ou nas suas proximidades, o que torna o consumidor um produtor de energia para atender ao seu próprio consumo e contribuir para a rede elétrica. Com essa descentralização associada ao aumento da eficiência energética é estimado que as perdas na rede em 2050 sejam de apenas 5%, enquanto as perdas atuais chegam a 9% nas interligações elétricas. A destacar que a produção de energia fotovoltaica descentralizada atinja os 13 GW em 2050, quando em 2015 a produção foi de 0,2 GW [13].

A considerar uma economia mais sustentável, uma tendência é a Economia de partilha, onde diminui a posse de alguns equipamentos e busca-se nas proximidades os serviços de lavandaria e cozinha, por exemplo, enquanto com o teletrabalho é esperado um aumento no uso da climatização, iluminação e outros equipamentos. Através das iniciativas de reabilitação urbana e de aumento da eficiência energética com a adoção de

equipamentos elétricos de elevado desempenho energético, a iluminação a LED e do uso de equipamentos de classes mais altas de eficiência é esperado até 2050 uma redução no consumo de energia por m² nos edifícios residenciais de 7% a 20%, e de até 42% nos edifícios de serviço [13].

Surgem os modelos de gestão dos edifícios que visam não apenas o edifício em si, mas o sistema local em que está inserido e que possibilita um impacto positivo, seja pela produção própria de energia, do consumo partilhado e do apoio ao negócio de base local, além disso pretende integrar energia e outros recursos, como a água e a produção de alimentos. No horizonte 2050 são importantes aspectos para a configuração do futuro dos edifícios de habitação e de comércio e serviços, sobretudo nas cidades. Na figura 16 é destacado alguns aspectos relevantes na cronologia de aumento da eficiência energética nos edifícios residenciais no horizonte 2050.

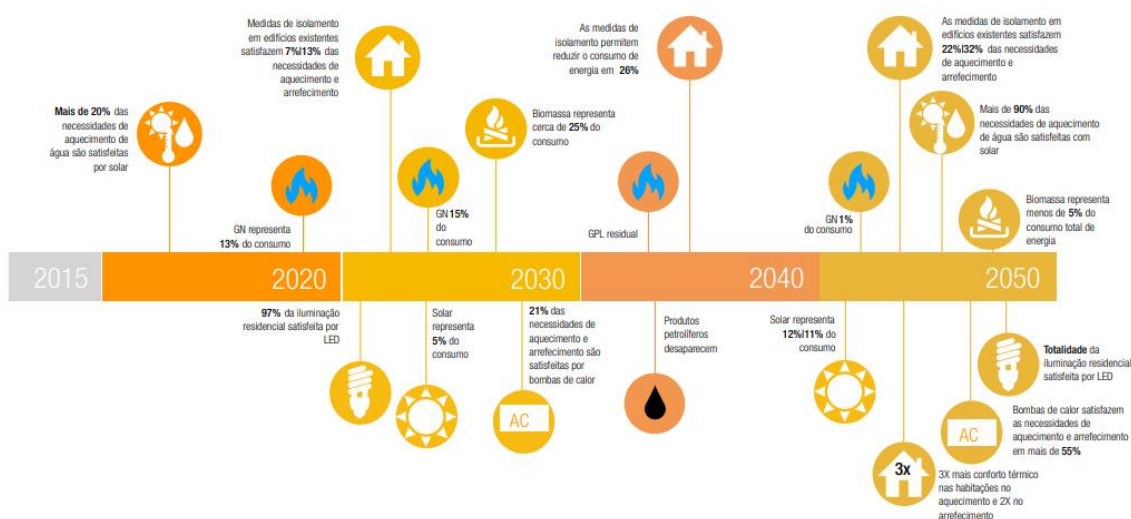


Figura 16 – Cronologia da eficiência energética no setor de habitação no horizonte 2050 [13]

A considerar que no setor dos edifícios de habitação e de serviços, a maioria dos investimentos estará relacionado com a renovação e substituição de equipamentos elétricos por equipamentos mais eficientes, sendo equipamentos com baixo custo, mas com muita expressão, pelo que assumem um valor significativo. Também de relevar a necessidade de investimentos substanciais em isolamento de edifícios, que permitirá simultaneamente o aumento do conforto térmico e uma redução da necessidade de aquecimento no inverno e arrefecimento no verão, e o uso de bombas de calor, que são a forma mais eficiente de prestar esse serviço de aquecimento/arrefecimento.

2.3. EDIFÍCIOS NEAR ZERO ENERGY BUILDING – nZEB

Em meados de 1990 surgem os primeiros edifícios com características sustentáveis, nomeadamente os edifícios BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) e LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

Na segunda geração surgem edifícios que apresentam características no sentido de reduzir o consumo energético. Em 2010, surge o conceito de edifício nZEB, (nearly Zero Energy Building) que agrega melhorias no aspeto construtivo do edifício e assegura maior conforto térmico com menor consumo de energia.

Ao considerar a terceira geração de edifícios, observam-se as características dos edifícios nZEB acrescido dos recursos de geração da própria energia através dos sistemas solares fotovoltaicos, que reúnem aspetos de economia de energia e reduzida emissão de GEE.

A quarta geração, atualmente, vem comprovar a importância da utilização de fontes de energia renováveis ao utilizar os sistemas térmicos que auxiliam no consumo de energia, nomeadamente, sistemas que utilizam caldeiras e bombas de calor para auxiliar no conforto térmico e aquecimento de águas sanitárias. Além disso, surgem as estações de carregamento para veículos elétricos e vem reforçar as ações para aumentar a eficiência energética.

Na quinta geração espera-se a ampliação da produção de energia por fontes renováveis, nomeadamente solar fotovoltaica, solar térmico e biomassa, além de aumentar o desempenho energético dos edifícios, a destacar também o uso de automatismos que possibilitam uma gestão energética mais eficiente. São iniciativas que pretendem contribuir para neutralidade nas emissões de carbono e aumentar o desempenho energético dos edifícios [14].

Ao considerar a energia consumida por um edifício, é importante ser contabilizada desde a fase de conceção, nomeadamente, na produção de matéria-prima, transporte e construção do edifício. Ainda na fase de conceção do projeto existem ferramentas de simulação como o BEOpt/TRNOpt que possibilitam verificar e otimizar o consumo de energia, e o ATHENA para avaliar e otimizar o nível ambiental [14].

Através da diretiva 2010/31/EU o parlamento europeu estabeleceu metas para aumentar o desempenho energético dos edifícios. Os Estados-Membros deviam assegurar que até 31 de dezembro de 2020 todos os novos edifícios e edifícios que passam por

grandes renovações, nomeadamente quando o custo é superior a 25% do valor do edifício excluindo o terreno ou quando a área renovada é superior a 25% da área já construída, sejam com necessidades quase nulas de energia e até 31 de dezembro de 2018 para os novos edifícios públicos [15].

A observar um aspeto importante no número de edifícios nZEB no parque imobiliário, o ciclo de renovação dos edifícios existentes é um processo lento. Por conseguinte, os resultados mais significativos de eficiência energética, através dos edifícios nZEB, são esperados no período 2030-2040.

No Decreto-Lei 118/2013 foram definidas as iniciativas de Portugal para assegurar e promover a melhoria no desempenho energético dos edifícios. As medidas foram apresentadas no âmbito dos regulamentos REH (Regulamento dos Edifícios de Habitação) e RECS (Regulamento dos Edifícios de Comércio e Serviços), que estabeleceram as normas de desempenho energético nos edifícios para habitação, e para comércio e serviços, respetivamente [16].

São medidas para promover os edifícios com necessidades muito baixas de energia, ou quase zero energia, nomeadamente os edifícios nZEB. Estes edifícios apresentam elevado desempenho energético e necessidades reduzidas de energia. As componentes de eficiência energética destes edifícios atendem ao nível mais alto que a sua viabilidade económica permita. Além de apresentar uma eficiência energética muito alta, dispõem de produção de parte da energia a partir de fontes renováveis, solar fotovoltaica, sistema solar térmico, ou biomassa. Desta forma é assegurada a neutralidade na emissão de carbono, consequentemente proporcionam melhor nível de saúde, além de reduzir a fatura energética.

No âmbito dos edifícios de habitação, o regulamento determina que sejam promovidas ações para melhoria do conforto térmico, na prevenção de patologias e para redução das necessidades energéticas. No estudo de comportamento térmico são avaliadas as características da envolvente opaca e nos envidraçados, na ventilação, e nas necessidades anuais de energia para aquecimento e arrefecimento. Pormenores destes elementos, nomeadamente, coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca, fator solar nos vãos envidraçados, ventilação nos espaços para que haja uma renovação de ar adequada, além de sistemas para climatização e para aquecimento de águas sanitárias, são aspetos avaliados para dar enquadramento à classe energética do edifício. São incluídos indicadores

de consumo de energia primária, expressos em kWh/m², e na metodologia são relevantes as características térmicas do edifício.

Ainda destacar alguns aspetos favoráveis ao desempenho energético, presentes nos edifícios nZEB, como as boas condições de exposição solar, a presença de sistemas solares ativos para aquecimento de águas sanitárias e produção de eletricidade a partir de fontes renováveis; eletricidade produzida por cogeração, ou seja, a partir de um processo, obter a energia térmica e elétrica e/ou mecânica; presença de redes urbanas ou coletivas de aquecimento ou arrefecimento; iluminação natural.

Nos edifícios nZEB se busca reduzir a energia consumida no conforto térmico e para os sistemas de AQS. Através da maior eficiência energética dos edifícios nZEB, que é uma das principais iniciativas, espera-se reduzir o desperdício de energia, além de promover ações que vão do incentivo à geração da energia através de fontes renováveis, até à conscientização do consumidor final para escolha de equipamentos energeticamente, nomeadamente motores e máquinas elétricas nas indústrias e a iluminação em prédios residenciais, caldeiras, bombas de calor, e na iluminação ao utilizar luminárias de Led que apresentam consumos de energia bastante reduzidos.

2.4. SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Em Portugal o Decreto-Lei 118/2013 estabeleceu as regras do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), em cujo certificado de desempenho são apresentados valores de referência e os requisitos mínimos para avaliar o desempenho energético do edifício [16].

São passíveis de certificação no âmbito do REH, todas as frações e edifícios destinados à habitação unifamiliar, além das frações que forem construídas após a constituição de propriedade horizontal, designadamente nos edifícios recém-constituídos ou meramente projetados. Além disso, considera-se um edifício certificado quando estejam certificadas todas as suas frações.

No certificado de desempenho energético, um aspeto fundamental é a percentagem do consumo energético que é atendido por fontes de energia renováveis, obedecendo a metas estabelecidas para Portugal e Estados-Membros da UE. A validade do certificado deve ser inferior a dez anos, pois assim possibilita um acompanhamento mais eficaz e se torna possível aplicar as recentes melhorias.

Para avaliar o desempenho energético de um edifício é considerada a energia anual efetivamente consumida em uma utilização típica, ou seja, suficiente para atender as necessidades de aquecimento e de arrefecimento, contabilizando a presença de pessoas e a utilização de equipamentos que influenciam a temperatura ambiente, além de atender a necessidades de aquecimento de água para uso doméstico e iluminação. A diretiva europeia 2010/31/UE estabelece alguns parâmetros que podem ser adaptados a nível nacional e regional, para avaliar o desempenho energético dos edifícios, nomeadamente, capacidade térmica, isolamento, aquecimento passivo, arrefecimento passivo e as pontes térmicas; a instalação de sistemas de AQS, para aquecimento de águas sanitárias; instalação de aparelhos de ar-condicionado eficientes para melhor conforto térmico; ventilação natural e mecânica para garantir a adequada renovação e a qualidade do ar nos ambientes; instalação fixa de iluminação; desenvolvimento e orientação dos edifícios para aproveitar melhor as condições climáticas exterior; a instalação de sistemas solares passivos e proteções solares para otimizar o conforto térmico e reduzir o uso dos sistemas térmicos; condições climáticas interiores e as cargas internas, ou seja, o número de pessoas no ambiente, bem como o uso de equipamentos que podem influenciar as características do ambiente.

Ainda deve ser considerada a finalidade do edifício, nomeadamente, habitações unifamiliares, edifícios de apartamentos, edifícios de escritórios, estabelecimentos de ensino, hospitais, hotéis e restaurantes, instalações desportivas, edifícios de comércio grossista e retalhista, além de outros perfis de consumo de energia.

Os cálculos padronizados são aplicados na avaliação de desempenho energético dos novos edifícios e frações autónomas, além disso, verifica a aplicação de requisitos mínimos de desempenho como o planeamento para o aumento das unidades nZEB. Do sistema para certificação energética dessas novas unidades definiu-se também que deve haver uma periodicidade na inspeção de sistemas de ar-condicionado, visto que apresentam um consumo elevado. Esses requisitos são mínimos, não obstam aos Estados-Membros implementar medidas mais exigentes.

A fiscalização do SCE dos Edifícios compete à Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) e a gestão do SCE dos Edifícios é atribuição da ADENE [17].

2.5. DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA

A partir dos cálculos de transmissão térmica e da eficiência do edifício é definida a classe energética da habitação. Os cálculos foram desenvolvidos no estudo de comportamento térmico [18].

No caso de pré-certificados e certificados SCE de edifícios de habitação, a classe energética é determinada através do rácio de classe energética, nomeadamente R_{Nt} , e é determinado para os edifícios de habitação conforme a expressão:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$$

Em que N_{tc} corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primária e N_t corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária, ambos calculados de acordo com o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

A escala de classificação energética dos edifícios ou frações autónomas de edifícios é constituída por 8 classes de consumo, níveis de desempenho energético, correspondendo a cada classe um intervalo de valores de R_{Nt} , de acordo com o apresentado na Tabela 1.

Classe energética	Valor de R_{Nt}
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Tabela 1 - Classes para classificação energética dos edifícios [18]

Ainda no âmbito da certificação energética, conforme a Portaria 98/2019, de 2 de abril, os edifícios de habitação que atendam as características de energia útil para aquecimento $N_{ic}/N_i \leq 75\%$, energia primária $N_{tc}/N_t \leq 50\%$ e contribuição igual ou superior a 50% de energia proveniente de fontes renováveis para atender as necessidades de climatização e AQS são considerados edifícios nZEB, ou edifícios de energia quase zero. Esse rácio de energia primária igual ou inferior a 50% eleva o edifício as classes A ou A+, quando for igual inferior a 25% [19]. De referir que:

- N_{ic} – é o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício;
- N_i – é o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício;
- N_{tc} – corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primária;
- N_t – corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária.

Na figura 17 se observa a evolução, considerado o desempenho energético, do parque habitacional em Portugal. Os edifícios considerados nZEB representam quase 20% dos certificados emitidos em 2020, sendo também importante observar o crescimento a cada ano destes edifícios que apresentam elevada eficiência energética.

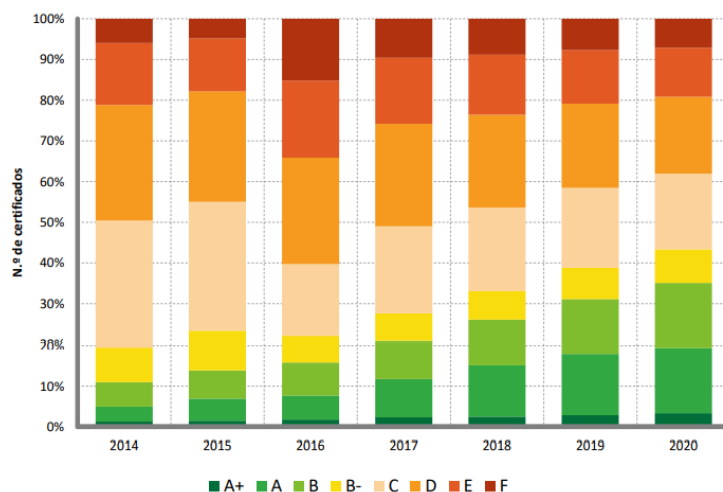


Figura 17 - Evolução da classe energética do parque habitacional [6]

3. SOLUÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No âmbito deste estudo, edifícios de habitação, para alcançar as metas de eficiência energética definidas e aumentar o desempenho energético dos edifícios são necessárias medidas adequadas nos aspectos construtivos do edifício, nos aparelhos utilizados e gestão do consumo energia.

As soluções passivas são relevantes no conforto das pessoas e na economia de energia. Através dos pormenores construtivos se diminui a transmissão de calor através do envolvente exterior do edifício, se consegue melhorar a renovação do ar, reduzir as pontes térmicas e as condensações na envolvente. São aspetos que contribuem para aumentar a eficiência energética, a qualidade do ar, o conforto térmico, por conseguinte melhoram a saúde e o conforto das pessoas.

As soluções ativas são complementares às boas características energéticas do edifício, diminuindo ainda mais o consumo de energia. A utilização de aparelhos elétricos eficientes, principalmente para aquecimento e arrefecimento, onde os consumos são maiores, é essencial para se aumentar o desempenho energético do edifício. A ressaltar que mesmo com a utilização de aparelhos eficientes, é importante haver uma correta gestão do consumo de energia.

Estes automatismos de gestão de energia permitem integrar os sistemas, como iluminação, AVAC, estores etc. E a partir de aplicações é possível visualizar o consumo dos sistemas e gerir a utilização dos aparelhos.

3.1. SOLUÇÕES PASSIVAS

A utilização de soluções passivas, como sejam o isolamento da envolvente exterior opaca, utilização de dispositivos de sombreamento, instalação de envidraçados eficientes, além de uma ventilação natural adequada, contribuem para a melhoria da eficiência energética dos edifícios. As perdas térmicas típicas nestes elementos são de 23% nas paredes e portas (envolvente exterior opaca), de 32% na cobertura, 26% por ventilação e 19% nos janelas e portas (envidraçados) [20], como se pode observar na figura 18. Note-se que a habitação apresentada está situada no último piso do edifício, por conseguinte não há perdas no piso. No entanto, para uma habitação localizada no rés-do-chão teriam que ser consideradas perdas térmicas no pavimento.

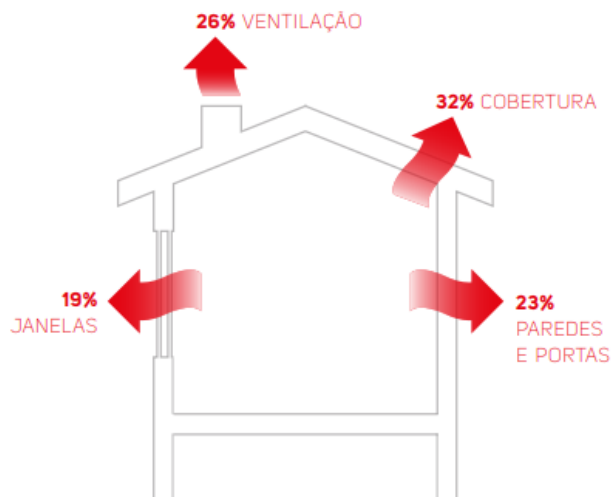


Figura 18 - Perdas térmicas típicas em um edifício para habitação [20]

3.1.1. ISOLAMENTO DA ENVOLVENTE EXTERIOR

Até meados de 1990 os edifícios apresentavam paredes de alvenaria, simples ou duplas, sem isolamento térmico. A seguir começam a ser construídos edifícios que dispunham de algum tipo de isolamento térmico, geralmente utilizando o método de paredes duplas, separadas por uma caixa de ar. Atualmente, a técnica mais utilizada, e também uma das mais eficientes, principalmente por reduzir as pontes térmicas e a condensação, é o isolamento do edifício pela face exterior da envolvente. Entretanto, como a renovação do parque imobiliário é demasiado lenta, os edifícios sem qualquer isolamento ainda representam cerca de 70% das construções em Portugal [21].

Envoltentes exteriores não isoladas podem representar elevadas perdas ou ganhos de calor, conforme a estação do ano; além disso, podem surgir focos de condensação pela diferença de temperatura com o exterior, que diminuem a qualidade do ar interior e prejudicam a saúde das pessoas.

O isolamento adequado da envolvente do edifício, nomeadamente, as paredes e lajes, além das pontes térmicas em pilares, vigas, e caixas de estore, influencia os sistemas ativos de climatização. Na figura 19 é apresentada o modelo de isolamento ETICS, uma solução muito eficiente através isolamento exterior. Associado a um adequado isolamento exterior, como se pode ver na figura 20 onde é apresentado uma caixa de estore que dispõe de isolamento, desta forma são diminuídas as pontes térmicas nestes elementos. Estes sistemas se tornam complementares no conforto térmico da habitação e o consumo de energia para aquecimento e arrefecimento será reduzido.



Figura 19 - Isolamento pelo sistema ETICS [Fonte: <https://www.obras360.pt/etics-lp>]

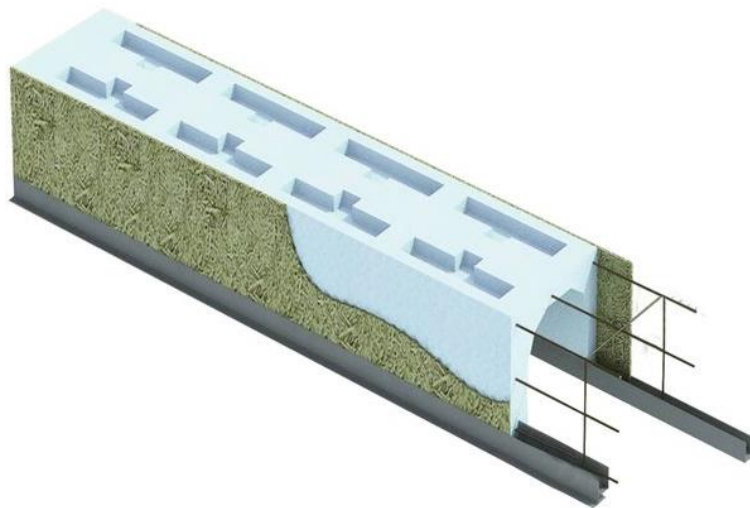


Figura 20 - Caixa de estore com isolamento térmico [Fonte: <https://polibox.pt/caixas-de-estores>]

Também há possibilidade de isolamento pelo interior do edifício; no entanto, esta técnica apresenta algumas desvantagens, como sejam reduzir a área útil do edifício e diminuir a inércia térmica, além de menor eficiência no isolamento das pontes térmicas, nomeadamente, nas vigas e pilares. Contudo, deve ser considerado principalmente nas remodelações, onde pode haver limitações técnicas.

No edifício estudado, como se observa na figura 21, foi feito o isolamento da envolvente pela face exterior. O tipo de isolamento utilizado foi constituído por placas de Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com maior densidade, para os elementos horizontais (pavimentos, pisos e coberturas), e placas de Poliestireno Expandido Moldado (EPS), de menor densidade, para os elementos verticais (paredes exteriores). A considerar a baixa condutibilidade térmica destes materiais – XPS igual a $0,037 \text{ W/m}^2\text{°C}$ e EPS igual a $0,040 \text{ W/m}^2\text{°C}$ – associada ao uso de tijolos térmicos com furação vertical (ver figura

22), que apresentam condutibilidade térmica igual a $0,36 \text{ W/m}^2\text{C}$. Neste caso, foi obtido um bom isolamento térmico e aumentou-se a eficiência energética.



Figura 21 - Isolamento da envolvente opaca pela face exterior



Figura 22 - Tijolo térmico com furação vertical utilizado no edifício

Na habitação estudada, ao utilizar o sistema com isolamento exterior foram eliminadas as pontes térmicas nos pilares e vigas. No entanto, ainda existiam as pontes térmicas

nas caixas de estore. Para corrigir esse aspeto foram instaladas caixas de estore com isolamento térmico EPS, de largura igual a 6 mm.

Além dos materiais utilizados no isolamento do edifício estudado, nomeadamente o XPS e o EPS, também estão disponíveis no mercado materiais como a cortiça, lã mineral, espuma rígida de poliuretano e argamassa térmica. Todos apresentam condutibilidade térmica muito baixa, inferior a $0,050 \text{ W/m}^2\text{°C}$ [21].

3.1.2. SOMBREAMENTO

Associado ao isolamento da envolvente podem ser utilizadas proteções solares. Esses dispositivos podem ser exteriores, do tipo fixo ou móvel, ser interiores, do tipo móvel, ou integrados. O sombreamento por dispositivos exteriores é mais eficaz, pois quando ocorre a passagem da radiação solar pelo envidraçado, este calor permanece no interior, o que como isolamento térmico é menos eficaz. Uma solução integrada é quando o sistema de sombreamento é instalado no interior do envidraçado, em vidros duplos ou triplos. Este sistema é mais eficiente que o interior, pois o sombreamento é feito antes da radiação alcançar o interior da habitação.

O sombreamento fixo é um tipo de sombreamento que faz parte do edifício e requer considerações de altura ou comprimento, e orientação solar. A eficiência dos sistemas de sombreamento fixos varia conforme a estação e a posição solar. Por exemplo, numa fachada orientada a sul é mais vantajoso utilizar sombreamento fixo horizontal, enquanto em fachadas orientadas a Oeste e a Este, é mais eficiente o sombreamento fixo vertical, pois a posição solar nestas orientações é mais baixa. Exemplos de sombreamento do tipo fixo muito utilizados são as palas horizontais e verticais.

O sombreamento móvel é um tipo de sombreamento que pode ser controlado manualmente ou por automatismos, permitindo assim adequar o sombreamento de acordo com a posição solar. As portadas, toldos retráteis, estores, cortinas, venezianas e telas de rolo (conhecidas como *blackout*) são exemplos de sombreamento do tipo móvel.

As soluções de sombreamento, fixos e móveis, mais utilizados nos edifícios são:

- Palas (verticais e horizontais) – estes elementos fazem parte da construção do edifício, projetam o corpo da fachada, das coberturas ou varandas. Con-

tudo, podem ser também modelos comercializados em vidro ou metal. Estas palas ainda podem apresentar características permeáveis, no caso das pérgulas e das gelsias, que fazem o sombreamento parcial.

- Lamelas ou *Brise-Soleis* – dispositivos normalmente instalados no exterior, constituídos por um conjunto de lâminas que podem ser orientadas, permitindo ajustar o sombreamento.
- Portadas – é um sistema de portas de correr ou batente, que bloqueia a entrada de radiação solar. Localiza-se no exterior e normalmente é alumínio, PVC (policloreto de vinilo) ou madeira.
- Venezianas – é constituído por um conjunto de lâminas que permitem ajustar o sombreamento a partir do empilhamento, e permite a abertura e fechamento. Estas soluções, assim como os estores, podem ser manuais ou automatizadas.
- Estores – é a solução utilizada na habitação em estudo. É um dispositivo composto de réguas, geralmente em alumínio ou PVC, dispostas de modo a permitir a abertura e fecho por enrolamento. Permitem um sombreamento ajustável. Ainda destacar que ao utilizar um estore é importante a instalação de caixas com isolamento térmico para o seu abrigo.
- Telas de rolo ou estores verticais (*blackout*) – as telas de rolo é uma opção de sombreamento fabricada em PVC ou poliéster. Consiste de uma tela que pode ser mais ou menos transparente. Geralmente instaladas no interior, são instaladas em rolo e permitem a abertura e fechamento.
- Cortinas – é geralmente utilizado como solução complementar de sombreamento e também como elemento decorativo. É uma solução de sombreamento instalada no interior.
- Toldos – são elementos instalados na fachada, fixos ou móveis, que proporcionam o sombreamento em determinadas zonas da fachada. A área do toldo e o sistema utilizado para abertura e fechamento, devem ser adequados à utilização e a orientação da fachada.

Os dispositivos de proteção solar instalados no edifício em estudo foram as palas horizontais e verticais (fixas) e os estores elétricos (móveis). Ainda se observa uma pala

permeável do tipo pérgula, além de algumas proteções com estrutura em alumínio prontas a receber o envidraçado (ver figuras 23 e 24).



Figura 23 - Dispositivos de sombreamentos utilizados na habitação



Figura 24 – Pormenor da pala horizontal na cobertura, utilizada como dispositivo de sombreamento

Os estores foram instalados no exterior, por conseguinte apresentam maior eficiência no aspeto térmico. Este dispositivo contribui para melhorar a temperatura e a luminosidade na habitação. No inverno é recomendado manter os estores fechados (envidraçado desprotegido) durante o dia para aumentar os ganhos solares e contribuir no aquecimento. No verão, as proteções solares devem ser ativadas permitindo reduzir o excesso de luminosidade e controlar o sobreaquecimento nos espaços da habitação [22].

3.1.3. ENVIDRAÇADOS

As janelas e portas envidraçadas são muito importantes para a renovação do ar e auxiliam no conforto térmico do edifício. O isolamento dos envidraçados representa, como solução passiva um contributo importante para a eficiência energética. No período de aquecimento ocorrem ganhos de calor a partir da irradiação solar. Através do envidraçado nas janelas e portas o ganho de calor pode representar, usualmente, cerca de 35% (ver figura 25), em média.

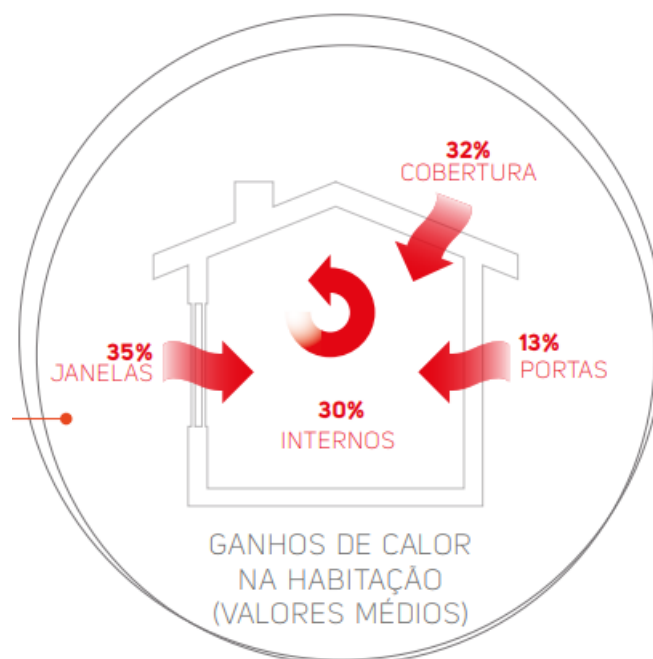


Figura 25 - Ganhos de calor em uma habitação [23]

Para obter ganhos de calor no período de aquecimento é importante observar alguns aspetos como sejam a orientação, sombreamentos projetáveis, e dimensão do envidraçado.

Seguidamente, apresentam-se alguns pormenores técnicos que contribuem para a eficiência energética:

- Caixilho – no edifício foram utilizados caixilhos de alumínio com corte térmico (ver figura 26). Este modelo apresenta um desempenho superior, e utiliza polímeros termoplásticos (retícula em poliamida), com transmissão térmica muito baixa, que separa as faces exterior e interior da janela. Além do isolamento térmico, esta solução aumenta o isolamento acústico dos envidraçados e diminuiu a possibilidade de condensação nos vidros, pois impedem a formação de ponte térmica. Ainda estão disponíveis no mercado caixilhos de alumínio sem corte térmico, além dos fabricados em PVC e madeira [24].

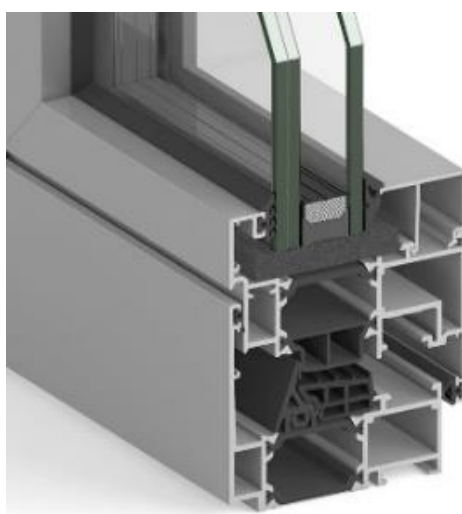


Figura 26 - Caixilho dos envidraçados com retícula térmica, modelo utilizado na habitação

- Vidro – no edifício estudado foram utilizados vidros duplos, conforme a figura 27. Este modelo de envidraçado apresenta boas características térmicas e aumenta o desempenho energético do edifício. Note-se que as janelas e portas envidraçadas compõem uma grande parte da envolvente exterior do edifício, sendo importante que estes elementos sejam eficientes. Em Portugal, os vidros duplos são os mais utilizados atualmente; são constituídos por duas lâminas de vidro, separadas por uma caixa de ar ou gás, com até 16 mm de espessura [24]. Como o ar apresenta uma transmissão térmica inferior ao vidro, este elemento contribui para aumentar a eficiência do envidraçado. Na figura 28 se observa que a condutibilidade térmica é igual a $1,30^{\circ} \text{ W/m}^2\text{C}$.

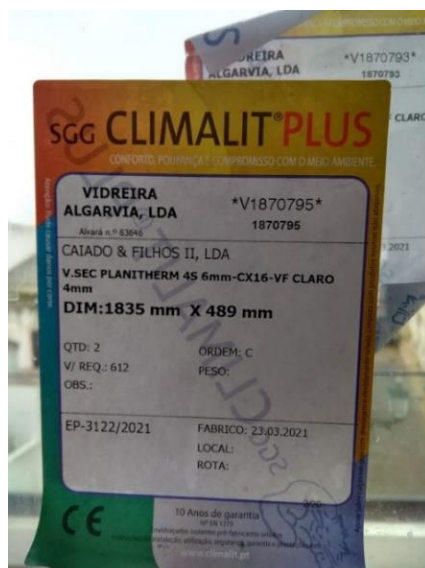


Figura 27 - Vidro utilizado na moradia

SGG CLIMALIT PLUS	SGG PLANITHERM XN	SGG PLANITHERM ULTRA N	SGG PLANITHERM ONE	SGG PLANITHERM 4S	
Energia Luminosa					
Transmissão	%	81%	80%	71%	65%
Reflexão	%	12%	12%	23%	27%
Energia Solar					
Transmissão	%	58%	55%	45%	40%
Reflexão	%	26%	26%	38%	41%
Absorção	%	14%	17%	14%	17%
Factor g		0,61	0,57	0,48	0,43
Índice de selectividade					
IS		1,33	1,40	1,48	1,51
Coefficiente U					
Ar		1,40	1,40	1,30	1,30
Árgon 90 %		1,10	1,10	1,00	1,00

Figura 28 - Dados técnicos dos vidros utilizados no edifício, SGG PLANITHERM 4S

- Orientação – este aspeto de melhoria na eficiência energética apresenta contribuições distintas conforme a orientação das janelas e a época do ano, estação de aquecimento ou estação de arrefecimento, e também de acordo com as características climáticas da região onde se localiza o edifício [24].

A importância de envidraçados eficientes é observada em algumas circunstâncias, como no período de aquecimento, em que são favoráveis os envidraçados orientados a Sul, pois apresentam elevada exposição solar e isto contribui para os ganhos térmicos. Por outro lado, a orientação a Sul no período de arrefecimento, pode aumentar a necessidade de consumo de energia para arrefecimento. Nos envidraçados orientados a Norte, com ausência de exposição solar, não há ganho no período de aquecimento e o uso de envidraçados mais eficientes permitem reduzir o consumo de energia para aquecimento.

O edifício estudado tem a sua frente com orientação a Sudoeste, uma orientação intermédia, que proporciona bom ganho solar no inverno, mas que requer um isolamento adequado na envolvente exterior para reduzir a energia para arrefecimento no verão.

Ainda a considerar a melhoria do comportamento acústico, principalmente nos edifícios situados em vias movimentadas ou perto de ferrovias que apresentam elevados índices de ruído, através da utilização de envidraçados eficientes, e contribuem para o conforto das pessoas.

3.1.4. VENTILAÇÃO

A ventilação é a renovação do ar interior por ar exterior realizada de forma controlada. Na maioria dos edifícios, cerca de 96%, a renovação é feita através de ventilação cruzada com aberturas de portas e janelas; além disso são bastante utilizados extractores na cozinha e nas instalações sanitárias [25]. A ventilação pode ser feita:

- De forma natural (solução passiva) – a partir das ações naturais, térmica e vento, que asseguram um escoamento de ar entre as aberturas de admissão de ar exterior, janelas, grelhas, frinchas, e nas aberturas de extração de ar, como as chaminés;
- De forma mecânica (solução ativa) – é feita por ventiladores que asseguram de forma controlada e ininterrupta o escoamento do ar entre as aberturas de admissão de ar exterior e as aberturas de extração de ar ligadas às condutas. Há no mercado sistemas que permitem a insuflação e a extração, e sistemas apenas com ventiladores de extração;
- Ventilação mista – é a utilização destes dois sistemas, sendo caracterizado pela existência de extractores individuais (exaustores, extractores de casa de banho), ligados a condutas individuais.

O sistema utilizado na habitação e apresentado no estudo de avaliação do desempenho térmico é de ventilação mista. Existem no edifício dois extractores na cave, com caudal de extração igual a 130 m³/h, com potência de 12 W, como o apresentado na figura 29, e duas condutas de admissão, ver figura 30. Ainda como conduta de extração natural, tem a presença de uma chaminé para o recuperador de calor e uma chaminé para o exaustor da cozinha. Nas casas de banho há a presença de duas condutas de 110 mm de diâmetro

para admissão e extração de um caudal de 45 m³/h (ver figura 31), além da presença de janelas basculantes em todas as casas de banho.

Um sistema de ventilação é importante para a saúde e o conforto das pessoas, ao contribuir para a redução das concentrações de CO₂ no ambiente e ao reduzir eventuais condensação nas paredes. Ao reduzir as perdas térmicas, também contribui para aumento do desempenho energético do edifício.

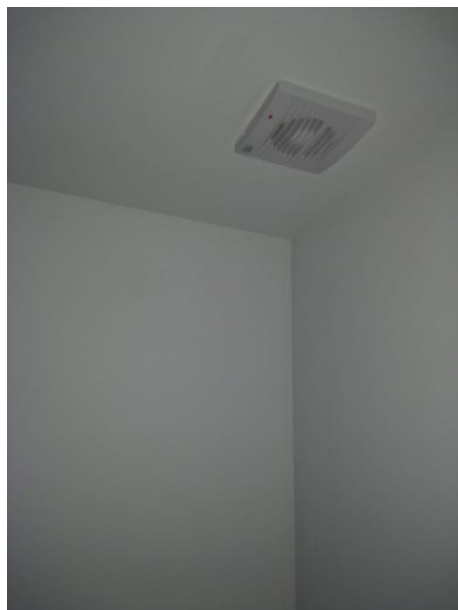


Figura 29 - Extrator instalado na cave para renovação do ar



Figura 30 - Conduto de admissão de ar para a cave



Figura 31 - Conduta de admissão de ar na casa de banho

A portaria 15793-K estabelece uma taxa de renovação mínima de ar igual a 40% por hora. Como método de ventilação natural se pode considerar o efeito da abertura das janelas na renovação do ar, para isso é considerada uma área de secção da abertura equivalente à área livre da abertura da janela. Por conseguinte, para calcular a renovação de ar por hora (RPH) é incluída a área da abertura da janela. Contudo, inicialmente deve ser considerada uma área igual a 0 cm² e se for obtido um valor de RPH muito reduzido, a área de abertura das janelas pode ser aumentada até 250 cm² para se obter um RPH mínimo igual ao valor de referência de 0,40. Este entendimento pretende evitar que num edifício existente, seja sugerida uma proposta de melhoria da ventilação que, eventualmente, não seja necessária [26].

Por conseguinte, essa ponderação da área das janelas permite igualmente utilizar os caudais provenientes dessas janelas, evitando que sejam obtidas taxas de renovação demasiado elevadas. A considerar que ocorrem perdas térmicas através da ventilação; um caudal elevado podia conduzir a uma situação irreal e comprometer o cálculo do desempenho energético do edifício.

3.2. SOLUÇÕES ATIVAS

Para o edifício alcançar um alto desempenho energético é importante considerar as soluções passivas, nomeadamente os aspetos construtivos do edifício, mas também as soluções ativas. A utilização de aparelhos eficientes, principalmente para aquecimento e arrefecimento ambiente, AQS e iluminação, com bom desempenho energético permitem reduzir o consumo de energia e por conseguinte as emissões de CO₂. Em conjunto com os aparelhos eficientes existem automatismos como o KNX que permitem a gerir o consumo e resultam em maior economia de energia.

Atualmente, cerca de 40% das moradias utilizam aquecedores elétricos para aquecimento ambiente, equipamentos pouco eficientes energeticamente. A seguir, surge a utilização de lareiras, em cerca de 25% das moradias, equipamentos que também apresentam baixa eficiência. A destacar que cerca de 14% das moradias não dispõem de qualquer aparelho para aquecimento ambiente, pelo que no período de aquecimento é baixo o conforto térmico das pessoas. São utilizados também os recuperadores de calor, que apresentam maior eficiência que as lareiras e ainda podem aquecer outros ambientes através da instalação de condutas, sendo utilizado em 14% dos edifícios [27]. Na figura 32 é possível observar a distribuição da utilização dos aparelhos de aquecimento ambiente nas moradias. Na figura 33 se observa os equipamentos utilizados para arrefecimento ambiente.

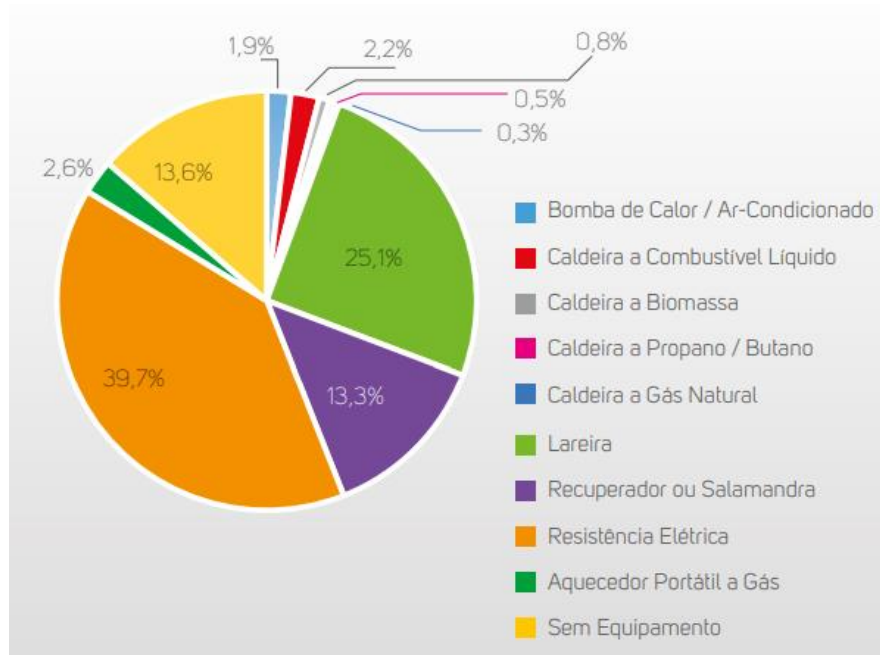


Figura 32 - Equipamentos utilizados para aquecimento ambiente [27]

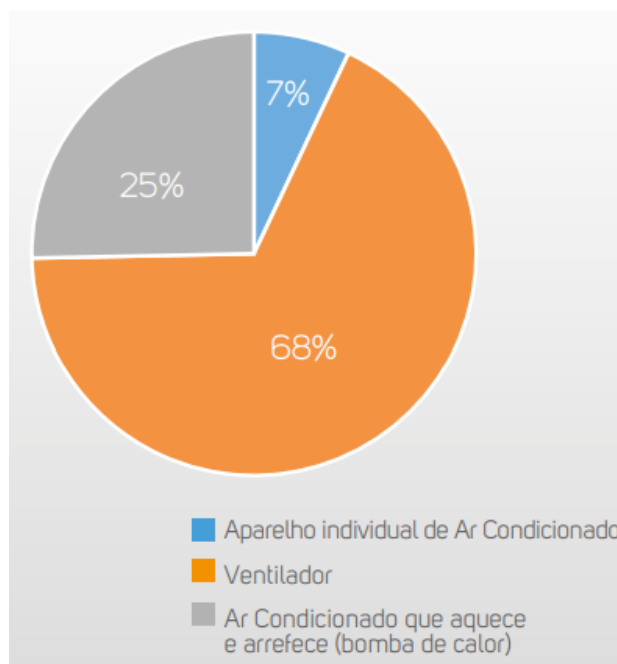


Figura 33 - Equipamentos utilizados para arrefecimento ambiente [27]

3.2.1. AR-CONDICIONADO

O equipamento mais utilizado nas habitações para o aquecimento e arrefecimento do ambiente é o ar condicionado. O sistema funciona basicamente através da permuta de calor ar-ar. É um sistema de instalação simples e atualmente dispõem-se de aparelhos com ótimo desempenho energético.

