



ESTUDO DE MEDIDAS PARA TORNAR UM EDIFÍCIO HISTÓRICO COM NECESSIDADES ENERGÉTICAS QUASE NULAS

GABRIEL SCHWEITZER MORAIS

outubro de 2020

ESTUDO DE MEDIDAS PARA TORNAR UM EDIFÍCIO HISTÓRICO COM NECESSIDADES ENERGÉTICAS QUASE NULAS

Gabriel Schweitzer Morais
1190234

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

ESTUDO DE MEDIDAS PARA TORNAR UM EDIFÍCIO HISTÓRICO COM NECESSIDADES ENERGÉTICAS QUASE NULAS

Gabriel Schweitzer Morais
1190234

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação de Ana Raposo João e, e coorientação Jorge Nunes.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Orientador

Professora Doutora Ana Raposo João

Professora Ajudante, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Arguente

AGRADECIMENTOS

A realização da minha dissertação de mestrado só foi possível graças ao apoio de todos aqueles que, direta ou indiretamente, me acompanharam ao longo desta etapa.

Gostaria de agradecer ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e seus professores pelo acolhimento e por proporcionarem um ensino de qualidade e referência. À Professora Doutora Ana Raposo João, em especial, pela orientação prestada ao longo deste percurso.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina pela oportunidade de realizar um intercâmbio, em especial ao Professor Doutor Matheus Fontanelle pela iniciativa e persistência em concretizar a parceria com o ISEP, na forma do programa de Dupla Titulação.

Gostaria de agradecer, também, à empresa JM Project, na pessoa do Engenheiro Jorge Nunes, pela oportunidade de estagiar na sua empresa e pelo suporte necessário para desenvolver este trabalho. Também aos colaboradores da empresa, Engenheira Márcia Rocha, por me ajudar nas horas que precisei, e em particular ao Mestre e Engenheiro Ricardo Alberto Figueiredo pela maior contribuição no aprendizado dos conhecimentos técnicos necessários para realizar este trabalho, por sempre me manter motivado a enfrentar os desafios diários durante o período de estágio, pela paciência para responder a todos os meus inúmeros questionamentos e pela amizade formada que tornou o estágio um período muito prazeroso.

À minha família pelo suporte na minha educação, pelo incentivo a correr em busca dos meus sonhos, pela possibilidade de me dedicar totalmente aos estudos e poder realizar o intercâmbio sem nenhum tipo de cobrança, sem deixar faltar nada. Em específico minha mãe, Maria Helena, e meu pai, Adair, por me ensinarem a importância da disciplina e que, se não dá certo de uma maneira, dá certo por outra.

Minha namorada, Amanda Roberta, por me ajudar nos momentos mais difíceis, compreender a minha ausência, pelo carinho, motivação e por me incentivar a realizar o programa de Dupla Titulação. Não poderia deixar de agradecer seus familiares por todo apoio e segurança passados para mim durante este período.

Por último meu amigo Matheus Detoffol que me apoiou, motivou e ajudou através de videochamadas durante os períodos finais da escrita deste trabalho.

PALAVRAS CHAVES: Patrimônio antigo, Classe Energética, RECS, Energia Renováveis, JMProject.

RESUMO

A presente pesquisa foi realizada no âmbito do estágio curricular sucedido na empresa JM Project com o intuito de concluir dos estudos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Tem como objetivos analisar o desempenho energético de um grande edifício de serviço. Considerado patrimônio antigo, localizado na cidade de Sintra, contém uma área construída total de 1973,17 m² que passará por uma grande intervenção e ampliação.

No primeiro capítulo, são apresentados os objetivos, a estrutura do mesmo e as atividades realizadas ao longo do estágio. Em seguida, encontram-se medidas para reduzir o consumo energético, um resumo da evolução da legislação utilizado para resolução do caso de estudo, uma explicação do conceito nZEB e certificação energética e os softwares utilizados.

Já no terceiro capítulo, são apontados os passos necessários para que se consiga fazer a avaliação do desempenho energético com base no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços e como encontrar as necessidades energéticas do edifício utilizando o software de simulação dinâmica (TRACE700). Além disso, para âmbito de conclusão, foi simulada por meio de uma planilha de cálculos a produção de energia renovável por painéis fotovoltaicos de diferentes potências e eficiências. Foi observado o impacto no rácio da classe energética do edifício e o tempo necessário para que os investimentos nos módulos sejam pagos.

KEYWORDS: Ancient Heritage, Energy Class, RECS, Renewable Energy, JMProject.

ABSTRACT

This research was carried out as part of an internship at the company JM Project in order to complete studies to obtain a Master's degree in Mechanical Engineering. It aims to analyze the energy performance of a large service building. Considered an ancient heritage, located in the city of Sintra, contains a total built area of 1973.17 m² that will undergo a major intervention and expansion.

In the first chapter, the objectives, its structure and the activities carried out during the internship are presented. Following are measures to reduce energy consumption, a summary of the evolution of the legislation used to solve the case study, an explanation of the nZEB concept and energy certification and the software used. Moreover, there are measures to reduce energy consumption, a summary of the evolution of the legislation used to solve the case study, an explanation of the nZEB concept and energy certification and the software used.

In the third chapter, the necessary steps are pointed out in order to be able to assess the energy performance based on the Regulation of Energy Performance of Commercial and Service Buildings and how to find the energy needs of the building using the dynamic simulation software (TRACE700). In addition, for completion, the production of renewable energy by photovoltaic panels of different powers and efficiencies was simulated using a spreadsheet. The impact on the building's energy class ratio and the time required for investments in modules to be paid were observed.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AC	Corrente alternada
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar Condicionado
AQS	Águas quentes sanitárias
ADENE	Agência para a energia
CC	Corrente contínua
COP	Coeficiente de desempenho (ou <i>performance</i>)
EER	Rácio de eficiência energética
EPBD	<i>Energy performance of buildings directive</i>
GES	Grande edifício de serviços
INE	Instituto nacional de estatística
LNEG	Laboratório nacional de energia e geologia
NZEB	<i>Net Zero Energy Building</i>
nZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
PPD	Porcentagem de pessoas insatisfeitas
PTP	Pontes térmicas planas
PTL	Pontes térmicas lineares
RCCTE	Regulamento das características de comportamento térmico de edifícios
RECS	Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços
REH	Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação e serviços
RSECE	Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios
SCE	Sistema nacional de certificação energética
SCE.ER	Sistema de certificação de edifícios relativos ao aproveitamento de energia renováveis
SFP	<i>Specific fan power</i>
QAI	Qualidade do Ar Interior
UE	União Europeia
UVRC	Unidade de ventilação com recuperação de calor
UTAN	Unidade de tratamento de ar novo
VRV	<i>Variable refrigerant flow</i>