Este equipamento divide-se nos seguintes tipos de sistemas e respetivas funcionalidades:

- Portátil – numa unidade se concentram todos os componentes, com tudo ligado ao exterior. Apresenta vantagens de deslocação fácil e não requer instalação, contudo, necessita de uma abertura para ligação do tubo ao exterior e apresenta baixa eficiência.
- Mono-Split – o aparelho apresenta uma unidade interior (evaporadora) e uma unidade exterior (condensadora). É mais eficiente que o modelo portátil.
- Multi-Split – o aparelho é composto por uma unidade exterior que pode ser ligada a duas ou mais unidades exteriores. Este modelo é utilizado para arrefecimento de múltiplos ambientes da habitação. Permite diferentes temperaturas entre os ambientes; contudo, não são permitidos ciclos de aquecimento e arrefecimento simultâneos.

No sistema de aquecimento e arrefecimento por ar-condicionado é importante destacar a utilização de aparelhos *Inverter*, pois são os mais eficientes. Os modelos convencionais utilizam o conversor a carga plena ou desligados, assim o compressor está em funcionamento pleno até atingir a temperatura desejada, desligando após esta ter sido atingida. Nos modelos *Inverter*, através de um inversor de frequência, o compressor é ajustado para reduzir ou aumentar a carga, conforme a necessidade, evitando que o compressor seja ligado e desligado. Este tipo de funcionamento evita picos de corrente no arranque, além de oferecer ajustes mais precisos da temperatura. Através deste sistema, o consumo de energia é reduzido em 30% se comparado com os modelos convencionais [27].

Como solução principal para o conforto térmico na habitação estudada foi utilizado um sistema Ar Condicionado Multi-Split *Inverter* Haier (ver na figura 34), composto por duas unidades exteriores. Estas unidades permitem alimentar cinco unidades interiores, em cinco ambientes da habitação. Estes aparelhos possuem a classificação energética A+++ para arrefecimento e A++ para aquecimento e, por conseguinte, apresentam no arrefecimento um rácio de eficiência energética (EER) superior a 3,20 e no aquecimento um coeficiente de performance (COP) superior a 3,60. Quanto mais elevado o COP e o EER, maior a eficiência energética que o aparelho apresenta.



Figura 34 - Unidade interior do sistema de Ar-Condicionado Multi-Split Haier

Como o objetivo da habitação era apenas o aquecimento e arrefecimento do ar ambiente, a melhor solução custo-eficaz foi a utilização deste sistema de ar condicionado, que apresenta uma eficiência energética alta, além de uma instalação mais simples. Com esta solução se consegue um excelente conforto térmico, com baixo consumo energético.

3.2.2. BOMBAS DE CALOR

As bombas de calor podem apresentar permuta de calor do tipo ar-ar, assim como os aparelhos de ar condicionado *Inverter*.

As bombas de calor ar-água fazem a permuta de calor ar-água e apresentam alta eficiência conseguida através de circuito frigorífico que utiliza o calor do ar ambiente (energia renovável) para aquecer a água ou o ar.

A eficiência das bombas de calor é representada pelo COP, que genericamente é dado pela relação entre o calor absorvido pelo evaporador e o consumo energético do compressor. Para conjugar o aquecimento e arrefecimento ambiente e AQS, a solução mais eficiente é conseguida a partir das bombas de calor, que apresentam coeficientes de desempenho altos, EER e COP, acima de 3,20 e 3,60, assegurando assim uma classificação energética igual A ou superior [28]. Esta eficiência é muito superior ao aquecimento através das caldeiras, a solução mais utilizada habitualmente, com recurso a combustíveis sólidos (como lenha por exemplo) ou a gás. A bomba de calor recorre a um permutador de calor que pode extrair energia do ar (aerotérmica), do solo (geotérmica) ou da água (hidrotérmica), todas energias renováveis. A bomba de calor permite transferir calor ou frio do ar ambiente para o ar ou água, conforme o sistema. Através de um ciclo termodinâmico de refrigeração por compressão facilmente reversível, e com alta eficiência nos dois sentidos de transferência de energia térmica, esse processo consiste em receber calor de um fluido a baixa temperatura e ceder calor para um fluido em temperatura mais alta, ou vice-versa. No sistema aerotérmico, o mais utilizado, a conversão é semelhante ao ar condicionado *Split Inverter*, onde ocorre a troca de calor com o ar exterior. É importante ressaltar que o calor é obtido do ar exterior, mesmo em baixas temperaturas.

Uma solução a destacar é a utilização das bombas de calor em conjunto com o piso radiante, que é uma solução muito eficiente e que permite um aquecimento/arrefecimento homogéneo do ambiente, proporcionando uma climatização bastante natural. Neste modelo, a canalização, que recebe o fluido (água) quente ou fria, é instalada no

contra piso da habitação. Embora seja um processo de climatização ambiente mais lento, apresenta um comportamento mais gradativo e natural.

As bombas de calor podem também ser utilizadas em conjunto com radiadores ambiente, utilizando água como fluido para aquecer e arrefecer o ambiente, através de troca térmica com o ar ambiente. Distingue-se do piso radiante, que é um sistema embudido, por ser uma instalação à vista.

A destacar também a utilização de bombas de calor ar-água no aquecimento de piscinas. Embora seja um processo lento, é o mais eficiente e atualmente o mais utilizado. Neste tipo de aplicação, é importante realçar a instalação de cobertura na piscina, para evitar a evaporação da água aquecida, principalmente durante a noite, quando a temperatura ambiente é mais fria.

3.2.3. ESQUENTADORES A GÁS

Nos esquentadores, a produção de calor é obtida principalmente através da combustão de gás natural, de propano ou butano, e são utilizados para aquecer a água a ser consumida imediatamente. A água é aquecida através do calor liberado pela combustão do gás. É importante na instalação dos esquentadores o uso das condutas adequadas para evacuar os gases produzidos na combustão para o exterior. Normalmente estes aparelhos possuem capacidade de aquecimento entre 5 e 27 litros por minuto. Ainda considerar que nos esquentadores o caudal de água aquecida é inferior ao de água fria [29].

3.2.4. TERMOACUMULADORES ELÉTRICOS

Os termoacumuladores são depósitos de acumulação de água, equipados com uma resistência elétrica utilizada no aquecimento da água. Este aparelho apresenta duas desvantagens que o coloca na classe B, o tempo para aquecimento da água e o consumo de energia.

Outra alternativa utilizada nas moradias, são os termoacumuladores elétricos, solução sem emissão de poluentes, contudo, pouco eficiente energeticamente. Em moradias em que há necessidade de grandes volumes de água aquecida, o consumo se torna elevado.

3.2.5. CALDEIRAS

As caldeiras podem produzir água quente instantaneamente assim como os esquentadores, contudo são utilizadas principalmente em sistemas por acumulação. No sistema com acumulação é necessário a instalação de um depósito de armazenamento da água quente. Para assegurar elevados caudais de água quente é recomendada a utilização de caldeiras com depósito de água quente, onde a água é aquecida, armazenada e mantida quente até à sua utilização [29].

As caldeiras de condensação são aparelhos em que a produção de calor é feita por combustão. Esta caldeira aproveita os gases da combustão (resíduos do funcionamento da caldeira), assim sendo feito um pré-aquecimento da água de alimentação da caldeira, o que minimiza o desperdício de energia (calor). Este aproveitamento dos gases provenientes da combustão torna este modelo muito eficiente e permite reduzir as necessidades de gás. Além disso, ao utilizar os gases da combustão, reduz as emissões de dióxido de carbono e aumenta a eficiência energética. Em termos de classificação energética, as caldeiras estão situadas entre as classes A e B, contudo os modelos mais eficientes atingem a classe A+.

3.2.6. LAREIRAS

As lareiras apresentam eficiência térmica baixa, pois apenas 10% a 15% da energia da biomassa é aproveitada. Ao utilizar os recuperadores de calor e a salamandra, essas perdas térmicas são reduzidas e se alcança uma eficiência maior [30]. Ao considerar o recuperador de calor a ar, utilizados no lugar das lareiras abertas, o ar aquecido pode ser distribuído no edifício através de condutas de ar. Os recuperadores de calor para água, são utilizados para aquecimento central da água, e permitem a utilização desta água aquecida, para aquecimento ambiente através de radiadores, piso radiante e/ou AQS. Alguns tipos de biomassa utilizados são a lenha, estilha (serragem), pellets (aglomerados de serrim/serragem) e briquetes (pellets com maior dimensão). É importante observar que a portaria 349-B estabelece rendimentos superiores a 75% [28].

3.2.7. RECUPERADORES DE CALOR E SALAMANDRAS

São equipamentos que utilizam a energia térmica proveniente da queima de combustível sólido para aquecer o ambiente. Esta energia é transmitida a um fluido, ar ou água, que é distribuído pela habitação. Os recuperadores de calor são mais eficientes energeticamente que as lareiras abertas [30].

Na habitação foi utilizado um recuperador de calor (ver figura 35), de utilização local, sem condutas de distribuição do ar aquecido, modelo Foyer 700 ECO, que utiliza biomassa como fonte de energia, e apresenta uma potência de 14 kW de aquecimento e rendimento de 73%.



Figura 35 - Recuperador de calor utilizado na habitação

As caldeiras, recuperadores de calor e salamandras que utilizem biomassa como combustível sólido devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na figura 36, determinada mediante ensaio de acordo com a respetiva referência normativa.

Equipamento		Eficiência	Norma/Referência Aplicável
Caldeira a combustível sólido	Lenha	$\geq 0,75$	EN12809
	Granulados	$\geq 0,85$	
Recuperadores de calor e salamandras		$\geq 0,75$	EN13229 EN13240 EN14785

Figura 36 – Eficiência mínima para caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa [28]

3.3. SISTEMA SOLAR TÉRMICO

Para aquecimento de águas sanitárias, a partir do Decreto-Lei 118/2013 fica definida a necessidade da utilização de energia renovável no consumo dos edifícios de habitação. Por conseguinte, sempre que houver exposição solar suficiente, deve ser utilizado um sistema solar térmico nos edifícios [16]. Através das medidas e incentivos se espera

umentar a participação das energias renováveis e a produção de energia no próprio edifício.

No sistema solar térmico o processo de aquecimento da água ocorre através do coletor solar situado no exterior no edifício. Há dois sistemas de aquecimento, por termossifão ou por circulação forçada. No sistema termossifão, mais simples e mais utilizado, a água aquecida se torna menos densa e sobe para o depósito situado acima dos coletores solares. Este sistema apresenta uma resistência elétrica para apoio, para manter a água na temperatura desejada quando não se dispõe de radiação solar. No sistema de circulação forçada é utilizada uma bomba de circulação e o depósito de água aquecida é instalado no interior da habitação. A temperatura é lida através de sondas de temperatura colocadas no coletor e no depósito; por conseguinte, o sistema atua quando a temperatura do fluido no coletor for superior à temperatura no depósito.

No sistema solar térmico há possibilidade de utilizar alguns aparelhos como apoio, para atender ao consumo elevado em alguns períodos ou na ausência de radiação solar. No sistema termossifão, além da resistência elétrica instalada no depósito, também são utilizadas como apoio caldeiras e esquentadores a gás [31].

Ainda que os novos edifícios estejam obrigados a instalar o sistema solar térmico para AQS se houver disponibilidade de radiação solar, o sistema mais utilizado é o esquentador a gás, presente em 81% das moradias (figura 37). Realce-se que os esquentadores utilizam combustíveis fósseis, emitindo por isso CO₂ na atmosfera, e são um sistema de aquecimento instantâneo, o que pode limitar o caudal de água quente.

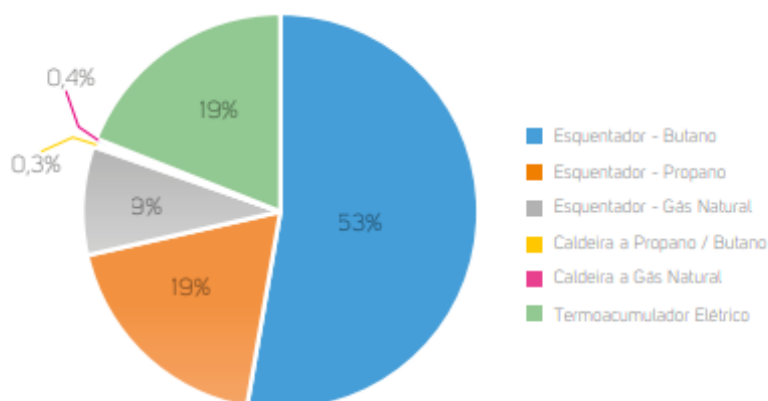


Figura 37 - Aparelhos utilizados para aquecimento de águas sanitárias [29]

Na moradia estudada é utilizado um sistema AQS através do sistema solar térmico por termossifão (figura 38), que aquece a água e é armazenada para consumo posterior

num depósito de acumulação de 160 litros, suficiente para atender o consumo de uma família de quatro pessoas. Este sistema apresenta ainda uma resistência elétrica complementar, para períodos de radiação solar reduzida e para manter a água aquecida no período da noite. Essa resistência é programada a partir de interruptor horário para um acionamento automatizado e reduzir o consumo de energia.



Figura 38 - Sistema Solar Térmico de Termossifão para águas quentes sanitárias

Através da calculadora disponível na aplicação ecoap.pt foram analisadas as necessidades energéticas para AQS (ver anexo I). Nos cálculos foram considerados a necessidade de 160 litros de água quente por dia a 50°C, para uma família de quatro pessoas.

Na tabela 2 são apresentados o consumo e os custos de energia para cada solução analisada, nomeadamente, o esquentador a propano, o termoacumulador elétrico e a caldeira a propano. Os custos de cada solução foram comparados com o custo de energia com o sistema solar térmico.

A observar a relação custo-eficaz das soluções mais utilizadas, nomeadamente os esquentadores a gás, termoacumulador elétrico e caldeiras a gás, é importante destacar alguns aspetos. Ao considerar uma habitação unifamiliar típica, o comportamento da relação custo-eficaz nos esquentadores e caldeiras são semelhantes, cerca de 6 anos para retorno do investimento num sistema solar térmico do tipo termossifão, que utilizam gás como fonte de energia, enquanto através dos termoacumuladores elétricos se consegue o retorno do valor investido em 4 anos. A ressaltar que os custos iniciais em energia com os esquentadores e caldeiras são reduzidos, contudo é menor o tempo de retorno do investimento para o termoacumulador, que utiliza eletricidade. Conclui-se, que embora liberte gases poluentes, o custo da energia com gás é inferior ao custo da energia elétrica.

	Esquentador a gás	Termoacumulador elétrico	Caldeira a gás
ANÁLISE ENERGÉTICA			
Nº de coletores solares	1	1	1
Área ocupada pelo solar térmico	2,3 m ²	2,3 m ²	2,3 m ²
Volume dos depósitos de acumulação	160 litros	160 litros	160 litros
Necessidades energéticas anuais	3062 kWh	3062 kWh	3062 kWh
Energia produzida pelo solar térmico	1944 kWh	1944 kWh	1944 kWh
Consumo de energia (sistema de apoio)	1315 kWh	1177 kWh	1285 kWh
Excedente de energia (no verão)	17%	17%	17%
Contributo do solar térmico	63%	63%	63%
ANÁLISE FINANCEIRA			
Custos energéticos (cenário inicial - sem solar térmico)	434,00 €	645,00 €	424,00 €
Custos energéticos (cenário final - com solar térmico)	158,00 €	235,00 €	155,00 €
Redução anual da fatura energética	275,00 €	409,00 €	269,00 €
Investimento estimado	1.635,00 €	1.635,00 €	1.635,00 €
Custos anuais com operação e manutenção	82,00 €	82,00 €	82,00 €
Período de retorno	5,9 anos	4,0 anos	6,1 anos

Tabela 2 – Comparativo das soluções para aquecimento de águas sanitárias mais utilizadas

Nas figuras 39, 40 e 41, são apresentados gráficos de custos em energia e um balanço comparativo entre o sistema solar térmico e as fontes de energia mais utilizadas, nomeadamente Termoacumulador Elétrico, Esquentador a Propano e Caldeira a Propano, para produzir águas quentes sanitárias.

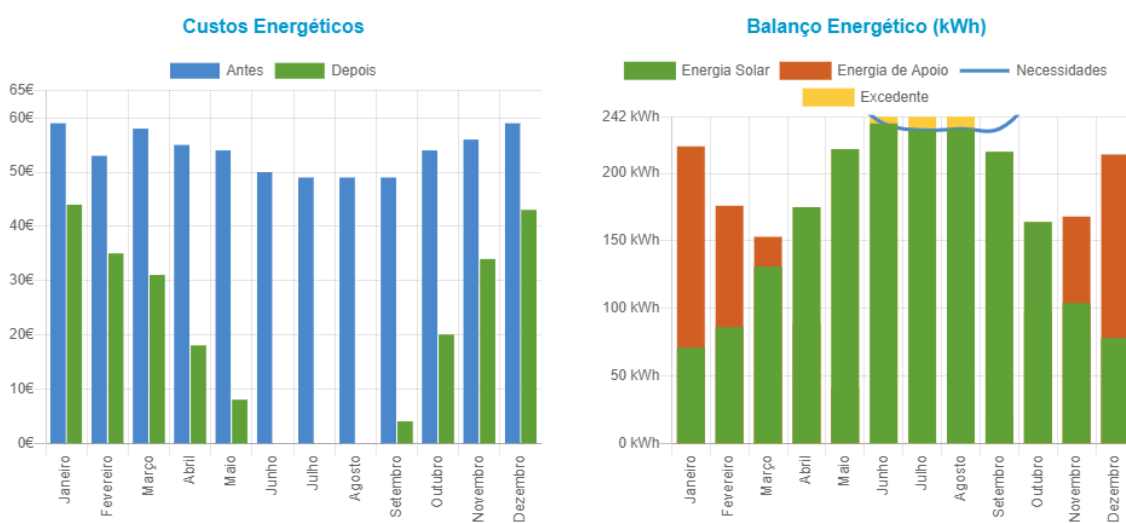


Figura 39 - Custos de energia do sistema Solar Térmico versus Termoacumulador elétrico

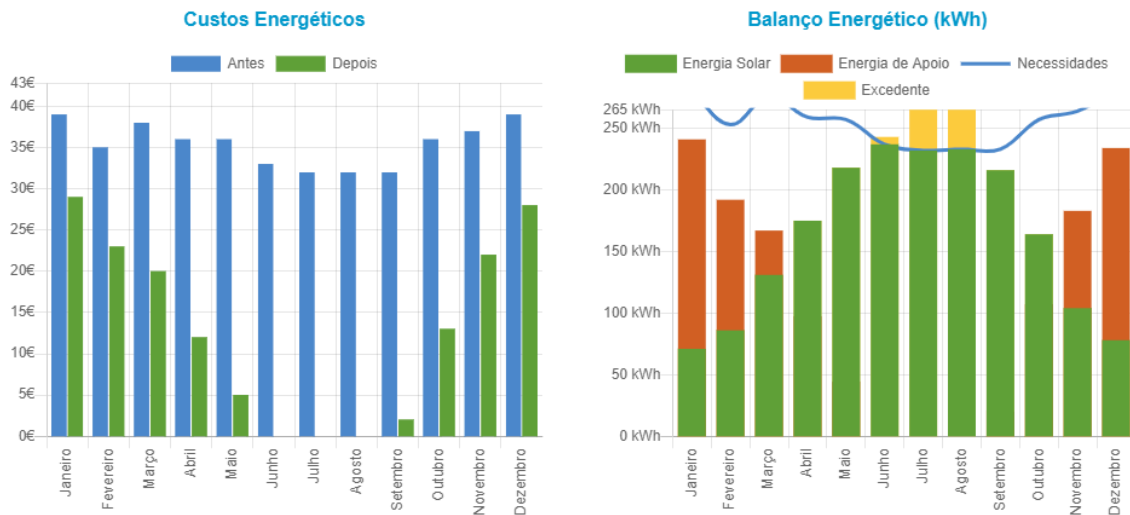


Figura 41 - Custos de energia do sistema Solar Térmico versus Caldeira a propano

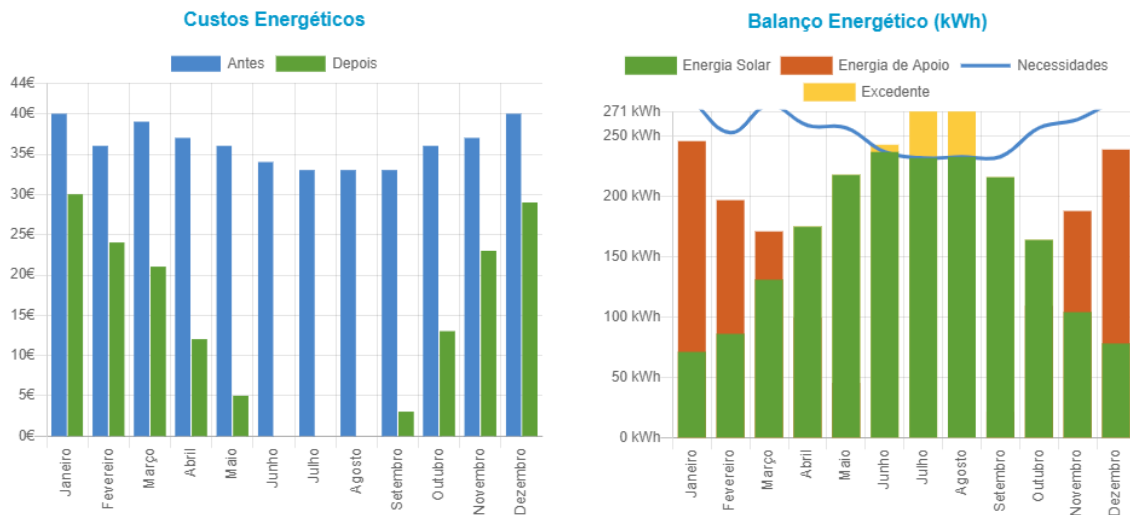


Figura 40 - Custos de energia do sistema Solar Térmico versus Esquentador a propano

3.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Para complementar o consumo reduzido de energia e tornar um edifício de energia quase zero é importante considerar a produção das necessidades de energia elétrica do edifício. Atualmente o sistema fotovoltaico é o mais utilizado para produção de energia descentralizada, principalmente nos edifícios de habitação.

O sistema utiliza células solares que possibilitam transformar a radiação solar em energia elétrica e é, basicamente, composto por um inversor, para transformar a corrente

contínua em corrente alternada, e por módulos fotovoltaicos. A tecnologia solar fotovoltaica tem um elevado potencial para integração nos edifícios e pode ser aplicada a outras superfícies como telhas e envidraçados (janelas e portas) que assumem características fotovoltaicas como nos módulos fotovoltaicos [32]. Na figura 42 são apresentadas as telhas fotovoltaicas, cada uma produzindo 32 W de potência, sendo instaladas como os módulos fotovoltaicos. Como a cobertura das moradias são áreas extensas, podem produzir energia suficiente para as necessidades de energia elétrica do edifício.



Figura 42 - Telhas fotovoltaicas [Fonte: <http://trilhosenergeticos.pt/trilhos-energeticos-lanca-novo-produto-telhas-fotovoltaicas-hantile>]

Além disso, existem estudos de desenvolvimento de tecnologias para de aplicação das características fotovoltaicas aos envidraçados (figura 43), possibilitando que parte da envolvente exterior será utilizada para captação de energia solar. Contudo, nos vidros transparentes a eficiência ainda alcança 8,1% enquanto os módulos fotovoltaicos apresentam eficiência de 19% [Fonte: <https://news.umich.edu/transparent-solar-panels-for-windows-hit-record-8-efficiency/>]. De referir que a área envidraçada na moradia estudada é cerca de 20% da envolvente exterior, excluída a cobertura.



Figura 43 - Janelas fotovoltaicas para produção de energia [Fonte: <https://pplware.sapo.pt/high-tech/celulas-solares-semi-transparentes-para-janelas-podem-ser-tao-eficientes-como-telhados-solares>]

Para aumentar a eficiência energética do edifício que apresenta um consumo já reduzido, através dos sistemas eficientes energeticamente, foi proposto a instalação de um sistema fotovoltaico de autoconsumo, com potência instantânea de 2100 Wp. É considerada a instalação na cobertura de 6 módulos fotovoltaicos JA Solar ou equivalente com potência de 350 W. Este sistema contribui para as características de um edifício nZEB, ou seja, com necessidades de energia quase nula ou atendidas no próprio edifício.

Na tabela 3 está apresentada a análise financeira e energética para o sistema fotovoltaico proposto para a moradia. Os dados de geração de energia solar fotovoltaica considerados foram obtidos através da ferramenta SCE.ER disponibilizada pela DGEG (ver anexo II), além do consumo médio anual de energia para a habitação.

ANÁLISE ENERGÉTICA E FINANCEIRA SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO	
Potência do solar fotovoltaico	2,1 kW
N.º de painéis fotovoltaicos	6
Área ocupada pelo solar fotovoltaico	10,10 m ²
Observações	Potência da central otimizada pelo consumo e perfil de carga da instalação
Consumo de energia do edifício	9483 kWh
Produção de energia solar	3640 kWh
Energia excedentária	746 kWh
Energia excedentária (%)	17%
Autoconsumo	2893 kWh
Consumo de energia renovável	31%
Custos energéticos anuais	676,00 €
Receita anual com fotovoltaico	305,00 €
Redução anual da fatura energética	45%
Investimento estimado	1.820,00 €
Custos anuais com operação e manutenção	36,00 €
Período de retorno	6,0 anos

Tabela 3 - Análise energética e financeira de um sistema fotovoltaico

Na figura 44 é apresentado um perfil diário do consumo de energia de uma habitação e se observa também uma estimativa da produção diária de energia fotovoltaica. Na habitação estudada, conforme cálculo obtido a partir da ferramenta SCE.ER, o excedente

de energia fica em 17%. Ainda considerar, quando possível, que este excedente pode ser reduzido através da mudança de horário na utilização de alguns equipamentos para este período em que há maior produção de energia solar fotovoltaica.

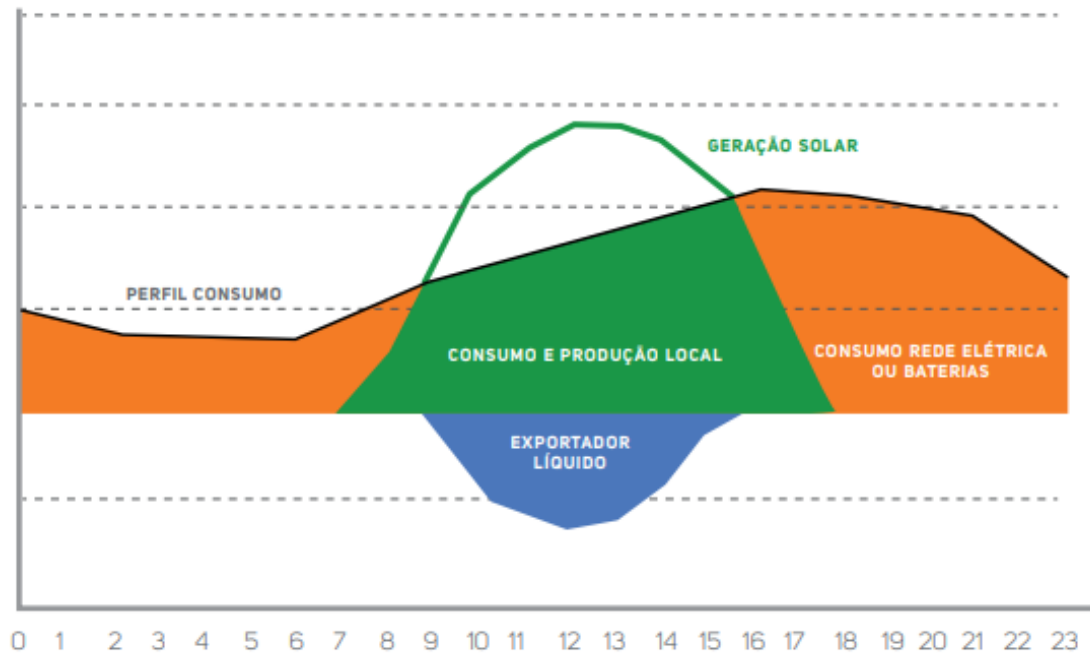


Figura 44 - Modelo do consumo diário de energia para uma moradia típica [32]

Este sistema é dimensionado para autoconsumo e com a proposta de reduzir a necessidade de energia proveniente da rede elétrica. As especificações completas deste estudo estão apresentadas no capítulo 7, referente ao projeto de produção de energia solar fotovoltaica.

3.5. ILUMINAÇÃO

Anteriormente, a iluminação era responsável por grande parte do consumo de energia nos edifícios de habitação, quando as lâmpadas eram do tipo incandescente, com potência média entre 60 W e 100 W em cada ponto de iluminação. Contudo, a partir de 1 de setembro de 2012, essas lâmpadas não puderam mais ser vendidas na UE, e hoje se verifica uma redução do consumo por parte dos sistemas de iluminação. Quase a totalidade das lâmpadas para habitação comercializadas atualmente são do tipo LED, o que representa um ganho de eficiência energética de até 90% [33], como se pode observar na figura 45.

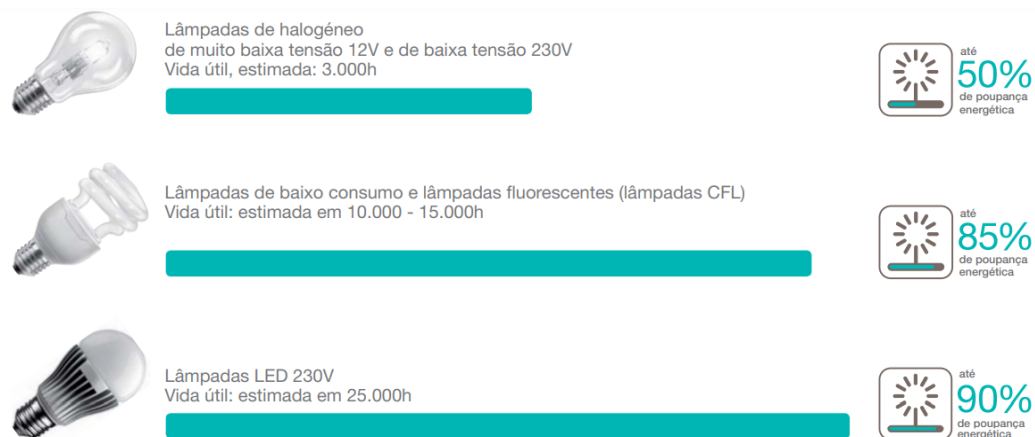


Figura 45 - Comparativo entre as lâmpadas mais recentes e as lâmpadas incandescentes [33]

Através da uso de lâmpadas a LED o consumo de energia é reduzido. Na habitação estudada foram instaladas lâmpadas do tipo LED, de 5 W por ponto, de classe energética A+ apresentada na figura 46.



Figura 46 – Luminária a LED utilizada na moradia

Existem alguns sistemas de controlo para sistemas de iluminação que permitem aumentar ainda mais a eficiência energética e proporcionar uma redução de até 70% no consumo de energia, por exemplo:

- Controlo por tempo (temporização);
- Controlo de luminosidade (intensidade);
- Controlo por ocupação (deteção de presença);
- Botões de pressão ou toque, interruptores e comutadores localizados, etc.

A destacar ainda a redução de consumo associada ao comportamento das pessoas, refletido no desligar e ligar a iluminação apenas quando esta é necessária e adaptá-la de acordo com a ocupação e luminosidade exterior.

Nos sistemas de iluminação são utilizados aparelhos como *dimmers*, temporizadores, detetores de presença, detetores de movimento, interruptores horários e interruptores crepusculares. Estes aparelhos geralmente são mais utilizados em ambientes não principais como nas casas de banho, na entrada do edifício e na iluminação exterior do edifício.

Estão disponíveis sistemas de gestão, análise e monitorização de energia, que fornecem a informação e auxiliam a gerir melhor o consumo de energia. Através de um sistema BUS se consegue maior conforto para as pessoas e, simultaneamente, reduzir o consumo de energia através de controlos de iluminação e aquecimento.

A utilização destes automatismos garante uma poupança de energia maior, aumenta o conforto e a segurança, permite a ausência de interruptores em locais que recebem público e assegura que a iluminação não permaneça ligada quando não é necessário.

3.6. GESTÃO DE ENERGIA

A gestão de energia adequada nos edifícios contribui para economia de energia e para reduzir as emissões de CO₂.

Deve-se considerar a gestão de energia para um sistema de ar condicionado que realiza funções de forma conjugada, ou seja, funções de aquecimento ou arrefecimento, desumidificação e ventilação. De forma rápida, o utilizador pode regular a temperatura consoante as suas necessidades, em qualquer altura do dia, independentemente da estação do ano. É um sistema versátil na medida em que se encontra disponível com várias configurações e potências, e também com níveis de eficiência elevados.

Na figura 47 são apresentadas estimativas de redução no consumo de energia, através da utilização de sistemas inteligentes de gestão de energia.

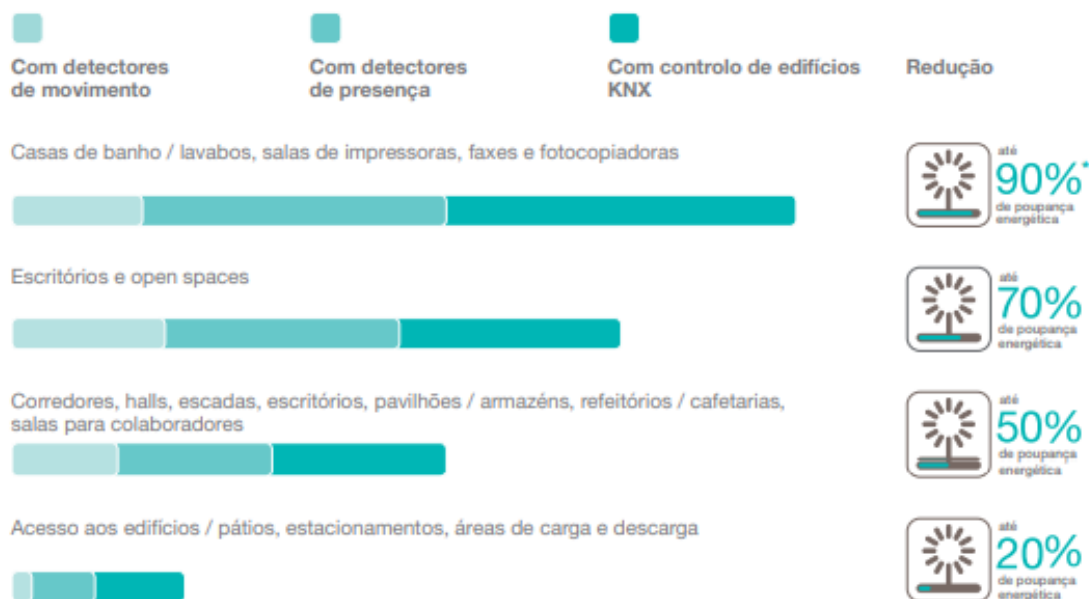


Figura 47 - Melhoria da eficiência energética com a adoção de sistemas de gestão de energia [33]

Para aumentar a eficiência dos edifícios existem soluções como os detetores de movimento, detetores de presença e automatismos como o KNX.

Os sistemas utilizados para melhor gestão de energia para iluminação são:

- Detecção de presença;
- Detecção de movimento;
- Medição do nível de luminosidade;
- Variação da iluminação.

A citar dois exemplos de utilização de automatismos simples para iluminação:

1. Uma área de recepção necessita de uma gestão para iluminação que ligue automaticamente quando há presença de pessoas e ajustar a iluminação de acordo com o nível de luz natural;

2. Nos corredores, a iluminação liga somente quando há passagem de pessoas e quando a luz natural não é suficiente.

A partir de automatismos, como utilizados para iluminação ou controlo individual de áreas ou aparelhos, é possível implementar um sistema mais robusto que permite integrar todos estes dispositivos. Por conseguinte, atualmente é muito utilizado o protocolo KNX, que permite a integração de dispositivos de diversas finalidades, além de possibilitar a gestão do consumo da energia.

- Certificação dos produtos – com muito fabricantes que produzem os equipamentos KNX, a utilização do protocolo assegura uma boa compatibilidade entre os equipamentos, inclusive nas ampliações da rede e equipamentos de diferentes fabricantes;
- Qualidade dos produtos – a associação KNX assegura excelentes níveis de qualidade na produção e do controlo dos produtos que utilizam o protocolo;
- Software ETS – a utilização do software ETS, facilita a programação dos equipamentos em um único software para todos os fabricantes, o que torna mais eficiente a parametrização dos produtos;
- Áreas de aplicação – a tecnologia KNX pode ser utilizada em todas áreas de controlo e gestão de edifícios. Existem equipamentos adaptados a todas as necessidades de automatismos de um edifício, como iluminação, estores, segurança, sistemas AVAC, gestão de consumo de água e energia, áudio, entre outros;
- Polivalência – o protocolo poder ser utilizado nos edifícios novos ou nos já existentes. As instalações e ampliação podem facilmente receber melhorias ou substituição de equipamentos com facilidade e boa compatibilidade.

A comunicação entre os dispositivos pode ser feita através de quatro diferentes formas, nomeadamente:

- KNX TP (*twisted pair*) – meio mais utilizado nas instalações cuja transmissão é realizada através de cabo bus, par trançado, com dois pares;
- KNX PL (*power line*) – quando a comunicação entre os dispositivos é feita através da rede elétrica de 230 V;
- KNX RF (*radio frequency*) – a comunicação e transmissão dos dados é feita via rádio;
- KNX IP (*internet protocol*) – quando o telegrama é transmitido através da rede Ethernet ou por WI-FI [34].

Para além dos quatro meios de transmissão referidos anteriormente, também é possível transmitir dados numa instalação através de infravermelhos ou através de interfaces de transmissão bidirecionais a outros meios, como por exemplo fibra ótica.

Muitos fabricantes criam módulos que permitem a interface entre seus equipamentos e o protocolo KNX, facilitando a comunicação do KNX com protocolos como o DALI, para controlo da iluminação, a tecnologia BACnet, para controlo do AVAC, e também as redes de telecomunicações e multimédia.

Os sistemas de controlo implementados com o KNX permitem a utilizados de diversos dispositivos, como sensores e atuadores, que executam a função programada. São sistemas para controlo da temperatura ambiente, ventilação, automatismos com temporização, aplicações que permitem a conexão com PLCs, controlo de iluminação, sistemas de alarme e vigilância, controlo de bombas e motores de piscinas.

A gestão é integrada e através de aplicações com interface amigável permitem ao utilizador o controlo ou acesso aos dados para gestão de energia de modo remoto, através de aplicação conectada via smartphone.

4. PROJETO ELETROTÉCNICO

No projeto da instalação elétrica está o conjunto de peças escritas e desenhadas, além de peças complementares que sejam necessárias para a correta execução e exploração de uma instalação elétrica.

A atribuição de elaborar o projeto eletrotécnico é do engenheiro eletrotécnico ou engenheiro técnico na especialidade de energia e sistemas de potência, nos termos do regime jurídico aplicável ao exercício da atividade [35].

Ao desenvolver um projeto eletrotécnico é importante ao profissional, além do conhecimento técnico, considerar a elaboração dos documentos necessários, e assegurar medidas de qualidade e segurança que atendam aos regulamentos e regras técnicas que norteiam as instalações elétricas de serviço particular.

Para aprovação do projeto nos órgãos competentes e exploração da instalação. As instalações elétricas de serviço particular, classificam-se nos 3 tipos seguintes:

- Tipo A – instalações elétricas com produção própria de energia de caráter temporário ou itinerante, com finalidade de segurança ou socorro, nomeadamente, instalações que utilizam geradores como fonte auxiliar para assegurar o fornecimento contínuo de energia. Estas instalações não integram os centros produtores sujeitos a controlo prévio ou sob regime jurídico próprio;
- Tipo B – instalações que sejam alimentadas pela rede do serviço público em média, alta ou muito alta tensão;
- Tipo C – instalações que sejam alimentadas pela rede do serviço público em baixa tensão.

Para este projeto, uma moradia unifamiliar, a instalação é do tipo C, de baixa tensão normal. Para ligação à rede pública e exploração, é necessária a declaração de conformidade da execução e inspeção realizada por uma Entidade Inspetora de Instalações Elétricas de serviço particular reconhecida pela DGEG [36].

Compõem o projeto de licenciamento:

- Termo de responsabilidade: documento em que o projetista declara ser autor do projeto e que foram cumpridos todos os regulamentos vigentes, além de eventual legislação complementar aplicável.

- Documentos do projetista: fotocópia do cartão de identidade e documento comprovativo de inscrição na ordem dos engenheiros.
- Termo de responsabilidade pelo projeto eletrotécnico.
- Termo de responsabilidade pela execução da instalação elétrica: documento apresentado por eletricitista, reconhecido pela DGEG, que assegura ser o responsável técnico pela execução da instalação. No termo de responsabilidade estão a descrição simplificada da instalação, a apresentação do requerente, do técnico responsável pela elaboração do projeto e do responsável pela execução da instalação.
- Ficha eletrotécnica: trata-se do documento onde são indicadas as potências previstas para a instalação, e que serve de base para o dimensionamento do ramal de alimentação e para a empresa de distribuição de energia viabilizar ou não a alimentação do ramal.
- Memória descritiva e justificativa.
- Peças desenhadas com traçados da instalação elétrica e especialidades, inclusive com as plantas de localização.

No projeto são apresentadas as instalações em secções, em acordo com as suas componentes: ligação à rede pública, quadros elétricos, redes de terra e equipotenciais, cabos gerais e canalizações, tomadas de uso geral, alimentações de equipamentos, iluminação normal interior e exterior e iluminação de emergência.

A concepção adotada nas componentes do projeto está descrita nas peças desenhadas e na memória descritiva são descritas as especificações técnicas associadas, a classificação dos locais, proteção das pessoas, cálculos e dimensionamentos, além da descrição e das condições técnicas da instalação, dos equipamentos, e dos aparelhos de iluminação.

4.1. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

4.1.1. GENERALIDADES

A presente memória descritiva e justificativa refere-se ao projeto de instalações elétricas de uma moradia unifamiliar, localizada na Freguesia da Fuseta em Olhão.

A legislação aplicável a este projeto eletrotécnico é a Portaria 949-A/2006 [37], que aprova as Regras Técnicas das Instalações de Energia em Baixa Tensão (RTIEBT) estabelecidas pelo decreto-lei 226/2005, além das normas técnicas determinadas pela empresa local de distribuição de energia.

No apêndice I estão apresentadas as peças desenhadas que caracterizam as soluções gerais adotadas e que complementam este projeto.

4.1.2. CONSTITUIÇÃO DO IMÓVEL E CLASSIFICAÇÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO

A finalidade do edifício é habitação, uma moradia unifamiliar, com tipologia V3, distribuída em quatro pisos, nomeadamente, cave, rés do chão, 1º piso, e cobertura, acessíveis através de escada interior. A instalação deste edifício deve atender principalmente as orientações das RTIEBT, consoante as habitações.

Na cave estão a zona técnica, arrumo e área para circulação. No pavimento rés do chão estão o hall de entrada, sala de estar, cozinha, sala de jantar, casa de banho, lavandaria e escritório. No piso 1 estão dois quartos com suíte, além da área de circulação e duas varandas não cobertas. No piso 2 está uma área para circulação e o terraço.

4.1.3. CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO AS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

As características, o uso e a instalação de equipamentos e aparelhagem adequados, nomeadamente, cabos, tubos, tomadas de corrente, interruptores e comutadores de iluminação, utilizados na instalação estão definidas de acordo com as seguintes características do edifício: quanto as condições ambientais, a utilização, e os aspetos da construção que estabelecem os critérios de conformidade com as tabelas indicadas entre as secções 321.1 e 323.2 das RTIEBT.

A considerar que alguns compartimentos apresentam características semelhantes, o que resulta em influências externas iguais. Na tabela 4, são apresentadas as influências externas classificadas para cada um dos compartimentos do edifício. Essas características, apresentadas para cada compartimento do edifício, são representadas da seguinte forma:

- A primeira letra representa a Categoria Geral, nomeadamente, Ambientes (A), Utilização do edifício (B) e aspetos da Construção do edifício (C);

- A segunda letra representa a Natureza da influência externa, assim consegue-se definir condições mais específicas, e utilizadas para os Ambientes, influências entre AA até AS, para a Utilização, de BA até BE, e para Construção, de CA até CB;
- Para complementar, é definido um grau de intensidade para cada uma dessas influências e que consta na tabela 4 e representa a Classe da influência externa.

	NATUREZA (segunda letra)	CLASSE (escala)	Quartos	Instalação Sanitária Vol. 3	Cozinha	Hall de entrada	Circulação e escada	Varanda	Sala	Espaço exterior	Área técnica
AMBIENTES	Temperatura ambiente	1 a 8	AA4	AA4	AA4	AA4	AA4	AA4	AA4	AA4	AA4
	Condições climáticas	1 a 8	AB4	AB4	AB4	AB4	AB4	AB4	AB4	AB4	AB4
	Altitude	1 a 2	AC1	AC1	AC1	AC1	AC1	AC1	AC1	AC1	AC1
	Presença de água	1 a 8	AD1	AD2	AD2	AD1	AD1	AD2	AD1	AD3	AD2
	Presença de poeira e/ou resíduos	1 a 6	AE1	AE1	AE1	AE1	AE1	AE2	AE1	AE2	AE1
	Presença de substâncias corrosivas	1 a 4	AF1	AF1	AF1	AF1	AF1	AF2	AF1	AF2	AF1
	Ações mecânicas (impactos)	1 a 3	AG1	AG1	AG1	AG1	AG1	AG1	AG1	AG2	AG2
	Ações mecânicas (vibrações)	1 a 3	AH1	AH1	AH1	AH1	AH1	AH1	AH1	AH1	AH1
	Presença de flora ou de bolores	1 a 2	AK1	AK1	AK1	AK1	AK1	AK1	AK1	AK1	AK1
	Presença de fauna	1 a 2	AL1	AL1	AL1	AL1	AL1	AL1	AL1	AL1	AL1
	Influências eletromagnéticas	1 a 6	AM1	AM1	AM1	AM1	AM1	AM1	AM1	AM1	AM1
	Radiação solar	1 a 3	AN1	AN1	AN1	AN1	AN1	AN1	AN1	AN1	AN1
	Efeitos Sísmicos	1 a 4	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1	AP1
	Descargas atmosféricas	1 a 3	AQ1	AQ1	AQ1	AQ1	AQ1	AQ1	AQ1	AQ1	AQ1
	Movimento do ar	1 a 3	AR1	AR1	AR2	AR1	AR1	AR2	AR1	AR2	AR1
Vento	1 a 3	AS1	AS1	AS2	AS1	AS1	AS2	AS1	AS2	AS1	
UTILIZAÇÕES	Qualificação técnica das pessoas	1 a 5	BA1	BA1	BA1	BA1	BA1	BA1	BA1	BA1	BA4
	Resistência elétrica corpo humano	1 a 3	BB1	BB2	BB1	BB1	BB1	BB1	BB1	BB1	BB2
	Contato a elementos condutores	1 a 4	BC2	BC2	BC2	BC2	BC2	BC2	BC2	BC2	BC2
	Evacuação em caso de emergência	1 a 4	BD1	BD1	BD1	BD1	BD1	BD1	BD1	BD1	BD1
	Fabricação e armazenamento de produtos perigosos	1 a 4	BE1	BE1	BE1	BE1	BE1	BE2	BE1	BE1	BE2
CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO	Elementos da construção, principalmente materiais combustíveis	1 a 2	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1	CA1
	Estrutura do edifício	1 a 4	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1

Tabela 4- Classificação dos ambientes da habitação

4.1.4. CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO AO ÍNDICE DE PROTEÇÃO

As características dos equipamentos devem ser adequadas às influências externas as quais são submetidos, para assegurar um funcionamento correto e a segurança das pessoas. Os graus de proteção, nomeadamente, IP e IK, resultam de características do invólucro como ser estanque a água e a resíduos sólidos e poeiras, além disso, IK, resulta da resistência do material a impactos. Esses índices mínimos para invólucros e aparelhos devem assegurar um grau de proteção de acordo com os locais de montagem.

Na norma EN 60529 são definidos os graus de proteção IP de acordo com a capacidade do material em suportar as influências externas que indicam a presença de corpos sólidos e proteção à penetração de água. Para determinar o IP do invólucro são utilizados 4 tipos de influências externas: presença de água, presença de corpos sólidos (poeira e resíduos), competência das pessoas e natureza dos produtos tratados ou armazenados [38].

Na norma EN 62262 está definido o grau de proteção IK, caracterizado pela capacidade do material resistir aos impactos mecânicos [39].

Em locais exteriores, onde as instalações se encontram expostas, serão adotadas medidas especiais de proteção quanto à exposição a radiações solares e para ações mecânicas, utilizando-se para este efeito, cabos de bainha exterior de cor preta e proteção mecânica reforçada conferindo um índice de proteção igual ou superior a IK 09.

Os códigos IP e IK mínimos dos materiais, equipamentos e quadros elétricos, são regulamentados pelas normas EN 60529 e pela EN 62262 respetivamente, e estão indicados nas tabelas 5 a 7.

Código	Classificação
AD1	IPX0
AD2	IPX1
AD3	IPX3
AD4	IPX4
AD5	IPX5
AD6	IPX6
AD7	IPX7
AD8	IPX8

Tabela 5 - Código IP para resistência à presença de água

Código	Características
AE1	IP 0X
AE2	IP 3X
AE3	IP 4X
AE4	IP 5X / IP 6X
AE5	IP 5X / IP6X
AE6	IP 5X / IP6X

Tabela 6 - Código IP para proteção a poeira, a objetos e pessoas

Classes AG	Código IK
AG1	IK02
AG2	IK07
AG3	IK08 a IK10

Tabela 7 - Código IK de resistência a impactos

Não há uma definição específica na RTIEBT quanto ao grau mínimo de resistência a impactos, IK, para as habitações, contudo é admitida a utilização da classe mínima AG2 para a aparelhagem, nomeadamente nas tomadas, interruptores e comutadores, além de caixas e canalizações elétrica.

Em ambientes como os quartos, sala de estar e hall, deve ser atendido um grau de proteção IP mínimo igual a IP 2X, e assim define-se para esses compartimentos, IP 20 e IK 04. Contudo, para as tomadas instaladas no pavimento devem ter de apresentar grau de proteção mínimo igual a IP 24 e IK 07.

Nos compartimentos considerados húmidos ou que eventualmente estejam na presença de água, nomeadamente, nas instalações sanitárias e casas de banho (considerado o volume 3), cozinha e lavandaria, ficam definidos os critérios a seguir: AA4, AB4, AC1, AD2, AE1, que resulta em coeficientes de proteção iguais a IP 21 e IK 04.

Para a varanda coberta e galeria os critérios são AA4, AB4, AC1, AD2, AE2, que resulta no grau de proteção mínimo igual a IP 23 e IK 04.

Na garagem ou parque de estacionamento coberto, são definidos os critérios AA4, AB4, AC1, AD2, AE1, que resulta em coeficientes de proteção mínimo iguais a IP 43 e IK 07.

No terraço e logradouro (terreno contíguo a uma habitação), varandas não cobertas e espaços exteriores, ficam definidos os critérios AA4, AB4, AC1, AD3, AE4. Assim, nesses locais deve ser utilizado o grau de proteção mínimo igual a IP 44 e IK 07.

Nas áreas técnicas (casa de máquinas) AA4, AB4, AC1, AD5, AE4, que resulta em coeficientes de proteção iguais a IP 55 e IK 07.

4.1.5. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM LOCAIS CONTENDO BANHEIRAS OU CHUVEIROS

As regras indicadas neste item aplicam-se aos locais que contém banheira ou bacia de chuveiro. São locais que apresentam maior chance de manuseio com água e com isso reduz a resistência do corpo humano que está em contato com a água, pelo que o risco de choque elétrico é considerado elevado.

São considerados os seguintes volumes de acordo com a distância da banheira ou a bacia do chuveiro e apresentadas resumidamente as condições necessárias para assegurar as canalizações elétricas e equipamentos nesses diversos volumes [37]:

- Volume 0

É o volume interior da banheira ou bacia do chuveiro. Nesse volume o risco é considerado muito elevado e somente são permitidos aparelhos de iluminação fixos, além disso, devem ser alimentados com tensões reduzidas de segurança (TRS), de 12 V em corrente alternada ou 30 V em corrente contínua. Ressaltar ainda que canalizações e aparelhagem não são permitidas neste volume. Os aparelhos instalados, luminárias, devem atender ao grau de proteção mínimo IP 27 e IK 04.

- Volume 1

Esse local é constituído pela cabine do chuveiro e o risco é considerado elevado. Nesse volume são admitidos aparelhos, como os utilizados no aquecimento da água, desde que protegidos por diferencial residual com alta sensibilidade, até 30 mA. As canalizações devem atender a Classe II de isolamento e são permitidas apenas para alimentar aparelhos instalados nos volumes 0 e 1. Nesse volume, o grau de proteção mínimo é igual a IP 25 e IK 04.

- Volume 2

O volume engloba os dois volumes parciais seguintes: c1) o volume limitado pela superfície de geratriz exterior do volume 1 e a superfície vertical paralela situada a 0,60 m e pelo pavimento e um plano horizontal situado a 2,25 m acima do pavimento acabado; c2) o volume situado acima do volume 1. Local onde o risco é existente, mas menor. É o volume limitado verticalmente pela parte da sala exterior às cabines de chuveiro e pela

superfície vertical paralela situada a 0,6 m desta e com equipamentos e aparelhagem com grau de proteção IP X4.

- Volume 3

O volume 3 compreende os dois volumes parciais: a) o volume limitado pela superfície horizontal circunscrita entre o limite do volume 0 e um raio de 0,60 m deste, com altura de 3,00 m; b) situado entre 0,60 m e 3,00 m do volume 0, com altura de 3,00 m. Esse volume apresenta um risco reduzido nas casas de banho e são permitidos aparelhos elétricos com grau de proteção mínimo igual IP 21 e IK 04.

- Volume exterior

Volume situado no interior da casa de banho e não classificado como volume 0, 1, 2 ou 3. As influências externas nos diferentes volumes das casas de banho, são as indicadas na tabela 8.

Volume	0	1	2	3
Temperatura ambiente	AA4	AA4	AA4	AA4
Humidade	AB4	AB4	AB4	AB4
Presença de água	AD7	AD5	AD4	AD2
Resistência elétrica	BB3	BB3	BB2	BB2
Contatos com superfícies condutoras	BC3	BC3	BC3	BC3
Outras condições de influências externas	Classe 1			

Tabela 8 - Condições ambientais para as casas de banho

Na figura 49 e 50 é possível identificar os respectivos volumes nas casas de banho. Considera-se nas figuras como o volume 0, a banheira ou a bacia do chuveiro.

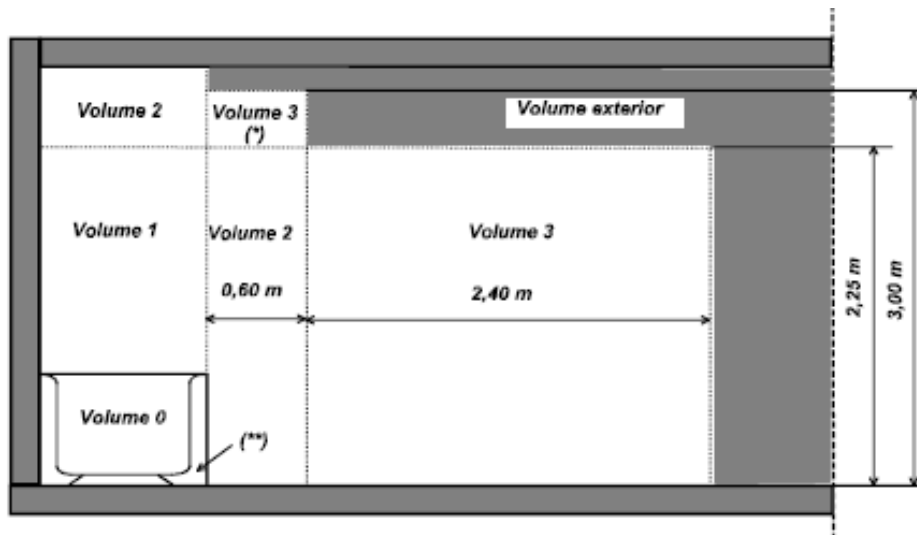


Figura 49 - Volumes nas casas de banho, considerar como volume 0 a banheira [37]

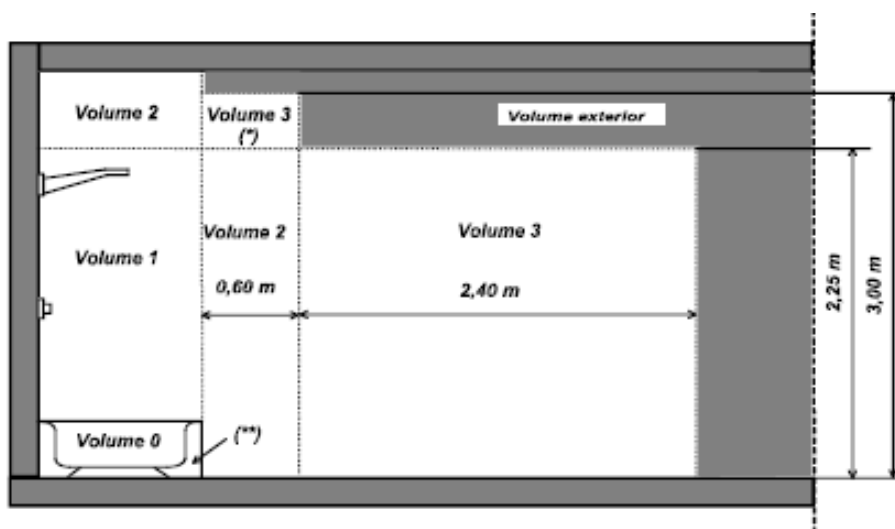


Figura 50 – Volumes nas casas de banho, considerar como volume 0 a bacia do chuveiro [37]

Em caso de haver diferenças entre as peças desenhadas e as situações referidas na tabela 8, deverão prevalecer estas últimas, devendo-se salvaguardar as distâncias determinadas nas RTIEBT.

4.1.6. ALIMENTAÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Para o dimensionamento da instalação elétrica foram consideradas as potências requeridas para alimentação das cargas, nomeadamente, as máquinas e equipamentos, aparelhos de iluminação e tomadas de uso geral. Foram considerados coeficientes de simultaneidade. Para atender as necessidades de consumo foi dimensionado um ramal trifásico com potência de 20,70 kVA, que representa uma ligação de Baixa Tensão Normal com corrente de serviço de 30 A por fase e tensão nominal de 400 V.

A habitação é ligada à rede pública de energia a partir de um ramal subterrâneo, tipo R2, com origem no armário de distribuição. A considerar que este troço é de responsabilidade da distribuidora e é constituído por cabos de alumínio LSVAV 4x16 mm² em tubos Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com diâmetro mínimo de 40 mm [40]. Contudo, a responsabilidade do cliente é iniciada nos terminais da portinhola.

A instalação é convenientemente dividida nos circuitos, com a finalidade de minimizar os efeitos de eventuais perturbações, além de facilitar a identificação e reparação de avarias.

Ainda ressaltar que a entrada da habitação dispõe de sistema de recepção e distribuição dos sinais de telecomunicações a ser contemplado no projeto de ITED.

4.1.7. PROTEÇÃO CONTRA SOBREINTENSIDADES

Para proteção contra sobre intensidades no ramal foram instalados três fusíveis com corrente normalizada de 40 A, tipo gG, tamanho 22x58, cilíndricos abrigados pela caixa de Portinhola P100, que admite correntes de até 100 A e a ligação de condutores com até 50 mm².

A portinhola P100 será alimentada diretamente a partir do ramal da distribuidora de energia e será localizada em muro de entrada da habitação, em local acessível, conforme indicado na figura 51.

Ainda na entrada, logo acima, está a caixa de proteção para o contador de energia a ser instalado pela distribuidora local de energia.

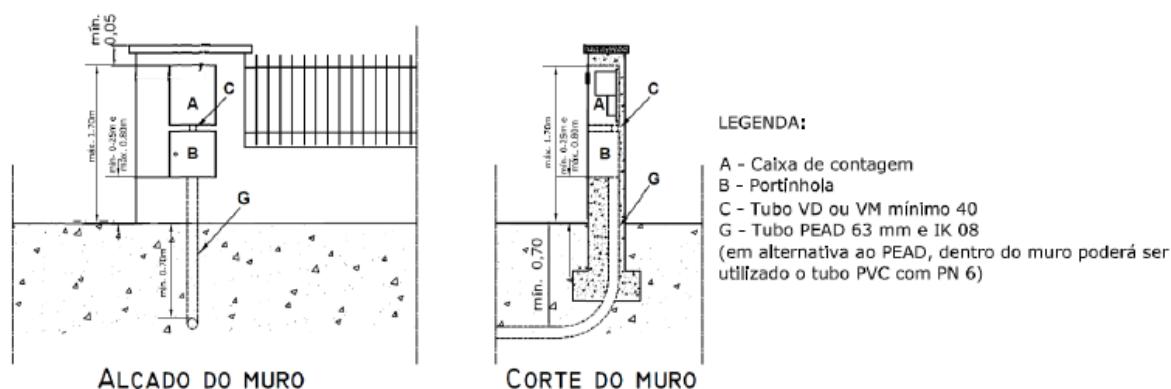


Figura 51 - Ramal de entrada da habitação [40]

Ainda destacar que os requisitos de construção obedecem à norma IEC 62208 [41] e devem atender aos graus de proteção IP 45 e IK 10, e que na instalação a parte inferior da caixa da portinhola deverá ficar pelo menos a 0,5 m do pavimento acabado.

4.1.8. QUADRO ELÉTRICO GERAL E PARCIAIS

A instalação elétrica da habitação será constituída pelo quadro geral de entrada, observar a figura 52, e três quadros parciais, nomeadamente quadro parcial da cave, quadro parcial do 1º piso e quadro parcial da cobertura, de acordo com esquema unifilar apresentado no apêndice I, figura 84.



Figura 52 - Foto do quadro geral da moradia

A instalação é convenientemente dividida nos circuitos, com a finalidade de minimizar os efeitos de eventuais perturbações e facilitar a identificação e reparação de avarias.

Os invólucros devem atender as exigências de classe de isolamento II ou equivalente, e assegurar a proteção contra contatos indiretos, além de possuir índices de proteção mínimos iguais a IP 20 e IK 04. A montagem dos quadros é embebida na alvenaria e a localização está indicada nas peças desenhadas do apêndice I, nas figuras 68 a 81. No quadro geral é instalado o interruptor de corte geral para corrente de 40 A, que assegura o funcionamento adequado à potência prevista.

A execução dos quadros elétricos é realizada em consonância com a norma EN 60439-1. Todos os circuitos de utilização são protegidos por disjuntores magneto-térmicos e instalados interruptores diferenciais de média e alta sensibilidade para proteção das pessoas [42].

Os quadros elétricos são equipados com aparelhagem do tipo modular, instalada em calha DIN, que apresentam poder de corte igual ou superior a 3 kA, conforme EN 60898 e de acordo com o indicado na tabela de dimensionamento das correntes de curto-circuito na tabela 13. Nos quadros elétricos estão instalados também a entrada do ramal, a aparelhagem de manobra e aparelhagem de proteção da instalação, além da distribuição dos circuitos elétricos terminais [43].

Nos quadros elétricos devem ser consideradas as dimensões adequadas para instalação da aparelhagem e da cablagem, de forma que fique devidamente arrumado e identificado para facilitar uma eventual manutenção. Ainda deve ser incluída a identificação dos circuitos do quadro de modo legível.

Nas peças desenhadas do apêndice I, nas figuras 82 e 83, são apresentados os esquemas unifilares dos quadros elétricos, dos condutores do contador até ao quadro geral de entrada para a potência requerida e dos condutores até os respectivos quadros parciais.

4.1.9. TERRA DE SERVIÇO

Ao considerar que a instalação é alimentada pela rede pública em baixa tensão, tipo C, o esquema de ligação à terra utilizado é o sistema TT (figura 53), ou seja, estão no mesmo potencial da terra, o condutor de proteção e o condutor de neutro distribuído pela rede pública de energia.

Ao barramento principal de terra são ligados os condutores de proteção da instalação, se observa no esquema unifilar do apêndice I, nas figuras 82 e 83, a secção do condutor de proteção de cada circuito, além do condutor de proteção do mastro na antena e das ligações equipotenciais utilizadas nas casas de banho, para assegurar que as massas metálicas estejam protegidas.

Como condutor principal do sistema de terra é utilizado o cabo H07V R1G16 mm² em tubo VD 20, na cor regulamentar verde amarelo, observada a secção igual aos condutores de fase da instalação, e que interliga o barramento principal de terra no quadro geral ao conector amovível da caixa de terra da instalação. O conector amovível, serve para seccionar o circuito de terra e para medição, a partir do conector ao eléctrodo de terra da instalação, sendo utilizado cabo em cobre nu de secção 25 mm².

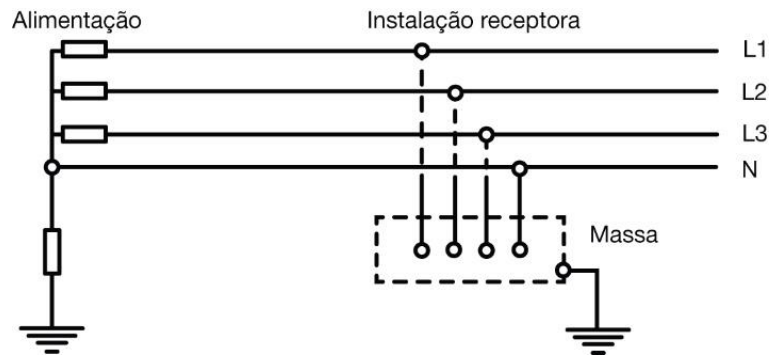


Figura 53 - Representação de sistema de terra [37]

4.1.10. LIGAÇÃO EQUIPOTENCIAL SUPLEMENTAR

A ligação equipotencial suplementar tem como finalidade a equipotencialização de todos possíveis elementos condutores nas casas de banho.

Todas as partes metálicas dos elementos construtivos, nomeadamente, a estrutura metálica para teto falso, os caminhos de cabos metálicos, prumos ou divisórias amovíveis metálicas e caixilhos de envidraçados (moldura da janela, esquadrias) serão ligadas ao condutor de proteção do circuito, condutor H07V-U com secção mínima de 2,5 mm² em canalização embebida.

Para além disso, nas casas de banho são utilizados interruptores diferenciais de alta sensibilidade (30 mA), para assegurar a tensão limite convencional, U_L, menor ou igual a 50 V, de modo a que:

$$R_A \cdot I_A \leq 50$$

Onde:

- R_A – é a soma da resistência do eléctrodo de terra e dos condutores das massas [Ω];
- I_A – é a corrente que garante o funcionamento automático do dispositivo de proteção [A].

Todos os elementos condutores, exceto aqueles de dimensões reduzidas e que não apresentam riscos de ficar a um potencial diferente, devem, em regra, ser ligados à ligação equipotencial.

4.1.11. PROTEÇÃO DAS PESSOAS

- Contatos diretos

As partes ativas da instalação são protegidas por invólucros com a classificação de proteção adequada ao local de instalação, conforme as tabelas dos códigos IP e IK, entretanto deve ser atendido no mínimo o IP 20. Como medida complementar são instalados DR, disjuntores ou interruptores diferenciais residuais.

- Contatos indiretos

Os contatos indiretos são evitados através de equipamentos e canalização elétrica de Classe II de isolamento ou equivalente. A instalação ainda possui um barramento de terra principal no quadro geral para assegurar a ligação equipotencial à terra de todas as massas metálicas normalmente ausentes de tensão. Ainda são utilizados aparelhos de corte com alta sensibilidade, interruptor diferencial com I_{Δ} igual a 30 mA, de forma a evitar que haja uma tensão de contato superior a 50 V, para aparelhos de utilização fixos ou móveis que não possuam massas possíveis de serem empunhadas e 25 V, para aparelhos de utilização fixos ou móveis que possuam massas que permitam serem empunhadas ou aparelhos portáteis com massas acessíveis.

4.1.12. DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS E CONDUTORES

Os circuitos foram dimensionados de acordo com os seguintes parâmetros:

- a) intensidade da corrente máxima admissível no condutor (I_Z);
- b) fatores de correção em função da temperatura máxima de funcionamento;
- c) fator de correção na proximidade de várias canalizações;
- d) queda de tensão máxima admissível em função do comprimento e utilização dos circuitos.

A alimentação dos quadros elétricos bem como os condutores que irão alimentar os circuitos a jusante foram dimensionados em função de suas potências e calculadas as correntes de serviço.

4.1.13. PROTEÇÃO DAS CANALIZAÇÕES

As proteções contra sobrecargas foram escolhidas de modo que a capacidade térmica dos condutores, indicadas nas normas técnicas, corrigidas pelos fatores de proximidade e de temperatura não seja ultrapassada.

As canalizações são definidas pelo método de referência B, conforme secção 521.3 das RTIEBT, e nos cálculos é considerado fator de potência igual a 1.

As proteções contra curto-circuito foram definidas em conformidade com as correntes máximas de defeito franco e o tempo máximo que as canalizações suportam a condição sem deteriorar. As intensidades da corrente de curto-circuito estabelecem o poder de corte das proteções que estão instaladas nos quadros elétricos.

Por conseguinte, foram respeitadas as condições das regras técnicas que estabelece critérios à proteção das canalizações contra sobrecargas como segue [37]:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$
$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

Onde:

- I_B – Corrente de serviço do circuito [A];
- I_N – Corrente estipulada do dispositivo de proteção [A];
- I_Z – Corrente máxima admissível na canalização [A];
- I_2 – Corrente convencional de funcionamento [A].

Na prática I_2 é a corrente no tempo convencional para os disjuntores e a corrente de fusão no tempo convencional para os fusíveis do tipo gG.

4.1.14. QUEDA DE TENSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL NA INSTALAÇÃO

Devem ser respeitados os limites regulamentares previstos nas regras técnicas para a quedas de tensão máxima admissíveis para a baixa tensão.

Os limites da instalação para queda de tensão são 3% para os circuitos de iluminação e 5% para os circuitos restantes, contudo pode ser avaliada separadamente uma queda de tensão no ramal de entrada de até 1,5%, e considerados desde a origem da instalação de utilização até ao aparelho de utilização mais distante (a considerar que foram ligados todos os aparelhos de utilização e que possam funcionar simultaneamente) [37].

A queda de tensão $[\Delta U]$ é calculada da seguinte forma:

$$\Delta U = 2I_B(R\cos\varphi + X\sin\varphi)L \therefore [V]$$
$$\Delta U = \frac{100\Delta U}{V_n} \therefore [\%]$$

Onde:

- I_B – Corrente de serviço [A];

- R – Resistência do condutor [Ω];
- X – Reatância indutiva do condutor [Ω];
- L – Comprimento do circuito [m];
- φ – Desfasagem do ângulo entre tensão e corrente;
- V_n – Tensão entre condutor de fase e condutor de neutro [V].

4.1.15. CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO

Para proteção contra curto-circuitos, toda a aparelhagem de proteção existente nos quadros deverá satisfazer o valor das correntes previstas para cada um, além disso o tempo de corte da corrente que resulte de um curto-circuito que se produza em qualquer ponto do circuito não deve ser superior a 5 s.

A corrente de curto-circuito I_{CC} é dada pela expressão [37]:

$$I_{CC} = \frac{0,95 * U}{\rho_F \frac{L_F}{S_F} + \rho_N \frac{L_N}{S_N}}$$

em que:

- U – Tensão composta entre os condutores fase a fase [V];
- ρ_F e ρ_N – Resistividade dos condutores de fase e neutro [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$];
- L_F e L_N – Comprimento máximo dos condutores de fase e neutro [m].

Ainda é importante considerar a resistividade ρ , dos condutores em cobre igual a $0,026 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ e para condutores em alumínio igual a $0,042 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Para cálculo do tempo de acionamento da proteção, inferior a 5 s, utiliza-se a equação:

$$\sqrt{t} = K \cdot \frac{S}{I_{CC}}$$

em que:

- t – Tempo de corte do aparelho de proteção [s];
- S – Secção dos condutores [m^2];
- I_{CC} – Corrente de curto-circuito mínima [A];

- K – Constante definida conforme a característica dos condutores [37].

As proteções contra curto-circuito foram selecionadas tendo em linha de conta as correntes máximas de defeito franco e o tempo máximo que as canalizações as podem suportar, sem perigo de deterioração.

Os valores das intensidades de curto-circuito foram calculados para se definir o poder de corte das proteções que se encontram no esquema de quadros.

As proteções diferenciais são definidas de modo a conseguir uma boa seletividade entre estas.

Ao nível do quadro geral de entrada, calculado o o valor de corrente de curto-circuito na ordem dos 3 kA, por conseguinte na tabela 9 são apresentados as correntes de curto-circuito para os quadros da instalação.

Corrente de curto-circuito								
Potência [MVA]	250							
Tensão no secundário do transformador a vazio [kV]	420							
	Condutor	Distância [m]	R [Ω]	X [Ω]	Rt [Ω]	Xt [Ω]	I _{cc} [kA]	PdC [kA]
Impedância MT			0,0001	0,0007	0,0001	0,0007	343,68	
Transformador			0,0092	0,0267	0,0092	0,0274	8,38	
Transformador-QGBT	LSVAV 3x185+95	6	0,0002	0,0005	0,0095	0,0280	8,23	
QGBT-Armário	LSVAV 4x95	60	0,0185	0,0048	0,0281	0,0327	5,62	
Armário-Portinhola	LSVAV 4x16	20	0,03676	0,0016	0,06485	0,03428	3,30	
Portinhola-QG	RV-K 4x16	8	0,00926	0,00064	0,0741	0,03492	2,96	3
QG-QP.Cave	RV-K 5G6	10	0,03085	0,0008	0,10495	0,03572	2,18	3
QG-1ºPiso	RV-K 5G6	10	0,03085	0,0008	0,10495	0,03572	2,18	3
QG-Cobertura	RV-K 5G6	12	0,03702	0,00096	0,11112	0,03588	2,08	3

Tabela 9 - Cálculo da corrente de curto-circuito

Desta forma, de acordo com os cálculos apresentados para I_{CC} dos disjuntores, estes não deverão ser inferiores ao estabelecido para este tipo de estabelecimento e foram apresentadas nos esquemas unifilares dos quadros elétricos no apêndice I, nas figuras 82 e 83.

4.1.16. DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS FINAIS

As tomadas são instaladas em caixas de aparelhagem, tipo I1 funda, na altura de 0,30 m do pavimento, salvo indicação de altura nas peças desenhadas. A alimentação das tomadas é monofásica e será com cabos H07V-U 3G2,5 mm² [37]. Ressaltar que cada circuito terá no máximo 8 pontos de utilização, nomeadamente, tomadas simples, duplas ou triplas.

Os aparelhos de uso específico, nomeadamente utensílios domésticos, motores e bombas serão calculados em separado conforme sua potência e a corrente requerida. Na tabela 14 é apresentado os consumos típicos de alguns aparelhos de utilização.

Compartmento	Circuitos específicos		
Cozinha	Placa de indução	5400 W	23,48 A
	Exaustor	256 W	1,11 A
	Forno	3400 W	14,78 A
	Forno micro-ondas	1270 W	5,52 A
	Frigorífico	190 W	0,83 A
	Máquina lavar loiça	900 W	3,91 A
	Tomada dupla uso geral (1)	2024 W	8,80 A
	Tomada dupla uso geral (2)	2024 W	8,80 A
Lavandaria	Máquina Lavar Roupa	2300 W	10,00 A
	Máquina Secar Roupa com bomba de calor	1000 W	4,35 A
AQS	Resistência do acumulador AQS (termo fissão)	2000 W	8,69 A

Tabela 10 - Cálculo das correntes de circuito específico

4.1.17. CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

O traçado das canalizações elétricas e a secção dos tubos encontram-se assinalados nas peças desenhadas, designadamente os esquemas unifilares dos circuitos elétricos no apêndice I, nas figuras 68 a 81. Nas paredes e tetos não são permitidos traçados em diagonal, devendo as baixadas para os aparelhos de acionamento da iluminação, tomadas e alimentação de equipamentos descer nas prumadas respetivas. As ligações às caixas serão feitas com batentes plásticos.

Os condutores são posicionados em roços nos elementos da construção e protegidos por tubos do tipo flexíveis corrugados com parede interior lisa.

As canalizações elétricas a serem utilizadas na habitação são preferencialmente embebidas, conforme o método de referência B. Para montagem embebida são utilizados tubos PEAD corrugados e para montagem enterrada, utilizados na entrada da moradia, serão utilizados tubos ERM.

Eventuais instalações a vista serão utilizados tubos VD fixados por abraçadeiras. Nos circuitos de iluminação em compartimentos com teto falso podem ser dispensados tubos, desde que sejam utilizados cabos com isolamento XLPE (Polietileno Reticulado).

4.1.18. CAIXAS DE PASSAGEM, ALIMENTAÇÃO E DERIVAÇÃO

As caixas, nomeadamente, para ligação, derivação ou para aparelhagem, sejam em montagem saliente ou embebida, serão fixas aos elementos da construção e fabricadas em materiais que não propagam chama. A localização das caixas é apresentada nas peças desenhadas, no apêndice I, nas figuras 68 a 81, e devem dispor de conectores para ligar os condutores.

As caixas de derivação e de passagem devem apresentar tampa fixada por meio de parafusos, e devem ser adequadas à canalização e modo de construção adotado, no caso de circuitos de tomadas serão utilizadas, preferencialmente, caixas de aparelhagem fundas (II).

Para ligação da placa de indução do fogão elétrico será instalada uma caixa de ligação equipada com conectores de 3 terminais para 25 A de intensidade nominal; esta caixa será protegida por tampa em material isolante e fixada por parafusos.

4.1.19. TOMADAS E ALIMENTAÇÕES

A ligação dos aparelhos de utilização não fixos é através de tomadas instaladas conforme quantidade e localização apresentadas nas peças desenhadas no apêndice I, figuras 68 a 81. Estão abrangidas por esta designação as tomadas cujo circuitos destinam-se a alimentar equipamentos variados, de utilização não específica.

A alimentação dos aparelhos de utilização não fixos é através de tomadas 2P + T do tipo SCHUKO com polos protegidos, a serem instaladas conforme a localização apresentada nas peças desenhadas. Na generalidade, as tomadas serão instaladas embebidas na altura de 0,30 m do pavimento, salvo indicação de altura nas peças desenhadas. No entanto, algumas tomadas podem ser de montagem saliente ou para montagem no pavimento.

Os aparelhos de uso específico, nomeadamente utensílios domésticos, motores e bombas, serão dimensionados separadamente conforme a potência e a corrente requeridas e apresentados no esquema unifilar dos quadros elétricos. Estes equipamentos podem terminar em caixas de derivação equipadas com conectores. Na situação referida, a caixa será protegida por tampa em material isolante fixada com parafusos.

Os circuitos de tomada devem ser distintos daqueles destinados a outros fins. As alimentações dos circuitos serão executadas sempre a partir do quadro elétrico localizado na respetiva área de abrangência. Para os circuitos de tomadas são utilizados condutores do tipo H07V-U 3G2,5 mm², protegidos por tubos, em montagem embebida na parede, no pavimento ou montagem aparente em tubos fixados por abraçadeiras. Todos os circuitos são conectados ao terminal principal de terra através do condutor de proteção.

A proteção dos circuitos de tomadas é através de disjuntores de 16 A. A proteção dos circuitos através dos disjuntores respeita o quadro 52H, 521.3 da RTBIET pela referência 5, método de referência B, condutores isolados em condutas circulares (tubos) embebidas nos elementos da construção em alvenaria [37].

As correntes admissíveis no condutor de cobre com isolamento em PVC, quadro 52-C1, para circuitos de tomadas são definidas assumindo uma corrente máxima de 16 A, contudo são permitidas correntes de até 24 A pelo método de referência B [37].

Os circuitos foram diferenciados a partir do quadro elétrico e por intermédio de canalizações independentes ou provenientes de aparelhos de proteção diferenciados, o que, por conseguinte, reduz a possibilidade de equipamentos serem colocados fora de serviço por avarias ocorridas em outros equipamentos ou em outros aparelhos.

4.1.20. ESTORES ELÉTRICOS

A moradia possui estores nas janelas e portas das varandas e nos circuitos de estores elétricos são utilizados condutores H07V-5G1,5 mm² que respeitam a secção 524.1, quadro 52J, com secção mínima igual a 1,5 mm² para os condutores em cobre nos circuitos de potência.

4.1.21. ILUMINAÇÃO E APARELHAGEM

As armaduras de iluminação são escolhidas pelo requerente ou em consonância com o projeto arquitetónico, contudo, são apresentados resumidamente os níveis de luminância (Lux) recomendados para alguns locais [www.dicasled.pt/niveis-recomendados-lux]:

Circulação e corredores	50 – 250
Quartos	100 – 200
Cozinha	300
Sala de estar	100
Vestiários, lavabos, instalações sanitárias	200

Ainda a ser considerado um coeficiente de depreciação de 0,80 relativo ao valor normal dos aparelhos de iluminação, para compensação do envelhecimento e acumulação de poeira. Como plano de trabalho, referência da iluminância, foi considerada uma altura de 0,80 m relativo ao pavimento. Nos circuitos de iluminação serão utilizados condutores do tipo H07V-U 3G1,5 mm² e, quando existir comutações, H07V-U 3x1,5 mm² ou H07V-U 4G1,5 mm². Na proteção dos circuitos de iluminação são utilizados disjuntores de 10 A.

Nos circuitos de iluminação, um condutor com as mesmas características, porém com secção de 1,5 mm², admite correntes de até 17,5 A. Dessa forma é garantida a segurança nos circuitos terminais da moradia. Os condutores são protegidos por tubos embudados nos elementos da construção. Contudo, na ligação das luminárias em teto falso, admite-se a utilização de cabos RV-K 3G1,5 mm², ou de isolamento equivalente, sendo dispensada a tubagem, mas utilizar-se-á armaduras com entrada e saída para repicagem dos cabos. Todos os pontos de luz terminam em caixas de derivação ligados em conectores próprios e adequados. Todas as armaduras, luminárias, devem possuir sua respetiva ligação ao condutor de proteção.

Toda a iluminação será efetuada preferencialmente por armaduras com lâmpadas LED e considera-se que as armaduras de iluminação sejam fornecidas completas e prontas a funcionar, com as lâmpadas, ligação à terra, e acessórios de fixação aos tetos e às paredes.

4.1.22. OMISSÕES

Para toda a omissão considera-se parte integrante deste projeto, as Regras Técnicas da Instalações de Baixa Tensão. Ainda destacar que os autores do projeto de arquitetura e engenharia devem ser consultados antes de qualquer alteração na estrutura ou redimensionamento das canalizações ou proteções , e que os materiais e equipamentos utilizados, atendam as disposições regulamentares, e a toda legislação aplicável.

5. PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES - ITED

5.1. ENQUADRAMENTO

Os procedimentos para elaboração de projetos ITED devem estar de acordo com a legislação em vigor, Decreto-Lei nº 123/2009 de 21 de maio, alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 47/2013 de 10 de julho e de acordo com as Normas Europeias aplicáveis.

A elaboração do projeto atende a um conjunto de metodologias e regras técnicas do Manual ITED – 4ª edição e tem em conta a necessidade de existência de serviços expressas pelo dono da obra.

O responsável pelo projeto deve emitir os termos de responsabilidades respetivos e disponibilizá-los aos ICT-ANACOM e ao dono da obra, de acordo com os termos previstos na alínea “b”, do nº 1 do artigo 69º do Decreto-Lei 123/2009 [44].

5.2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O conceito MICE do acrónimo, Mecânicas, Ingresso, Climáticas, e Eletromagnéticas, estabelece regras para seleção da aparelhagem utilizada de acordo com o tipo da utilização em determinado espaço.

Os parâmetros que definem o grau de exigência ambiental, de acordo com o Manual ITED, são:

- Propriedades mecânicas;
- Ingresso ou penetração de partículas sólidas ou de líquidos, estanqueidade;
- Propriedades climáticas e comportamento a produtos químicos;
- Propriedades eletromagnéticas.

Os níveis de exigência dos materiais em relação a esses parâmetros são: nível baixo 1, nível médio 2 e nível alto 3.

Este projeto é para uma habitação unifamiliar de 1 fogo, com 3 pisos. Os conceitos são detalhados por tabelas na secção 8.5 do Manual ITED 4ª edição [44], entretanto, de

forma mais geral, nos edifícios de habitação unifamiliar se utiliza a $M_1I_1C_1E_1$, conforme a tabela 15.

Tipo de Edifício	Classificação Ambiental			
	Mecânicas	Ingresso/ Penetração	Climáticas/ Químicas	Eletromagnéticas
Residencial	M1	I1	C1	E1

Tabela 11 - Classificação ambiental dos edifícios de habitação

Ao considerar todas as classificações em nível 1, toda a aparelhagem deverá possuir índices de proteção mínimos iguais a IP 20 e IK 02. Todavia, na aparelhagem utilizada em varandas e áreas externas esses índices devem apresentar IP 24 e IK 07, e na aparelhagem instalada em pavimento devem possuir índices IP 44 e IK 09 [44].

5.3. REQUISITOS

O projeto ITED deverá atender a alguns requisitos, nomeadamente, a localização geográfica do edifício, proximidade das redes públicas para localização adequada dos pontos de fronteira da ITED, classificação MICE associada ao uso do edifício, números e características dos fogos e avaliação de eventuais infraestruturas existentes.

5.4. ELEMENTOS

O projeto técnico do ITED deve apresentar alguns elementos tais como:

- Identificação do responsável pelo projeto;
- Identificação do edifício e a que se destina;
- Memória descritiva com a apresentação das disposições legais e regulamentos em vigor, com a indicação das características dos materiais, elementos da construção, sistemas e equipamentos;
- Medições e mapa de quantidades;
- Orçamento;
- Além de outros elementos estruturantes do projeto, como fichas técnicas de acordo a complexidade e necessidade do edifício, plantas topográficas

de localização, esquema das redes de cablagem e tubagem, dimensionamento de cabos, cálculos do nível dos sinais das redes de fibra ótica e coaxial, S/MATV, além de estar com data e assinatura do responsável.

5.5. PROJETO DE REDES A INSTALAR

As redes a instalar na moradia são pares de cobre, pares coaxiais e fibra ótica, conforme indicado na tabela 12, a categoria e a classe de ligação em cada uma das redes.

Tipo de rede	Quantidade	Categoria	Classe de ligação
Pares de cobre	1	Categoria 6	Classe E
Pares coaxiais	1		TCD-C-M
Fibra ótica	1	OS1	OF-300

Tabela 12 - Redes de cabos instalados para telecomunicações

O projeto da rede de tubagem e a rede de cablagem utilizam como base as normas técnicas do Manual ITED 4ª edição.

5.6. CÂMARA DE VISITA MULTIOPERADOR

A fronteira subterrânea entre a rede pública de telecomunicações e a instalação particular é na Câmara de Visita Multioperador (CVM), como se pode ver na figura 54.

A entrada da rede individual será desenvolvida a partir da CVM colocada no passeio, em via pública, de modo a receber as infraestruturas subterrâneas por parte dos operadores. A CVM encontra-se interligada ao armário de telecomunicações individual, ATI, através de 1 tubo PEAD Ø40 mm.

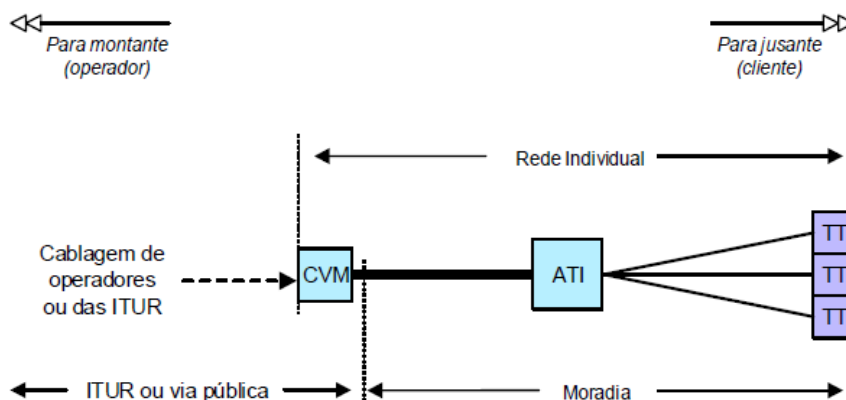


Figura 54 - Arquitetura da instalação de telecomunicações [44]

A partir do acesso pela CVM a rede alcança o ATI, onde é realizada o compartilhamento dos sinais nos diferentes pontos do edifício. Nesse trecho a rede é limitada, a montante por um ATI e a jusante pelas caixas de aparelhagem (ainda observado na figura 54). Deve ser considerada uma distância máxima de 50 m entre as caixas ou câmaras de visita na utilização de tubos de 40 mm e até 120 m quando utilizada tubagem de 63 mm.