Lista de Símbolos

A_i	Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil (m^2)
A_p	Área interior útil (m^2)
A_{pav}	Área do pavimento (m^2)
A_u	Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior (m^2)
b_{tr}	Coefficiente de redução de perdas (-)
B'	Dimensão característica do pavimento (-)
d_j	Espessura dos elementos (mm)
E_p	Energia primária (kWh)
$E_{S,i}$	Consumo de energia por fonte de energia i para usos do tipo S (kWh/ano)
f	Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem abertura de ventilação permanente abertas (-)
F	Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de Ventilação permanentemente abertas. (-)
F_0	Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas (-)
F_f	Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício (-)
$F_{pu,i}$	Fator de conversão de energia útil para energia primária (kWh_{EP}/kWh).
g_T	Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar totalmente ativados (-)
$g_{T máx}$	Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados de acordo com zoneamento climático (-)
g_{Tvc}	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme (-)
$g_{\perp vi}$	Fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro, conforme informações do fabricante (-)
IEE_S	Consumos de energia consideração do tipo S ($\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano}$)
IEE_T	Consumos de energia consideração do tipo T ($\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano}$)
IEE_{ren}	Produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes renováveis ($\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano}$)
P	Perímetro exposto (m)
Q_{AN}	Valor do caudal de ar novo ($\frac{m^3}{h}$)
Q_{ANf}	Valor do caudal de ar novo final corrigido da eficácia ($\frac{m^3}{h}$)

$Q_{AN,1met}$	Caudal mínimo de ar novo para o nível de atividade metabólica igual a 1 ($\frac{m^3}{(h \cdot pessoa)}$)
R	Resistência térmica ($\frac{m^2 \cdot C}{W}$)
R_{se}	Resistência térmica superficial exterior ($\frac{m^2 \cdot C}{W}$)
R_{si}	Resistência térmica superficial interior ($\frac{m^2 \cdot C}{W}$)
R_f	Resistência térmica do pavimento ($\frac{m^2 \cdot C}{W}$)
R_w	Resistência térmica da parede em contato com o solo [$\frac{m^2 \cdot C}{W}$]
R_{IEE}	Rácio da classe energética (-)
T_o	Temperatura operativa (°C)
U	Coefficiente de transmissão térmica ($\frac{W}{m^2 \cdot C}$)
$U_{máx}$	Coefficiente de transmissão térmica máximo ($\frac{W}{m^2 \cdot C}$)
U_{bf}	Coefficiente de transmissão térmica superficial por pavimentos em contato com o solo ($\frac{W}{m^2 \cdot C}$)
U_{bw}	Coefficiente de transmissão térmica por paredes em contato com o solo ($\frac{W}{m^2 \cdot C}$)
V_{enu}	Volume do espaço não útil (m^3)
z	Valor médio da profundidade enterrada ao longo do perímetro exposto (m)
ε_v	Valor de eficácia de remoção de poluentes (-)
θ_{int}	Temperatura interior (°C)
θ_{ext}	Temperatura ambiente exterior (°C)
θ_{enu}	Temperatura do local não útil (°C)
λ_j	Condutibilidade térmica ($\frac{W}{m \cdot C}$)

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOGO DA EMPRESA JM PROJECT. (FRANCISCO E FERREIRA, 2017)	9
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA JM PROJECT . ("GOOGLE MAPS", 2020).....	10
FIGURA 3 –ENTRADA DE TUBOS ENTERRADOS E ORIFÍCIOS NO INTERIOR DA CASA. (GONÇALVES E GRAÇA, 2004).....	17
FIGURA 4 - ENTRADA EXTERIOR E INTERIOR DOS TUBOS ENTERRADOS. (GONÇALVES E GRAÇA, 2004) ..	17
FIGURA 5 - PAREDE DUPLA COM ISOLAMENTO TÉRMICO. (MAIS URBANA, 2017)	18
FIGURA 6 - CONSELHO MUNICIPAL DA MATOLA, APLICAÇÃO PRÁTICA DE PALAS PARA SOMBREAMENTO (SOCIEDADE DE ENGENHARIA, 2017).	19
FIGURA 7 -FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA TÉRMICO SOLAR. (SOUZA, 2000.)	21
FIGURA 8 - ESTRUTURA DE PAINEL FOTOVOLTAICO. (GERE DO SOL, 2014)	22
FIGURA 9 - DISPOSITIVO TRACKING. (SUN POWER, 2020)	22
FIGURA 10 – EDIFÍCIO <i>GREEN OFFICE</i> . (FILLON, 2011.)	25
FIGURA 11 – FLUXOGRAMA RESUMO DA EVOLUÇÃO DA LEGISLATIVA EM PORTUGAL NO ÂMBITO DA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS. (2020)	31
FIGURA 12 – INFORMAÇÕES FORNECIDAS COM O CERTIFICADO ENERGÉTICO. (SCE, 2019)	32
FIGURA 13 - CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA APRESENTADA. (SCE, 2019).....	32
FIGURA 14 - LOCALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS EM PORTUGAL, 2018 (<i>INE, PORTADA</i> , 2019).	33
FIGURA 15 - LOGO SOFTWARE AUTOCAD. (AUTODESK, 2020).....	34
FIGURA 16 - INTERFACE DO SOFTWARE AUTOCAD. (AUTODESK, 2020).....	34
FIGURA 17 –LOGO DO PROGRAMA. (TRACE 700 <i>TRANE COMMERCIAL</i> , 2019)	35
FIGURA 18 – INTERFACE DO PROGRAMA TRACE™ 700. (PEREIRA, 2002).....	35
FIGURA 19 - VISTA DO ALÇADO PRINCIPAL. (2020).....	40
FIGURA 20 - VISTA SUPERIOR POR SATÉLITE DA EDIFICAÇÃO ANTIGA. (GOOGLE EARTH, 2019)	40
FIGURA 21 - PISO 1 PLANTA BAIXA. (2020)	41
FIGURA 22 - PISO 0 PLANTA BAIXA. (2020)	41
FIGURA 23 – COBERTURA PLANTA BAIXA. (2020).	42
FIGURA 24 - PISO 2 PLANTA BAIXA. (2020)	42
FIGURA 25 - CLASSIFICAÇÃO DE ENVOLVENTES EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS. (GUIA SCE – CONCEITOS E DEFINIÇÕES, 2020)	45
FIGURA 26 – EXEMPLO DEMARCAÇÃO DA ENVOLVENTE PAVIMENTO E OPACO VERTICAL, PISO 0. (2020)	46
FIGURA 27 - REPRESENTAÇÃO DA COTA z. (15793-K/2013, 2013)	56
FIGURA 28 – VENTILADOR COM RECUPERAÇÃO DE CALOR MODELO VAM-FA. (DAIKIN, 2019)	64
FIGURA 29 – VENTILADOR DE EXTRAÇÃO, MODELO <i>SILENS’AIR</i> ECM. (<i>SITE FRANCE AIR</i> , 2019)	65
FIGURA 30 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR MODELO D-AHU R. (<i>SITE DAIKIN.PT</i> , 2019)	66
FIGURA 31 – UNIDADES DE PRODUÇÃO TÉRMICA EXTERIORES (<i>SITE DAIKIN.PT</i> , 2019)	67
FIGURA 32 - UNIDADES INTERIORES. (<i>SITE DAIKIN.PT</i> , 2019)	69