Nas peças desenhadas estão representados os pormenores com as características técnicas e a localização das caixas de aparelhagem, como se pode observar nas figuras 78 a 81 do apêndice I. A CVM necessária tem as dimensões de 200 x 200 x 400 (comprimento x largura x altura, em mm).

5.7. REDE INDIVIDUAL DE TUBAGEM

Destacar que o percurso da tubagem deve ser tanto quanto possível retilíneo, preferencialmente, na vertical ou horizontal; comprimento máximo entre 2 caixas deverá ser de 50 m, e quando for utilizado tubo igual ou superior a Ø63 mm a distância permitida chega a 120 m; recomenda-se entre as caixas um máximo de 2 curvas com ângulos superiores a 120°. É permitido apenas uma curva a 90° e considera-se o uso de caixas de passagem I3, quando houver a necessidade.

Há possibilidade de compartilhar um tubo entre os três diferentes tipos de rede, no entanto, é necessário verificar o diâmetro adequado para a sua instalação.

As tubagens (tubos e calhas) devem ser instaladas de forma que assegurem as seguintes distâncias mínimas em relação a canalizações metálicas, nomeadamente gás e água, de 50 mm nos pontos de cruzamento e 200 mm nos percursos paralelos.

As tubagens e caminho de cabos devem realizar-se de maneira a garantir as distâncias na separação entre as cablagens de telecomunicações e os cabos e condutores isolados de energia elétrica, conforme o indicado no Manual ITED 4ª edição [44].

No interior do edifício, as canalizações das instalações serão embebidas em elementos da construção e são utilizados tubos FL, preferencialmente na cor verde. No exterior, as tubagens subterrâneas serão executadas com tubos ML, enterradas a uma profundidade mínima de 0,80 m.

No cálculo das tubagens, consideram-se sempre as medidas úteis, ou seja, diâmetros internos no cálculo dos tubos e secções internas no caso das calhas. Entretanto, a secção mínima utilizada é igual a 20 mm².

A considerar que o diâmetro externo e diâmetro comercial do tubo são equivalentes. Para correta seleção dos tubos e capacidade recorre-se à equação abaixo ou através de tabelas disponíveis [44]:

$$D_{tubo} \geq 2\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

Em que:

- D_{tubo} – diâmetro mínimo do tubo [mm];
- d_n – diâmetro externo do cabo n [mm].

O resultado obtido para o diâmetro externo do tubo será arredondado para o diâmetro imediatamente superior, de medida normalizada, existente no mercado. As medidas normalizadas (equivalentes a diâmetros nominais) são as seguintes: 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 e 110 mm.

Considerando a necessidade de instalação, para o dimensionamento das calhas recorrer-se-á à expressão:

$$S_u \geq \frac{\pi}{2}(d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2)$$

Em que:

- S_u – Secção útil mínima do compartimento da calha [mm²];
- d_n – Diâmetro externo do cabo n [mm].

5.8. CAIXAS DE APARELHAGEM E CAIXAS DE PASSAGEM

As caixas para instalação do projeto ITED são para instalação das tomadas nos pontos e distribuição, mas também são consideradas caixas para passagem, para facilitar a instalação e a caixa de entrada, onde é feita a transição da rede pública para rede particular de telecomunicações.

As caixas devem ser com paredes interiores lisas, e na instalação são consideradas embebidas, no entanto, para eventual instalação em partes oca de parede amovível, devem ser adequadas a essa instalação.

As dimensões mínimas a considerar para as caixas conforme a finalidade estão apresentadas na tabela 13, e devem atender às características IK 04 para montagem embuda e IK 07 para montagem saliente [44].

Utilização	Largura [mm]	Altura [mm]	Profundidade [mm]	Tipo da caixa
Aparelhagem	53	53	55, preferencial 63	I1
Passagem	160	80	55	I3

Tabela 13 – Dimensionamento das caixas para aparelhagem e caixas de passagem [44]

5.9. PASSAGEM AÉREA DE TOPO

A considerar uma moradia unifamiliar, na ligação entre a passagem aérea de topo, PAT, e o ATI é utilizado um tubo com diâmetro de 40 mm.

A PAT faz a transição entre o lado interno e externo do edifício e serve somente para instalação de cabos provenientes das antenas. Ainda destacar que para a PAT deve ser evitado a entrada de água ou humidade, pelo que a inclinação mínima dos tubos na PAT é de 45° [44].

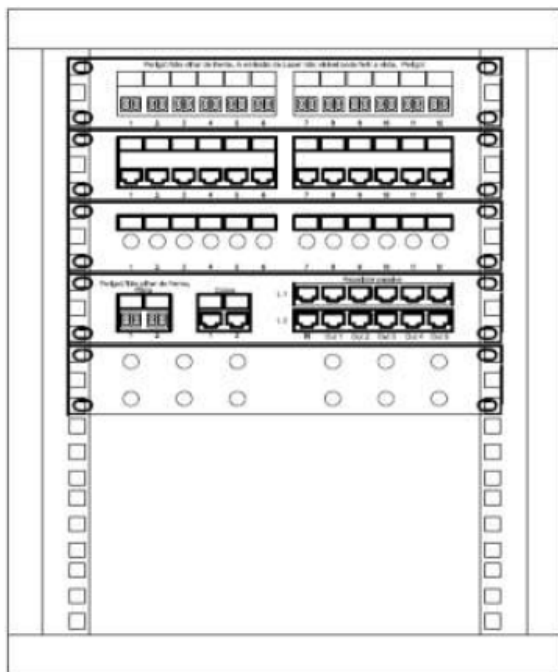
5.10. ARMÁRIO DE TELECOMUNICAÇÕES DE EDIFÍCIO/BASTIDOR

O ATI está instalado junto ao Quadro de Entrada da instalação elétrica, na garagem no piso rés do chão. Haverá ainda uma CATI, caixa de apoio ao TI, para instalação de equipamentos ativos, como Modem e Switch instalada próxima ao ATI com ligação especificada nas peças desenhadas no apêndice I, figura 78.

No ATI estão os repartidores de cliente, RC, permitindo a interligação entre a rede coletiva, ou de operador, e a rede individual de cabos. Encontram-se instaladas no ATI as três tecnologias de rede, nomeadamente, RC-PC (pares de cobre), RC-CC (cabo coaxial) e RC-FO (fibra-ótica).

O ATI e a CATI deverão possuir dimensões e equipamentos de acordo com as redes que distribuem, devendo disponibilizar um circuito de energia de 230 V AC, 50 Hz, para atender às necessidades de energia. O ATI ainda deve possuir um Barramento Geral de Terra (BGT) com, no mínimo, 6 pontos de ligação para condutores de 2,5 mm² para as ITED, interligado ao barramento principal de terras, BPT, da habitação.

O ATI possui repartidores para 8 saídas de tomadas PC e CC, e 2 saídas para tomadas de FO, nas seguintes dimensões de 400 mm x 500 mm x 200 mm. Um exemplo de um ATI pode ser visto na figura 55.



Painel de distribuição de fibra - Conectores SC/APC.

Painel de distribuição horizontal de cobre - RJ45 Cat.6.

Painel de distribuição horizontal de cabo coaxial.

Painel de operadores (cobre e fibra).

Painel de operadores (coaxial).

Zona para equipamentos ativos e alimentação elétrica.

Figura 55 – Exemplo de armário de telecomunicações individual (Fonte: <https://www.quiterios.pt>)

5.11. ZONA DE ACESSO PRIVILEGIADO (ZAP)

Os fogos residenciais devem dispor de um local onde concentra duas tomadas de cada tecnologia do projeto, nomeadamente duas tomadas para rede coaxial, duas tomadas para pares de cobre e duas tomadas para rede de fibra ótica, ver na figura 56.

Se não for instalada a rede de fibra, ainda assim deve ser disponibilizada a rede de tubos para instalação posterior.

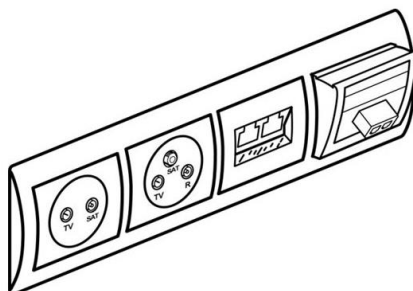


Figura 56 - Zona de acesso privilegiado [44]

5.12. PROJETO DA REDE DE CABOS

5.12.1. GENERALIDADES

As ligações às tomadas de telecomunicações (TT) são realizadas em estrela, para jusante dos PD (pontos de distribuição). Todos os cabos são inteiros, sem emendas, apenas devem ser ligados aos dispositivos próprios, como as régua de ligação do ATI, onde estão os RC das três tecnologias acima referidas e as TT. Na mesma tubagem podem ser agrupados as três tecnologias.

5.12.2. REDE DE PARES DE COBRE

A rede individual de pares de cobre está limitada entre o secundário do RC-PC albergado no ATI e as TT.

O RC-PC é constituído de painéis para ligação dos conectores RJ 45, e realiza a distribuição para as TT do sinal recebido pela operadora; além disso, permite também estabelecer uma rede local através de equipamentos ativos como modem DSL, *Router* e *Switch*.

A considerar que as distâncias devem ser de até 90 m, contudo, se houver distâncias superiores, é necessário criar um ponto de distribuição intermédio ativo, com capacidade para regeneração do sinal (amplificação). É permitido também substituir para cabos de fibra ótica e utilizar conversores entre as tecnologias. Ainda salientar a importância da localização adequada para o ATI para reduzir as distâncias às TT [44].

Os componentes e cabos a utilizar devem estar adaptados à cabos do tipo UTP, Categoria 6, para assegurar os requisitos mínimos da Classe E na ligação entre o secundário do RG-PC e as TT.

5.12.3. REDES DE PARES COAXIAIS

A rede de cabos é constituída por um sistema de cabos coaxiais que permitem a distribuição de canais CATV e de S/MATV nas TT, entretanto, como na rede de pares de cobre, os cabos coaxiais podem ser substituídos por cabos de fibra ótica e os respetivos conversores CC/FO e FO/CC.

As ligações permanentes incluem todos os elementos passivos que são parte integrante da ligação, ou seja, cabos, conectores, dispositivos de derivação, repartições e TT.

O secundário do RG-CC é constituído por um painel de uniões fêmea-fêmea, para conectores coaxiais do tipo F (um por cada fogo).

As especificações do cabo coaxial devem assegurar no mínimo que as ligações permanentes, entre o RC-CC e as TT, atendam a categoria TCD-C-M com atenuação limite para as frequências em consonância com a tabela 18. Ainda ressaltar a importância da localização adequada para a RC-CC, localizado no ATI, de forma a minimizar as distâncias às TT.

Frequência	Parâmetro	Atenuação limite
47 MHz a 862 MHz	Atenuação	13,8 dB
	<i>Slope</i>	10,8 dB
950 MHz a 2150 MHz	Atenuação	23,4 dB
	<i>Slope</i>	8,4 dB

Tabela 14 – Tabela de atenuação limite de acordo com a frequência de operação [44]

Os cálculos de atenuação e *Slope*, de todas as ligações permanentes da rede individual de pares de cobre, devem ser realizados às frequências de 47 MHz, 863 MHz, 950 MHz e 2150 MHz, enquanto, os cálculos de *Slope* devem ser realizados para os intervalos [47 MHz; 862 MHz] e [950 MHz; 2150 MHz].

Os cabos coaxiais utilizados apresentam uma impedância característica de 75 Ω e nas saídas não utilizadas, do RC ou em derivações da rede, devem ser instaladas cargas terminais de mesma impedância.

Através dos valores de atenuação em cada ligação permanente da rede individual, é possível identificar a TT da rede de pares coaxiais mais favorável +F (apresenta menor atenuação) e a menos favorável -F (apresenta maior atenuação).

As redes de pares coaxiais podem ser classificadas conforme a banda de frequência:

- Redes CATV (sinais provenientes das redes dos operadores de distribuição por cabo);
- Rede S/MATV (sinais provenientes de redes de difusão hertziana dos sinais do tipo A, ou via satélite para os sinais do tipo B).

Na utilização do sistema S/MATV são considerados: a zona de recepção, tipo A ou tipo B, para definir a antena mais adequada; a instalação do descarregador de sobretensão mais próximo possível da antena; em seguida, se necessário, instalar o filtro RF (LTE); e o pré-amplificador após o filtro RF; além de dispositivos para repartição de sinal.

O sistema de S/MATV deve assegurar, nas TT, os valores de sinal apresentados na tabela 15.

	47 MHz	862 MHz	950 MHz	2150 MHz
Atenuação do cabo [dB/100m]	4,1	18,8	19,7	30,60
Atenuação do repartidor de sinal no ATI [dB]	12		15	
Atenuação dos conectores [dB]	0,0047	0,086	0,095	0,215
Atenuação TT [dB]	0,4	1,0	1,2	1,5

Tabela 15 – Atenuação limite nos componentes da rede de cabos coaxiais [44]

No projeto está previsto a instalação do sistema S/MATV, de forma a garantir a recepção e amplificação de sinais tipo A, em consonância com a localização do edifício.

O sistema de recepção S/MATV é constituído pelas antenas (recepção), DST (descarregador de sobretensão, proteção), pela CR (tratamento) e dispositivos de derivação e repartição (distribuição).

A instalação de S/MATV tem origem na antena instalada em mastro, para captação dos sinais de TDT, da zona digital A, e possui também descarregador de sobretensão. O sistema S/MATV é composto pelos equipamentos com as seguintes especificações:

- Antena UHF +BV (470 MHz a 862 Mhz) que assegure a captação do sinal aberto das emissoras da TDT, na zona digital A;
- Descarregador de sobretensão, instalado juntamente à antena, previne a entrada da instalação de eventuais correntes originadas por descargas atmosféricas, contatos com linhas de energia, ou correntes resultantes de indução eletromagnética;
- Filtro rejeita frequência, RF, quando necessário, deve ser instalado o mais próximo possível da antena, após o descarregador de sobretensão;
- Pré-amplificador (LNA), quando necessário, deve ser instalado o mais próximo possível da antena, contudo, após o filtro RF (se a antena, não apresentar esse dispositivo).

Os equipamentos ativos destinados ao tratamento do sinal, onde inclui o amplificador, bem como os dispositivos para repartição do sinal, devem ser instalados no ATI.

5.12.4. REDES DE FIBRAS ÓTICAS

Para uma moradia unifamiliar não é obrigatório a instalação da rede de fibra ótica, contudo é requisito uma pré-instalação de tubagem para posterior implementação da rede. A citar algumas especificações que servem como parâmetro para a rede de fibra ótica: na rede de fibra ótica a ligação entre PD e o ATI é proposto a instalação de dois cabos do tipo mono modo OS1/OF300, cumprindo a norma EN 60793/4 com as características de transmissão consonantes com a norma ITU-T para classe G657; diâmetro do campo modal 9,3 (8 a 10 μm) com tolerância de mais ou menos 3 μm [45].

O projeto da rede de fibra ótica deve incluir os seguintes elementos:

- A RC-FO será constituído por adaptadores SC/APC, que terminam as duas fibras que chegam de montante;
- O RC-FO possibilita o estabelecimento de uma rede local com base em equipamentos ativos (ONT, *Router*, *Switch*);
- As redes individuais de fibras, quando instaladas, desenvolvem-se entre o secundário do RC-FO e as TT.

No secundário do RG-FO deve ser instalada a terminação de duas fibras em cada fogo, em tomadas ou utilizando conectores SC-APC. Prefere-se a utilização de cabos que disponham de conectores, pois apresentam atenuação reduzida.

Os cálculos devem ser efetuados para os comprimentos de onda 1310 nm e 1550 nm. Valores típicos de atenuação: conector 0,75 dB; junta 0,3 dB; por metro de fibra OS1: 0,001 dB; por metro de fibra OS2: 0,0004 dB. Na utilização de *Pigtail*, considerar atenuação de 0,3 dB para cada conector.

Comprimento máximo das ligações FO será 500 m e valor de perda total das ligações permanentes entre o RG-FO e a TT de 2 dB. No dimensionamento da rede de fibra ótica devem ser considerados os seguintes elementos:

- Perdas nas ligações da parte coletiva, resultantes das ligações permanentes, incluindo as respetivas conexões;

- Perdas nas ligações das partes individuais resultantes das ligações permanentes e respetivas conexões, caso se verifiquem;
- Comprimentos de todas as ligações permanentes, entre o RG-FO e as TT, caso existam.

5.13. TOMADAS DE CLIENTE

Os dispositivos terminais, nomeadamente tomadas de cliente, utilizados nas instalações são dos seguintes tipos: tomadas de 8 contatos (RJ 45); tomadas para TV e rádio; tomadas para TV e dados; tomadas para TV, rádio e satélite; e tomadas de fibra ótica. Além destas podem existir tomadas mistas que permitem a instalação combinada destas tecnologias. As tomadas embebidas podem ser instaladas em caixas de aparelhagem do tipo II ou em caixa própria, quando for montagem saliente ou em calha técnica.

5.14. PROTEÇÃO E LIGAÇÕES DE TERRA

O sistema de terra deve ter por objetivo as seguintes funções [44]:

- Segurança das pessoas: evitando potenciais de toque perigosos, através de uma terra de baixa impedância e ligação à terra de equipamentos que permitam contatos diretos que possam resultar em tensões perigosas, originadas por defeitos elétricos ou eventuais descargas atmosféricas.
- Proteção do equipamento e do edifício: por ligação direta à terra, de baixa impedância, dos dispositivos de proteção contra sobretensões, de modo a permitir que as correntes originadas por defeitos ou descargas atmosféricas sejam rapidamente dissipadas e não resultem em tensões perigosas.
- Redução do ruído elétrico: um bom sistema de terras ajuda a reduzir o ruído elétrico.

No caso particular dos sistemas de telecomunicações, há que ter uma atenção especial às fontes de perturbação eletromagnética. De modo a atenuar estes tipos de problemas, o sistema de terras deve ser projetado tendo em consideração esses efeitos. Pelo menos cinco aspetos básicos devem ser considerados: ruído, potencial da terra, campos eletromagnéticos, correntes de modo comum e proteção contra descargas atmosféricas.

A proteção de pessoas contra contatos indiretos é assegurada pela ligação à terra de todas as massas metálicas normalmente sem tensão, embora associada à utilização de aparelhos de corte automático sensíveis à corrente diferencial – residual, instalados nos quadros, de acordo com o disposto nas Regras Técnicas.

As ITED devem estar protegidas contra perturbações provocadas por descargas elétricas atmosféricas, assim como contra a influência eletromagnética das linhas de transporte de energia de alta e baixa tensão, que poderão provocar nelas o aparecimento de potenciais estranhos, quer por contato direto, quer por indução. A proteção é de responsabilidade do operador e deverá ser efetuada a nível do ATI. A proteção é conseguida com a colocação de órgãos de proteção, que tem como objetivo interromper o circuito e escoar para a terra as correntes provocadas pelas descargas elétricas. Para a interligação entre caixas e os dispositivos nelas contidos, deverá ser utilizado condutor de secção maior ou igual a 1,5 mm². As interligações deverão ser efetuadas nos respetivos bornes de terra. A blindagem dos cabos e dos dispositivos devem ser interligadas entre si e por sua vez ligada ao Barramento Geral de Terra (BGT). A ligação pode ser estabelecida por soldadura ou por um conector de blindagem. Quando são colocados órgãos de proteção, recomenda-se que não existam materiais do tipo inflamável a menos de 3 m de distância.

Instalado no ATI, o BGT, deve apresentar ao menos 6 pontos de ligação de terra, o qual será ligado ao TPT através de condutor de secção mínima igual a 6 mm². A ligação do BGT ao descarregador de sobretensão na antena é feita por condutor mínimo igual a 4 mm².

Nos equipamentos e dispositivos coaxiais devem estar ligados a terra através de condutores com secção mínima de 1,5 mm².

De acordo com a RTIEBT a ligação do mastro da antena a terra é obrigatória e é feita com condutores de secção mínima de 16 mm² [37].

A ligação do ATI ao TPT é assegurada por condutores de 2,5 mm² [44].

De acordo com as presentes prescrições e especificações técnica, considera-se a existência da chamada terra de proteção, destinada a evitar ou a desviar das ITED os potenciais e as correntes consideradas, para a proteção de pessoas e bens.

Os condutores de terra e proteção das ITED utilizarão preferencialmente cor verde/vermelho no lugar de verde/amarelo, nos casos em que possa existir confusão entre os condutores de terra das ITED e os outros condutores de terra. Utilizando-se a opção

verde/amarelo devem ser colocadas etiquetas de identificação para a referida diferenciação.

Não existe definido um valor fixo de resistência de terra. O aparelho de proteção de corte automático sensível a correntes diferenciais residuais (disjuntor diferencial), deverá estar adaptado ao valor de resistência de terra, existente, de modo que nas partes metálicas acessíveis dos equipamentos e materiais das ITED, não possa surgir uma tensão de contato superior ao valor máximo regulamentado na RTIEBT. O dimensionamento e a instalação do referido disjuntor diferencial fazem parte da instalação elétrica do edifício.

Como regra prática, considera-se adequado um valor de resistência do eletrodo de terra do edifício inferior a 20Ω . Pelo que é indispensável o contato entre o instalador ITED e o electricista, de modo a garantir a segurança das pessoas.

5.15. ENSAIOS E CERTIFICAÇÃO

De modo a certificar as classes da instalação deverão ser obrigatoriamente elaborados os ensaios indicados no manual do ITED 4ª edição.

Os resultados obtidos serão apresentados ao requerente da obra, independentemente do envio para efeitos de certificação da rede.

A citar alguns equipamentos de ensaio e medida utilizados conforme a tecnologia:

- Pares de cobre: equipamentos para certificação de cablagens estruturadas;
- Coaxial: analisador/medidor de nível para frequências entre os 5 MHz e 2150 MHz e geradores de ruído para mesma faixa de frequência;
- Fibra ótica: equipamentos para certificação de cablagem estruturadas, além de emissor e medidor de potência óticas ou analisador/medidor de nível e reflectómetro (OTDR).

5.16. MAPA DE MEDIÇÕES E ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

No projeto de infraestrutura de telecomunicações são apresentados mapas de medições e as estimativas orçamentais. Estes dados se constituem em elementos para tomada de decisão do requerente da obra, uma vez que facilita a análise e comparação das propostas para a execução das instalações. Nestes dados encontram-se a descrição de todos os materiais, quantidades necessárias e custo estimado para a execução.

6. ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO

6.1. INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento térmico do edifício é utilizado para verificar o cumprimento do REH, Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto, para uma moradia unifamiliar [16].

São obtidas as características dos elementos construtivos do edifício como: as paredes, pavimentos, lajes, pilares, vigas, vãos envidraçados e as caixas de estore. A partir deste levantamento e da condutibilidade térmica destes elementos são calculadas as necessidades nominais de energia do edifício, nomeadamente, a energia consumida na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento, para AQS e na ventilação mecânica. Destas necessidades energéticas são deduzidas as contribuições de energia proveniente de fontes renováveis.

Nos edifícios novos e naqueles sujeitos a grandes remodelações é utilizado o SCE que analisa os requisitos mínimos de eficiência energética e estabelece uma classificação do edifício. Esses edifícios que atendem aos regulamentos e quando atingem as classificações mais altas de eficiência energética são considerados edifícios nZEB.

A salientar que do consumo de energia numa habitação, a maior parte é utilizada para fins de aquecimento e arrefecimento.

Além disso, o estudo térmico associado à utilização de elementos construtivos adequados, ajudam a evitar patologias no edifício decorrentes da condensação superficial ou interna e contribuem na qualidade do ar e na saúde dos moradores, além de reduzir o consumo de energia e aumentar a durabilidade dos elementos construtivos.

6.2. LOCALIZAÇÃO

O edifício situa-se na Freguesia da Fuseta, concelho de Olhão, na latitude N 37.05 e W 7.74 e a sua implementação situa-se a uma altitude de 27,30 m e uma distância à costa inferior a 2 km. A fachada da frente está em direção a sudoeste e a fachada de fundos orientada a nordeste. A noroeste faz limite com edifício adjacente e a sudeste faz lateral sem qualquer obstáculo no horizonte.

6.3. DEFINIÇÃO DO EDIFÍCIO

A considerar que este estudo se refere a uma habitação na região do Algarve situada a baixa altitude e faz parte da zona climática II e V3, respetivamente, no inverno e no verão. A região apresenta as seguintes características: na estação de aquecimento, uma temperatura média de 11,3°C durante 4,8 meses do ano e temperatura média de 23,1°C na estação de arrefecimento [46].

A habitação é constituída por cave, piso rés de chão, 1º piso e cobertura com terraço, além disso apresenta um pé direito de 2,70 metros.

A moradia apresenta envolvente com edifício adjacente e com espaços não úteis, nomeadamente a cave, além dos pavimentos intermédio e da cobertura, e as paredes, que foram analisadas de acordo com as orientações, nomeadamente, NW, SE, SW e NE; estes elementos construtivos são a envolvente exterior.

6.4. PEÇAS DESENHADAS

Nos projetos são apresentados os desenhos do projeto de arquitetura, juntamente aos pormenores construtivos e indicação das envolventes térmicas, vãos envidraçados, pontes térmicas e pavimentos considerados no estudo.

6.5. ELEMENTOS DA ENVOLVENTE

Para análise do comportamento térmico do edifício foram avaliados seus aspetos construtivos, nomeadamente, envolvente exterior, pontes térmicas e vãos envidraçados. No cálculo dos elementos são consideradas as camadas que formam a envolvente e suas características térmicas.

No cálculo dos coeficientes de transmissão térmica superficial dos elementos opacos, as camadas são calculadas em consonância com a massa volumétrica, espessura, condutibilidade térmica, resistência térmica e o coeficiente de redução de perdas. Ainda são considerados os valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão, obtidos no apêndice II, através da ficha técnica dos tijolos e da ficha técnica dos envidraçados (ver anexo III); os demais valores são obtidos a partir do regulamento LNEC [47].

No apêndice II, tabela 27, são apresentados os materiais que compõem a envolvente do edifício e calculados os respetivos coeficientes de transmissão térmica. A ressaltar que os coeficientes menores representam uma construção mais eficiente no aspeto

térmico e vai resultar numa maior economia de energia para fins de aquecimento e arrefecimento.

Para análise e quantificação das envolventes do edifício foram realizadas as medições por orientação e uma análise detalhada da envolvente opaca, exterior e interior, das pontes térmicas planas, pontes térmicas lineares e dos vãos envidraçados.

6.5.1. PAREDES

P1 – Parede exterior/ interior com espessura de 0,335 m na cor clara/média com a seguinte composição: reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,02 m; tijolo térmico – Tabiciesa – Termoarcilla equivalente de 0,24 m com espessura de 0,24 m; reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,01 m; poliestireno expandido moldado (EPS) de ≥ 20 kg/m³ com espessura igual a 0,06 m; revestimento sistema ETICS com espessura de 0,005 m.

P2 – Parede interior em contato com edifício adjacente com espessura de 0,31 m com a seguinte composição: reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,02 m; tijolo térmico – Tabiciesa – Termoarcilla equivalente de 0,24 m com espessura de 0,24 m; reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,01 m; poliestireno expandido moldado (EPS) de ≥ 20 kg/m³ com espessura igual a 0,04 m.

6.5.2. COBERTURAS

LC1 – Cobertura exterior com espessura de 0,345 m em cor de tonalidade clara, com a seguinte composição: reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,02 m; betão armado de inertes correntes de 2400 kg/m³ com espessura de 0,15 m; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ com espessura igual a 0,08 m; betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) de 500 kg/m³ com espessura de 0,04 m; betonilha de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,04 m; mosaico cerâmico com espessura de 0,01 m.

LC2 – Cobertura exterior com espessura de 0,385 m em cor de tonalidade clara, com a seguinte composição: reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,02 m; betão armado de inertes correntes de 2400 kg/m³ com espessura de 0,12 m; betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) de 500 kg/m³ com espessura de 0,10 m; impermeabilização com pasta cimentosa de espessura igual a

0,005 m; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ com espessura igual a 0,10 m; betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) de 500 kg/m³ com espessura de 0,08 m; betonilha de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,05 m; mosaico cerâmico com espessura de 0,01 m.

6.5.3. PAVIMENTOS

LP1 – Pavimento térreo com espessura de 0,49 m com a seguinte composição: mosaico cerâmico com espessura de 0,01 m; betonilha de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,05 m; poliestireno expandido extrudido (XPS) de 25-40 kg/m³ com espessura igual a 0,03 m; betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) de 500 kg/m³ com espessura de 0,10 m; betão armado de inertes correntes de 2400 kg/m³ com espessura de 0,15 m; areia, gravilha, seixo, brita de 1950 kg/m³ com espessura de 0,15 m.

6.5.4. PONTES TÉRMICAS PLANAS

PTP1 – Viga/pilar com espessura de 0,335 m em cor de tonalidade clara/média, com a seguinte composição: reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,02 m; betão armado de inertes correntes de ≥ 2400 kg/m³ com espessura de 0,25 m; poliestireno expandido moldado (EPS) de > 20 kg/m³ com espessura de 0,06 m; revestimento do sistema ETICS com espessura de 0,005 m.

PTP2 – Viga/ pilar com espessura de 0,335 m com a seguinte composição: reboco de argamassa tradicional de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 0,02 m; betão armado de inertes correntes de ≥ 2400 kg/m³ com espessura de 0,25 m; poliestireno expandido moldado (EPS) de > 20 kg/m³ com espessura de 0,06 m; revestimento do sistema ETICS com espessura de 0,005 m.

EST – Caixa de estore com espessura de 0,06 m em cor de tonalidade clara, com a seguinte composição: reboco de argamassas tradicionais de 1800-2000 kg/m³ com espessura de 2,0 cm; poliestireno expandido moldado (EPS) de 15-20 kg/m³ com espessura de 0,04 m.

6.6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

V1 – Vão envidraçado vertical exterior, localizado na fachada, com caixilho simples metálico com corte térmico e com/sem quadrícula, com vidro duplo com $U = 1,4$

W/m² K e g = 0,57 de referência Planitherm Ultra N ou equivalente; permeabilidade ao ar, classe 4. Apresenta proteção solar móvel exterior através de réguas plásticas sem isolamento térmico e cor de tonalidade média.

V2 – Vão envidraçado vertical exterior, localizado na fachada, com caixilho simples metálico com corte térmico e com/sem quadrícula, com vidro duplo com U = 1,4 W/m² K e g = 0,57 de referência Planitherm Ultra N ou equivalente; permeabilidade ao ar, classe 4.

6.7. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Está previsto apenas a ventilação natural através de condutas de admissão, perda de carga alta, e exaustão nas casas de banho e grelhas autorreguláveis de 10 Pa, para um caudal total de 45 m³/h.

A serem instaladas condutas de admissão com perda de carga média e exaustão nas três casas de banho, além das grelhas autorreguláveis com caudal de 45 m³/h e 10 Pa.

A ventilação é feita através de equipamentos mecânicos e com a utilização de sistemas e equipamentos que promovam a renovação do ar interior por extração do ar do espaço e/ou insuflação de ar exterior ou de ar tratado com o ar novo vindo do exterior. É importante garantir a correta distribuição homogénea do ar novo em todo espaço e que atenda a um caudal mínimo para renovar o ar ao retirar poluentes conforme metodologia própria [48]. Na utilização de ventilação é importante considerar a necessidade de energia.

6.8. SISTEMA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS

A habitação dispõe de um sistema de produção de AQS por termossifão. O sistema é constituído por painéis coletores solares na cobertura da habitação, com orientação ao Sul, e é assegurado que não haja obstrução da face exposta à radiação solar, atendendo às condições descritas no REH.

Dessa forma é proposto a instalação de um sistema solar térmico constituído por uma unidade da marca Solius, modelo SUPERKIT 160 L, com coletores planos e área de 2 m², instalados na cobertura e orientados a 0° para Sul com inclinação de 35°, notando ainda que não há sombreamento de horizonte significativo. O sistema apresenta também

um depósito para acumulação de água com capacidade de 160 litros, a ser instalado na posição horizontal e posicionado acima dos painéis coletores. Conforme cálculo obtido através do relatório de desempenho solar térmico do SCE.ER (anexo I), com esse sistema espera-se assegurar uma contribuição de 1716 kWh/ano de energia renovável e representa 71% das necessidades atendidas por uma fonte de energia renovável.

Através do sistema de apoio à preparação de AQS, apresenta uma resistência elétrica no depósito de acumulação de 2000 kW e representa 29% das necessidades de água quente. Ainda ressaltar que a tubagem é revestida com uma manga de isolamento para melhor eficiência. No interior da moradia a tubagem da rede de distribuição de AQS será isolada com material que apresente resistência térmica superior a $0,25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

A instalação de sistemas solares térmicos para AQS, nomeadamente destinadas a banho, limpeza, cozinha ou fins análogos, é obrigatória desde que o edifício tenha exposição solar suficiente conforme regulamentação. Entretanto é possível também utilizar outros sistemas de aproveitamento da energia renovável que forneça a energia equivalente ao do sistema solar térmico.

Cabe ressaltar que os edifícios existentes não estão sujeitos aos requisitos de comportamento térmico e de eficiência energética nos sistemas como ocorre nos edifícios novos e em grande remodelação.

Os fatores de conversão entre energia final e energia primária de edifícios de habitação e do IEE nos edifícios de serviço são os seguintes [49]:

$$F_{pu} = 2,5 \frac{kWh_{EP}}{kWh} \rightarrow \text{eletricidade};$$

$$F_{pu} = 1,0 \frac{kWh_{EP}}{kWh} \rightarrow \text{combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis};$$

$$F_{pu} = 1,0 \frac{kWh_{EP}}{kWh} \rightarrow \text{em energia térmica de origem renovável.}$$

A considerar kWh_{EP} como a energia equivalente em petróleo.

Na tabela 16 são apresentados o fator de conversão para as emissões de algumas fontes de energia, em comparativo com a emissão de CO₂.

Fonte de energia	Fator de conversão $\left[\frac{kg.CO_2}{kWh}\right]$
Eletricidade	0,144
Gasóleo	0,267
Gás Natural	0,202
GPL canalizado (propano)	0,170
GPL garrafas	
Renovável	0,0

Tabela 16 - Tabela com parâmetros para conversão de energia [49]

6.9. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Para a habitação está prevista a instalação de um sistema de climatização para aquecimento e arrefecimento do meio ambiente, através de ar-condicionado *Inverter*.

Foi considerado um sistema de Multi-Split da Haier, com permuta de calor ar-ar com COP de 3,6 para aquecimento e um EER de 3,2 para arrefecimento, em acordo com a tabela 1.14 da Portaria 349-D/2013 de 2 de dezembro [50].

6.10. CÁLCULO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO EDIFÍCIO

Este estudo de desempenho energético foi obtido através das disposições legais disponíveis no REH e utilizado o software Excel como ferramenta para automatizar os cálculos das tabelas propostas na Portaria 349-C/2013 [51].

As necessidades anuais de energia útil de um edifício para habitação, nomeadamente N_{ic} e N_{vc} , obtida nas tabelas 17 e 18, não podem ser maiores que o valor máximo de energia útil para o aquecimento e arrefecimento, nomeadamente N_i e N_v , equações 1 e 2, na tabela 19.

$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p}$	$\left[\frac{kWh}{m^2 \cdot ano} \right]$	(3)
$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i}$	[kWh]	(4)
$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i}$	[kWh]	(5)
$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	$\left[\frac{W}{^\circ C} \right]$	(6)
$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i}$	[kWh]	(7)
$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i}$	[kWh]	(8)
$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p$	[kWh]	(9)
$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n F_{s,i,n_j} \cdot A_{s,i,n_j} \right] \cdot M$	[kWh]	(10)
$A_{s,i,n_j} = A_w \cdot F_g \cdot g_i$	[m ²]	(11)
$g_i = F_{W,i} \cdot g_{\perp,vi}$		(12)

Tabela 17 - Equações para cálculo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento [52]

$N_{vc} = \frac{(1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v}}{A_p}$	$\left[\frac{kWh}{m^2 \cdot ano} \right]$	(13)
$Q_{tr,v} = \frac{H_{tr,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) L_v}{1000}$	[kWh]	(14)
$Q_{ve,v} = \frac{H_{ev,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) L_v}{1000}$	[kWh]	(15)
$H_{ve,v} = 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	[kWh]	(16)
$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v}$	[kWh]	(17)
$Q_{int,v} = \frac{q_{int} \cdot A_p \cdot L_v}{1000}$	[kWh]	(18)
$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{sul} \cdot \sum_n F_{s,v,n_j} \cdot A_{s,v,n_j} \right]$	[kWh]	(19)
$A_{s,v,n_j} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$	[m ²]	(20)
$A_{s,v,n_j} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	[m ²]	(21)

Tabela 18 - Equações para cálculo das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [52]

$N_i = \frac{Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}}{A_p}$	$\left[\frac{kWh}{m^2 \text{ ano}} \right]$	(1)
$N_v = \frac{(1 - \eta_{v,ref}) \cdot Q_{g,v,ref}}{A_p}$	$\left[\frac{kWh}{m^2 \text{ ano}} \right]$	(2)

Tabela 19 – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento [28]

A partir da tabela 20 é obtida a energia necessária para aquecimento das águas sanitárias da habitação.

$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600000}$	$\left[\frac{KWh}{ano} \right]$	(22)
$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh}$	$[litros]$	(23)

Tabela 20 - Equações para o cálculo das necessidades de AQS [52]

Na tabela 21 são consideradas as necessidades de energia para ventilação mecânica da habitação, quando houver.

$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000}$	$\left[\frac{KWh}{ano} \right]$	(24)
$W_{vm} = 0,3 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000}$	$\left[\frac{KWh}{ano} \right]$	(25)
$W_{vm} = 0,03 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000}$	$\left[\frac{KWh}{ano} \right]$	(26)

Tabela 21 - Equações utilizadas para cálculo de ventilação mecânica [52]

A considerar que num edifício de habitação as máximas necessidades nominais anuais de energia primária, N_{tc} , e calculado a partir da equação 27 na tabela 22, não pode ser maior que o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária, considerada a inexistência de consumo de energia associado à ventilação mecânica e de sistemas de aproveitamento de energias renováveis, calculado conforme a equação 28 na tabela 23. A ressaltar que as moradias unifamiliares de até 50 m² estão dispensadas da exigência.

$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} F_{pu,j} - \sum_j \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}$	$\left[\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right]$	(27)
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	------

Tabela 22 - Necessidades nominais anuais de energia primária [52]

$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j}$	$\left[\frac{KWh_{EP}}{m^2 \cdot ano} \right]$	(28)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	------

Tabela 23 – Valor máximo para necessidades nominais anuais de energia primária [28]

Os requisitos mínimos de desempenho energético devem ser revistos periodicamente, no mínimo de cinco em cinco anos, e, se necessário, atualizados a fim de refletir o progresso técnico no sector dos edifícios.

Por conseguinte, se observa regras claras para promover e mensurar a eficiência energética dos edifícios e permite adquirir uma experiência, que se traduz não só na eficácia do sistema de certificação energética, mas também no diagnóstico dos aspetos cuja aplicação prática se revelou passível de melhoria.

6.11. CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Para o cálculo da classe energética da habitação foi utilizado o Regulamento Energético de Edifícios (REH), que inclui as características térmicas dos elementos da envolvente, também foram determinadas as necessidades nominais de aquecimento (Nic), as necessidades nominais de arrefecimento (Nvc), as necessidades nominais para aquecimento de águas sanitárias (QA) e as necessidades nominais globais de energia primária para habitação. Ainda é considerada a produção de energias renováveis, nomeadamente energia solar térmico e energia solar fotovoltaico. É calculado o rácio entre as necessidades nominais globais de energia primária (Ntc) e o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária (Nt), a partir do valor calculado, encontra-se na tabela 1 a classe energética da habitação.

Fração autônoma	Área de pavimento [m2]	Nic [kWh/m2ano]	NVC [kWh/m2ano]	QA [kWh/ano]	Ntc [kWhEP/m2ano]	Eren,p [kWh/ano]*	R Ntc/Nt	Classe energética
Habitação	84,95	13,36	13,47	147,84	57,76	2893	0,43	A

Tabela 24 - Resumo da classificação energética do edifício

6.12. OMISSÕES

Para validade deste estudo, as soluções, nomeadamente, as características técnicas dos equipamentos e os elementos construtivos apresentados no presente documento, deverão ser atendidos. Ainda ressaltar que alterações de características técnicas podem comprometer o desempenho energético. Na eventual omissão desta memória descritiva, devem ser respeitadas as regras previstas no Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) aprovado no Decreto-Lei 118/2013 e suas atualizações, além das regras construtivas adequadas [16].

6.13. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO

A presente memória descritiva e justificativa se refere ao estudo do comportamento térmico. Inicialmente são apresentadas as características geográficas e características geométricas do edifício. São então avaliados as soluções construtivas dos elementos da envolvente, seguidamente são consideradas as contribuições no âmbito da eficiência energética do sistema de ventilação, sistema de aquecimento de águas sanitárias, de climatização e sistema de produção de energia solar fotovoltaica.

6.13.1. DADOS GEOGRÁFICOS

Na tabela 25 são apresentados os dados geográficos do edifício. É importante observar onde está situada a habitação, pois apresentam as características climáticas locais.

Região	NUTS	Altitude [m]	Distância à costa [km]	Localização	Rugosidade
Algarve	III	27,30	Até 2 km	Olhão	I

Tabela 25 – Dados geográficos do edifício, objeto, do estudo de comportamento térmico

6.13.2. DESCRIÇÃO SUSCINTA DO EDIFÍCIO/ FRAÇÃO

A habitação é constituída por cave, piso rés de chão, 1º piso e cobertura com terraço, além disso apresenta um pé direito de 2,70 metros.

6.13.3. DADOS GEOMÉTRICOS

Na tabela 26 são apresentados os dados geométricos relevantes ao estudo do comportamento térmico do edifício. A destacar a orientação da fachada principal, que determina os ganhos solares, o percentual de envidraçados, onde ocorrem maior permuta de calor com o exterior, e a inércia térmica, que indica o quão eficiente é o comportamento térmico obtido através das soluções construtivas.

Utilização	Nº de quartos	Orientação da fachada principal	Área útil [m ²]	Pé-direito médio [m]	% Envidraçados	Inércia térmica
Habitação	3	Sudoeste	84,85	2,70	20	Forte

Tabela 26 - Dados geométricos do edifício, objeto, do estudo de comportamento térmico

6.13.4. VENTILAÇÃO DO ESPAÇO INTERIOR

Ventilação natural realizada através de grelhas autorreguláveis de 10 Pa (caudal total de 45 m³/h) e de condutas de admissão (perda de carga alta) e janelas basculantes nas casas de banho, cumpre a NP 1307.

6.13.5. CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

Este item pode ser consultado no apêndice II, tabela 32.

6.13.6. CLIMATIZAÇÃO

É utilizado um sistema de ar-condicionado *Multi-Split Inverter* Haier, conforme apresentado anteriormente nas soluções de eficiência energética.

6.13.7. AQS, ENERGIA SOLAR E OUTRAS

É utilizado um sistema solar térmico de termofissão Solius de 160 L, conforme apresentado nas soluções de eficiência energética.

6.13.8. INÉRCIA

Este item pode ser consultado no apêndice II, tabela 29.

6.13.9. MEDIÇÕES

Este item pode ser consultado no apêndice II, tabela 28.

6.13.10. SITUAÇÃO ATUAL

As soluções passivas que contribuem no desempenho térmico se refletem no aumento da eficiência energética. Através destas soluções, se consegue uma redução de perdas térmicas, tanto para aquecimento como para arrefecimento.

Quando é feito um isolamento térmico adequado, aumenta-se o conforto térmico, proporciona aumento na qualidade do ar para as pessoas e se consegue reduzir as necessidades de energia do edifício. Além de evitar a condensação no interior do edifício. A classe energética pode ser melhorada, desde que sejam implementadas medidas de melhoria. Na habitação estudada foram consideradas algumas soluções, passivas e ativas, que aumentaram o desempenho energético do edifício, por conseguinte foi obtida uma classificação energética final classe A.