FIGURA 33 - UNIDADES INTERIORES. (<i>SITE DAIKIN.PT</i> , 2019)	69
FIGURA 34- TELA PRINCIPAL DO PROGRAMA TRACE™ 700 (2020)	71
FIGURA 35 - DADOS CLIMÁTICOS. (2020)	72
FIGURA 36 - DADOS METEOROLÓGICOS POR HORA DE CADA MÊS DO ANO. (2020)	72
FIGURA 37 - EXEMPLO DA CRIAÇÃO DO MATERIAL. (2020)	73
FIGURA 38 – EXEMPLO DE CRIAÇÃO. (2020)	73
FIGURA 39 - CRIAÇÃO <i>TEMPLATE</i> GANHOS INTERNOS. (2020)	74
FIGURA 40 – EXEMPLO DA CRIAÇÃO DE UM AMBIENTE. (2020)	75
FIGURA 41 – EXEMPLO CRIAÇÃO DA COBERTURA. (2020)	75
FIGURA 42 – EXEMPLO DA CRIAÇÃO DE PAREDE. (2020)	76
FIGURA 43 – EXEMPLO CRIAÇÃO VENTILAÇÃO EM CADA ESPAÇO. (2020)	76
FIGURA 44 – EXEMPLO CRIAÇÃO PAVIMENTOS TÉRREO E ENVOLVENTES INTERIORES EM CADA ESPAÇO. (2020)	77
FIGURA 45 – CRIAÇÃO DE UMA UNIDADE INTERIOR DO TIPO SPLIT. (2020)	77
FIGURA 46 - ASSOCIAÇÃO DOS ESPAÇOS AOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO CRIADOS. (2020)	78
FIGURA 47 - EXEMPLO DE CONSTITUIÇÃO RELATIVOS AO ARREFECIMENTO/ AQUECIMENTOS DO SISTEMA. (2020)	79
FIGURA 48 - INTRODUÇÃO DAS POTÊNCIAS DE CADA EQUIPAMENTO E RESPECTIVOS RENDIMENTOS. (2020)	79
FIGURA 49 – ASSOCIAÇÃO DE CADA SISTEMA DE AQUECIMENTO /ARREFECIMENTO AOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO CRIADOS. (2020)	80
FIGURA 50 – VISTA DA PRIMEIRA ABA DA PLANILHA. (<i>SCE.ER</i> ,2019)	88
FIGURA 51 - SISTEMA CONECTADO À REDE. (<i>SCE.ER</i> ,2019)	89
FIGURA 52 - VISTA SUPERIOR ESTACIONAMENTO. (2020)	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CRESCIMENTO POPULACIONAL POR REGIÃO MUNDIAL ENTRE 1820 A 2019. (ROSER, RITCHIE, & ORTIZ-OSPINA, 2013.).....	3
GRÁFICO 2 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO PER CAPITA NO MUNDO. (RITCHIE E ROSER, 2016)	4
GRÁFICO 3 – CONSUMO DE ENERGIA SECUNDÁRIA POR FONTE DE ENERGÉTICA (DGEG, 2015).....	5
GRÁFICO 4 - PORCENTAGEM DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SETOR NO ANO DE 2018. (IEA, 2020.).....	6
GRÁFICO 5 - RESUMO POR SETOR DE CONSUMO ENERGIA APÓS UM ANO DE OPERAÇÃO. (FILLON, N.D.).....	26
GRÁFICO 6 - DEFINIÇÃO DA <i>T0</i> COM BASE NO PPD. (ISO 7730, 2005).....	47
GRÁFICO 7 – CONSUMO DE ENERGIA ANUAIS DO TIPO T E S. (2020).....	85
GRÁFICO 8 - AMORTIZAÇÃO DO INVESTIMENTO EM PAINÉIS SOLARES. (2020).....	91

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CRONOGRAMA PRÉVIO DAS ATIVIDADES. (2019).....	9
TABELA 2 - IDENTIFICAÇÃO DE CADA AMBIENTE E ÁREA TÉRMICA TOTAL. (2020)	44
TABELA 3- IDENTIFICAÇÃO DE CADA AMBIENTE E ÁREA DE PAVIMENTO TOTAL.....	44
TABELA 4 - CONDIÇÕES DE CONFORTO. (ASHRAE, 2005)	47
TABELA 5 – TEMPERATURA OPERATIVA. (2020)	47
TABELA 6 – DETERMINAÇÃO DO <i>btr</i> . (15793-K/2013, 2013)	48
TABELA 7 - DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DO AMBIENTE. (2020).....	49
TABELA 8 - PAREDE EXTERIOR 01.(2020).....	51
TABELA 9- COBERTURA EXTERIOR 01. (2020).....	51
TABELA 10 - PAREDE INTERIOR 01. (2020)	52
TABELA 11 - PAREDE INTERIOR 04. (2020)	52
TABELA 12 - COBERTURA INTERIOR 01. (2020)	53
TABELA 13 – PAVIMENTO INTERIOR 0. (2020)	53
TABELA 14 - PAVIMENTO TÉRREO 01. (2020).....	54
TABELA 15 – VALORES DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA POR ELEMENTO EM CONTATO COM O SOLO. (15793-E/2013, 2013)	54
TABELA 16 - PAVIMENTO TÉRREO 02. (2020).....	55
TABELA 17 - DIMENSÃO CARACTERÍSTICA DO PAVIMENTO E RESISTÊNCIA TÉRMICA DE TODAS AS CAMADAS DO PAVIMENTO.(2020)	55
TABELA 18 – COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE PAVIMENTO EM CONTATO COM O TÉRREO COM ISOLAMENTO OU SEM ISOLAMENTO TÉRMICO. (15793-K/2013, 2013)	56
TABELA 19 - ÁREA TOTAL DE PAREDE E ENVIDRAÇADO, E PORCENTAGEM DE VIDRO NA FACHADA, POR ORIENTAÇÃO.(2020)	57
TABELA 20 – PTP CARACTERÍSTICAS (2020)	59
TABELA 21 – CAUDAL MÍNIMO DE AR NOVO DETERMINADO EM UNÇÃO DA CARGA POLUENTE DEVIDA À OCUPAÇÃO. (15793-E/2013, 2013).....	61
TABELA 22 – CAUDAL MÍNIMO DE AR NOVO DETERMINADO EM FUNÇÃO DA CARGA POLUENTE DEVIDO AO EDIFÍCIO [<i>m3hora * m²</i>]. (15793-E/2013, 2013)	61
TABELA 23 – VALORES DE EFICIÊNCIA PARA DIFERENTES MÉTODOS DE VENTILAÇÃO. (15793-E/2013, 2013)	62
TABELA 24 – CAUDAL MÍNIMO DE EXTRAÇÃO DE AR ASSEGURAR PARA LOCAIS E INSTALAÇÕES ESPECÍFICAS, <i>m³h</i> . (15793-E/2013, 2013).....	63
TABELA 25 – CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE DE VENTILAÇÃO COM RECUPERAÇÃO DE CALOR. (2020)..	64
TABELA 26 - CARACTERÍSTICAS VENTILADORES DE EXTRAÇÃO DE AR, CONSUMO TIPO S. (2020).....	64
TABELA 27 - CARACTERÍSTICAS VENTILADORES DE EXTRAÇÃO DE AR, CONSUMO TIPO T. (2020).....	65
TABELA 28 - CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR. (2020).....	66
TABELA 29 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADE EXTERIORES (2020).	67
TABELA 30 - CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADE INTERIORES (2020).....	68
TABELA 31 – ILUMINAÇÃO DE PROJETO E DE REFERÊNCIA. (2020)	70

TABELA 32 – POTÊNCIA TOTAL DO PROJETO E REFERÊNCIA. (2020)	71
TABELA 33 - CONSUMO ANUAL DE ENERGIA. (2020).....	80
TABELA 34 – CONSUMO DE ENERGIA A CONSIDERAR NO IEES. (PORTARIA N.º 349-D/2013, 2013)	81
TABELA 35 – CONSUMOS ANUAIS DE ENERGIA DO TIPO S RELATIVOS A VENTILADORES. (2020)	82
TABELA 36 – CONSUMOS ANUAIS DE ENERGIA DO TIPO S RELATIVOS À ILUMINAÇÃO DE ESPAÇOS COMPLEMENTARES. (2020)	83
TABELA 37 – CONSUMO ANUAL DE ENERGIA ELEVADOR. (2020).....	83
TABELA 38 - CONSUMO DE ENERGIA A CONSIDERAR NO IEET. (PORTARIA N.º 349-D/2013).....	84
TABELA 39 - CONSUMOS ANUAIS DE ENERGIA DO TIPO T RELATIVOS A VENTILADORES NÃO ASSOCIADOS AO CONTROLE DE CARGA TÉRMICA. (2020)	84
TABELA 40 – ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. (2020)	86
TABELA 41 – INTERVALOS DE VALOR DE RIEE PARA A DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS. (DESPACHO N.º 15793-J/2013, 2013)	86
TABELA 42 – VALORES MÁXIMOS DE IEES E RIEE EM FUNÇÃO DO CONTEXTO DO EDIFÍCIO. (PORTARIA NO 42/2019, 2019)	87
TABELA 43 – PERDAS RELATIVA AO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICO (2020).	88
TABELA 44 – RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS (2020)	90
TABELA 45 – APRESENTAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESULTADOS. (2020)	95

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização e relevância do tema	3
1.2 Enquadramento e objetivo	6
1.3 Estrutura do relatório de estágio	7
1.4 Metodologia seguida.....	8
1.5 Apresentação da empresa.....	9
1.6 Atividades realizadas durante o estágio	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Medidas habituais para reduzir o consumo energético em edifícios	15
2.1.1 Arquitetura bioclimática	15
2.1.2 Elementos construtivos	17
2.1.3 Aproveitamento da energia solar	19
2.1.3.1 Coletores solares térmicos.....	19
2.1.3.2 Painéis fotovoltaicos	21
2.2 Conceito de NZEB “Net Zero Energy Building”	23
2.2.1 Objetivo da implementação do NZEB	23
2.3 Definição nZEB “Nearly Zero Energy Building”	24
2.3.1 Exemplo de um edifício nZEB	25
2.4 Evolução das diretivas e legislação portuguesa sobre o consumo de energia nos edifícios	26
2.5 Certificação energética.....	32
2.6 Principais <i>softwares</i> utilizados	34
3 DESENVOLVIMENTO	39
3.1 Caso de estudo	39
3.2 Dados climáticos.....	43
3.3 Zonas térmicas e ambientes.....	43
3.4 Caracterização das envolventes	45

3.5 Temperatura operativa e ambiente	46
3.6 Verificação dos requisitos mínimos das envolventes	49
3.6.1 Envolvente opaca exterior	50
3.6.2 Envolvente opaca interior.....	51
3.6.3 Envolvente opaca pavimento térreo	53
3.6.4 Envolventes envidraçados	57
3.7 Pontes térmicas.....	59
3.7.1 Pontes térmicas planas (PTP).....	59
3.7.2 Pontes térmicas linear (PTL)	59
3.8 Inércia térmica	60
3.9 Ventilação.....	60
3.9.1 Caudal de ar novo	60
3.9.2 Caudal de extração	62
3.9.3 Equipamentos de ventilação	63
3.9.3.1 Ventilação com recuperação de calor.....	63
3.9.3.2 Ventiladores de extração de ar (tipo S)	64
3.9.3.3 Ventiladores de extração de ar (tipo T)	65
3.9.3.4 Unidade de tratamento de ar novo	65
3.10 Climatização	66
3.11 Iluminação	70
3.12 Realização da simulação.....	71
3.13 Resultados da simulação	80
3.14 Classe energética.....	81
3.14.1 Consumo anual de energia do tipo S	81
3.14.2 Consumo anual de energia do tipo T	83
3.14.3 Determinação da classe energética	85
3.15 Melhorias necessárias para classificar como nZEB	87
3.15.1 Produção de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável	88
3.16 Estudo económico.....	90
4 CONCLUSÃO	95
4.1 Conclusão	95
4.2 Trabalhos Futuros.....	97