No seguimento do projeto de comportamento térmico são apresentadas as Folhas de Cálculo A até G, que podem ser consultadas no apêndice II. Nas tabelas são disponibilizados os materiais, as perdas térmicas e ganhos de calor. A partir destes dados são apresentados os cálculos das necessidades de energia do edifício.

7. PROJETO FOTOVOLTAICO

Entre as energias renováveis, a que mais cresce no setor de edifícios de habitação é a fotovoltaica, designadamente a energia produzida a partir de módulos que captam a irradiância solar. Por exemplo, em Portugal, a produção de energia elétrica a partir da geração fotovoltaica foi de 1342 GWh em 2019 (figura 58).

Essa fonte de energia é importante para reduzir a emissão de GEE, além de aumentar a produção de energia descentralizada, resultando na diminuição das perdas na rede, na maior segurança energética do país, e contribuindo para estabilizar o custo da energia. É importante ainda citar que os módulos fotovoltaicos requerem pouca manutenção e são silenciosos.

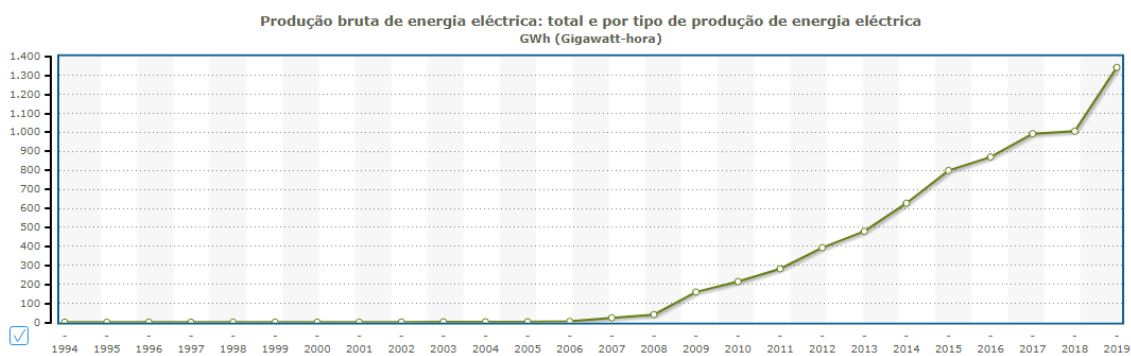


Figura 57 - Produção bruta de energia eléctrica fotovoltaica em Portugal em GWh [Fonte: PORDATA]

As instalações fotovoltaicas estão divididas em duas categorias principais: para autoconsumo e as que permitem injetar na rede pública o excedente da energia produzida.

O modelo que comercializava o excedente de energia era mais utilizado inicialmente, quando havia incentivos para instalação e o valor da energia injetada a rede era vantajoso. Entretanto, muitos destes incentivos foram reduzidos ou extintos e hoje a energia fotovoltaica para autoconsumo é o modelo mais utilizado nos edifícios de habitação e nos edifícios de comércio e serviços.

No modelo de autoconsumo a energia gerada é suficiente para atender as necessidades energéticas do edifício e o consumidor atua também como produtor de energia. A considerar que neste modelo o consumo é imediato e não há armazenamento da energia excedente. Atualmente a produção de energia para autoconsumo é uma importante iniciativa dos países para aumentar a produção de energias renováveis.

A citar que a energia fotovoltaica para autoconsumo dispensa a utilização de infraestruturas de ligação à rede, e diminui os custos elevados para levar energia às localidades mais distantes e com escassos recursos financeiros.

A partir da energia fotovoltaica é possível gerar energia elétrica nestes locais, mas, nestas ligações em que não há apoio da rede de interligação de energia, é necessário avaliar os períodos de exposição solar reduzida e dimensionar baterias para armazenar a energia para utilização posterior.

7.1. EFEITO FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico está diretamente relacionado com dois fenómenos físicos:

- A irradiância solar – quando aumenta a radiação solar, aumenta a corrente e a energia produzida;
- A temperatura – conforme aumenta a temperatura na célula, a tensão de saída diminui resultando em uma menor potência de saída.

Na figura 58, é possível observar o rendimento das células fotovoltaicas, onde Maximum power point, é o ponto em que o módulo produz a máxima potência.

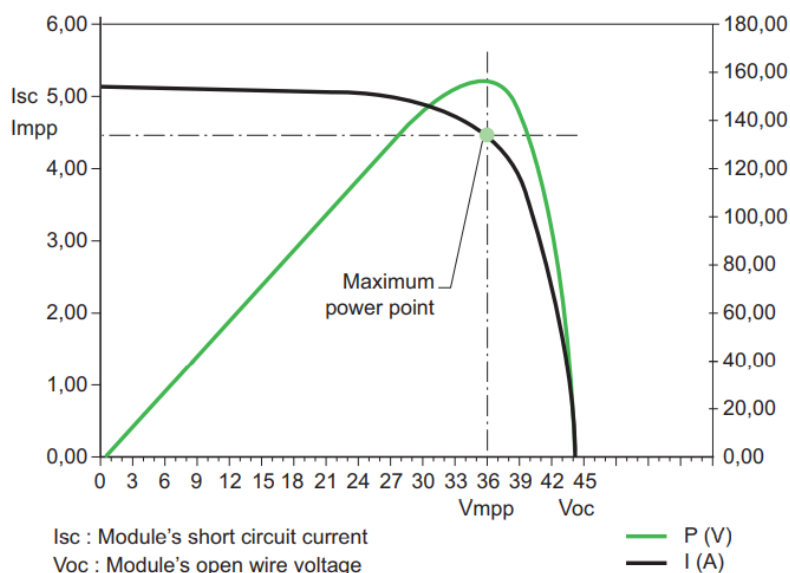


Figura 58 - Ponto de máxima potência nos módulos fotovoltaicos [53]

7.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Na essência da energia fotovoltaica estão os módulos fotovoltaicos. Estes painéis são compostos por células fotovoltaicas que possuem capacidade de produzir uma tensão

entre 0,5 V e 2 V. A corrente elétrica é produzida de acordo com a área da superfície da placa.

A referência de desempenho dos módulos fotovoltaicos é a partir da energia produzida, considerada a área de 1 m² a uma irradiância de 1000 W/m² e temperatura de 25°C, e a classificação é feita pelo nível de potência de pico apresentada (Wp).

A norma IEC 61853 estabelece uma tolerância de potência de até 3%, desta forma são considerados módulos de potência típica de 160 Wp, os módulos de 155 Wp (-3%) e os de 165 Wp (+3%). Para obter a eficiência dos módulos, divide-se a irradiação do módulo pelo valor referência de 1000 W/m² [54].

Atualmente os módulos fotovoltaicos mais utilizados comercialmente são os de silício e se dividem em duas categorias principais: os de silício cristalino (monocristalino ou policristalino) e os de filme fino. São apresentadas na figura 59 algumas características de desempenho dos módulos nas diferentes tecnologias.

Technologies	sc-Si mono-crystalline	mc-Si multi-crystalline	a-Si Thin film	CdTe Thin film	CIS Thin film
STC module efficiency					
Maximum	20.4 %	16 %	10 %	14.4 %	15.5 %
Average	16 %	15 %	6 %	11 %	11 %
Relative cost (\$/Wp)	0.8 to 1	0.8 to 1	0.75	0.65	0.85
Temperature coefficient at the power peak (%/°C)	-0.3 / -0.5	-0.3 / -0.5	-0.2	-0.2	-0.3

Figura 59 – Comparativo de desempenho dos módulos fotovoltaicos [53]

A partir da junção das células fotovoltaicas são produzidos módulos com diferentes características elétricas de corrente e tensão. Os módulos são conectados em série para ser obtida a tensão necessária e assim formam as *strings*. A partir deste nível de tensão, os módulos passam a ser ligados em paralelo e através da soma das correntes se consegue a potência desejada. Estas *strings* conectadas em paralelo formam a matriz ou campo fotovoltaico.

Na moradia estudada, foram consideradas as necessidades de energia, a área disponível para instalação dos módulos e a componente de custo eficaz. A partir destas informações se definiu um sistema fotovoltaico constituído por 6 módulos fotovoltaicos monocristalinos que permitem uma geração de energia de até 2100 Wp, da J A SOLAR modelo JAM60S10-350/MR de 350 W ou equivalente, com 120 células, orientados a Sul, a uma inclinação de 35° e com as características presentes na figura 60.

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC					
TYPE	JAM60S10 -330/MR	JAM60S10 -335/MR	JAM60S10 -340/MR	JAM60S10 -345/MR	JAM60S10 -350/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	330	335	340	345	350
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.08	41.32	41.55	41.76	42.02
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	34.24	34.48	34.73	34.99	35.25
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.30	10.38	10.46	10.54	10.62
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.64	9.72	9.79	9.86	9.93
Module Efficiency [%]	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.044%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.272%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Figura 60 - Parâmetros elétricos dos módulos fotovoltaicos J A Solar

O suporte para fixação dos painéis consiste em tubos e perfilados em aço galvanizado, dimensionados para uma estrutura leve, porém que seja robusta e atenda aos requisitos de qualidade e segurança.

7.3. INVERSORES

Em uma instalação fotovoltaica os inversores, ou conversores DC-AC, são utilizados para conversão da corrente contínua produzida na saída do módulo fotovoltaico em corrente alternada, que é a corrente efetivamente consumida pelas cargas. A destacar que o inversor faz o sincronismo da energia produzida com a energia proveniente da rede pública, para alimentar o quadro geral. Além disso, são os inversores que asseguram:

- MPPT – inicialmente estava disponível em alguns inversores, contudo hoje é uma funcionalidade presente em quase todos os inversores. Onde é calculado um ponto de operação na matriz fotovoltaica (*string*) que produz a maior potência, consideradas a corrente e a tensão;
- Desconexão automática da função de rede – essa função é muito importante para proteção quando ocorrer a manutenção dos equipamentos. Essencialmente essa função desliga o inversor e paralisa o sistema de produção de energia na ausência de tensão na rede elétrica. Nessa situação, de falha na rede elétrica, o inversor não fornece energia à rede e direciona a energia para a terra.

O inversor considerado na instalação é o modelo SMA Sunny Tripower 3.0 com capacidade para produzir energia com potência de até 6000 Wp. Este inversor possui duas entradas MPP, seguidores de pontos de máxima potência. A considerar na figura 61 algumas importantes características elétricas do inversor proposto no projeto fotovoltaico.

Dados técnicos	Sunny Tripower 3.0	Sunny Tripower 4.0	Sunny Tripower 5.0	Sunny Tripower 6.0
Entrada (CC)				
Potência máx. do gerador fotovoltaico	6000 W _p	8000 W _p	9000 W _p	9000 W _p
Tensão máx. de entrada	850 V	850 V	850 V	850 V
Intervalo de tensão MPP	140 V a 800 V	175 V a 800 V	215 V a 800 V	260 V a 800 V
Tensão atribuída de entrada	580 V			
Tensão mín. de entrada/Tensão de entrada inicial	125 V/175 V			
Corrente máx. de entrada Entrada A/Entrada B	12 A/12 A			
Corrente máx. de curto-circuito Entrada A/Entrada B	18 A/18 A			
Número de entradas MPP independentes/strings por entrada MPP	2/A:1; B:1			
Saída (CA)				
Potência atribuída (com 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	5000 W	6000 W
Potência aparente CA máx.	3000 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Tensão nominal CA	3/N/PE; 220 V / 380 V 3/N/PE; 230 V / 400 V 3/N/PE; 240 V / 415 V			
Intervalo de tensão CA	180 V a 280 V			
Frequência de rede CA / intervalo	50 Hz / 45 Hz a 55 Hz 60 Hz / 55 Hz a 65 Hz			
Frequência de rede atribuída/tensão de rede atribuída	50 Hz/230 V			
Corrente máx. de saída	3 x 4,5 A	3 x 5,8 A	3 x 7,6 A	3 x 9,1 A
Factor de potência na potência atribuída / factor de desfasamento ajustável	1 / 0,8 sobreexcitado a 0,8 subexcitado			
Fases de injeção/fases de ligação	3 / 3			
Rendimento				
Rendimento máx./rend. europeu	98,2 % / 96,5 %	98,2 % / 97,1 %	98,2 % / 97,4 %	98,2 % / 97,6 %

Figura 61 - Especificações técnicas do inversor Sunny Tripower 3.0

A maioria dos inversores apresentam grau de proteção elevados que permitem a instalação no exterior, geralmente igual a IP 65, contudo não significa que eles devem ser instalados sob exposição solar, isto porque os inversores podem estar em operação em modo degradado nas temperaturas acima de 40°C, o que resulta numa potência de saída reduzida.

7.4. QUALIDADE DA ENERGIA

Como referido no ponto anterior, na produção de energia fotovoltaica são utilizados os inversores. No entanto, estes equipamentos interferem na qualidade da energia e podem ser a causa de fenómenos indesejados na rede, tais como:

- Harmónicos – como qualquer equipamento eletrónico, os inversores fotovoltaicos injetam harmónicos na rede elétrica. Ao converter a corrente DC produzida pelos painéis solares em corrente AC comumente os inversores fotovoltaicos usam a comutação de modulação por largura de pulso. Para limitar a injeção desses harmónicos, os inversores fotovoltaicos são equipados com filtros para que a distorção harmónica total (THD) na saída seja geralmente limitada a valores aceitáveis para a rede elétrica;
- Desequilíbrio das fases – este desequilíbrio pode ocorrer quando inversores fotovoltaicos de fase única estiverem conectados a uma instalação elétrica trifásica;

- Corrente DC residual – outra perturbação na qualidade de energia é a presença de uma componente DC no circuito AC, por conseguinte muda os níveis de tensão, além da componente DC, que necessita de aparelhos de corte e seccionamento tipo B.

A considerar que alguns inversores fotovoltaicos podem fornecer um caminho através do qual a corrente residual DC pode passar para o lado AC da instalação elétrica. Esse aspecto depende da tecnologia dos inversores em relação ao isolamento elétrico. Os inversores com isolamento entre o lado DC e o lado AC não injetam corrente residual DC no lado AC. Os inversores sem isolamento podem passar a corrente residual DC para o lado AC, a menos que medidas específicas sejam tomadas pelo fabricante para evitar esse fluxo. A maioria dos inversores fotovoltaicos disponíveis no mercado não possuem transformadores e, portanto, não proporcionam isolamento entre o lado DC e o lado AC. Assim, a presença de correntes residuais de DC em instalações com produção fotovoltaica não é improvável.

Medidas de proteção adequadas devem ser tomadas para evitar danos aos equipamentos e, mais importante, para evitar preocupações de segurança para as pessoas. Em particular, conforme indicado pela IEC 60364-7, os dispositivos de corrente residual (DR) instalados no lado AC do sistema fotovoltaico devem ser do tipo B, a menos que exista isolamento entre o lado AC e o lado DC ou que as instruções do fabricante do inversor indiquem que o tipo B não é necessário. Os dispositivos residuais tipo B (figura 62) são usados nos casos em que a aplicação pode criar corrente residual DC contínua ou conter frequências superiores a 50 Hz [55].



Figura 62 - Dispositivo de corrente residual tipo B para aplicação fotovoltaica [Fonte: www.se.com]

7.5. FATOR DE POTÊNCIA

De facto, como o sistema solar está produzindo e fornecendo energia ativa apenas, menos energia ativa é necessária da rede para a mesma quantidade de energia reativa. Assim, o fator de potência no ponto de conexão da rede é reduzido em conformidade.

A regulação do fator de energia através de inversores solares pode ser implementada com medições de energia na instalação fotovoltaica e no ponto de conexão para a rede, juntamente com um sistema de controlo que calcula e comunica o ponto de partida apropriado para os inversores.

Este método é muito bem-adaptado em termos de compensação da degradação do fator de energia gerada pelo próprio sistema PV, e com alta precisão.

No entanto, não é eficiente compensar a degradação do fator de potência devido às cargas porque a produção solar só está disponível durante o dia, além disso, os inversores são limitados na energia reativa que podem fornecer.

7.6. CONEXÕES

Na instalação devem ser utilizados cabos e conectores adequados ao exterior e que estão submetidos a restrições climáticas. Assim como os inversores, os conectores e cabos estão sujeitos a altas temperaturas e exposição solar, além do funcionamento a tensões elevadas no lado da instalação dos módulos em série.

Geralmente os módulos apresentam cabos com conectores para conexão dos módulos lado a lado. Esses conectores devem assegurar o isolamento, pois os painéis fornecem tensão quando expostos a radiação solar, equivalente à influência externa AN3, como apresentado nas figuras 63 e 64.

Os cabos devem apresentar alto nível de resistência mecânica e resistência às variações extremas de temperatura. Os cabos para a corrente contínua devem apresentar a indicação para uso fotovoltaico.

Além disso, para manusear os cabos que interligam os módulos é necessário desconectá-los do módulo ou ativar o seccionador DC na entrada da instalação.



Figura 63 - Tecnologia de conexão SUNCLIX MC4, utilizados na conexão dos módulos (www.phoenixcontact.com)

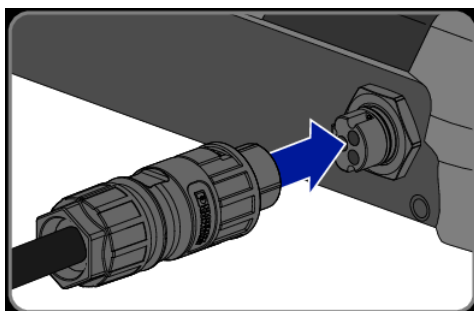


Figura 64 - Tecnologia de conexão no lado de saída do inversor (www.phoenixcontact.com)

7.7. PROTEÇÃO DAS PESSOAS

As medidas de proteção habitualmente utilizadas em regime de corrente alternada, em regra, não se aplicam aos sistemas fotovoltaicos. A observar que as correntes de curto-circuito produzidas pelo módulo PV são baixas para o acionamento do corte da fonte de alimentação através dos métodos convencionais em AC.

A proteção no lado de corrente contínua não visa proteger as pessoas de choques, e sim proteger os circuitos das células fotovoltaicas de corrente inversa, e proteger os cabos de sobrecarga, além de fazer o seccionamento para serviço ou manutenção. Os equipamentos do grupo do lado DC, devem ser considerados em tensão, mesmo quando desligados do lado AC. Todas as partes acessíveis do lado DC, tal como conectores, caixas de ligação e eventualmente seccionadores, deverão ser sinalizados com um aviso modelo, como o da figura 65, com informação clara e durável da existência de tensão, mesmo quando o circuito se encontra seccionado do lado DC no inversor.



Figura 65 – Sinalética utilizada para complementar a proteção das pessoas no sistema fotovoltaico. [Fonte: <https://m.sinalux.eu/pt>]

Para proteção das pessoas devem ser asseguradas duas condições: os níveis de tensão de corrente contínua; e que não podem ser desligados enquanto estiverem expostos ao sol, pois fornecem tensão.

7.8. PROTEÇÃO CONTRA CONTATOS DIRETOS

7.8.1. LADO DC

Para evitar choques no lado DC, os módulos devem ser instalados fora do alcance das pessoas ou animais, ou estejam separados por barreiras ou obstáculos que não permitam o acesso das pessoas. Os materiais utilizados deverão garantir as características adequadas de isolamento quer por construção, quer através de utilização de invólucros. Caixas ou armários que contenham partes ativas deverão permanecer fechadas apenas permitindo a abertura através de ferramenta ou chave, a não ser que se encontrem localizadas em locais exclusivamente acessíveis a pessoas qualificadas ou instruídas. As partes ativas deverão ser abrigadas por invólucros com um grau de proteção mínimo IP 2X ou IP 44, caso estejam instaladas no exterior. Os módulos fotovoltaicos que estejam em locais acessíveis a pessoas ou animais, deverão ser protegidos por barreiras ou vedação. Ainda ressaltar que, conforme a norma IEC 60364-7, em sistemas com tensão superior a 120 V em corrente contínua é necessário duplo isolamento ou equivalente [55].

7.8.2. LADO AC

A proteção pelo lado AC é feita pelo uso de interruptor, fusíveis ou disjuntores comumente utilizados. Na proteção das pessoas é utilizado um aparelho diferencial de corrente com alta sensibilidade, de até 30 mA. Estes aparelhos devem ser tipo B, aparelho

sensível a todos os tipos de corrente, para proteção em correntes residuais contínua e alternada, além de controle de defeito à terra.

7.8.3. SINALIZAÇÃO

A sinalização dos riscos existentes nas instalações elétricas é uma forma de evitar danos físicos aos seus utilizadores e intervenientes, pelo que deverá ser de fácil interpretação e com garantias de durabilidade. Juntamente com a proteção das pessoas, é importante assegurar a sinalização para proteção complementar no:

Para maior segurança, é importante a sinalização no local para a existência de duas fontes de energia ligadas, nomeadamente o grupo gerador fotovoltaico e a rede de distribuição, como a sinalética da figura 66. Por conseguinte, embora o inversor tenha dispositivo de seccionamento na falta de energia da rede, previne que haja qualquer risco com o gerador fotovoltaico.



Figura 66 – Sinalização informativa de duas fontes geradoras de energia [Fonte: <https://m.sinalux.eu/pt>]

Para evitar que haja interrupções voluntárias do lado DC, sem que seja antes efetuado o corte do lado AC e assegurar a proteção das pessoas, principalmente da manutenção, é necessária a sinalética apresentada na figura 67 junto ao seccionamento do lado DC para evitar riscos e avarias desnecessárias. De forma a permitir a manutenção não só do inversor, mas também de todo o grupo, também deverão ser previstos meios de seccionamento, como disjuntores ou fusíveis fotovoltaicos, para garantir o seccionamento do fornecimento de energia dos módulos.



Figura 67 – Sinalética para proteger as pessoas em situação de manobra ou manutenção. [Fonte: <https://m.sinalux.eu/pt>]

7.9. PROTEÇÃO CONTRA CONTATOS INDIRETOS

7.9.1. LADO DC

Do lado da corrente DC, a proteção contra os choques elétricos é garantida pelo emprego de materiais classe II de isolamento ou equivalente, desde os conectores dos módulos fotovoltaicos até aos conectores do inversor.

7.9.2. LADO AC

Do lado AC, a proteção contra contatos indiretos deverá ser garantida através de aparelho sensível à corrente diferencial-residual de alta sensibilidade.

A utilização de um disjuntor diferencial poderá garantir simultaneamente a proteção contra sobre intensidades e contra contatos indiretos. Entretanto podem ser utilizados dois aparelhos distintos, um disjuntor magnetotérmico para proteção contra sobreintensidades no lado da rede, e a instalação de interruptor diferencial para assegurar a proteção das pessoas.

7.10. LIGAÇÃO DAS MASSAS À TERRA

A massa do inversor e as massas dos materiais alimentados pela rede de distribuição pública (instalação existente) deverão ser ligadas à terra das massas da instalação de utilização. As estruturas metálicas de suporte, molduras dos módulos FV e partes metálicas para interligação destes, deverão encontrar-se ao mesmo potencial do TPT – terminal principal de terra, apesar da garantia de classe II de isolamento. De um modo geral, as

estruturas metálicas são em alumínio, pelo que deverão ser utilizados conectores adequados para o efeito sempre que necessário. A interligação destes componentes deverá ser assegurada através de condutor de equipotencialidade.

A rede pública de distribuição em baixa tensão é explorada em esquema de ligação à terra do tipo TN, pelo que o condutor de neutro da rede não deverá ser ligado com a terra do sistema fotovoltaico.

7.11. CORRENTE INVERSA

A corrente inversa é um efeito indesejado e perigoso que pode ocorrer numa string de painéis fotovoltaicos. A corrente inversa é o fluxo de corrente no sentido contrário ao fluxo de corrente em operação normal de um módulo fotovoltaico. Esse fenómeno pode ocorrer em conjuntos de módulos (*strings*) ligados em paralelo e ocorre quando a tensão de circuito aberto (V_{OC}) de uma *string* é menor do que a tensão de circuito aberto nas outras *strings*. Quando isto acontece a *string* afetada se comporta de forma análoga a uma carga do sistema, dissipando o calor gerado pela passagem de corrente inversa. Em um sistema fotovoltaico corretamente dimensionado e sem defeito não há corrente inversa significativa.

A ressaltar que nas células fotovoltaicas conectadas em série pode ocorrer um fenómeno de aquecimento exagerado em algumas partes do módulo, nomeadamente, quando alguma célula estiver parcialmente sombreada.

Em sistemas de micro e minigeração fotovoltaica, o sombreamento total ou parcial dos módulos não é significativo para produzir uma corrente inversa, porque a diferença da tensão de circuito aberto do módulo, entre as áreas sombreadas e expostas ao sol, não é expressiva quando existe uma quantidade pequena de *strings* paralelas. Por essa razão a corrente inversa não é um fenómeno que ocorre com facilidade durante a operação normal, sem falhas ou defeitos, na maior parte dos sistemas. Contudo, refira-se que nas grandes centrais geradoras, com muitas *strings* paralelas, a corrente inversa pode ocorrer pela diferença de tensão de circuito aberto causada por sombras.

A considerar alguns tipos de falhas elétricas e de instalação que podem causar a redução da tensão do circuito aberto de uma *string*, por conseguinte o surgimento de corrente inversa nos sistemas ligados em paralelo. As falhas mais comuns são:

- Curto-circuito em um dos módulos;

- Curto-circuito em células de um módulo;
- Falha de ligação a terra dos módulos;
- Erros de instalação causados por *strings* em paralelo com número diferente de módulos (módulos de tamanhos diferentes).

7.12. PROTEÇÃO CONTRA A CORRENTE INVERSA

Ao ocorrer uma corrente inversa, a corrente é direcionada para o defeito em vez de fluir em direção ao inversor e esta situação pode levar a um aumento excessivo de temperatura, a ponto de queimar os módulos fotovoltaicos.

Para proteger os módulos caso venha ocorrer algum defeito na cablagem, curto-circuito em algum módulo, ou alguma falha que resulta em corrente inversa, geralmente são utilizados fusíveis ou disjuntores, instalados entre os módulos fotovoltaicos e o inversor.

Os níveis admitidos para corrente inversa são disponibilizados pelo fabricante do módulo, sendo normalmente utilizada a proteção fusível entre 15 A e 20 A.

7.13. PROTEÇÃO CONTRA SOBREINTENSIDADES

7.13.1. LADO DC

Deve ser utilizada uma proteção para *string* de módulos fotovoltaicos através de fusível ou disjuntor, desde que sejam fotovoltaicos. A corrente nominal dos dispositivos de proteção contra sobrecorrente em uma *string* deve estar entre 1,5 e 2,4 vezes a corrente de curto-circuito (I_{sc}).

7.13.2. LADO AC

A proteção contra sobrecargas tem em conta o valor da corrente estipulada I_N do aparelho de proteção do lado AC e é definido pelas condições de ligação à rede. As condições estabelecidas estão previstas nas RTIEBT.

A proteção contra curto-circuitos tem em conta o poder de corte dos aparelhos de proteção e é determinada considerando as correntes de curto-circuito máximas previsí-

veis. Todos os dispositivos deverão ter um poder de corte de 3 kA. A utilização de disjuntor é obrigatória, não sendo permitida a proteção através de fusíveis, para permitir o seccionamento.

7.14. SECCIONAMENTO E CORTE

De forma a permitir a manutenção não só do inversor, mas também de todo o grupo, deverão ser previstos meios de seccionamento tanto do lado DC como do lado AC. Todos os dispositivos de seccionamento deverão ser omnipolares, sendo que do lado DC o seccionamento poderá não ser simultâneo.

7.15. INSTALAÇÃO

A matriz PV é composta de painéis conectados em série ou em paralelo, conforme as características do inversor. A considerar o número máximo de módulos que o inversor permite, conforme a ligação realizada.

Na instalação de módulos em direções diferentes é importante que sejam *strings* distintas, sendo ligadas em diferentes entradas de um inversor multi-MPPT, ou cada *string* ligada a um inversor.

Deve ainda serem evitados sombreamentos parciais na *string*; estudos mostram que um sombreamento de 10% da área da *string* pode reduzir em 30% a produção de energia elétrica. A existirem módulos sombreados, estes devem ser incluídos na mesma *string*, ou utilizar tecnologias que respondem melhor a luz difusa que a luz direta.

Neste projeto, o sistema fotovoltaico está a funcionar permanentemente em paralelo com a rede pública, e não há injeção de energia à rede. Essa energia produzida pelo gerador fotovoltaico é distribuída na habitação a partir do quadro geral de entrada.

7.16. QUEDA DE TENSÃO

7.16.1. LADO DC

A queda de tensão nos cabos entre a matriz fotovoltaica e o inversor, troço de corrente contínua da instalação, não deve exceder 3% da tensão nominal.

7.16.2. LADO AC

A queda de tensão nos cabos entre o inversor e o quadro geral de entrada, troço de corrente alternada da instalação, não deve exceder 1,5%. Este valor segue o estabelecido pela RTIEBT e considera o inversor como ponto de geração de energia, de forma análoga à portinhola, que é o ponto de alimentação a partir da rede pública de energia [37].

7.17. DIMENSIONAMENTO

A considerar que o estudo é para uma instalação fotovoltaica para autoconsumo de uma habitação unifamiliar. Será instalado um sistema gerador fotovoltaico de 2,10 kWp composto por uma *string* com 6 módulos fotovoltaicos que transformam energia solar em energia elétrica. Através desta *string*, nos horários de maior irradiância solar, é possível produzir uma potência de até 2,10 kWp.

No dimensionamento da matriz fotovoltaica é importante considerar fatores como a área disponível para instalação, localização geográfica, latitude, longitude, e se existem sombreamentos. Além disso na instalação é importante observar a orientação (azimute) do módulo e o ângulo de inclinação ao solo.

O número de módulos instalados depende das características do inversor, nomeadamente:

- Composição das *strings* – número de módulos $\times V_{OC} \leq V_{MÁX}$

Na temperatura mínima, valor ajustado à -10°C , a tensão de carga na *string* deve ser inferior à tensão máxima de entrada do inversor, $V_{MÁX}$.

- Número de módulos $\times V_{MPP} \geq V_{MÍN}$

Na temperatura máxima da tensão de operação, no valor ajustado à 70°C , a tensão para o ponto de máxima potência (V_{MPP}) vezes o número de módulos deve ser igual ou superior à tensão mínima do MPPT do inversor, $V_{MÍN}$. Se não atendida essa condição, o inversor interromperá o fornecimento de energia.

- $I_{CC\ STRING} < I_{MÁX\ INVERSOR}$

A corrente de curto-circuito considerada na ligação em paralelo deve ser inferior à corrente de entrada máxima do inversor. Nesta condição, o inversor vai limitar o fornecimento de energia entregue a rede.

7.17.1. CABOS DC

Os condutores entre os módulos fotovoltaicos e o inversor, nomeadamente o lado de corrente contínua, serão cabos para uso fotovoltaico com secção igual a 4 mm^2 com a referência ZZ-F (AS) 0,6/1 (1.2) kV AC, na cor preto para negativo e cor vermelha para o positivo. A considerar as seguintes condições, corrente máxima admissível em temperatura de até 60°C de 55 A e queda de tensão igual a $5,09 \Omega/\text{km}$ para 20°C . A considerar a distância entre os módulos fotovoltaicos e o inversor, localizado próximo ao quadro geral de entrada, de 40 m.

Os cabos da *string* são dimensionados para que possam dispensar aparelhos de proteção contra sobreintensidades, pelo que, a sua corrente máxima admissível (I_Z) deve ser igual ou superior a $1,25 \times I_{CC \text{ STC}}$ dessa mesma *string*. O cabo principal também é dimensionado para que seja dispensada a proteção contra sobreintensidades, devendo ser garantido que a corrente máxima admissível no cabo principal deve ser igual ou superior a $1,25 \times I_{CC \text{ STC}}$ do grupo, quando tiver mais do que uma *string*.

- CORRENTE ADMISSÍVEL

$$I_Z \geq 1,25 I_{CC \text{ STC}}$$

$$55 \geq 1,25 \times 10,62 \text{ A}$$

$$55 \text{ A} \geq 13,28 \text{ A} \rightarrow \text{Condição verificada}$$

- QUEDA DE TENSÃO

Iniciamente é realizada a correção da temperatura de 20°C para 60°C :

$$R = R_{20^\circ\text{C}} [1 + \alpha_{20^\circ\text{C}}(T_A - 20)]$$

Onde:

$$R_{20^\circ\text{C}} = 5,09 \Omega/\text{km}$$

$$\alpha_{20} = 3,93 \times 10^{-3}$$

Em consonância à correção de temperatura, $R = 5,89 \Omega/\text{km}$.

$$R_{40\text{m}} = 5,89 \Omega/\text{km} \times 0,04 \text{ km} \rightarrow R_{40\text{m}} = 0,2356 \Omega$$

$$0,2356 \Omega \times I_{\text{MÁX INVERSOR}} (12 \text{ A}) \rightarrow 2,83 \text{ V}$$

$$\Delta U = 2,83 \text{ V} / (6 \times 35,25 \text{ V})$$

$$\Delta U = 1,34 \% \rightarrow \text{Condição verificada}$$

7.17.2. CABOS AC

Os cabos de AC a utilizar terão a referência RV-K 3G4 mm² protegidos por tubos PEAD com diâmetro de 40 mm.

- CORRENTE ADMISSÍVEL

A corrente admissível no lado de corrente alterada é uma condição a ser verificada através das expressões:

$$I_B < I_N < I_Z$$

$$I_2 < 1,45 I_Z$$

Em que:

$$I_B = \frac{2,10 \text{ kW}}{400 \cdot \sqrt{3}} \rightarrow I_B = 3 \text{ A}$$

$$3 \text{ A} < 16 \text{ A} < 55 \text{ A} \rightarrow \text{Condição verificada}$$

e

$$22 \text{ A} < 80 \text{ A} \rightarrow \text{Condição verificada}$$

- QUEDA DE TENSÃO

A queda de tensão no lado da corrente alternada, já apresentada no projeto eletrotécnico, é dimensionada entre o inversor e o quadro geral de entrada através da expressão:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_B \left(\frac{\rho}{S} \cos\varphi + X \sin\varphi \right) L [\%]$$

Em que:

- Fator de potência, $\cos\varphi = 1$
- A corrente de serviço, $I_B = 3 \text{ A}$
- A resistividade do cobre, $\rho = 23,16 \frac{\Omega}{\text{km}}$
- E a secção do condutor, $S = 4 \text{ mm}^2$

$$\Delta U [\%] = \sqrt{3} \times 3 \times \left(\frac{23,16}{4} \right) \times 0,04 \rightarrow \Delta U = 1,23\%$$

$$\Delta U = 1,23\% \rightarrow \text{Condição verificada}$$

7.18. COMO GERIR O EXCESSO DE PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA

O sistema fotovoltaico para autoconsumo, ao contrário do armazenamento, não requer a instalação de equipamentos adicionais e, portanto, apresenta uma melhor rentabilidade. Quando uma estratégia de mudança de carga não é suficiente para absorver o excesso total de produção fotovoltaica, ela pode ser usada em associação com um sistema de armazenamento. Contudo, nesse caso a mudança de carga oferece o benefício adicional de reduzir o tamanho e otimizar o uso do sistema de armazenamento.

Deverá ser instalado um automatismo que controle a carga do inversor em função da carga em consumo instantâneo de modo a garantir injeção zero na rede pública. Durante o funcionamento existem dois cenários possíveis:

1) Quando a potência solar é superior às necessidades de consumo – então a saída do inversor é limitada, por indicação do sistema de controlo, abaixo do valor de consumo por forma a não fluir energia para a rede elétrica.

2) Quando a potência solar é inferior às necessidades de consumo – então a rede elétrica assegura o fornecimento de energia complementar de forma a satisfazer os consumos em cada instante. Assim toda a energia produzida pelo sistema fotovoltaico será consumida na instalação de utilização.

Quando há uma produção excedente de energia, ainda são consideradas algumas opções para gerir o excedente:

- Injetar o excedente na rede – “vender” a energia à rede pública; contudo, os valores atualmente são muito reduzidos, sendo, por isso, uma opção que não está a ser muito utilizada;
- Limitar a produção fotovoltaica – essa solução consiste em reduzir a tensão contínua de referência dos módulos fotovoltaicos e assim reduzir a energia fotovoltaica produzida.
- Armazenar o excesso de energia para uso posterior – ainda é uma solução que apresenta elevado custo e requer um longo período para retorno do investimento. Entretanto, esse armazenamento pode ser utilizado apenas

como fonte de energia de reserva (em caso de faltar energia) ou para atender melhor o consumo, a fim de evitar picos de utilização, e reduzir o custo da energia.

- Deslocar algumas cargas para o período de produção fotovoltaica – a gestão de carga é uma escolha atrativa, e consiste em utilizar alguns equipamentos somente durante o período de produção fotovoltaica, tanto quanto possível. Essas cargas podem ser flexíveis e geridas através de um sistema de controlo. Exemplos dessas cargas são o carregamento de veículos elétricos, aquecimento de água e, em certa medida, equipamentos AVAC.

O sistema fotovoltaico proposto não considera a acumulação de energia, por conseguinte, durante a noite, período em que não há produção de energia fotovoltaica, o consumo, na totalidade, será suprido pela rede elétrica.

7.19. OMISSÕES

Está omitido nesta memória descritiva e justificativa, o que venha depender dos aspetos arquitetónicos e decorativos, além de aparelhos que vierem a ser instalados futuramente. Contudo, a instalação de eventuais aparelhos não possibilita a alteração da estrutura elétrica proposta, nem o dimensionamento das respetivas canalizações e proteções. Todos os materiais e aparelhagem a instalar deverão atender as normas vigentes, e estar em perfeito estado. O instalador deverá observar as boas regras da arte e seguir o disposto nos regulamentos e exigências específicas da DGEG, bem como de outra legislação e normas em vigor, nos casos de omissão.

8. CONCLUSÃO

O presente relatório descreve o trabalho desenvolvido sob a forma de estágio na empresa Cláudio Estevens Electricidade e Telecomunicações, Lda., localizada em Olhão, que se dedica principalmente ao projecto e execução de instalações eléctricas em baixa e média tensão e de projectos ITED.

O trabalho proposto envolveu o projecto das infraestruturas eléctricas, de telecomunicações, e outras de um edifício residencial unifamiliar implementando soluções que permitem aumentar a sua eficiência energética e, por conseguinte, contribuir para uma diminuição das emissões de CO₂ associadas, principalmente, à produção e consumo de energia eléctrica.

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: uma primeira etapa correspondente ao estudo e identificação das soluções a implementar e uma segunda etapa relacionada com a realização dos projectos a implementar. Na primeira etapa foram identificadas soluções passivas (elementos construtivos do edifício) e activas (iluminação, climatização, automação, etc.) que permitem contribuir para a melhoria da eficiência energética do edifício e a obtenção de uma certificação energética classe A. Com o objetivo de integrar no edifício a capacidade de geração de energia de fonte renovável, foi também estudada a implementação um sistema fotovoltaico de autoconsumo, de acordo com as regras atuais estabelecidas na legislação portuguesa. A futura instalação deste sistema permitirá reduzir em até 31% a quantidade de energia consumida a partir da rede eléctrica de distribuição através da geração de 2893 kWh/ano de energia solar fotovoltaica, por conseguinte é alcançada uma melhoria do saldo energético global do edifício.

A segunda parte correspondeu à realização dos projectos electrotécnico, ITED, sistema de produção de energia eléctrica fotovoltaica e outros complementares bem como uma análise de avaliação do comportamento térmico do edifício.

Na concepção dos projectos e propostas de soluções passivas e ativas a implementar no edifício em estudo esteve sempre presente a redução do consumo de energia e consequente mitigação dos impactos climáticos. As iniciativas principais foram tomadas tendo em consideração a eficiência energética do edifício através da escolha de equipamentos eléctricos de baixo consumo (classes energéticas A ou superiores), da escolha de um sistema de iluminação baseado na utilização de lâmpadas LED, da implementação de isolamentos térmicos eficazes, da instalação de vidros duplos com corte térmico, redução

das pontes térmicas nos pilares, da instalação de um sistema colector solar térmico para AQS, da proposta de implementação de um sistema solar fotovoltaico, entre outras.

A análise do comportamento térmico da habitação unifamiliar em estudo permitiu identificar que, como esperado no setor dos edifícios residenciais, o maior consumo de energia é verificado quando se pretende suprir as necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento. Nesse sentido foram aplicadas soluções com o objetivo de aumentar o desempenho energético de modo a reduzir o consumo de energia. A análise do desempenho energético das soluções propostas permite destacar as seguintes conclusões:

- O sistema solar térmico contribui com 63% da energia necessária para o sistema AQS da moradia unifamiliar;
- A implementação do sistema solar fotovoltaico permite obter uma redução de 45% da fatura de energia elétrica;
- A implementação das soluções passivas e ativas sugeridas permite uma certificação energética classe A.

De referir também que a concepção dos projectos acima referidos seguiu as normas e regulamentos vingentes em Portugal e, em conformidade, foram sujeitos à respetiva validação.