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES	100
6 ANEXO	107
6.1 Anexo 1 – Guia de equipamentos AVAC e materiais de construção.....	107
6.2 Anexo 2 - Certificado energético de edifício de comércio e serviço.....	110
6.3 Anexo 3 - Folha de cálculo LNEG	118
6.4 Anexo 4 -Identificação de cada ambiente e área térmica total	119
6.5 Anexo 5 – Planta arquitetônica	122
6.6 Anexo 6 – Envolventes opacas interiores e exteriores	128
6.7 Anexo 7 - Projeto AVAC.....	131
6.8 Anexo 8 - Iluminação do projeto e de referência.....	138
6.9 Anexo 9 - Dados técnicos do módulo fotovoltaico Sharp ND-R250A5	142
6.10 Anexo 10 Dados técnicos do módulo fotovoltaico SunPower SPR-X21-345-COM	143

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e relevância do tema

1.2 Enquadramento e objetivo

1.3 Estrutura do relatório de estágio

1.4 Metodologia seguida

1.5 Apresentação da empresa

1.6 Atividades realizadas durante o estágio

1 Introdução

1.1 Contextualização e relevância do tema

O desenvolvimento de uma sociedade é baseado no suprimento de necessidades e no surgimento de outras novas. Entre essas, a necessidade de energia para a vida humana, desde a geração de movimento até ao aquecimento e iluminação, tem acompanhado e ditado a evolução da humanidade. A exploração, primeiro das florestas, e depois das reservas de combustíveis fósseis, como fontes de energia primária, ditou uma fase recente da história da civilização.

Desde o século XIX, o consumo de energia tem aumentado, devido ao seu relacionamento direto com o crescimento populacional. A evolução do crescimento populacional por região do globo desde 1820 é mostrada no gráfico 1 - (Roser, Ritchie e Ortiz-Ospina, 2013.).

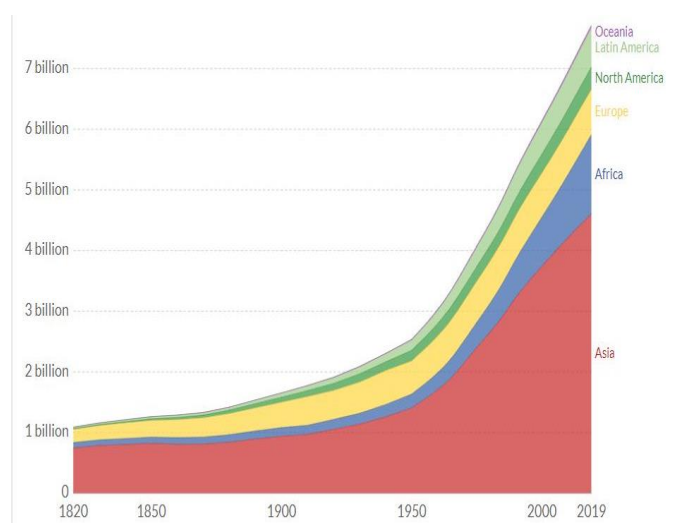


Gráfico 1 - Crescimento populacional por região mundial entre 1820 a 2019. (Roser, Ritchie, & Ortiz-Ospina, 2013.)

Com o desenvolvimento da sociedade, principalmente com o advento da revolução industrial, surgiram equipamentos consumidores de energia cuja utilização se difundiu mundialmente, dado a sua contribuição para a qualidade de vida da população.

Assim, o consumo de energia *per capita* tem vindo a aumentar globalmente, como se pode verificar no gráfico 2 (Ritchie e Roser, 2016). Esse aumento é mais notório em países em vias de desenvolvimento, como o Brasil, Índia e Rússia.

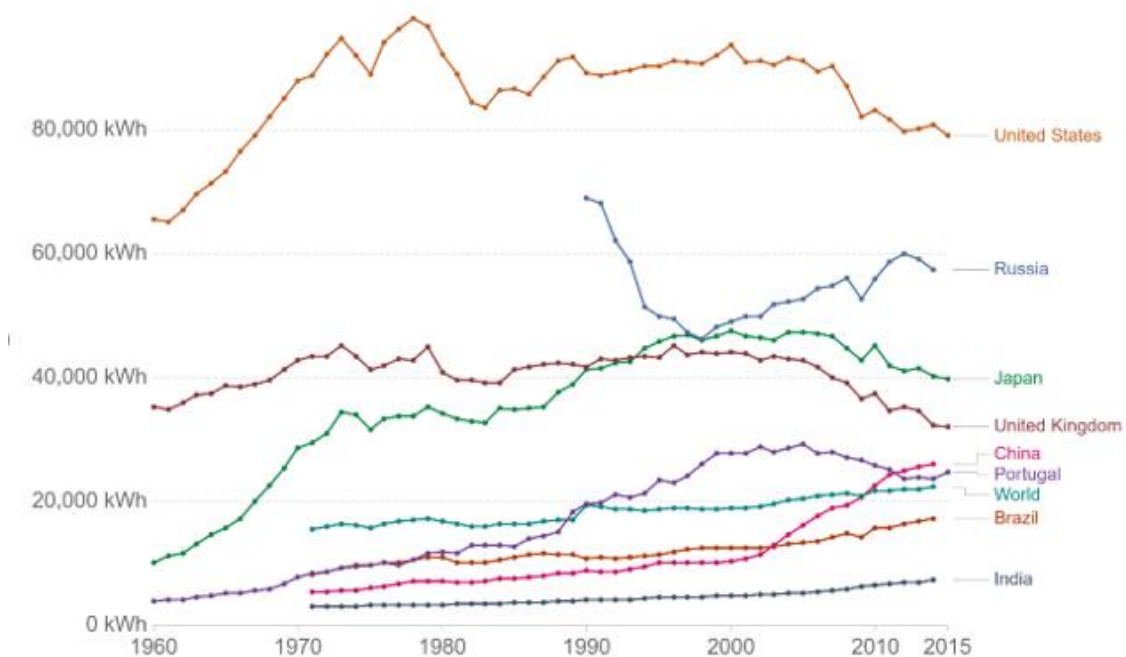


Gráfico 2 - Evolução do consumo energético per capita no mundo. (Ritchie e Roser, 2016)

A energia elétrica surge como uma forma de energia secundária com grande relevância, é considerada um serviço essencial e indispensável para sociedade. O consumo de energia elétrica total, em Portugal, engloba os setores doméstico, comércio e serviços, iluminação das vias públicas, edifícios do estado, indústria e agricultura. Segundo Portada (2020) o consumo de energia elétrica total era de 2777,5 kWh/habitante no ano de 1994 e em 2017 passou a ser de 4632,5 kWh/habitante. Comparando estes períodos observa-se um aumento de aproximadamente 66%.