Finalmente, com este trabalho procura-se contribuir para se ter uma perspetiva mais abrangente do que envolve o estudo do desempenho energético de um edifício e das especialidades a que se deve recorrer para que os resultados sejam os melhores possíveis quando está em causa a eficiência energética do edifício e conseqüentemente o seu impacto nas alterações climáticas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comissão europeia – Consequências das alterações climáticas – Consulta em 22 de novembro de 2020 – Disponível em: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_pt
- [2] European Environment Agency – Economic losses from climate-related extremes in Europe – Consulta em 26 de novembro de 2020 – Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/direct-losses-from-weather-disasters-4/assessment>
- [3] Diretiva 2018/844/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018 – P.75-91 – Consulta 17 de junho de 2021 – Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=PT>
- [4] Decreto-Lei nº 162/2019 – Diário da República N°206/2019 – Série I de 25-10-2019 – P.45-62 – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/162/2019/10/25/p/dre>
- [5] Agência Europeia do Ambiente – Energia – Consulta em 10 de maio de 2021 – Disponível em <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/intro>
- [6] Direção-Geral de Energia e Geologia – Energia em números, edição 2021 – Consulta em 11-06-2021 – Disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/media/32skj5iv/dgeg-aen-2021e.pdf>
- [7] United Nations Framework Convention on Climate Change – Kyoto Protocol – Consulta em 26 de outubro de 2020 – Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- [8] Resolução do Conselho de Ministros N°133/2020 – Diário da República N°123/2020 – Série I de 10-07-2020 – P.2-158 – Disponível: <https://data.dre.pt/eli/resolconsmin/53/2020/07/10/p/dre>
- [9] United Nations Framework Convention on Climate Change – Paris Agreement – Consulta em 26 de outubro de 2020 – Disponível em https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

- [10] Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012 – P.315/1-315/56 – Consulta em 28 de março de 2021 – Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=en>
- [11] Resolução do Conselho de Ministros N° 20/2013 – Diário da República N°70/2013 – Série I de 2013-04-10 – P.2022-2091 – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/resolconsmin/20/2013/04/10/p/dre/pt/html>
- [12] Resolução do Conselho de Ministros N°2/2011 – Diário da República N°8/2011 – Série I de 2011-01-12 – P.270-271 – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/resolconsmin/2/2011/01/12/p/dre/pt/html>
- [13] Resolução do Conselho de Ministros N°107/2019 – Diário da República N°123/2019 – Série I de 01-07-2019 – P.3208-3299 – Disponível: <https://data.dre.pt/eli/resolconsmin/107/2019/07/01/p/dre>
- [14] Sousa, António Fernando Marques de (2019) – Estudo e desenvolvimento de edifícios com baixos níveis de emissões aplicado à um campus universitário – Tese de Doutoramento – Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve – Faro
- [15] Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 – P.153/13-153/34 – Consulta em 17 fevereiro 2021 – Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>
- [16] Decreto-Lei N°118/2013 – Diário da República N°159/2013 – Série I de 2013-08-20 – P.4988–5005 – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/118/2013/08/20/p/dre/pt/html>
- [17] Portaria 349-A/2013 – Diário da República N°234 – Série II de 2013-11-29 – P.6624(13) - 6624(17) – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/port/349-a/2013/11/29/p/dre/pt/html>
- [18] Despacho n°15793-J/2013 – Diário da República N°234 – Série II de 03-12-2013 – P. 35088-(41) - 35088-(54) – Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/2975223>

- [19] Portaria N°98/2019 – Diário da República N°32 – Série I de 16-02-2015 – P.878-885 – Consulta em 16 de janeiro de 2021 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/121854639>
- [20] ADENE – Agência para a Energia. (2016) – 10 Soluções Eficiência Energética. Isolamento de Coberturas. Lisboa
- [21] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Isolamento de Paredes. Lisboa
- [22] Palinha, Milene Silva de Jesus (2009) – Sistemas de sombreamento em arquitetura – Dissertação para Mestrado em Arquitectura – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa – Lisboa
- [23] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Proteções Solares. Lisboa
- [24] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Janelas Eficientes. Lisboa
- [25] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Sistemas de Ventilação. Lisboa
- [26] Despacho N°15793-K/2013 – Diário da República N°234 – Série II de 03-12-2013 – P.35088(58) - 35088(87) – Consulta em 28 dezembro 2020 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/2975224>
- [27] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Ar Condicionado Doméstico. Lisboa
- [28] Portaria 349-B/2013 – Diário da República N°232 – Série I de 29-11-2013 – P.6624(18) - 6624(29) – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/port/349-b/2013/11/29/p/dre/pt/html>
- [29] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Esquentadores e Caldeiras. Lisboa
- [30] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Recuperadores de Calor e Salamandras. Lisboa
- [31] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Sistemas Solares Térmicos. Lisboa

- [32] ADENE – Agência para a Energia. (2016). 10 Soluções Eficiência Energética. Sistemas Solares Fotovoltaicos. Lisboa
- [33] Soluções de iluminação HAGER – HAGER S.A. – Consulta em 02 de julho de 2021 – Disponível em https://www.hager.pt/files/download/0/326993_1/0/Hager_solucoes_iluminacao.pdf
- [34] KNX Basics – KNX.ORG – Consulta em 28 de junho de 2021 – Disponível em https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf
- [35] Lei N°14/2015 – Diário da República N°32 – Série I de 16-02-2015 – P.878-885 – Consulta em 16 de janeiro de 2021 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/6652882>
- [36] Decreto-Lei N°96/2017 – Diário da República N°154 – Série I de 10-08-2017 – P.4654-4663 – Consulta em 06 de outubro de 2020 – Disponível em <https://data.dre.pt/application/conteudo/107987277>
- [37] Portaria n°949-A/2006 – Diário da República N°175 – Série I (11-09-2006) P.6682(2) - 6682(191) – Consulta 28 dezembro 2020 – Disponível em <https://data.dre.pt/eli/port/949-a/2006/09/11/p/dre/pt/html>
- [38] IEC 60529 (1989), Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- [39] IEC 62262 (2002), Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)
- [40] EDP Distribuição – Materiais para derivações e entradas BT – Consulta em 06 de abril de 2021 – Disponível em https://www.edpdistribuicao.pt/sites/edd/files/normative_docs/DMA-C62-807N.pdf
- [41] EN 62208 (2011), Empty enclosures for low-voltage switchgear and control gear assemblies - General requirements
- [42] IEC 60439-1 (1999), Low-voltage switchgear and control gear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies

- [43] IEC 60898-1 (2015), Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations - Part 1: Circuit-breakers for A.C. operation
- [44] Manual ITED 4ª edição – ANACOM – Consulta em 18 fevereiro de 2021 – Disponível em: https://www.anacom.pt/streaming/Manual_ITED4_vfinal.pdf?contentId=1519182&field=ATTACHED_FILE
- [45] IEC 60793-1-4 (2001), Optical fibres - Part 1-4: Generic specification - Measuring methods for transmission and optical characteristics
- [46] Despacho nº15793-F/2013 – Diário da República N°234 Série II (03-12-2013) P. 35088-(26) a 35088-(31) – Consulta em 28 dezembro 2020 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/2975219>
- [47] Santos, Carlos A. Pina dos e Matias, Luís (2006) – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios – LNEC – 1ª edição – Lisboa
- [48] Portaria 353-A/2013 – Diário da República N°235 – Série I de 04-12-2013 – P.6644(2) - 6644(9) – Consulta em 14 de janeiro de 2021 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/331868>
- [49] Despacho nº15793-D/2013 – Diário da República N°234 Série II (03-12-2013) P. 35088-(13) a 35088-(13) – Consulta em 28 dezembro 2020 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/2975217>
- [50] Portaria 349-D/2013 – Diário da República N°233 – Série I (02-12-2013) P. 6628-(40) a 6628-(73) – Consulta em 28 dezembro 2020 – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/port/349-d/2013/12/02/p/dre/pt/html>
- [51] Portaria 349-C/2013 – Diário da República N°233 – Série I (02-12-2013) P. 6628-(20) a 6628-(39) – Consulta em 28 dezembro 2020 – Disponível em: <https://data.dre.pt/eli/port/349-c/2013/12/02/p/dre/pt/html>
- [52] Despacho nº15793-I/2013 – Diário da República N°234 Série II (03-12-2013) P. 35088-(41) a 35088-(54) – Consulta em 28 dezembro 2020 – Disponível em <https://dre.pt/application/conteudo/2975222>

- [53] Schneider Electric – Electrical Installation Guide – Consulta em 18 de abril de 2021 – Disponível em https://go.schneider-electric.com/WW_201903_2018-Electrical-Installation-Guide-A07456_EA-LP-EN.html?source=Advertising-Online&sDetail=2018-Electrical-Installation-Guide-A07456_AU
- [54] IEC 61853-1 (2011), Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating
- [55] IEC 60364 (2005), Low voltage electrical installations - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems

APÊNDICE I

PEÇAS DESENHADAS

PROJECTO ELETROTÉCNICO E ITED

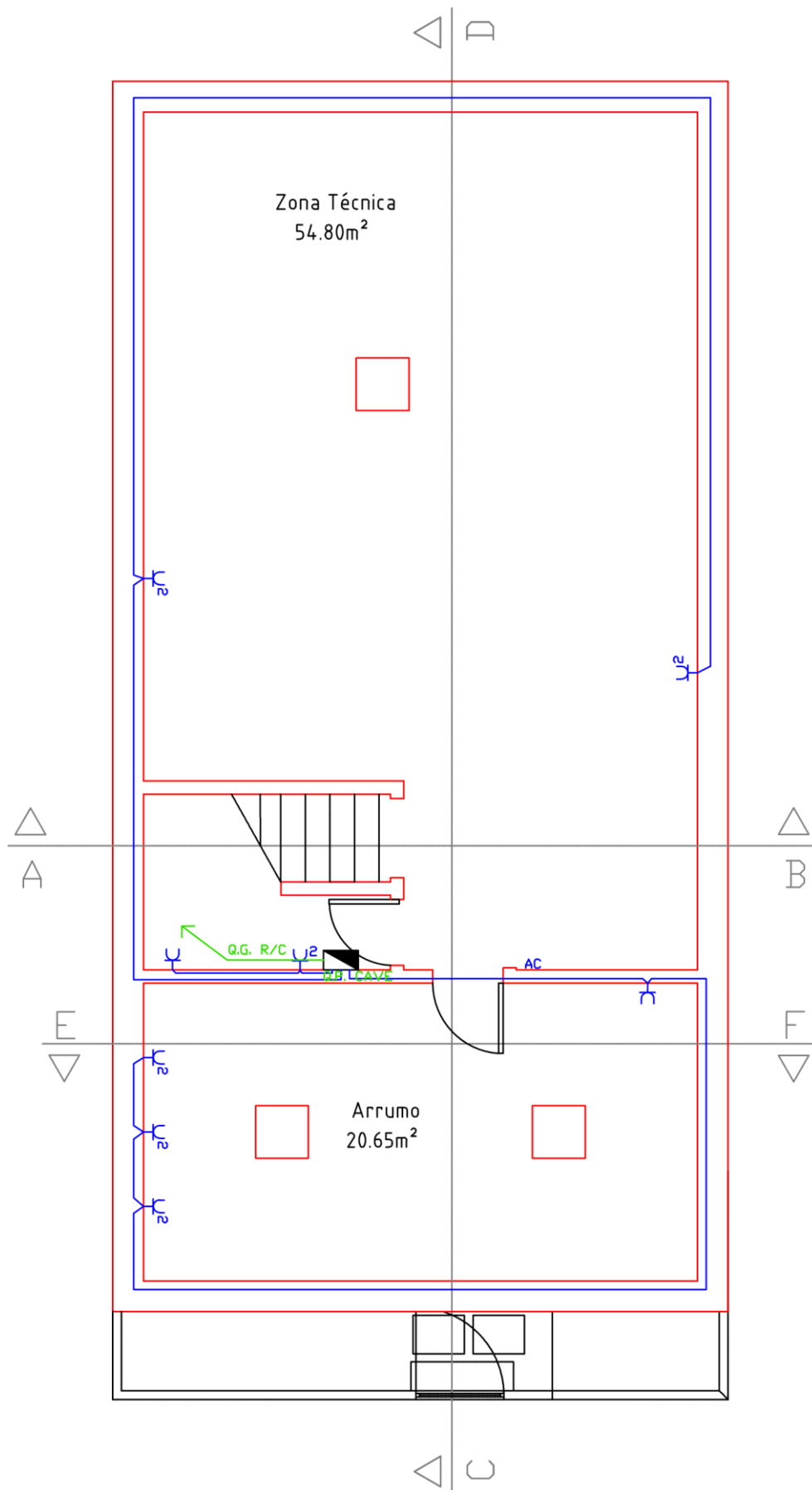
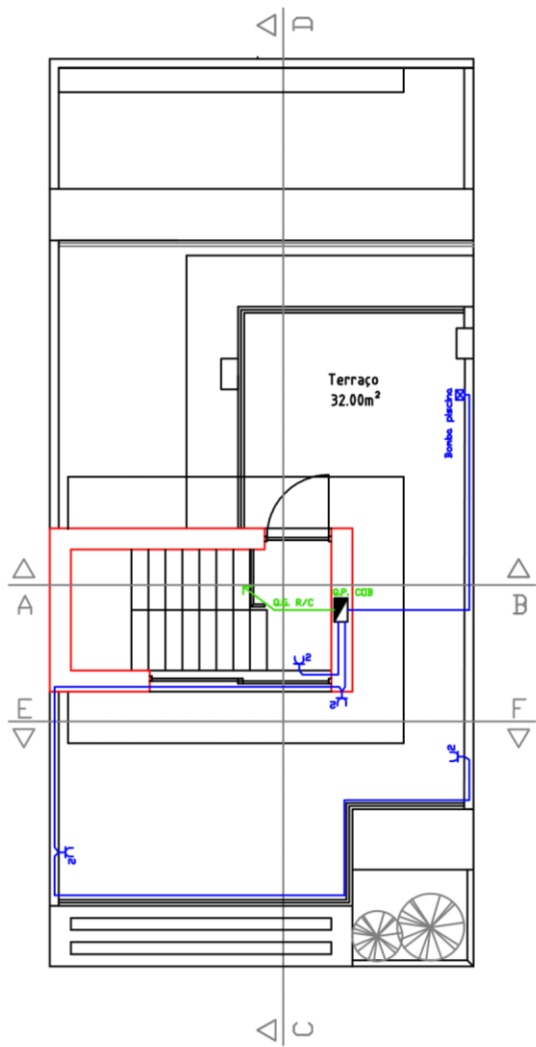
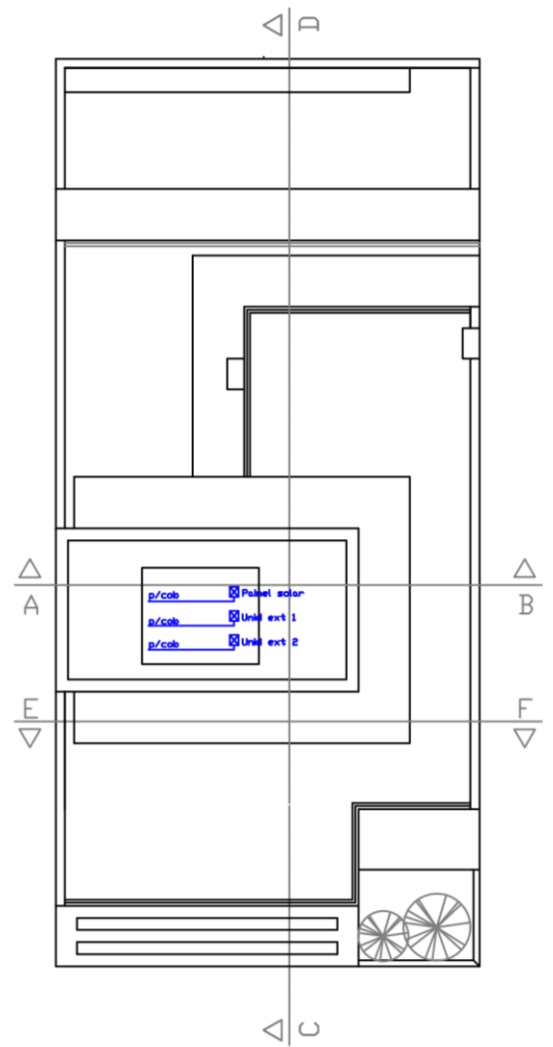