A evolução do consumo de energia primária por fonte energética em Portugal é apresentada no gráfico a seguir. O consumo de petróleo e derivados apresenta uma redução, se bem que ainda permanecem como a fonte energética mais utilizada, representando 40,2% do consumo de energia secundária em 2017. A segunda fonte energética mais utilizada foi o gás natural, com 24,2%, e em terceiro lugar o carvão com 14,4% (Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), 2019).

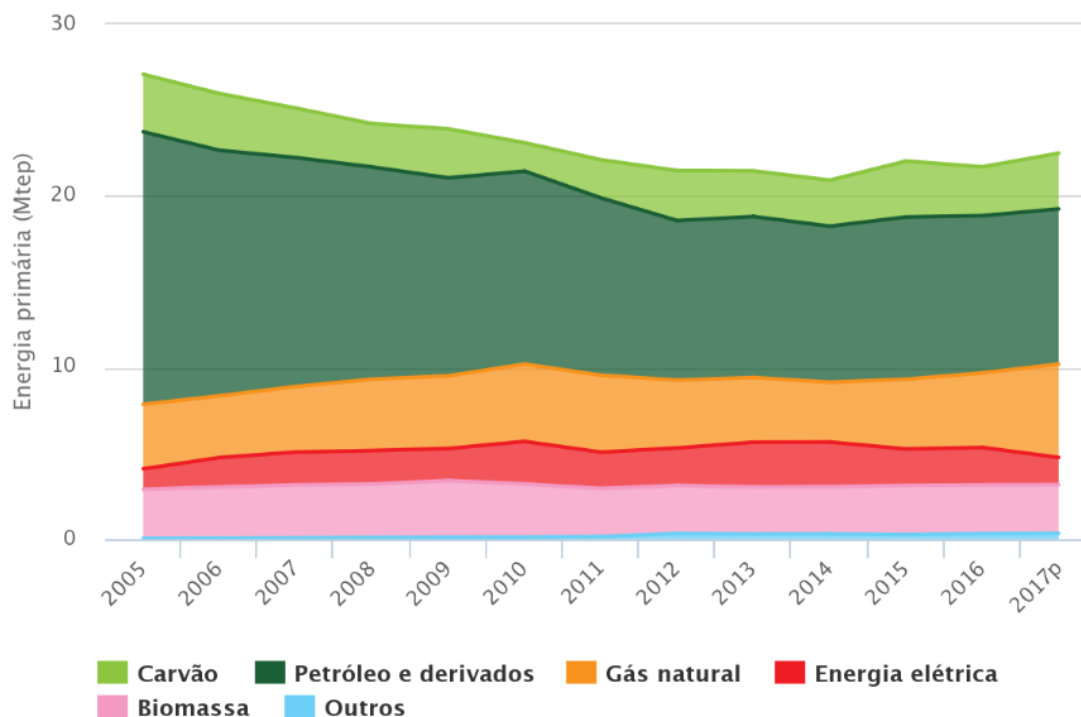
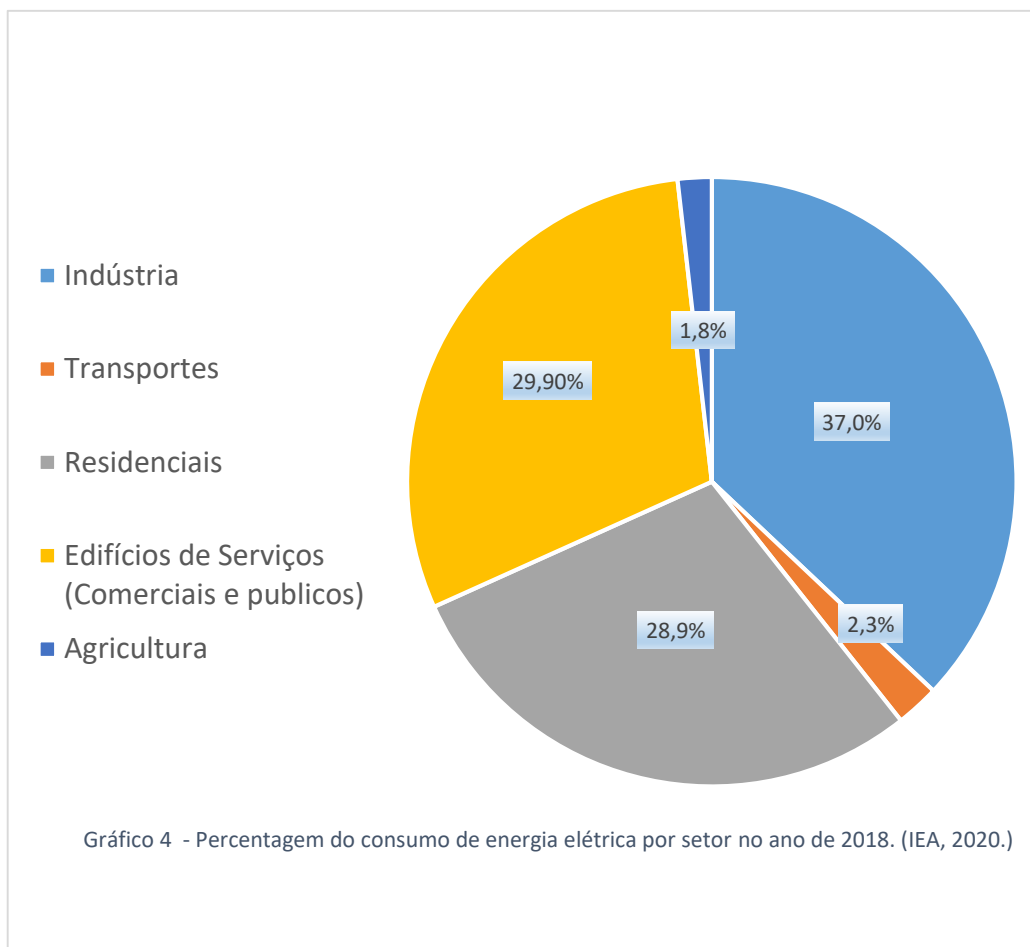


Gráfico 3 – Consumo de energia secundária por fonte de energética (DGEG, 2015).

O consumo energético, em combinação com a utilização de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural), e alinhado, também, a outros processos biológicos, acarretam a uma elevação nos níveis atmosféricos de gases com efeito de estufa. Essa elevação resulta no aumento da temperatura do planeta, degelo dos glaciares e, por consequência, subida do nível do mar, alterações no ciclo hidrológico e dos padrões normais de precipitação e aumentando a ocorrência de situações climáticas extremas (Veiga, 2015).