Figura 68 – Tomadas e alimentações na cave



Planta da cobertura



Planta da cobertura

Figura 71 - Tomadas e alimentações no 2º piso e na cobertura

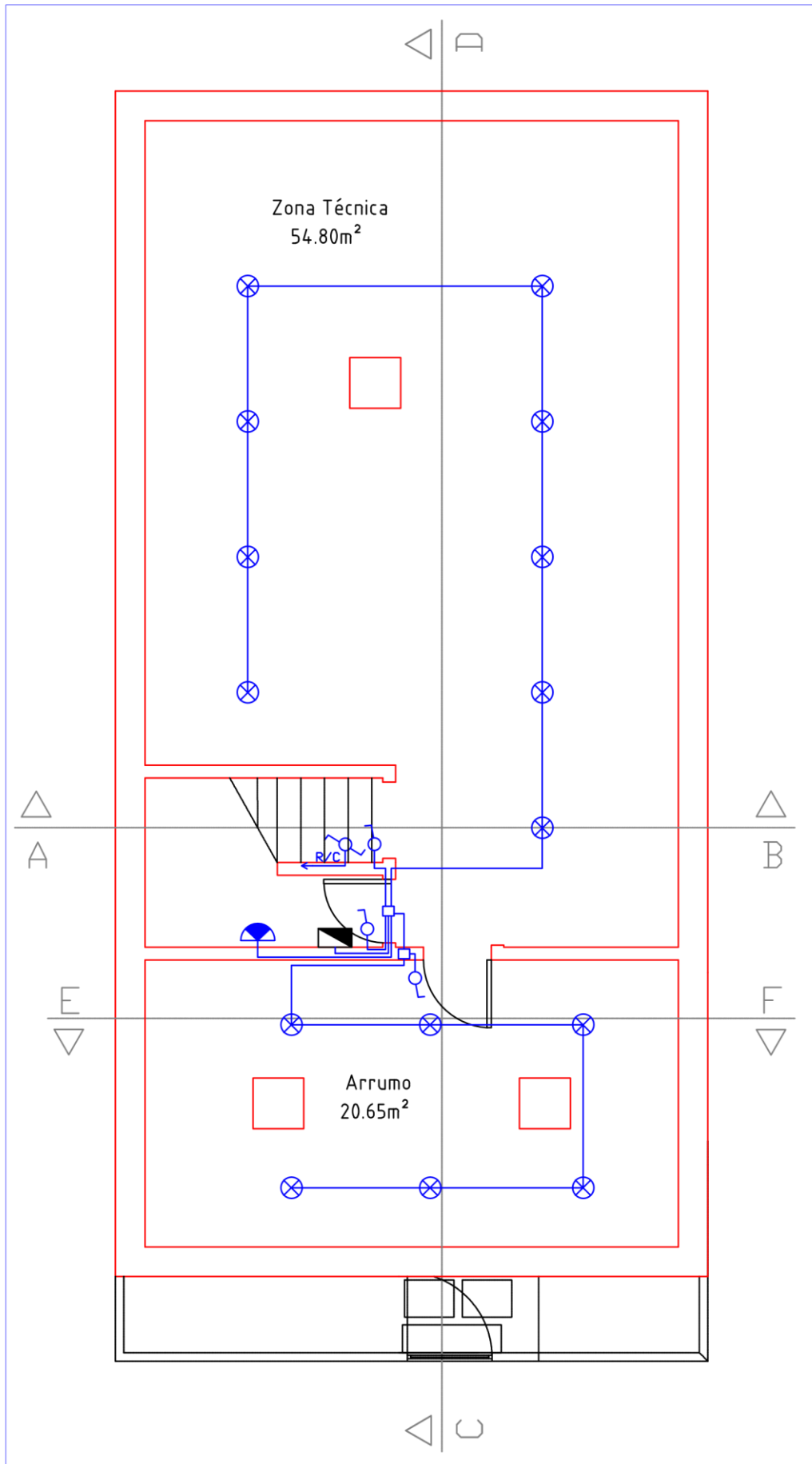


Figura 72 – Projeto de iluminação na cave

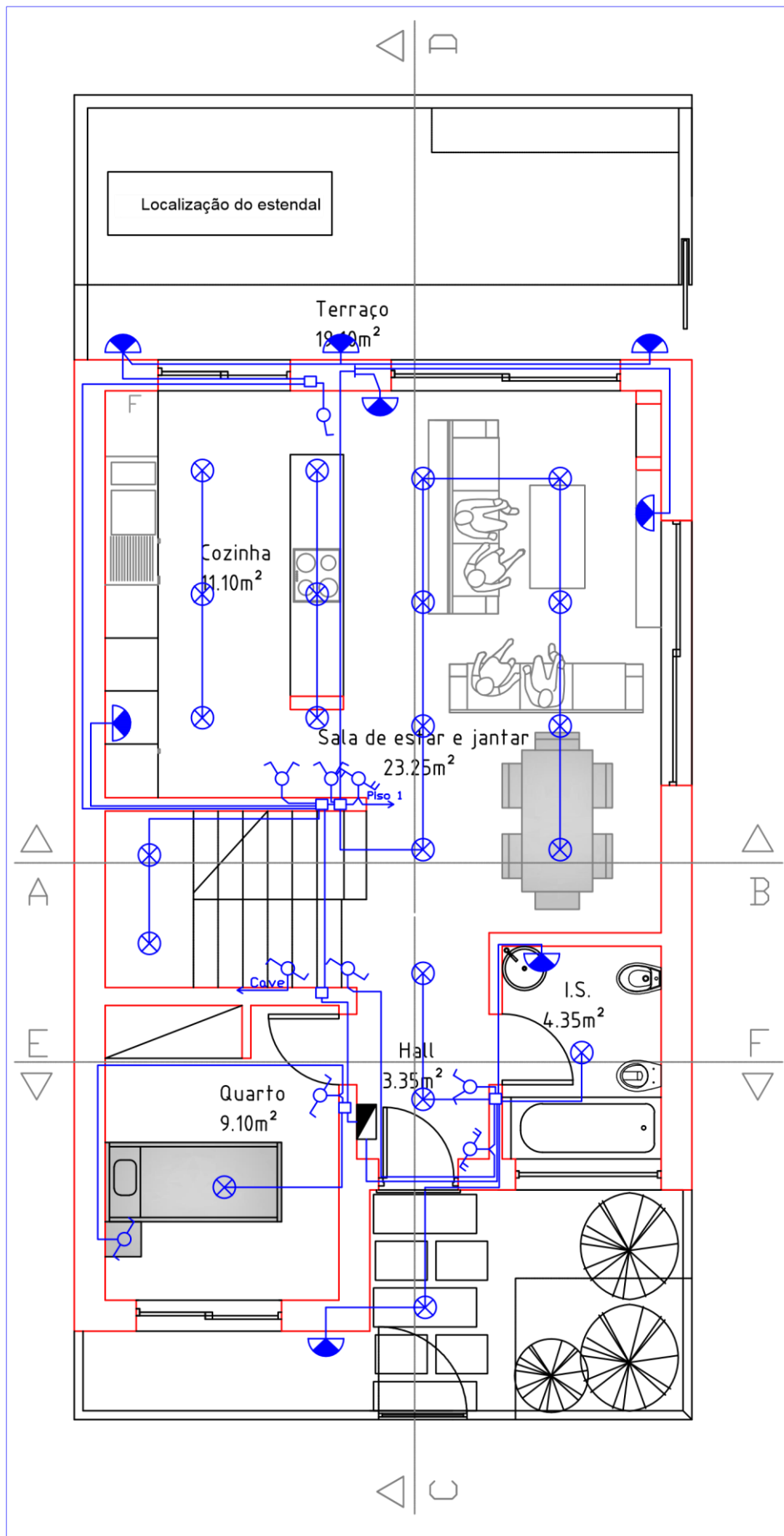


Figura 73 – Projeto iluminação no pavimento rés-do-chão

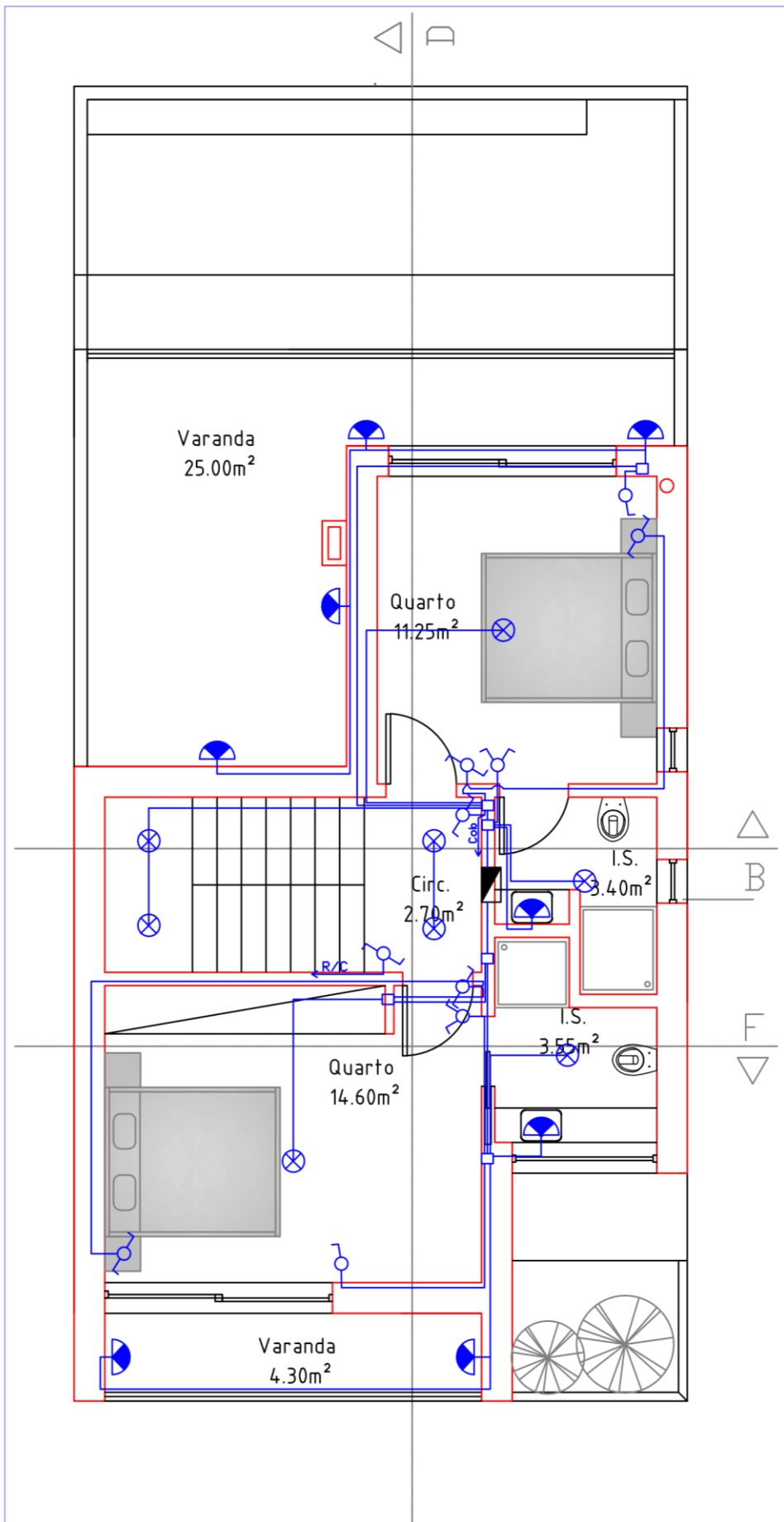


Figura 74 – Projeto de iluminação no 1º piso

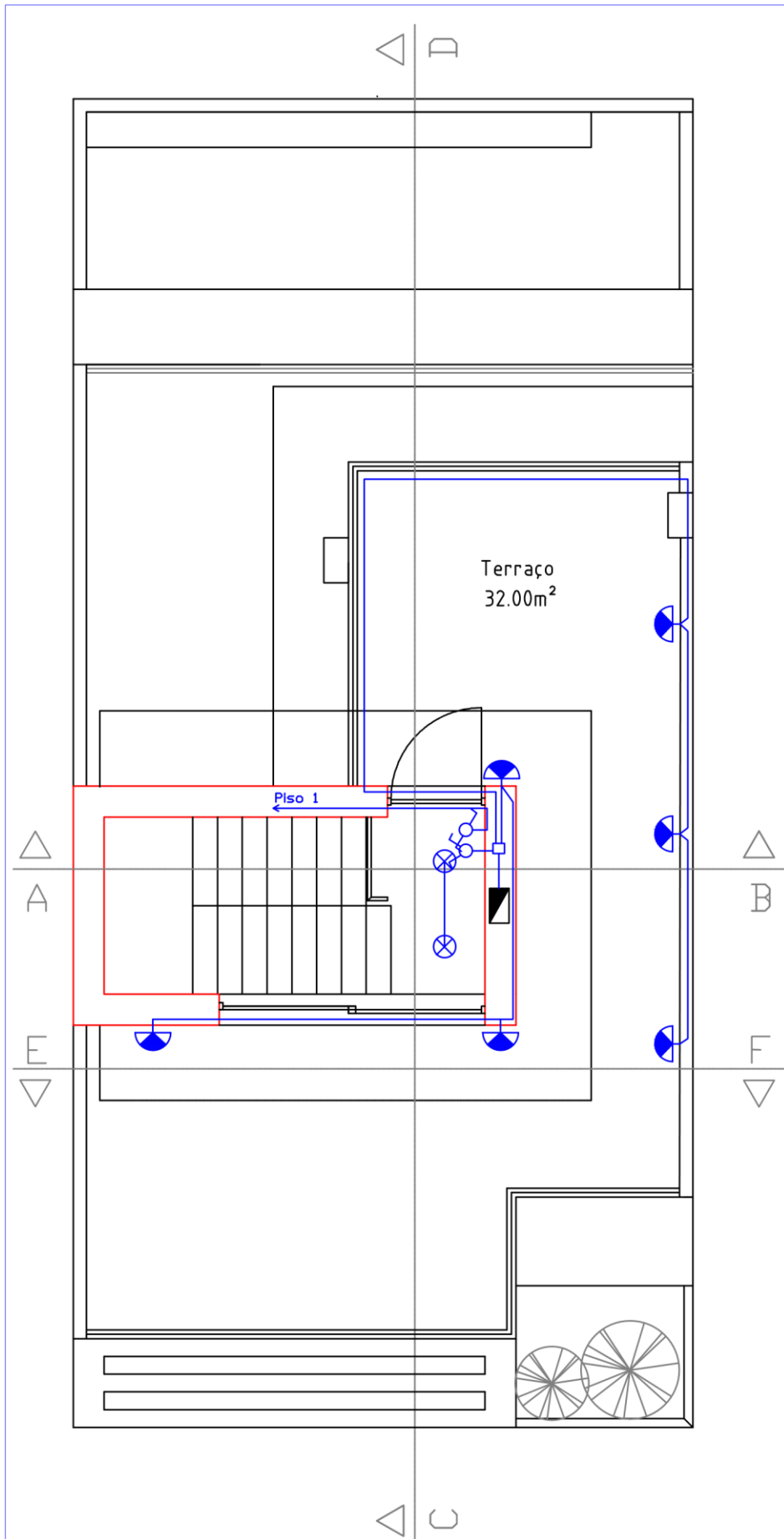


Figura 75 - Projeto de iluminação no 2º piso

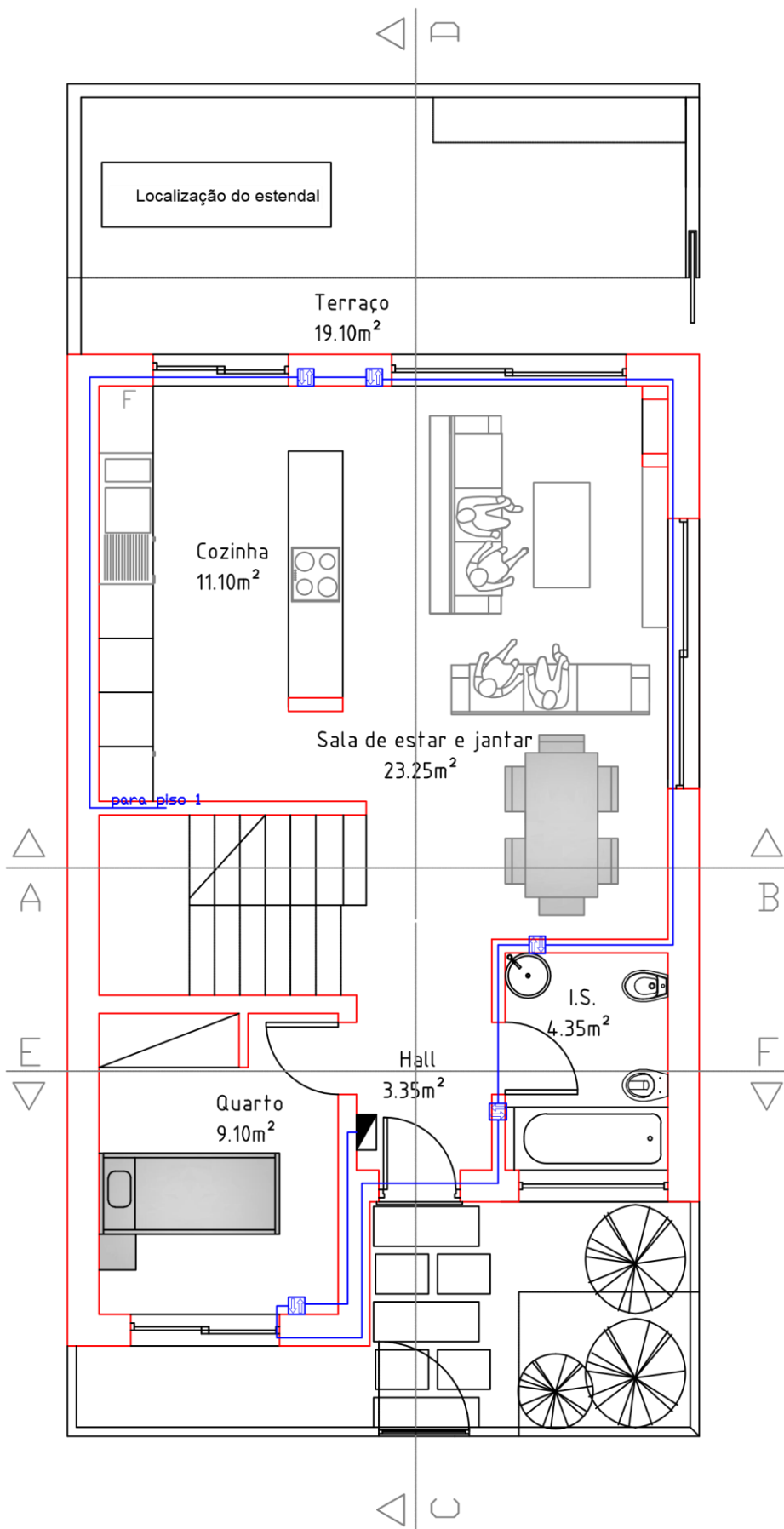


Figura 76 - Estores no pavimento rés-do-chão

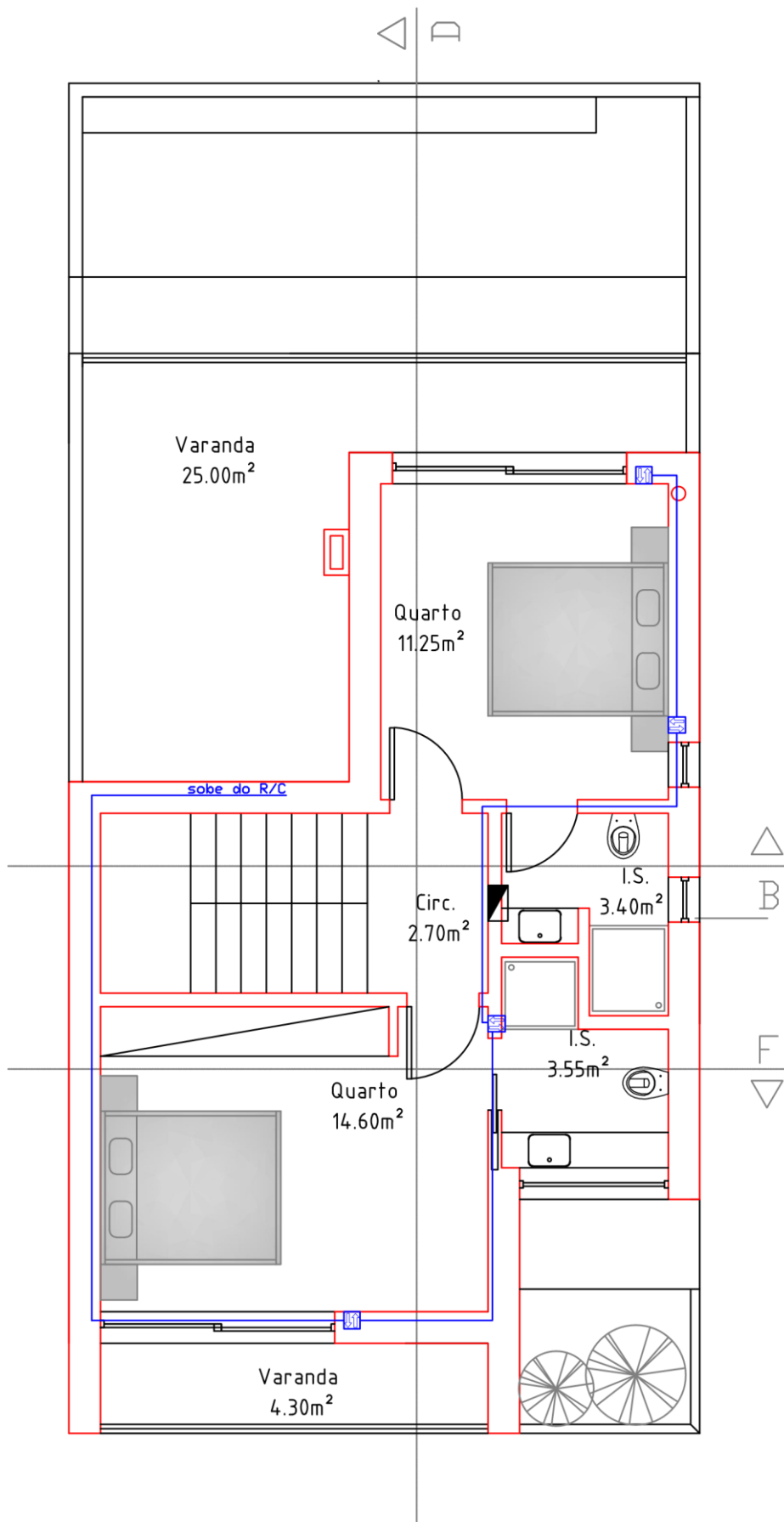


Figura 77 - Estores no pavimento do 1º piso

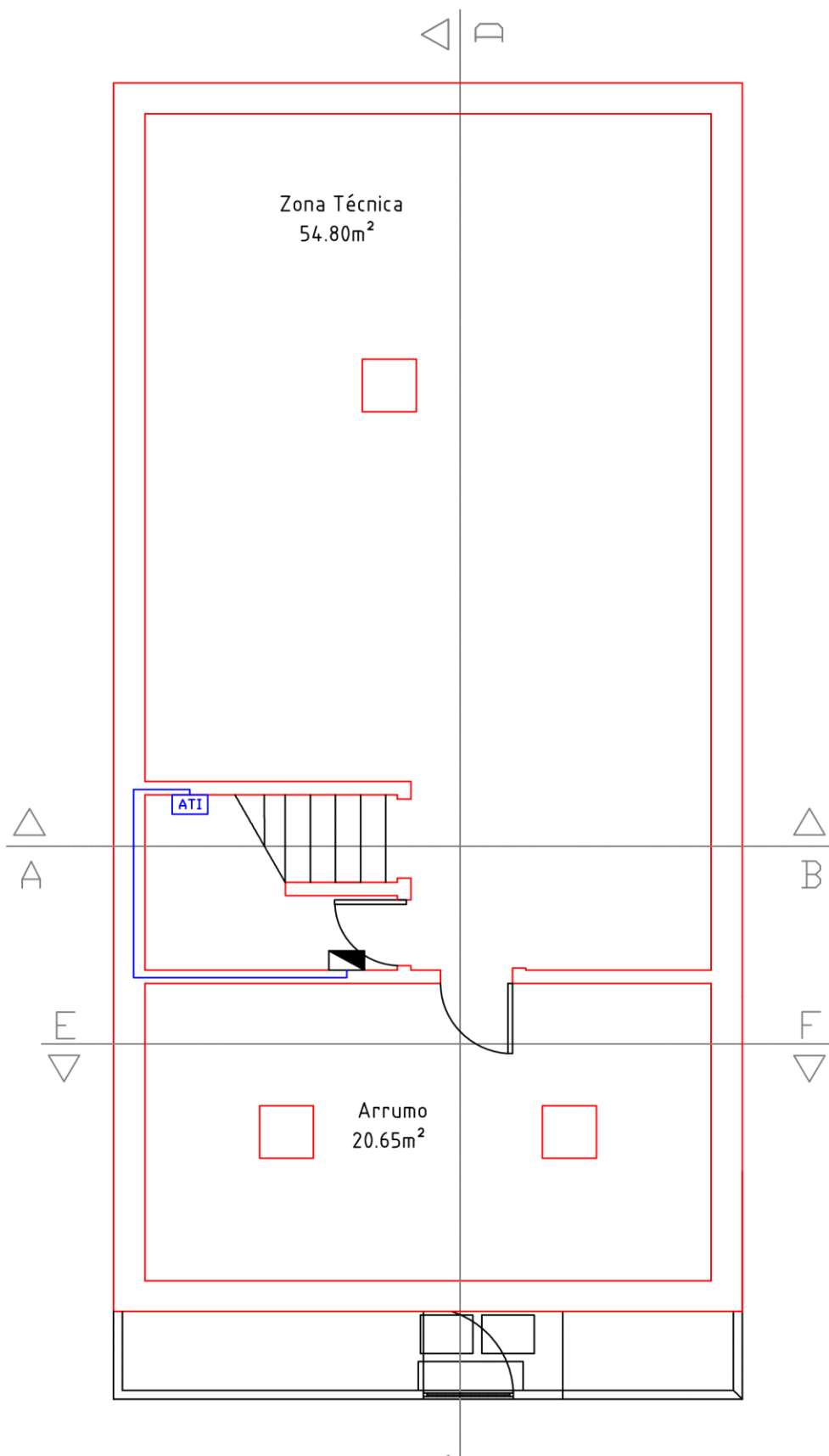


Figura 78 - Projeto ITED na cave

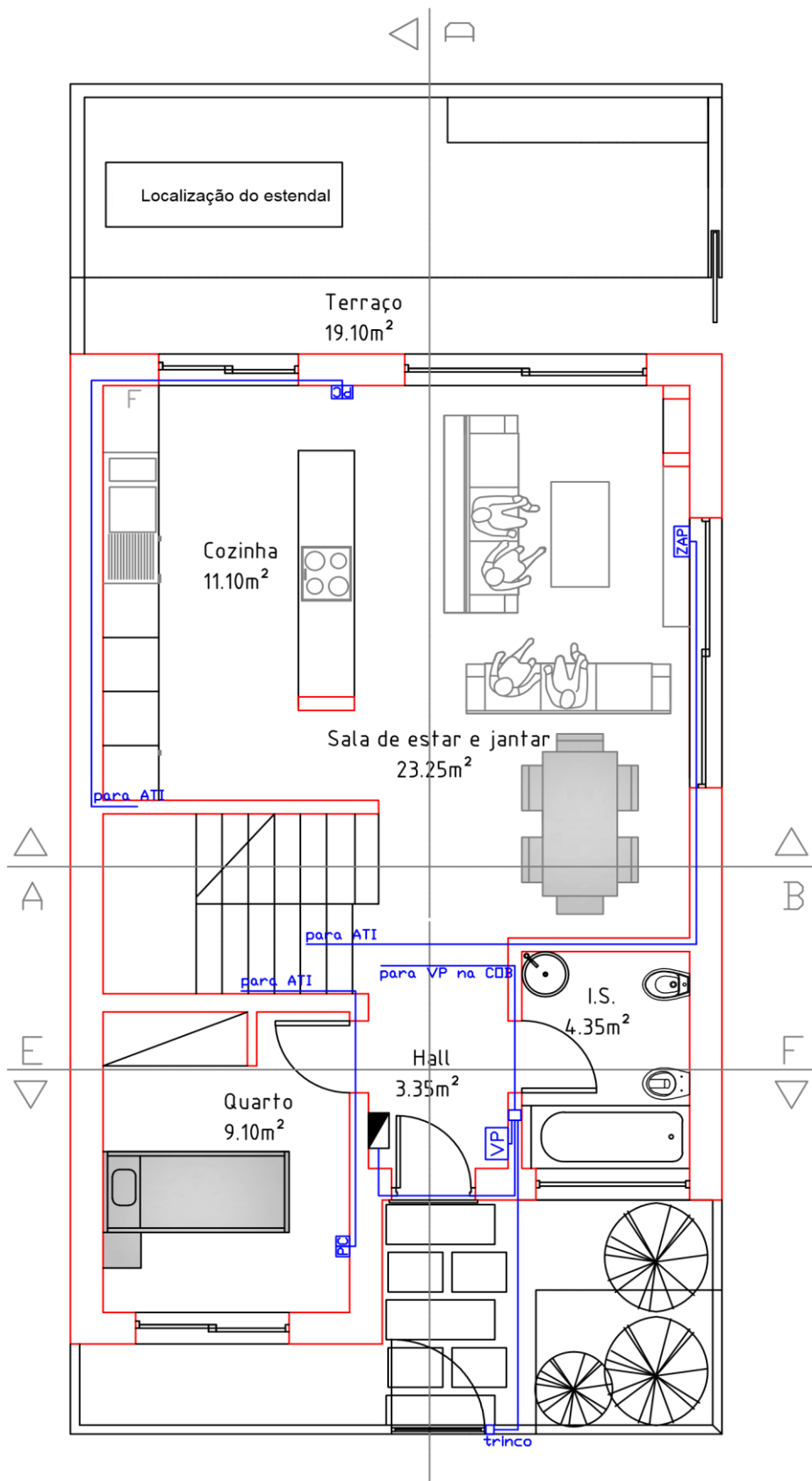


Figura 79 - Projeto ITED no 1º piso

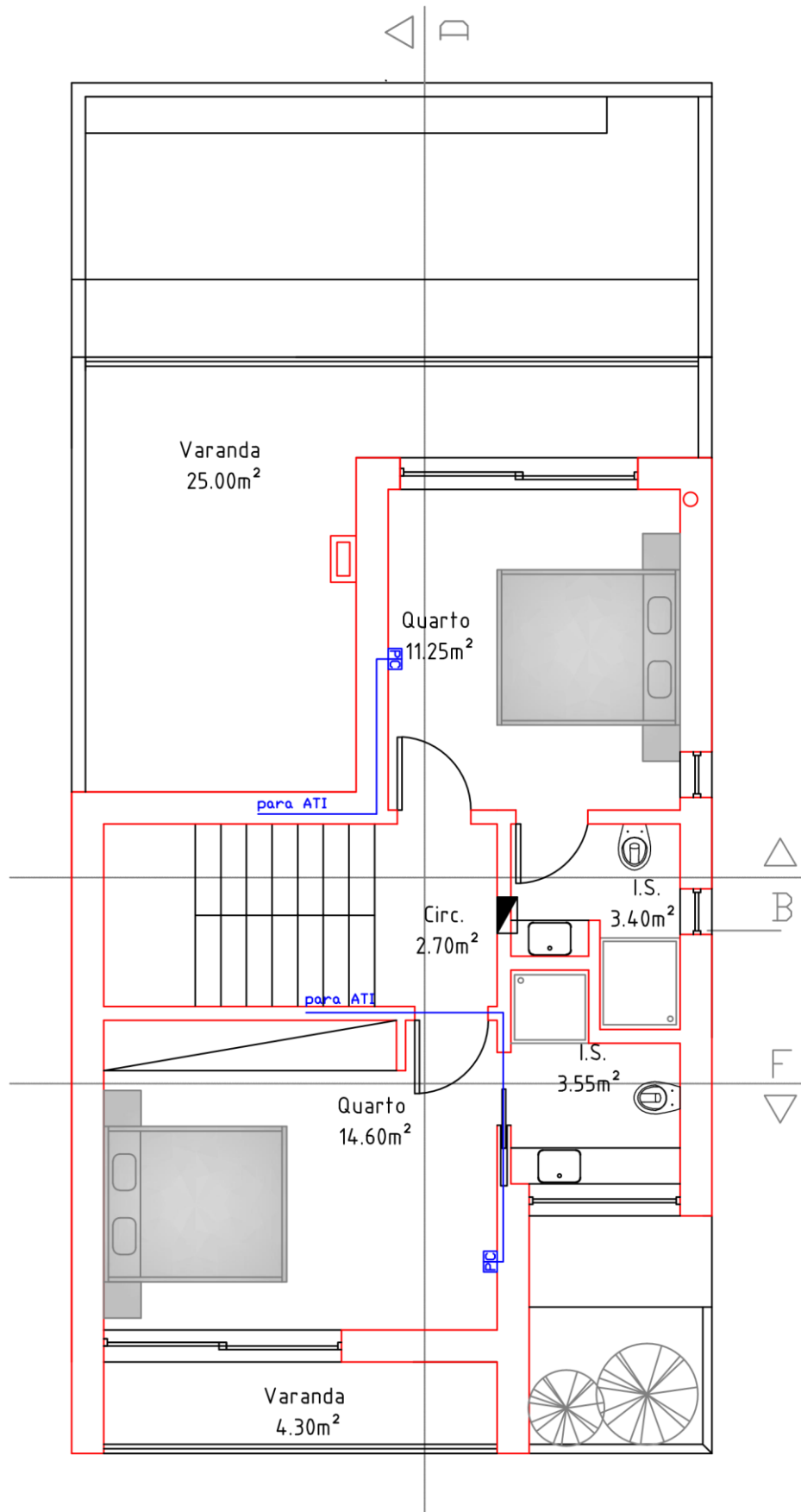


Figura 80 - Projeto ITED no pavimento 2º piso

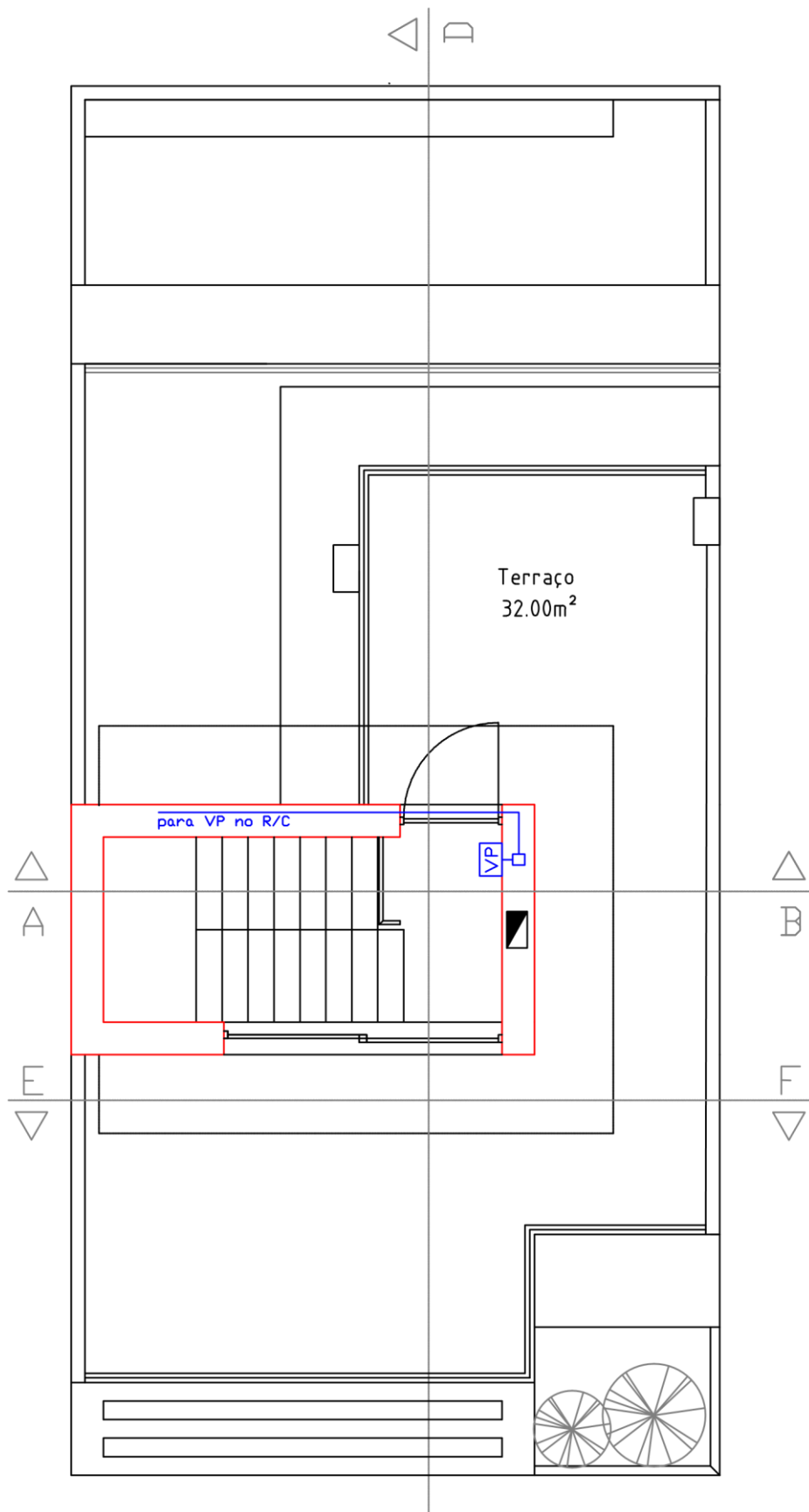
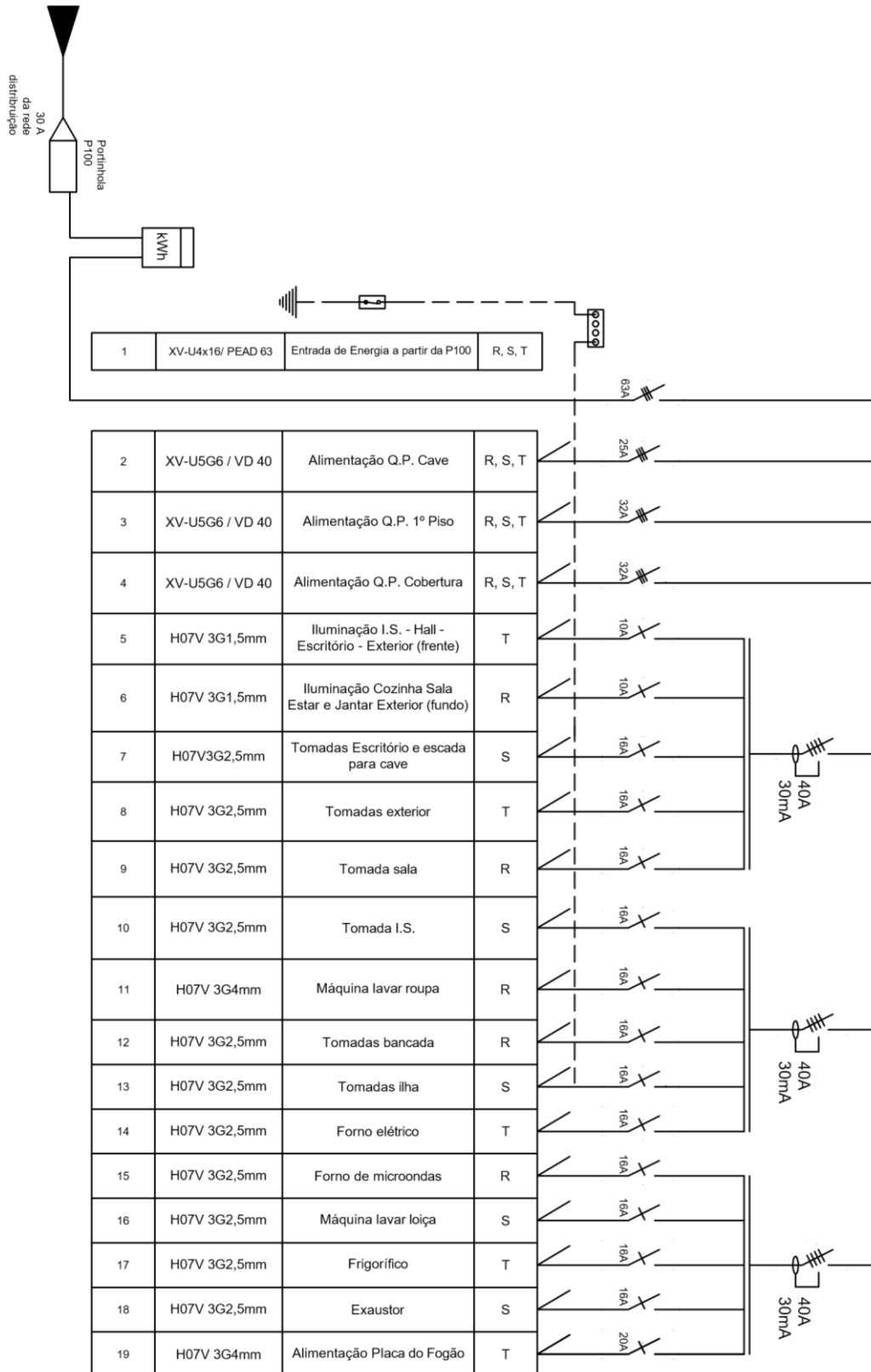


Figura 81 - Projeto ITED no pavimento do 2º piso



Quadro Geral
 Classe II de isolamento
 3F+N+T
 400/230V 50Hz In=63A
 Icc=6kA IP20 IK07

Figura 82 - Esquema unifilar do quadro elétrico geral da habitação

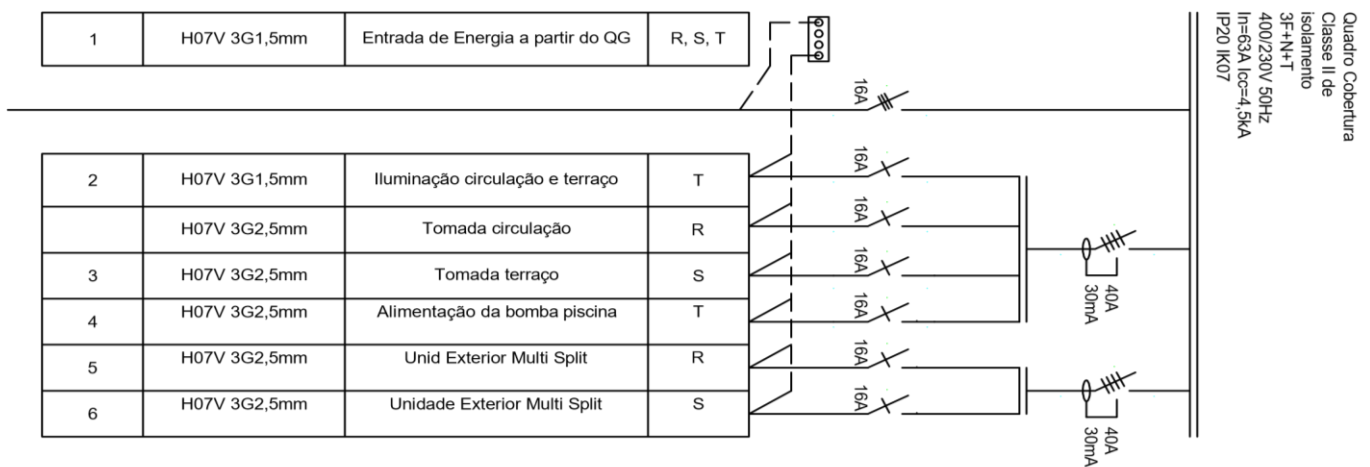
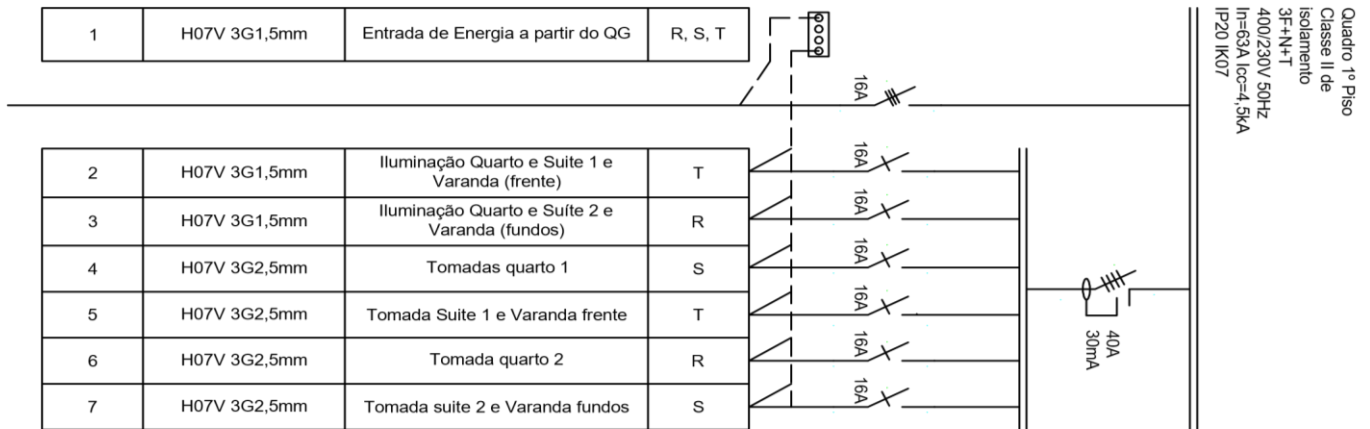
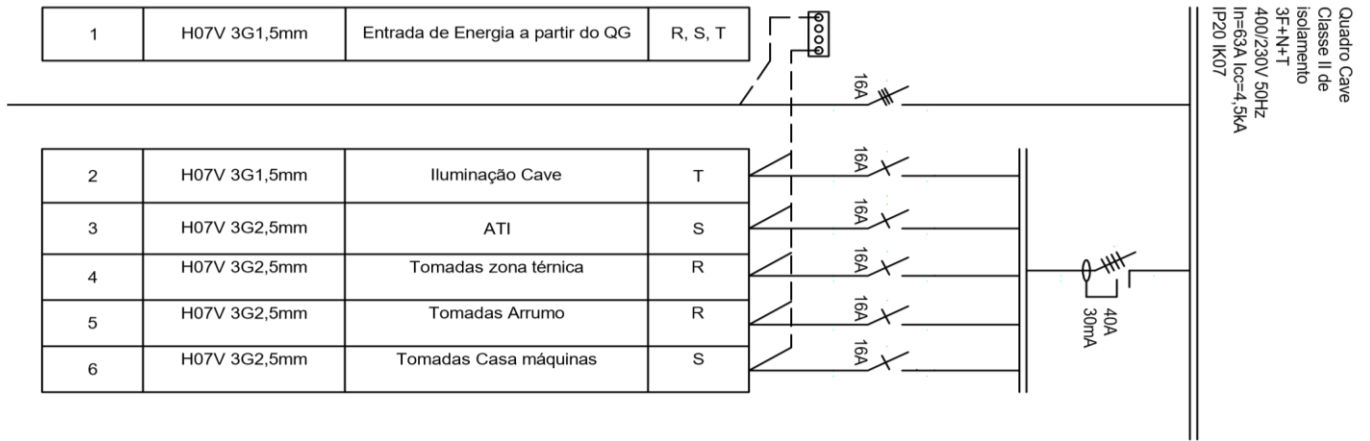


Figura 22 - Esquema unifilar dos quadros elétricos parciais da habitação

Diagrama dos quadros eléctricos

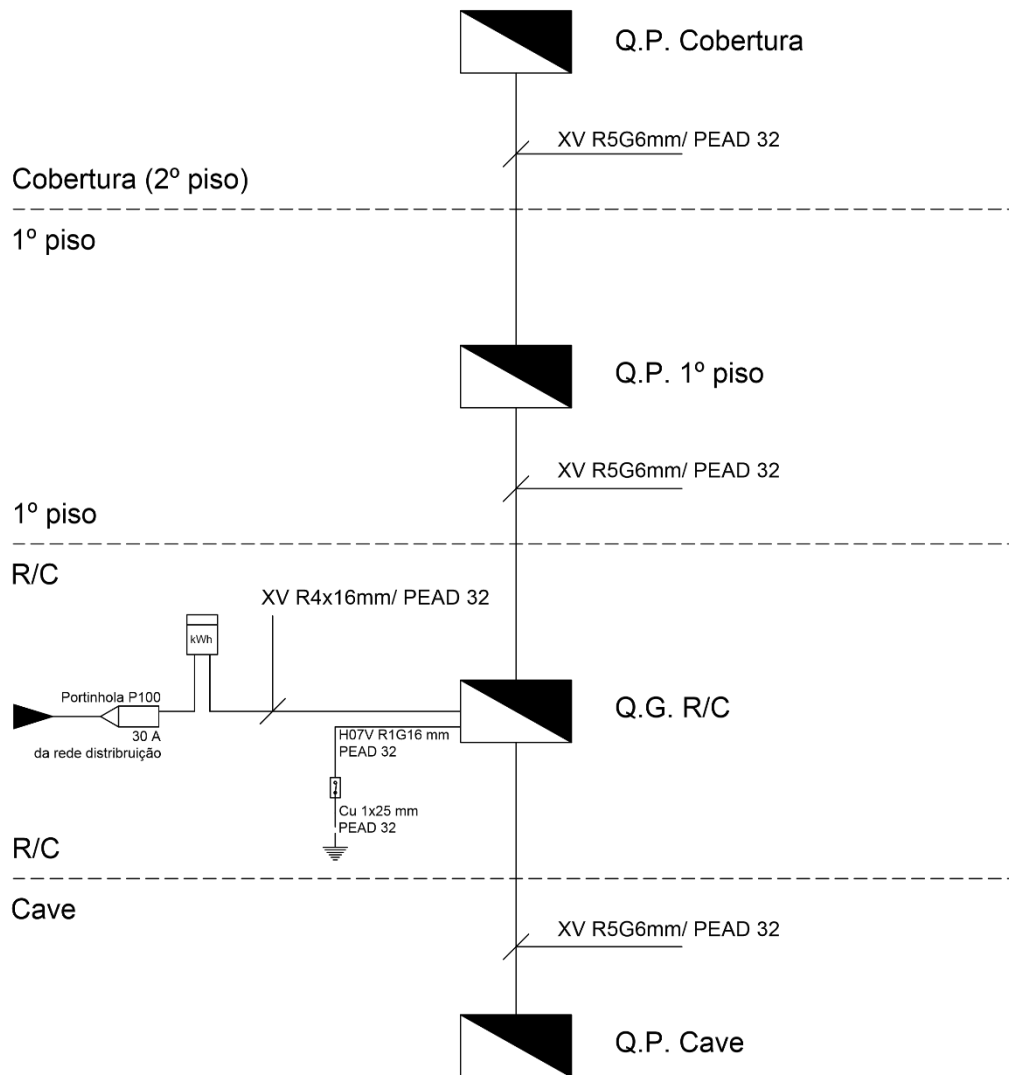


Figura 84 - Diagrama dos quadros eléctricos da habitação

APÊNDICE II

TABELAS

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE

Camadas da envolvente opaca	Massa volumétrica	Espessura	Massa	Condutibilidade térmica λ	Resistência térmica R_j	Coef. de redução de perdas B_{tr}	Coef. de transmissão térmica U	Coef. de transmissão térmica referência U_{REF}	Coef. de transmissão térmica máximo $U_{MÁX}$
	[kg/m ³]	[m]	[kg/m ²]	[W/m °C]	[m ² °C/W]		[W/m ² °C]	[W/m ² °C]	[W/m ² °C]

Parede 1 (exterior) (espessura 33,5 cm)

Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Tijolo térmico Tabicesa 757 kg/m ³	757	0,24	181,68	0,22	1,07				
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,01	20,00	1,30	0,01				
Poliestireno expandido moldado (EPS) ≥ 20 kg/m ³	20	0,06	1,20	0,04	1,62	-	0,35	0,50	1,70
Revestimento do sistema ETICS	0,11	0,01	0,00	1,30	0,00				
Resistência térmica superficial interior					0,13				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				

Parede 2 (em contato com edifício adjacente) (espessura 31 cm)

Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Tijolo térmico Tabicesa 757 kg/m ³	757	0,24	181,68	0,22	1,07				
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,01	20,00	1,30	0,01				
Poliestireno expandido moldado (EPS) ≥ 20 kg/m ³	20	0,04	0,80	0,04	1,08	0,60	0,43	1,00	1,70
Resistência térmica superficial interior					0,13				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				

P_int (compartimento com espaço não útil) (espessura 15 cm)

Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Tijolo cerâmico furado	654	0,11	71,94	0,29	0,38				
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,02	40,00	1,30	0,02	-	1,72	-	-
Resistência térmica superficial interior					0,13				

Resistência térmica superficial exterior 0,04

Pavimento LP_int (espessura 33 cm)

Mosaico cerâmico	2300	0,01	23,00	1,30	0,01			
Betonilha de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,10	200,00	1,30	0,08			
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m3	2400	0,20	480,00	2,50	0,08			
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,02	40,00	1,30	0,02	-	2,56	-
Resistência térmica superficial interior					0,17			
Resistência térmica superficial exterior					0,04			

Cobertura LC1 (espessura 34,5 cm)

Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,02	40,00	1,30	0,02			
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m3	2400	0,15	360,00	2,50	0,06			
Impermeabilização com pasta cimentosa	1200	0,01	6,00	0,14	0,04			
Poliestireno expandido extrudido (XPS) 25-40 kg/m3	40	0,08	3,20	0,04	2,16			
Betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) 500 kg/m3	500	0,04	20,00	0,18	0,22	-	0,37	0,40
Betonilha de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,04	80,00	1,30	0,03			
Mosaico cerâmico	2300	0,01	23,00	1,30	0,01			
Resistência térmica superficial interior					0,10			
Resistência térmica superficial exterior					0,04			

Cobertura LC2 (espessura 38,5 cm)

Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,02	40,00	1,30	0,02			
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m3	2400	0,12	288,00	2,50	0,05			
Betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) 500 kg/m3	500	0,10	50,00	0,18	0,56	-	0,33	0,40
Impermeabilização com pasta cimentosa	1200	0,01	6,00	0,14	0,04			
Poliestireno expandido extrudido (XPS) 25-40 kg/m3	40	0,08	3,20	0,04	2,16			
Betonilha de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,05	100,00	1,30	0,04			

Mosaico cerâmico	2300	0,01	23,00	1,30	0,01				
Resistência térmica superficial interior					0,10				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				

Porta exterior (espessura 3,5 cm)									
Painel de alumínio	2700	0,01	27,00	230,00	0,00				
Caixa de ar, fluxo horizontal	1,23	0,02	0,02	0,03	0,60				
Painel de alumínio	2700	0,01	27,00	230,00	0,00	-	1,30	0,50	NA
Resistência térmica superficial interior					0,13				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				

PONTES TÉRMICAS PLANAS

Pilar/ Viga (exterior) PTP 1.1 (espessura 33,5 cm)									
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m3	2400	0,25	600,00	2,50	0,10				
Poliestireno expandido moldado (EPS) ≥ 20 kg/m3	20	0,06	1,20	0,04	1,62				
Revestimento do sistema ETICS	0,11	0,01	0,00	1,30	0,00	-	0,52		
Resistência térmica superficial interior					0,13				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				
								Pilar 0,50	0,90
								Viga 0,40	

Pilar (exterior) PTP 1.2 (espessura 48,5 cm)									
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m3	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m3	2400	0,40	960,00	2,50	0,16				
Poliestireno expandido moldado (EPS) ≥ 20 kg/m3	2000	0,06	120,00	0,04	1,62				
Revestimento do sistema ETICS	0,11	0,01	0,00	1,30	0,00	-	0,51	0,50	0,90
Resistência térmica superficial interior					0,13				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				

Pilar/ Viga (exterior) PTP 2 (espessura 31 cm)

Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m ³	2400	0,25	600,00	2,50	0,10				
Poliestireno expandido moldado (EPS) ≥ 20 kg/m ³	20	0,04	0,80	0,04	1,08	0,60	0,73	Pilar 1,00	0,90
Resistência térmica superficial interior					0,13			Viga 0,80	
Resistência térmica superficial exterior					0,04				
Caixa de estore (espessura 6 cm)									
Reboco de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,02	40,00	1,30	0,02				
Poliestireno expandido moldado (EPS) 15-20 kg/m ³	20	0,04	0,80	0,04	1,08		0,79	0,40	0,90
Resistência térmica superficial interior					0,13	–			
Resistência térmica superficial exterior					0,04				
ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO									
Pavimento LP1 (espessura 49 cm)									
Mosaico cerâmico	2300	0,01	23,00	1,30	0,01				
Betonilha de argamassa tradicional 1800-2000 kg/m ³	2000	0,05	100,00	1,30	0,04				
Poliestireno expandido extrudido (XPS) 25-40 kg/m ³	40	0,03	1,20	0,04	0,81				
Betão de inertes de poliestireno expandido (cimento + esferovite) 500 kg/m ³	500	0,10	50,00	0,18	0,56		0,57	0,50	1,00
Betão armado com inertes correntes > 2400 kg/m ³	2400	0,15	360,00	2,50	0,06	–			
Composto de areia, gravilha, seixo e brita 1950 kg/m ³	1950	0,15	292,50	2,00	0,08				
Resistência térmica superficial interior					0,17				
Resistência térmica superficial exterior					0,04				

Tabela 27 - Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente [51]

MEDIÇÃO DAS ENVOLVENTES DO EDIFÍCIO

ENVOLVENTE EXTERIOR					
Envolvente exterior	Orientação	Largura [m]	Altura [m]	Quant.	Área [m2]
PE1	NE	7,00	2,70	1	18,90
PE1	NE	7,00	2,70	1	18,90
PE1	NE	5,00	2,20	1	11,00
					48,80
Porta (VÃO ENVIDRAÇADO)	NE	1,50	2,10	1	3,15
Porta (VÃO ENVIDRAÇADO)	NE	2,60	2,10	1	5,46
Porta (VÃO ENVIDRAÇADO)	NE	2,60	2,10	1	5,46
Porta (VÃO ENVIDRAÇADO)	NE	1,10	2,10	1	2,31
					16,38
Pilar (térreo)	NE	0,33	2,70	2	1,78
Viga	NE	7,00	0,33	1	2,31
					4,09
Pilar (1º piso)	NE	0,33	2,70	3	2,67
Viga	NE	7,00	0,33	1	2,31
					4,98
Pilar (2º piso)	NE	0,33	2,20	2	1,45
Viga	NE	5,00	0,33	1	1,65
					3,10
ENVOLVENTES ORIENTADAS	NE			20,24	m ²

Envolvente exterior	Orientação	Largura [m]	Altura [m]	Quant.	Área [m2]
PE1	SW	7,00	2,70	1	18,90
PE1	SW	7,00	2,70	1	18,90
PE1	SW	5,00	2,20	1	11,00
					48,80
Porta	SW	0,90	2,10	1	1,89
Porta (VÃO ENVIDRAÇADO)	SW	2,60	2,10	1	5,46
Janela (VÃO ENVIDRAÇADO)	SW	1,65	0,50	2	1,65
Janela (VÃO ENVIDRAÇADO)	SW	1,65	1,10	1	1,82
Janela (VÃO ENVIDRAÇADO)	SW	3,00	0,50	1	1,50
					10,43
Pilar (térreo)	SW	0,33	2,70	3	2,67
Pilar (térreo)	SW	0,15	2,70	1	0,41
Viga	SW	7,00	0,33	1	2,31
					4,98
Pilar (1º piso)	SW	0,33	2,70	3	2,67
Viga	SW	7,00	0,33	1	2,31
					4,98
Pilar (2º piso)	SW	0,33	2,20	2	1,45
Viga	SW	5,00	0,33	1	1,65
					3,10
ENVOLVENTES ORIENTADAS	SW			25,31	m ²

Envolvente exterior	Orientação	Largura [m]	Altura [m]	Quant.	Área [m2]
PE1	SE	11,00	2,70	1	29,70
PE1	SE	9,90	2,70	1	26,73
PE1	SE	2,70	2,20	1	5,94
					62,37
Janela (VÃO ENVIDRAÇADO)	SE	1,80	0,50	2	1,80
Janela (VÃO ENVIDRAÇADO)	SE	3,00	0,50	1	1,50
					3,30
Pilar (térreo)	SE	0,33	2,70	2	1,78
Pilar (térreo)	SE	0,15	2,70	1	0,41
Viga	SE	11,00	0,33	1	3,63
					5,41
Pilar (1º piso)	SE	0,33	2,70	3	2,67
Pilar (1º piso)	SE	0,15	2,70	2	0,81
Viga	SE	9,90	0,33	1	3,27
					5,94
Pilar (2º piso)	SE	0,33	2,20	2	1,45
Viga	SE	2,70	0,33	1	0,89
					2,34
ENVOLVENTES ORIENTADAS	SE			45,38	m²

Envolvente exterior	Orientação	Largura [m]	Altura [m]	Quant.	Área [m2]
PE1	NW	3,65	2,70	1	9,86
					9,86

Porta	NW				0
Janela	NW				0
					0
Pilar (térreo)	NW				0
Viga	NW				0
					0
Pilar (1º piso)	NW	0,33	2,70	1	0,89
Viga	NW	3,65	0,33	1	1,20
					2,10
Pilar (2º piso)	NW				0
Viga	NW				0
					0
ENVOLVENTES ORIENTADAS	NW			7,76	m²

COBERTURA EXTERIOR

Cobertura exterior	Orientação	Largura [m]	Altura [m]	Quant.	Área [m2]
Cobertura exterior LC1				1	35,90
Cobertura exterior LC2				1	13,51

ENVOLVENTE INTERIOR

Envolvente interior	Orientação	Largura [m]	Altura [m]	Quant.	Área [m2]
PE2	NW	11	2,7	1	29,7
PE2	NW	7,25	2,7	1	19,575
PE2	NW	2,7	2,2	1	5,94

						55,215
Porta	NW					0
Janela	NW					0
						0
Pilar (térreo)	NW	0,33	2,70	2		1,78
Pilar (térreo)	NW	0,20	2,70	1		0,54
Pilar (térreo)	NW	0,15	2,70	1		0,41
Viga	NW	11,00	0,33	1		3,63
						5,41
Pilar (1º piso)	NW	0,33	2,70	2		1,78
Pilar (1º piso)	NW	0,15	2,70	1		0,41
Viga	NW	7,25	0,33	1		2,39
						4,17
Pilar (2º piso)	NW	0,33	2,20	2		1,45
Viga	NW	2,70	0,33	1		0,89
						2,34
ENVOLVENTES ORIENTADAS	NW				43,29	m ²

Fachada com varada	0,60	31,20
Fuas paredes verticais em ângulo saliente	0,40	29,90
Zona da caixa de estore	0,30	13,20
Fachada com caixilharia	0,25	39,40

PONTES TÉRMICAS LINEARES INTERIORES				
Descrição	Tipo	Psi [W/m.°C]	τ	Compr. B [m]
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,30	0,40		0,60
Fachada com pavimento térreo	2,50	0,70		0,60
Fachada com cobertura	2,50	0,60		0,60

Tabela 28 - Medidas dos elementos construtivos do edifício

PONTES TÉRMICAS LINEARES EXTERIORES				
Descrição	Tipo	Dados	Ψ [W/m.°C]	Compr. B [m]
Fachada com pavimento térreo			0,70	20,95
Fachada com pavimento de nível intermédio			0,15	28,50
Fachada com cobertura (isolamento sobre a laje de cobertura)			0,80	44,35

INÉRCIA TÉRMICA DO EDIFÍCIO

Elemento	Tipo elemento	M _{Si} [kg/m ²]			Área da superfície interior S _i [m ²]	Factor de redução da massa superficial útil r	M _{si.r.Si} [kg]	
		Real	Máximo	Base de Cálculo				
P1	Parede envolvente exterior	242,88	150	150,00	98,68	1	14802,68	
PTP 1.1	Ponte térmica plana envolvente exterior	641,20	150	150,00	21,12	1	3168,45	
PTP 1.2	Ponte térmica plana envolvente exterior	1120,00	150	150,00	21,53	1	3229,88	
P2	Parede envolvente edifício adjacente	242,48	150	150,00	43,29	1	6492,83	
PTP 2	Ponte térmica plana envolvente edifício adjacente	640,80	150	150,00	10,92	1	1638,00	
P_int	Parede interior	151,94	300	151,94	0,00	1	0,00	
L_pint	Laje de pavimento interior	743,00	300	300,00	0,00	1	0,00	
LP1	Laje de pavimento	826,70	150	150,00	51,26	1	7689,00	
LC1	Laje teto e cobertura	532,20	150	150,00	35,90	1	5385,00	
LC2	Laje teto e cobertura	510,20	150	150,00	13,51	1	2026,50	
PTP CX_EST	Ponte térmica plana caixa de estore	40,80	150	40,80	19,21	1	783,77	
PO	Porta exterior	54,02	150	54,02	3,49	0,5	94,26	
		$\sum M_{si.r.Si}$					45310,36	kg
					Área interior útil do pavimento		84,95	m ²
					Inércia térmica		533,38	kg/m ²

Tabela 29 - Cálculo da inércia térmica do edifício [51]

Folha de Cálculo B
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

B1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

	1,00	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0	
	x	
Caudal médio insuflado V_{ins}	0	m ³ /h
	÷	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	202,12	m ³ /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior $R_{ph,i}$	0,50	h ⁻¹
	x	
Área interior útil de pavimento A_p	84,95	m ²
	x	
Pé direito médio da fração P_d	2,70	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	38,99	W/°C

B2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

	1,00	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0	
	x	
Caudal médio insuflado V_{ins}	0	m ³ /h
	÷	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	202,12	m ³ /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior $R_{ph,v}$	0,50	h ⁻¹
	x	
Área interior útil de pavimento A_p	84,95	m ²
	x	

Pé direito médio da fração P_d	2,70	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	38,99	W/°C

Tabela 30 - Cálculo de transferência de calor através da ventilação [51]

Folha de Cálculo C
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C1 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno g_i	Área A_w [m ²]	Fator de obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$	Fração envidraçada F_g	Área efetiva coletora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ [m ²]	Fator de orientação X	Área efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ [m ²]
V1	Sudoeste	0,70	0,83	0,27	0,60	0,09	0,84	0,08
V2	Sudoeste	0,70	1,82	0,27	0,60	0,21	0,84	0,17
V3	Nordeste	0,70	3,15	0,45	0,60	0,60	0,33	0,20
V4	Nordeste	0,70	5,46	0,45	0,60	1,03	0,33	0,34
V5	Sudeste	0,70	1,50	0,90	0,60	0,57	0,84	0,48
V6	Sudoeste	0,70	0,83	0,27	0,60	0,09	0,84	0,08
V7	Sudoeste	0,70	5,46	0,27	0,60	0,62	0,84	0,52
V8	Nordeste	0,70	5,46	0,45	0,60	1,03	0,33	0,34
V9	Sudeste	0,70	0,90	0,90	0,60	0,34	0,84	0,29
V10	Sudeste	0,70	0,90	0,90	0,60	0,34	0,84	0,29
V11	Sudoeste	0,70	1,50	0,45	0,60	0,28	0,84	0,24
						Total	3,02	m ²

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_{i,int}, g_{i,ENU}$	Área A_w [m ²]	Fator de obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fração envidraçada $F_{g,int}, F_{g,ENU}$	Área efetiva coletora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_{g,gi}$ [m ²]	Fator de orientação X	Área efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ [m ²]	
						Total	0	m ²	
Área efetiva total equivalente na orientação a Sul $\Sigma X \cdot A_{s,i}$								3,02	m ²
Radiação média que incide em um envidraçado vertical a Sul G_{sul}								x	
								155,00	kWh/m ² mês
Duração da estação de aquecimento M								x	
								4,80	meses
Ganho solar bruto $Q_{sol,i}$								=	
								2248,57	kWh/ano
C2 - GANHOS INTERNOS									
								0,72	
Ganhos internos médios q_{int}								x	
								4,00	W/m ²
Duração da estação de aquecimento M								x	
								4,80	meses
Área interior útil de pavimento A_p								x	
								84,95	m ²
Ganho internos brutos $Q_{int,i}$								=	
								1174,35	kWh/ano
C3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS									
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ (da folha de cálculo C1)								2248,57	kWh/ano
								+	

Ganho internos brutos $Q_{int,i}$ (da folha de cálculo C2)	1174,35	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ (da folha de cálculo C3)	3422,92	kWh/ano
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA		
C4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA		
Ganho solares brutos $Q_{sol,i}$ ($G_{sol} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p$)	1384,14	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ (da folha de cálculo C2)	1174,35	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i REF}$	2558,49	kWh/ano

Tabela 31 - Cálculo dos ganhos térmicos na estação de aquecimento [51]

Folha de Cálculo D
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO
D1 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Designação do envidraçado	Orientação	A_w [m ²]	Tipo de vidro	F_g	$F_{w,v}$	$F_{m,v}$	g_T	g_{Tp}	$g_v = \frac{F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}}{F_{m,v}}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$ [m ²]	$F_{s,v} = \frac{I_{sol} \cdot A_{s,v}}{F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}}$	I_{sol} [kWh/m ² .ano]	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$ [kWh/ano]
I.S. V1	SW	0,83	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,13	0,83	500,00	52,93
Quarto 3 V2	SW	1,82	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,28	0,83	500,00	116,44
Cozinha V3	NE	3,15	duplo	0,60	0,85	0,40	0,08	0,66	0,43	0,81	0,93	375,00	284,90
Sala V4 e V5	NE	5,46	duplo	0,60	0,85	0,40	0,08	0,66	0,43	1,41	0,93	375,00	493,82
	SE	1,50	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,23	1,05	500,00	121,30
I.S. V6	SW	0,83	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,13	0,83	500,00	52,93

Quarto 1 V7	SW	5,46	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,84	0,83	500,00	350,27
Quarto 2 V8 e V9	NE	5,46	duplo	0,60	0,85	0,40	0,08	0,66	0,43	1,41	0,93	375,00	493,82
	SE	0,90	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,14	1,05	500,00	72,78
I.S. V10	SE	0,90	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,14	1,05	500,00	72,78
Cobertura V11	SW	1,50	duplo	0,60	0,85	0,70	0,08	0,66	0,26	0,23	0,83	500,00	96,23
											Total	2208,17	kWh/ano

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDIM DE INVERNO

Designação do envidraçado	Orientação	A_w [m ²]	Tipo de vidro	F_g	$F_{w,v}$	$F_{m,v}$	g_T	g_{Tp}	$g_v = \frac{F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$ [m ²]	$F_{s,v} = \frac{F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}}$	I_{sol} [kWh/m ² .ano]	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$ [kWh/ano]
											Total	0	kWh/ano

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDES/ COBERTURAS/ VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO

	Orientação	α	Área A_{op} [m ²]	U [W/m ² °C]	R_{se} [m ² °C/W]	$A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ [m ²]	$F_s = \frac{F_h \cdot F_o \cdot F_f}$	I_{sol} [kWh/m ² .ano]	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$ [kWh/ano]
PE1	NE	0,4	20,24	0,35	0,04	0,11	0,93	375,00	39,23
Porta	NE	0,4	0		0,04	0,00	0,93	375,00	0,00
Pilar	NE	0,4	5,91	0,52	0,04	0,05	0,93	375,00	17,31
Viga	NE	0,4	6,27	0,52	0,04	0,05	0,93	375,00	18,37
PE1	SW	0,4	25,31	0,35	0,04	0,14	0,83	500,00	58,38
Janela	SW	0,4	0		0,04	0,00	0,83	500,00	0,00
Porta	SW	0,4	0		0,04	0,00	0,83	500,00	0,00
Pilar	SW	0,4	7,20	0,52	0,04	0,06	0,83	500,00	25,12
Viga	SW	0,4	6,27	0,52	0,04	0,05	0,83	500,00	21,87

PE1	SE	0,4	45,38	0,35	0,04	0,25	1,05	500,00	131,95	
Janela	SE	0,4	0		0,04	0,00	1,05	500,00	0,00	
Pilar	SE	0,4	7,12	0,52	0,04	0,06	1,05	500,00	31,31	
Viga	SE	0,4	7,79	0,52	0,04	0,07	1,05	500,00	34,24	
PE1	NW	0,4	7,76	0,35	0,04	0,04	0,83	375,00	13,43	
Pilar	NW	0,4	0,89	0,52	0,04	0,01	0,83	375,00	2,33	
Viga	NW	0,4	1,20	0,52	0,04	0,01	0,83	375,00	3,15	
								Total	396,68	kWh/ano

Tabela 32 - Cálculo dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento [51]

D1 - GANHOS SOLARES (continuação)

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	2208,17	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	396,68	kWh/ano
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	2393,45	kWh/ano

D2 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios q_{int}	4	W/m ²
	x	
Duração da estação de arrefecimento L_v	2928,00	horas
	x	
Área interior útil de pavimento A_p	154,94	m ²
	÷	
	1000	
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1814,66	kWh/ano

D3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$ (da folha de cálculo D1)	2393,45	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$ (da folha de cálculo D2)	1814,66	kWh/ano
	=	
Ganhos térmico bruto $Q_{g,v}$	4208,11	kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**D4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

Ganhos internos médios q_{int}	4	W/m ²
	x	
Duração da estação de arrefecimento L_v	2928,00	horas

	÷	
	1000	
	+	
Fator solar de verão de referência $g_{v\text{ REF}}$	0,43	
	x	
$A_w/A_{p\text{ REF}}$	0,20	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{\text{sol REF}}$	515,00	kWh/m ² mês
	=	
	56,00	kWh/m ² mês
	x	
Área interior útil de Pavimento A_p	154,94	m ²
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v\text{ REF}}$	8676,95	kWh/ano

Tabela 33 - Complemento do cálculo de ganhos térmicos na estação de arrefecimento

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO
E1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

	0,024	
	x	
Número de graus-dia de aquecimento GD	755	°C dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	273,36	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	4953,28	kWh/ano

E2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

	0,024	
	x	
Número de graus-dia de aquecimento GD	755	°C dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{ve,i}$	68,72	W/°C

	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1245,21	kWh/ano

E3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ (da folha de cálculo C3)	4535,38	kWh/ano
	÷	
$Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$ (das folhas de cálculo C2 e C3)	6196,92	kWh/ano
	=	
Parâmetro γ_i	0,73	
Parâmetro a_i	4,20	
Fator de utilização dos ganhos η_i	0,91	

GANHOS TOTAIS ÚTEIS

Fator de utilização dos ganhos η_i	0,91	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ (da folha de cálculo C3)	4535,38	kWh/ano
	=	
Ganhos úteis totais $Q_{gu,i}$	4127,20	kWh/ano

E4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ (da folha de cálculo E1)	4592	kWh/ano
	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ (da folha de cálculo E2)	1244,92	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$ (da folha de cálculo E3)	4127,04	kWh/ano
	=	
Necessidades anuais na estação de aquecimento	2069,88	kWh/ano
	÷	
Área útil de pavimento A_p	85,95	m ²

	=	
Necessidades anuais de energia útil para aquecimento Nic	13,36	kWh/m ² .ano

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coeficiente de transferência de calor por transmissão Htr REF (da folha de cálculo A8)	316,64	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar Hve,i REF (da folha de cálculo B3)	68,72	W/°C
	=	
Coeficiente de transferência de calor Ht,i REF	385,37	W/°C

E6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dia de aquecimento GD	755	°C dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão Htr REF (da folha de cálculo A8)	316,64	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i REF	5737,516 8	kWh/ano

E7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dia de aquecimento GD	755	°C dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão Hve,i REF (da folha de cálculo B3)	68,72	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qve,i REF	1245,21	kWh/ano

E8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

GANHOS TOTAIS ÚTEIS

Fator de utilização dos ganhos η_i REF	0,6	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ ref (da folha de cálculo C4)	4666,51	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$ REF	2799,91	kWh/ano