Como citado por Veiga, 2015, dadas as consequências nefastas causadas pelo aumento do consumo energético e a utilização de combustíveis fósseis de forma irracional, torna-se necessário tratar este tema de forma inadiável. É essencial a efetivação de medidas que tornem o consumo racional e otimizado, contribuindo para a diminuição do desperdício de energia, ou, de outra forma, aumentando a eficiência energética. Uma possível solução seria a substituição da energia gerada por combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis, combinada com a racionalização do consumo energético.

Para se ter um melhor entendimento da procura de energia elétrica na União Europeia (UE), será mostrado no gráfico 4, a percentagem deste consumo por setor no ano de 2018 (IEA, 2020).



Ao observar o gráfico 4, percebe-se que o maior consumidor de energia elétrica é a indústria, seguida dos edifícios de serviços, e finalmente o setor doméstico. Os transportes e a agricultura são os setores que menos consomem energia eléctrica. É notório o peso dos edifícios no consumo de energia eléctrica, representando quase 60% do consumo. Assim, a poupança energética em edifícios tem um grande impacto na redução do desbaste de reservas de energia não renováveis.

1.2 Enquadramento e objetivo

Este relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de dissertação/projeto/estágio, integrada no plano de estudos do 2º semestre do 2º ano de Mestrado em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O tema do trabalho “Estudo de medidas para tornar um edifício histórico com necessidades energéticas quase nulas” foi proposto e desenvolvido com orientação da Engenheira Ana Raposo João por parte do ISEP e Engenheiro Jorge Nunes por parte da empresa JM Project, e o trabalho realizou-se ao longo dos anos 2019 e 2020 na empresa JM Project.

O objetivo deste trabalho é identificar soluções de projeto que permitam a classificação energética de um edifício de comércio e serviços como edifício com necessidades quase nulas de energia. O objetivo final pode subdividir-se em diferentes tópicos:

- Entender e aplicar legislação referente ao sistema de certificação energética para edifícios de comércio e serviços;
- Realizar simulação dinâmica multizonas do edifício para estimar a carga térmica anual;
- Aplicar medidas a um edifício de comércio e serviços para conseguir diferentes níveis de consumo energético, escalonadas por forma a garantir desde os requisitos mínimos, requisitos para classificação A e com necessidades quase nulas de energia;
- Orçar o investimento necessário para alcançar a classificação de um edifício de comércio e serviços como nZEB;
- Verificar o período de retorno do investimento.

1.3 Estrutura do relatório de estágio

O presente relatório é dividido em seis capítulos, sendo eles: introdução, revisão bibliográfica, desenvolvimento e conclusão, e finalmente bibliografia e anexos.

O primeiro capítulo engloba o enquadramento e objetivos do estágio, metodologia, apresentação da empresa e atividades realizadas no estágio curricular.

No segundo capítulo encontram-se abordadas algumas medidas habituais para reduzir o consumo de energia em edifícios, é feita a distinção entre conceito de NZEB e nZEB, é apresentada a evolução das diretivas e legislação relacionadas ao tema da dissertação, certificação energética, e os principais softwares utilizados.

O terceiro capítulo diz respeito ao caso de estudo, e inclui a discriminação dos elementos necessários ao estudo, como dados climáticos, zonas térmicas e ambientes, caracterização das envolventes, temperaturas operativa e ambiente, verificação dos requisitos mínimos das envolventes, pontes térmicas, inércia térmica, ventilação, climatização e iluminação. É apresentada a simulação realizada, o resultado da classe energética associada ao edifício, bem como as melhorias necessárias para classificar sendo nZEB. Inclui-se também um estudo económico sobre a implementação dessas medidas.

O quarto capítulo refere-se às considerações finais, onde é realizada uma reflexão de todo o trabalho desenvolvido na empresa e possíveis desenvolvimentos futuros.

Nos dois últimos capítulos estão presentes as bibliografias e outras fontes, e no capítulo seguinte estão anexos vários documentos essenciais à elaboração do presente relatório de estágio.

1.4 Metodologia seguida

A metodologia seguida tem a função de auxiliar e guiar na realização deste trabalho, ao definir cronologicamente as etapas necessárias para alcançar os objetivos. Os diferentes passos encontram-se na lista abaixo:

- i. Identificar o que são edifícios “nZEB”;
- ii. Clarificar as grandes categorias responsáveis pelo consumo de energia num edifício de serviços e formas de estas se quantificarem;
- iii. Conhecimento da legislação e requisitos mínimos (decretos-lei e portarias para cada “categoria”) para alcançar o certificado de eficiência energética;
- iv. Identificação dos elementos construtivos (envolventes interiores e exteriores);
- v. Estimar o consumo anual de energia elétrica destinada ao sistema de climatização através da simulação dinâmica;
- vi. Estimar o consumo de energia elétrica destinada ao sistema de ventilação, iluminação e equipamentos;
- vii. Classificação energética do edifício, verificação se cumpre classificação mínima de EER (eficiência energética), de acordo com legislação de Portugal;
- viii. Melhorias necessárias para transformar o edifício em um nZEB;
- ix. Estudo económico das medidas a implementar, e assim analisar a viabilidade da aplicação do conceito nZEB no edifício.

Esta metodologia encontra-se explanada ao longo do tempo, no cronograma correspondente à tabela 1, como estava previsto no início do desenvolvimento do trabalho.

Tabela 1 - Cronograma prévio das atividades. (2019)

Cronograma da Tese de Mestrado	Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				Julho				Agosto			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1 Etapa																																
Leitura da legislação Portuguesa																																
Elaborar fluxograma da legislação																																
Parte térmica																																
Iluminação/Ventilação																																
2 Etapa																																
Estruturação da tese																																
Desenvolvimento da parte escrita																																
3 Etapa																																
Simulação (Software TRACE 7000)																																
Melhorias necessárias para transformar classificar o edifício como nZEB.																																
Estudo económico e viabilidade da implementação das medidas.																																
Ajuste finalização dos cálculos e conclusões																																
4 Etapa																																
conclusão da tese																																

1.5 Apresentação da empresa

A empresa JM Project foi fundada em maio de 2017 pelo Engenheiro Mecânico Jorge Nunes, que possui mais dez anos de experiência profissional na área de projetos de engenharia civil, mecânica, eletrotécnica e certificação energética. É uma empresa voltada para as áreas de projeto, envolvendo a climatização de edifícios, emissão de certificados energéticos, e de gestão, coordenação e fiscalização de edifícios de habitação e comércio e serviços. Conta atualmente com dois funcionários, uma engenheira mecânica e um engenheiro civil. Na figura 1 é possível observar o logótipo da empresa.