E9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ REF (da folha de cálculo E6)	5736,06	kWh/ano
	+	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$ REF (da folha de cálculo E7)	1244,92	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$ REF (da folha de cálculo E8)	2799,91	kWh/ano
	=	
Necessidades anuais na estação de aquecimento	4187,07	kWh/ano
	÷	
Área interior útil de pavimento A_p	85,95	m ²
	=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_i	48,72	kWh/m ² .ano

Tabela 34 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [51]

**Folha de Cálculo F
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO****F1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$ (da folha de cálculo A4)	257,29	W/°C
	+	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$ (da folha de cálculo B2)	82,18	W/°C
	=	
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	339,47	W/°C

F2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

Coefficiente de transferência de calor por transmissão Htr (da folha de cálculo A4)	257,29	W/°C
	x	
($\Theta_{v,ref} - \Theta_{v,ext}$)	1,90	°C
	x	
Duração da estação de arrefecimento Lv	2928,0 0	horas
	÷	
	1000,0 0	
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v	1431,3 7	kWh/ano

F3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar Hve,v (da folha de cálculo B2)	82,18	W/°C
	x	
($\Theta_{v,ref} - \Theta_{v,ext}$)	1,90	°C
	x	
Duração da estação de arrefecimento Lv	2928,0 0	horas
	÷	
	1000,0 0	
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v	457,18	kWh/ano

F4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos Qg,v (da folha de cálculo D3)	3929,2 8	kWh/ano
	÷	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar Qtr,v + Qve,v (das folhas de cálculo F2 e F3)	1888,5 6	kWh/ano
	=	
Parâmetro γ_v	2,08	

Parâmetro α_v	4,20
Fator de utilização dos ganhos η_v	0,47

F5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1-\eta_v)$	0,53	
	x	
Ganhos de calor bruto na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$ (da folha de cálculo D3)	3929,2	kWh/ano
	8	
	÷	
Área útil de pavimento A_p	85,95	m ²
	=	
Necessidades anuais de energia útil na estação de arrefecimento N_{vc}	13,36	kWh/m ² .ano

LIMITES DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização de ganhos de referência $\eta_{REF v}$	0,66
------------------------------------------------------------	------

F7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_v REF)$	0,34	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v} REF$ (da folha de cálculo D4)	8677,1	kWh/ano
	2	
	÷	
Área interior útil de pavimento A_p	85,95	m ²
	=	
Limite das necessidades anuais de energia útil na estação de arrefecimento N_v	18,97	kWh/m ² .ano

Tabela 35 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [51]

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

Sistema para aquecimento	Fonte de energia	Necessidades de energia útil N_{ic} kWh/m ² . ano	f_i	Eficiência nominal η_i	Fator de conversão F_{pui}	Necessidades de energia primária $(f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui}) / \eta_i$ [kWh _{EP} /m ² . ano]
--------------------------	------------------	-------------------------------------------------------------------	-------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

						[kWh _{EP} /kWh]
Sistema de referência	Eletricidade	13,36	1	1	2,5	33,4

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

Sistema para aquecimento	Fonte de energia	Necessidades de energia útil Nvc kWh/m ² . ano	f _v	δ	Eficiência nominal η _v	Fator de conversão F _{puv} [kWh _{EP} /kWh]	Necessidades de energia primária (f _v .δ.Nvc.F _{puv})/η _v [kWh _{EP} /m ² . ano]
Sistema de referência	Eletricidade	13,47	1	1	3	2,5	11,225

G3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

						40	
						x	
Número convencional de ocupantes de cada fração n						5	ocupantes
						x	
Fator de eficiência hídrica						1	
						=	
Consumo médio diário de referência M _{AQS}						200	litros
						x	
						4187	
						x	
Aumento da temperatura ΔT						365	°C
						x	
Número de dias de consumo						200	dias
						÷	
						3600000	
						÷	
Área interior útil de pavimento A _p						85,95	m ²
						=	
Necessidades anuais de energia útil para preparação de AQS Q _a /A _p						197,56	kWh/m ² . ano

Sistema para AQS	Fonte de energia	Necessidades de energia útil Nic kWh/m ² . ano	fi	Eficiência nominal η_i	Fator de conversão Fpui [kWh _{EP} /kWh]	Necessidades de energia primária (fi.δ.Nic.Fpui) / η_i [kWh _{EP} /m ² . ano]
Solar	Solar	19,18	0,75	1	1	14,37
Elettricidade	Elettricidade	19,18	0,25	0,93	2,5	12,94

G4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm}	0	kWh/ano
	÷	
Área interior útil de pavimento A_p	85,95	m ²
	x	
Fator de conversão Fpu	2,50	[kWh _{EP} /kWh]
	=	
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0	[kWh _{EP} /m ² . ano]

G5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

Sistema com recurso a energia renovável	Produção de energia	Eren/ A_p kWh/m ² . ano	Fator de conversão Fpuv [kWh _{EP} /kWh]	Energia primária Eren.Fpu [kWh _{EP} /m ² . ano]
Solar térmico	Aquecimento de águas sanitárias	14,37	1	14,37

G6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G1)	33,40	[kWh _{EP} /m ² . ano]
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G2)	11,22	[kWh _{EP} /m ² . ano]
	+	
Energia primária para preparação de AQS (da folha de cálculo G3)	27,30	[kWh _{EP} /m ² . ano]
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica (da folha de cálculo G4)	0,00	[kWh _{EP} /m ² . ano]
	-	
Energia proveniente de sistemas com recurso a energia renovável (da folha de cálculo G5)	14,37	[kWh _{EP} /m ² . ano]
	=	

Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc 57,56 [kWh_{HEP}/m².ano]

NECESSIDADES GLOBAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

Sistema para aquecimento	Fonte de energia	Necessidades de energia útil Nic kWh/m ² . ano	fi	Eficiência nominal ηi	Fator de conversão Fpui [kWh _{HEP} /kWh]	Necessidades de energia primária (fi.δ.Nic.Fpui) /ηi [kWh _{HEP} /m ² . ano]
Sistema de referência	Eletricidade	26,98	1	1	2,5	67,46

G8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

Sistema para aquecimento	Fonte de energia	Necessidades de energia útil Nvc kWh/m ² . ano	fv	δ	Eficiência nominal ηv	Fator de conversão Fpuv [kWh _{HEP} /kWh]	Necessidades de energia primária (fv.δ.Nvc.Fpuv) /ηv [kWh _{HEP} /m ² . ano]
Sistema de referência	Eletricidade	18,97	1	1	3	2,5	15,81

G9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

						40	
						x	
Número convencional de ocupantes de cada fração n						5	ocupantes
						x	
Fator de eficiência hídrica						1	
						=	
Consumo médio diário de referência M _{AQS}						200	litros
						x	
						4187	
						x	
Aumento da temperatura ΔT						365	°C
						x	
Número de dias de consumo						200	dias
						÷	
						3600000	
						÷	
Área interior útil de pavimento Ap						85,95	m ²

Necessidades anuais de energia útil para preparação de AQS
 Q_a/A_p = 197,56 kWh/m² ano

Sistema para AQS	Fonte de energia	Necessidades de energia útil Nic kWh/m ² . ano	fi	Eficiência nominal η_i	Fator de conversão Fpui [kWh _{EP} /kWh]	Necessidades de energia primária (fi.δ.Nic.Fpui) / η_i [kWh _{EP} /m ² . ano]
TE	Eletricidade	19,18	1	0,95	2,5	50,47

G10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G7)	67,46	[kWh _{EP} /m ² ano]
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G8)	15,81	[kWh _{EP} /m ² ano]
	+	
Energia primária para preparação de AQS (da folha de cálculo G9)	50,47	[kWh _{EP} /m ² ano]
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária Nt	133,74	kWh _{EP} /m ² ano

Tabela 36 - Cálculo das necessidades anuais globais de energia primária [51]

ANEXO I

Relatório de simulação do sistema solar térmico



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico

1/2

Sumário

Instalação em FUSETA (Olhão)

1 coletores Solius 160L

» painel de 1,86 m² (inclinação 35° e azimute 0°)
» depósito de 156 l, modelo Acumulador Solius 160L

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 2.408 kWh

- satisfeitas por origem solar 1.716 kWh 71% de fração solar
- satisfeitas pelo apoio 692 kWh 29%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 50%

produtividade: 923 kWh/m²
perdas: 16%

Local e clima

NUTS III: Algarve

Município: Olhão

Local: FUSETA

elevação: 28 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 1,9 m² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 156 litros, apoio de montagem em série com controlo temporizado.Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 27 l/m² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

1 coletores Solius 160L - certificado não disponível de desconhecido, dados inseridos por (válido até 1999-12-31).

Área de abertura 1,86 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 2,18 W/m²K e a2 = 0,014 W/m²K², rendimento óptico = 73%.

1 depósito de modelo Acumulador Solius 160L, com capacidade 156 litros, em posição horizontal; coeficiente de perdas térmicas global = 1,7 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.

Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências

T3

nº fracções desta tipologia 1

nº ocupantes por fracção 4

consumo diário por ocupante (litros) 40

temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	15	16	17	17	19	20	22	22	21	19	17	16	°C
pretendida no consumo	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	°C

energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh
terça-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh
quarta-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh
quinta-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh
sexta-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh
sábado	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh
domingo	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	5,9	6,0	6,4	6,7	7,0	kWh

perfil de consumo

	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%	
	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)	15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.



Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação

2/2

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	1,5	2,0	3,1	3,9	4,9	5,7	5,9	5,5	3,7	2,5	1,7	1,2	3,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,9	3,1	4,0	4,2	4,5	4,9	5,2	5,4	4,5	3,7	3,1	2,4	4,0 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	2,7	2,9	3,7	3,9	3,9	4,1	4,4	4,9	4,2	3,5	2,9	2,2	3,6 kWh/m ² .dia
radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,7	6,2	8,1	9,9	11,1	11,6	11,3	10,3	8,7	6,8	5,1	4,3	8,2 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	2,5	3,4	4,9	6,0	7,0	7,8	7,9	7,2	5,6	3,9	2,7	2,1	5,1 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	4,1	4,8	6,0	6,4	6,7	7,0	7,2	7,3	6,5	5,3	4,4	3,5	5,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	3,5	4,1	5,1	5,4	5,3	5,5	5,7	6,2	5,6	4,6	3,8	3,0	4,8 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	12	13	15	16	19	22	25	25	24	20	16	14	18 °C
abastecimento de água	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18 °C
base do armazenamento	28	30	34	36	36	37	39	42	38	33	30	27	34 °C
topo do armazenamento	36	39	45	47	48	49	52	55	50	43	38	34	45 °C
pretendida no consumo	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53 °C
massas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia
extraída do armazenamento	159	158	154	151	150	150	146	141	149	156	160	160	153 litros/dia
nota: adicionada	1	2	6	9	10	10	14	19	11	4	0	0	7 litros/dia
balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar													
nota: radiação solar na horizontal	142	176	281	336	406	438	455	416	310	224	153	122	3.459 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	234	248	345	355	385	391	416	423	364	306	248	203	3.917 kWh
energia solar captada	130	136	190	196	202	207	226	243	211	178	142	116	2.176 kWh
perdas térmicas no circuito primário	3	4	5	5	5	5	5	6	5	4	3	3	54 kWh
perdas térmicas no armazenamento	16	17	25	27	28	29	33	37	30	24	17	14	298 kWh
consumos eléctricos parasíticos	5	5	6	6	6	5	5	6	6	6	6	5	67 kWh
energia final (calor de origem solar)	116	122	171	174	183	188	206	220	191	161	127	104	1.963 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (eletricidade via SEP)	251	186	139	121	114	88	65	46	82	153	212	276	1.732 kWh
energia final (calor)	100	75	56	48	46	35	26	18	33	61	85	110	693 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	205	185	205	198	205	198	205	205	198	205	198	205	2.408 kWh
energia de origem solar (útil)	104	110	149	150	159	163	179	186	165	144	113	94	1.716 kWh
energia com origem no apoio (útil)	100	75	56	48	46	35	26	18	33	61	85	110	692 kWh

Desempenho global do sistema

fracção solar	71% em termos de energia útil	
produtividade	923 kWh/m ² de colector	
i.e.	66% da produtividade limite dos colectores, 1404 kWh/m ²	
rendimento - definição física	50% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	50% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	19% da energia solar captada	

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

ANEXO II

Relatório de simulação do sistema solar fotovoltaico



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em FUSETA (Olhão)		energia solar incidente:	20.562 kWh/ano	Índices de desempenho	
10,1 m ² de módulos J A SOLAR JAM60S10 350 W	montagem fixa	produção fotovoltaica potencial (DC):	4.000 kWh/ano	produtividade técnica:	1689 kWh/kW instalado
com inclinação 35° e orientação 0°.	Potência: 2,1 kW (nominal)	perdas de sistema (DC):	-107 kWh/ano	aproveitado:	1378 kWh/kW instalado
		perdas e consumos parasíticos (AC):	-136 kWh/ano	rendimento relativo:	85% (<i>performance ratio</i>)
		produção (AC):	3.640 kWh/ano	i.e.	17% da energia incidente
		autoconsumo (AC):	2.893 kWh/ano	necessidades cobertas:	31%

Local e clima

NUTS III: Algarve	Município: Olhão	Local: FUSETA	elevação: Algarve m	albedo: 28%															
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 6 módulos J A SOLAR JAM60S10 350 W (10,1 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,1 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 35 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

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)	5,4	7,0	11,0	14,2	17,6	20,6	21,3	19,6	13,5	9,0	6,1	4,3	12,5 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,4	11,2	14,2	15,0	16,2	17,5	18,7	19,6	16,1	13,2	11,3	8,6	14,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	10,2	11,1	14,0	14,7	15,8	17,1	18,2	19,2	15,8	13,0	11,1	8,5	14,1 kWh/m ² .dia
radiação solar global	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	17,1	22,2	29,1	35,6	39,9	41,7	40,6	37,0	31,3	24,5	18,4	15,5	29,4 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,8	12,2	17,5	21,6	25,4	28,2	28,4	26,0	20,0	14,0	9,9	7,6	18,3 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	14,6	17,2	21,5	22,9	24,0	25,2	26,0	26,4	23,5	19,1	16,0	12,7	20,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	14,2	16,7	20,9	22,1	23,1	24,2	25,0	25,5	22,7	18,6	15,6	12,4	20,1 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	12	13	15	16	19	22	25	25	24	20	16	14	18 °C
nos módulos (média diurna)	39	37	40	39	43	44	53	56	56	50	47	41	45 °C
energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	1.234	1.308	1.813	1.859	2.010	2.039	2.175	2.216	1.909	1.615	1.308	1.075	20.562 kWh
produção fotovoltaica (DC)	249	264	359	366	390	402	409	416	363	315	262	216	4.000 kWh
perdas do sistema (DC)	-7	-7	-10	-10	-10	-11	-11	-11	-10	-8	-7	-6	-107 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-8	-9	-12	-12	-13	-14	-14	-14	-12	-11	-9	-7	-136 kWh
produção disponível (AC)	227	241	327	333	355	366	372	379	331	287	238	196	3.640 kWh
necessidades do edifício (AC)	805	727	805	779	805	805	805	805	779	805	779	805	9.483 kWh
autoconsumo (AC)	189	199	257	258	275	276	288	289	261	233	200	168	2.893 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	38	79	149	223	304	382	466	555	625	680	718	746	746 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1689 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	85%	(<i>performance ratio</i>)		i.e.	351 kWh/m ² instalado	
				exploração real	1378 kWh/kW instalado	
				i.e.	286 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	2,1 kW	– deve ser menor que a potência contratada
3.640 kWh < 9.483 kWh	[produção anual < consumo anual]	
Passível de remuneração:	746 kWh	

ANEXO III
Fichas técnicas

APOSTE NO CONFORTO POUPE EM ENERGIA



PAREDE COM
REVESTIMENTO
PELO INTERIOR

PAREDE COM
ISOLAMENTO NA
CAIXA DE AR



PAREDE COM
REVESTIMENTO
PELO EXTERIOR



MANUAL DE APLICAÇÃO TIJOLO TÉRMICO E ACÚSTICO



PRECERAM
INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO, SA

APLICAÇÃO

1 HUMEDEÇA OS TIJOLOS

Humedeça os tijolos antes da sua colocação, para evitar a desidratação da argamassa.



2 INTERROMPA A JUNTA

Quando utilizar tijolos de 24 ou 29 deve interromper a junta horizontal com uma régua para aumentar o isolamento térmico.



3 ASSENTE OS TIJOLOS

Depois de retirar a régua, encaixe os tijolos verticalmente. Evite arrastá-los.



4 VERIFIQUE A JUNTA

A argamassa deve penetrar nos alvéolos dos tijolos. Nas paredes interiores utilize junta contínua.



5 AJUSTE OS TIJOLOS

Com um martelo e nível de bolha, ajuste os tijolos até ficarem nivelados e alinhados.



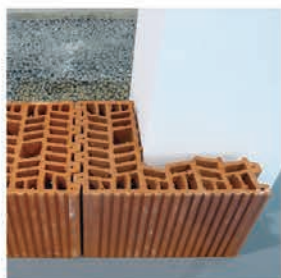
6 CAMADA DE ARGAMASSA

A espessura da junta horizontal depois dos tijolos estarem assentes, devidamente alinhados e nivelados, deve ser de cerca de 1 cm..



CONTORNO DO PILAR

Se necessário, corte os tijolos para garantir a continuidade da parede no contorno do pilar.



CORTE DE TIJOLOS

É aconselhável o uso de uma máquina para corte dos tijolos.



TERMINAÇÕES

Corte tijolos de forma a produzir peças de terminação. Os cortes devem ser feitos junto a uma nervura transversal.



ABERTURA DE ROÇOS

De preferência utilize um equipamento mecânico adequado para garantir a abertura controlada de roços.



PAREDES MAIS EFICIENTES

Ideal para a construção de paredes em alvenaria mais eficientes, económicas, de montagem mais simples e de elevada inércia térmica

Tratando-se de tijolos com furação vertical que encaixam lateralmente uns nos outros, favorecem o alinhamento e prumo da parede, reduzindo o tempo de execução e o consumo de argamassa de assentamento.

Resistência mecânica, acústica e térmica mais do dobro dos formatos convencionais

O tijolo Térmico e Acústico Preceram assegura estabilidade estrutural, resistência ao fogo, isolamento acústico e isolamento térmico.

Suporte ideal para sistemas de isolamento pelo exterior, sejam soluções ETICS ou argamassas térmicas. Potencia uma boa classificação energética, economizando recursos e proporcionando conforto dentro do edifício.

CONSULTE TODA A
**DOCUMENTAÇÃO
TÉCNICA**



U - CONDUTIBILIDADE TÉRMICA - Quanto menor for este valor menor será a perda energética.

RW - ISOLAMENTO ACÚSTICO - Quanto maior for este valor menor a transmissão do ruído através da parede.

Os sistemas de isolamento devem ser executados de acordo com as recomendações dos fabricantes.



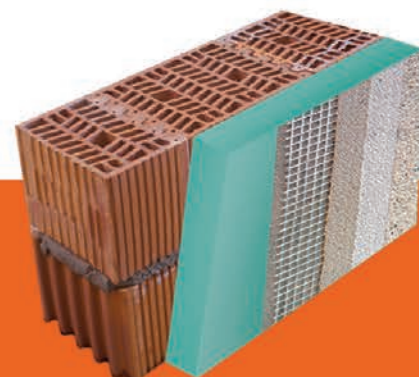
U = 0,50 W/(m².°C)
Rw = 50 dB

Tijolo Térmico 24
Isolamento térmico projetado 5 cm



U = 0,36 W/(m².°C)
Rw = 54 dB

Tijolo Térmico 24
Sistema ETICS com isolamento em ICB 6 cm



U = 0,30 W/(m².°C)
Rw = 51 dB

Tijolo Térmico 29
Sistema ETICS com isolamento em XPS 6 cm

ASSEGURA O CONFORTO E POUPANÇA DE ENERGIA COM MENOS ESPESSURA DE ISOLAMENTO

A utilização do tijolo Térmico Preceram permite obter os valores regulamentares para o coeficiente de transmissão térmica (U) das paredes com menor espessura da camada de isolamento.



Gestor de Soluções
Nova plataforma online
www.solucoesparaconstrucao.com

CARACTERÍSTICAS



startupdesign.pt

TIJOLOS TÉRMICOS	14	19	24	29
DIMENSÕES	294 x 187 x 140 mm	294 x 189 x 189 mm	294 x 189 x 233 mm	294 x 189 x 289 mm
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	Média $\geq 3,0$ N/mm ² Categoria II	Média $\geq 3,0$ N/mm ² Categoria II	Média $\geq 3,0$ N/mm ² Categoria II	Média $\geq 3,0$ N/mm ² Categoria II
REAÇÃO AO FOGO	Euroclasse A1 Incombustível	Euroclasse A1 Incombustível	Euroclasse A1 Incombustível	Euroclasse A1 Incombustível
ABSORÇÃO DE ÁGUA	Não destinado a ser exposto	Não destinado a ser exposto	Não destinado a ser exposto	Não destinado a ser exposto
ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUÍDO AÉREO	Rw = 46 dB *	Rw = 49 dB *	Rw = 50 dB **	Rw = 51 dB **
Massa Volúmica Bruta	819 kg/m ³	762 kg/m ³	757 kg/m ³	716 kg/m ³
RESISTÊNCIA TÉRMICA	0,79 m ² K/W	0,90 m ² K/W	1,07 m ² K/W	1,40 m ² K/W

* Considerando reboco nas duas faces e junta horizontal contínua

** Considerando reboco nas duas faces e junta horizontal interrompida

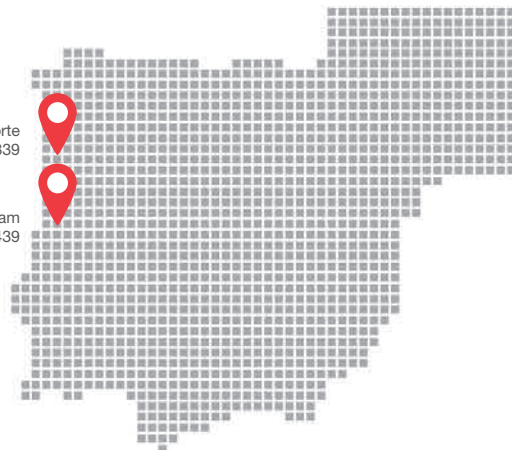
MODO DE FORNECIMENTO

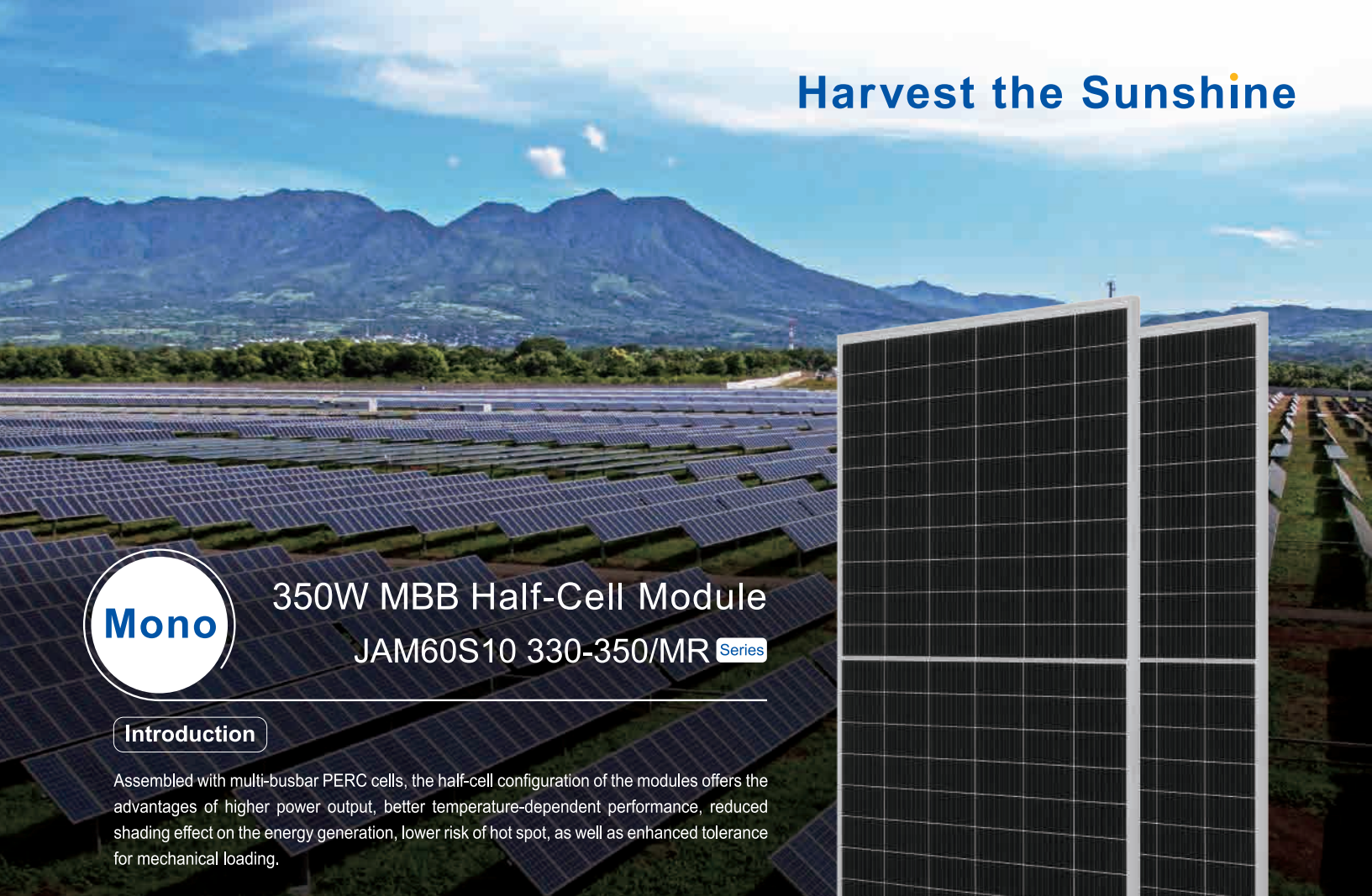
TIJOLOS TÉRMICOS	30X19X14	30X19X19	30X19X24	30X19X29
Peso Unitário	6,5 kg	8,5 kg	10,5 kg	12,0 kg
Tijolos / Palete	128	96	64	64
Peso Paleta	850 kg	835 kg	690 kg	785 kg



Preceram Norte
N40.52295, W8.44839

Preceram
N39.89004, W8.66439





350W MBB Half-Cell Module JAM60S10 330-350/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar 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



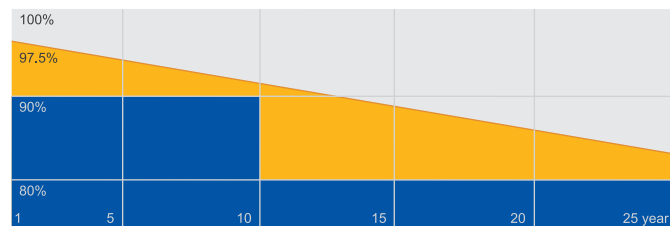
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

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



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

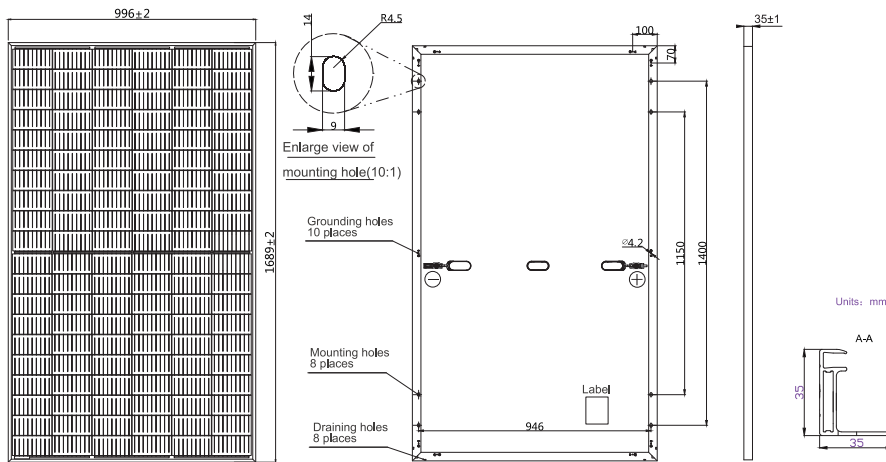
Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



MECHANICAL DIAGRAMS

SPECIFICATIONS



Cell	Mono
Weight	18.7kg±3%
Dimensions	1689±2mm×996±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1000mm(+)/1000mm(-)
Packaging Configuration	31 Per Pallet

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S10 -330/MR	JAM60S10 -335/MR	JAM60S10 -340/MR	JAM60S10 -345/MR	JAM60S10 -350/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	330	335	340	345	350
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.08	41.32	41.55	41.76	42.02
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	34.24	34.48	34.73	34.99	35.25
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.30	10.38	10.46	10.54	10.62
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.64	9.72	9.79	9.86	9.93
Module Efficiency [%]	19.6	19.9	20.2	20.5	20.8
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.044%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.272%/°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.

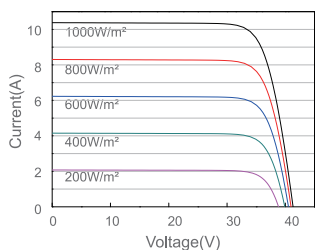
ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

OPERATING CONDITIONS

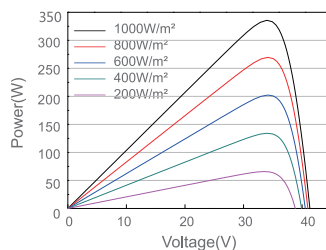
TYPE	JAM60S10 -330/MR	JAM60S10 -335/MR	JAM60S10 -340/MR	JAM60S10 -345/MR	JAM60S10 -350/MR	
Rated Max Power(Pmax) [W]	249	253	257	261	265	Maximum System Voltage 1000V/1500V DC(IEC)
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	38.46	38.68	38.90	39.09	39.31	Operating Temperature -40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	32.02	32.21	32.40	32.61	32.84	Maximum Series Fuse 20A
Short Circuit Current(Isc) [A]	8.21	8.28	8.35	8.42	8.49	Maximum Static Load,Front 5400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	7.78	7.85	7.93	8.00	8.07	Maximum Static Load,Back 2400Pa
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					NOCT 45±2°C
						Safety Class Glass II

CHARACTERISTICS

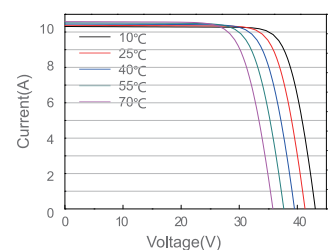
Current-Voltage Curve JAM60S10-335/MR



Power-Voltage Curve JAM60S10-335/MR



Current-Voltage Curve JAM60S10-335/MR



SUNNY TRIPOWER 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0 com SMA SMART CONNECTED



STP3.0-3AV-40 / STP4.0-3AV-40 / STP5.0-3AV-40 / STP6.0-3AV-40



**Assistência inteligente com
SMA Smart Connected**



SMA ShadeFix
STRING LEVEL OPTIMIZATION

Compacto

- Montagem por 1 pessoa graças ao peso baixo de 17 kg
- Necessidade de espaço mínima graças ao design compacto

Prático

- Instalação 100% plug & play
- Monitorização online gratuita via Sunny Places
- Assistência automatizada graças ao SMA Smart Connected

Rentável

- Utilização da energia excedente através da limitação dinâmica da potência activa
- Aumento do rendimento sem necessidade de montagem através do sistema integrado de gestão de sombra SMA ShadeFix

Combinável

- Ampliável a qualquer momento com gestão energética inteligente e soluções de armazenamento
- Combinável com componentes TS4-R para a optimização do módulo

SUNNY TRIPOWER 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mais rendimentos para as casas particulares: gerar energia solar de forma inteligente

O novo Sunny Tripower 3.0-6.0 garante rendimentos energéticos máximos para as casas particulares. Ele junta a assistência integrada SMA Smart Connected com tecnologia inteligente para todos os requisitos ambientais. A instalação do aparelho revela-se fácil graças à sua estrutura extremamente leve. Através da interface web integrada é possível colocar o Sunny Tripower rapidamente em funcionamento através de smartphone ou tablet. E para requisitos especiais no telhado, por exemplo, em caso de ensombramento, é possível adicionar o optimizador do módulo TS4-R de forma simples e na perfeição. Com padrões de comunicação actuais, o inversor está preparado para o futuro e é ampliável, a qualquer momento e de forma flexível, com uma gestão energética inteligente e com soluções de armazenamento SMA.

SMA SMART CONNECTED

Assistência integrada para um conforto completo

O SMA Smart Connected* é o serviço de monitorização gratuita do inversor através do Sunny Portal da SMA. Caso ocorra um erro no inversor, a SMA informa o operador do sistema e o instalador de forma pró-activa. Deste modo, poupa-se tempo de trabalho valioso e custos.

Com SMA Smart Connected, o instalador beneficia de diagnósticos rápidos pela SMA. O instalador poderá eliminar rapidamente os erros e, graças a serviços atractivos adicionais, ganhar pontos junto do cliente.



ACTIVAÇÃO DO SMA SMART CONNECTED

Ao registar o sistema no Sunny Portal, o instalador activa o SMA Smart Connected e beneficia da monitorização automática do inversor pela SMA.



MONITORIZAÇÃO AUTOMÁTICA DO INVERSOR

A SMA efectua a monitorização do inversor com o SMA Smart Connected. A SMA monitoriza automaticamente os vários inversores, 24 horas por dia, em relação a anomalias existentes durante o funcionamento. Cada cliente poderá beneficiar, assim, da longa experiência da SMA.



COMUNICAÇÃO PRÓ-ACTIVA EM CASO DE ERROS

Depois de um diagnóstico e análise de um erro, a SMA informa imediatamente o instalador e o cliente final via e-mail. Todos os envolvidos estão, assim, idealmente preparados para a eliminação de erros. Isto permite minimizar os tempos de paragem e poupar tempo e dinheiro. Com base nos relatórios regulares do desempenho, é possível obter conclusões valiosas adicionais relativamente a todo o sistema.



SERVIÇO DE SUBSTITUIÇÃO

Se for necessário um aparelho de substituição, a SMA fornece automaticamente um novo inversor num prazo de 1 a 3 dias após um diagnóstico de erro. O instalador poderá contactar directamente o operador do sistema e trocar o inversor.

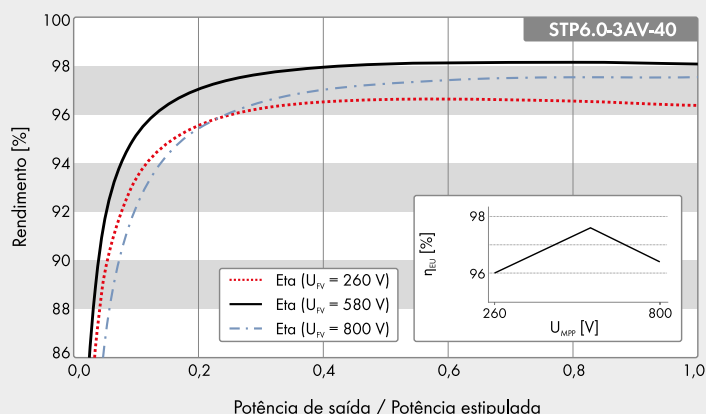


PERFORMANCE SERVICE

O operador do sistema poderá exigir um pagamento de compensação por parte da SMA se o inversor de substituição não puder ser fornecido num prazo de 3 dias.

* Detalhes: ver documento "Descrição do serviço - SMA SMART CONNECTED"

Curva do grau de rendimento



Acessórios (opcional)

TS4-R-X

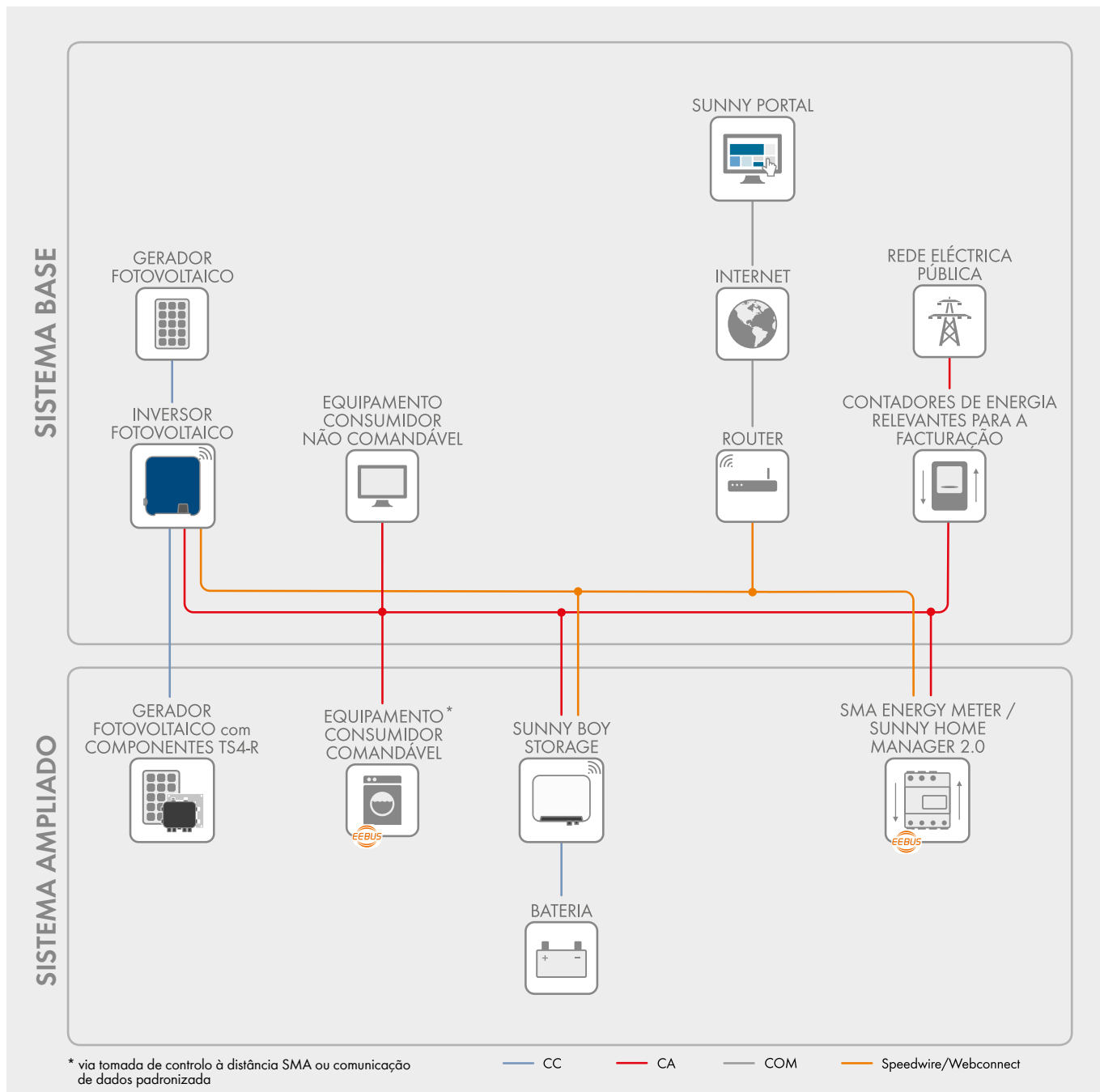
M S O

- M: Monitorização
- S: Desconexão
- O: Optimização

Gateway (GTWY) SMA Energy Meter

● Equipamento de série ○ Opcional – Não disponível
Dados em condições nominais
Versão 07/2020

Dados técnicos	Sunny Tripower 3.0	Sunny Tripower 4.0	Sunny Tripower 5.0	Sunny Tripower 6.0
Entrada (CC)				
Potência máx. do gerador fotovoltaico	6000 Wp	8000 Wp	9000 Wp	9000 Wp
Tensão máx. de entrada	850 V	850 V	850 V	850 V
Intervalo de tensão MPP	140 V a 800 V	175 V a 800 V	215 V a 800 V	260 V a 800 V
Tensão atribuída de entrada			580 V	
Tensão mín. de entrada/Tensão de entrada inicial			125 V/175 V	
Corrente máx. de entrada Entrada A/Entrada B			12 A/12 A	
Corrente máx. de curto-circuito Entrada A/Entrada B			18 A/18 A	
Número de entradas MPP independentes/strings por entrada MPP			2/A; 1; B:1	
Saída (CA)				
Potência atribuída (com 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	5000 W	6000 W
Potência aparente CA máx.	3000 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Tensão nominal CA			3/N/PE; 220 V / 380 V 3/N/PE; 230 V / 400 V 3/N/PE; 240 V / 415 V	
Intervalo de tensão CA			180 V a 280 V	
Frequência de rede CA / intervalo			50 Hz / 45 Hz a 55 Hz 60 Hz / 55 Hz a 65 Hz	
Frequência de rede atribuída/tensão de rede atribuída			50 Hz/230 V	
Corrente máx. de saída	3 x 4,5 A	3 x 5,8 A	3 x 7,6 A	3 x 9,1 A
Factor de potência na potência atribuída / factor de desfasamento ajustável			1 / 0,8 sobreexcitado a 0,8 subexcitado	
Fases de injeção/fases de ligação			3 / 3	
Rendimento				
Rendimento máx./rend. europeu	98,2 % / 96,5 %	98,2 % / 97,1 %	98,2 % / 97,4 %	98,2 % / 97,6 %
Dispositivos de segurança				
Ponto de seccionamento no lado de entrada			●	
Monitorização da ligação à terra/monitorização da rede			● / ●	
Protecção contra inversão de polaridade CC/resistência a curto-circuitos CA/separação galvânica			● / ● / –	
Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todas as correntes			●	
Classe de protecção (conforme a IEC 61140)/categoria de sobretensão (conforme a IEC 60664-1)			I/III	
Dados gerais				
Dimensões (L/A/P)		435 mm/470 mm/176 mm (17,1 inch/18,5 inch/6,9 inch)		
Peso		17 kg (37,4 lb)		
Faixa de temperatura de operação		-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)		
Emissões sonoras, típicas		30 dB(A)		
Autoconsumo (noite)		5,0 W		
Topologia / Conceito de refrigeração		Sem transformador / Convecção		
Grau de protecção (conforme a IEC 60529)		IP65		
Classe de condições ambientais (conforme a IEC 60721-3-4)		4K4H		
Valor máximo admissível da humidade relativa (sem condensação)		100 %		
Equipamento				
Ligação CC/ligação CA			SUNCLIX/ficha CA	
Visualização através de smartphone, tablet ou laptop			●	
Interfaces: WLAN / Ethernet / RS485			● / ● / ●	
Protocolo de comunicação			Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R	
Gestão de sombras: SMA ShadeFix (integrado) / TS4-R			● / ○	
Garantia: 5/10/15 anos			● / ○ / ○	
Certificados e homologações (mais a pedido)			AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, DIN EN 62109-1/IEC 62109-1, DIN EN 62109-2/IEC 62109-2, EN 50438, G59/3, G83/2, NEN-EN 50438, ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, PPDS, PPC, RD 1699, SI 4777, TR 3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE-0126-1-1, VFR 2014, RfG compliant	
Certificados e homologações (em planeamento)			DEWA 2016, EN 62116, IEC 61727, IEC-EN 50438, NBR 16149, NRS 097-2-1	
Disponibilidade países SMA Smart Connected			AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK	
Designação de modelo	STP3.0-3AV-40	STP4.0-3AV-40	STP5.0-3AV-40	STP6.0-3AV-40



Funções do sistema base

- Facilidade na colocação em serviço via interfaces WLAN e Speedwire integradas
- Total transparência devido à visualização no Sunny Portal/Sunny Places
- Segurança do investimento pelo SMA Smart Connected
- Modbus como interface para outros fornecedores

FUNÇÕES DO SISTEMA AMPLIADO

- Funções do sistema base
- Redução do consumo de energia da rede e aumento do autoconsumo graças à utilização da energia armazenada temporariamente
- Utilização máxima da energia graças ao carregamento baseado em prognósticos
- Aumento do autoconsumo graças à gestão inteligente da carga
- Rendimento máximo do sistema graças à tecnologia modular inteligente

Com SMA Energy Meter

- Utilização máxima do sistema através da limitação dinâmica da injeção na rede entre 0% e 100%
- Visualização dos consumos de energia