Figura 1 - Logo da empresa JM Project. (Francisco e Ferreira, 2017)

A JM Project tem como missão fornecer serviços de engenharia orientados para eficiência dos recursos e a otimização de investimento, aplicados à indústria, edifícios de serviços e residências. Possui o intuito de melhorar a qualidade e o nível de vida dos clientes, tendo em conta suas necessidades. Trabalham para um resultado positivo, adequando o serviço às comodidades e exigências do quotidiano da sociedade. A

empresa preocupa-se em prestar um serviço de qualidade, rigoroso e transparente, apostando numa equipe altamente qualificada, com atitude, orientando a sua ação para um desempenho de excelência (JM Project, 2017).

A empresa está localizada na Rua Dom António Ferreira Gomes, 88, 4400 – 023, edifício Cristal, 1º piso e sala 1. A figura 2 contém uma imagem feita por satélite da localização da empresa. O círculo vermelho indica o edifício Cristal, onde ficam suas instalações.

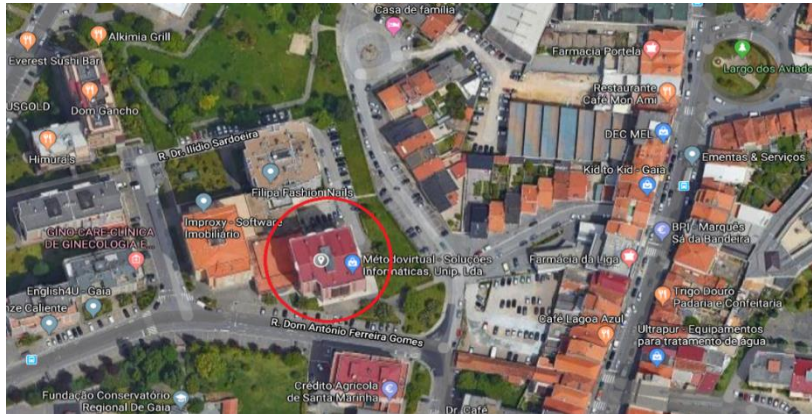


Figura 2 - Localização da empresa JM Project . ("Google Maps", 2020)

1.6 Atividades realizadas durante o estágio

O estágio realizado proporcionou aplicar os conhecimentos acadêmicos a um caso prático, simulando o dia a dia de um profissional que trabalha nesta área. Além disso, nesse período foi possível conhecer o funcionamento de uma empresa, assumir responsabilidades, ter o contato com o mercado de trabalho e entre outros aprendizados.

O estágio ocorreu entre os meses de dezembro de 2019 e agosto de 2020, porém, devido as medidas restritivas adotadas para conter o avanço da pandemia de coronavírus que ocorreu, em Portugal, neste ano de 2020, foi necessário a interrupção das atividades práticas na empresa em março de 2020 até agosto de 2020.

Ao longo deste estágio foram desenvolvidas várias tarefas, como:

- Entendimento das zonas térmicas e ambientes com trabalhos práticos efetuados pela empresa;
- Elaboração de um guia de materiais de construção e equipamentos AVAC, que se pode observar no anexo 1;
- Percepção do cálculo da perdas de carga lineares e localizadas no sistema de ventilação do edifício;

- Visita a cidade de Amarante para realização de levantamento de informações em um hotel para elaboração do certificado energético;
- Estudo da legislação associado a certificação energética para edifícios de comércio e serviços, e sua especificação para o caso nZEB;
- Utilização de ferramentas relacionados ao cálculo da classificação energética;
- Familiarização com a ferramenta de cálculo de simulação dinâmica multizona TRACE™ 700;
- Estudo económico da implementação de painéis fotovoltaicos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Medidas habituais para reduzir o consumo de energia em edifícios

2.1.1 Arquitetura bioclimática

2.1.2 Elementos construtivos

2.1.3 Coletores solares

2.1.3.1 Coletores solares térmicos

2.1.3.2 Painéis fotovoltaicos

2.2 Conceito de NZEB “*Net Zero Energy Building*”

2.2.1 Objetivo da implementação do NZEB

2.3 Definição nZEB “*Nearly Zero Energy Building*”

2.3.1 Motivo da implementação do nZEB

2.3.2 Exemplo de um edifício nZEB

2.4 Evolução das diretivas e legislação portuguesa sobre o consumo de energia em edifícios

2.5 Certificação energética

2.6 Principais *softwares* utilizados

2 Revisão bibliográfica

2.1 Medidas habituais para reduzir o consumo energético em edifícios

Existem várias medidas habitualmente tomadas com o objetivo de reduzir o consumo energético oriundo de combustíveis fósseis de um edifício, como o aumento da eficiência energética e a geração energia de origem renovável. A diretiva **2002/91/CE** publicada em 2002, sobre desempenho energético dos edifícios, atualizou os requisitos até à altura pedidos, tornando-os mais exigentes nesses dois aspectos. Por exemplo, incluiu obrigatoriedade de uso de energia renovável, dentro de certos parâmetros. De uma forma geral, aqueles dois objetivos primordiais podem ser alcançados de diferentes maneiras, tais como a utilização de uma arquitetura bioclimática, com recurso a elementos construtivos eficientes de acordo com aplicação, e também instalando coletores solares. Em seguida estes pontos serão abordados.

Uma remodelação de uma edificação em que haja o objetivo de obter uma reabilitação sustentável e que tenha uma alta eficiência energética pode ter um investimento inicial superior às reabilitações tradicionais, mas este pode ser recuperado, na maior parte das vezes, num curto período de tempo. O construtor que pretenda entrar e permanecer num mercado de reabilitação sustentável, terá de possuir mão-de-obra especializada e qualificada para aplicar processos construtivos inovadores demandados pelos equipamento e materiais mais eficientes (Costa *et al.*, 2014).

2.1.1 Arquitetura bioclimática

A arquitetura, de forma geral, pretende garantir as condições de conforto e saúde dos utilizadores do edifício, mediante condições de utilização e restrições construtivas. A arquitetura bioclimática tem o objetivo de tirar partido de recursos naturais e locais, minimizando o consumo de energia e o impacto ambiental do edifício. Desta forma, a arquitetura bioclimática visa implementar esses princípios na elaboração dos edifícios (Vaz e Jorge, 2014).

Uma das primeiras fases de uma edificação é o projeto, parte na qual é possível definir as características da construção. Para uma construção com arquitetura bioclimática é necessário explorar ao máximo as potencialidades do local de implantação, a vegetação, a energia solar, o regime de ventos e a iluminação natural, entre outros fatores.

Para minimizar o consumo de energia não renováveis, é fundamental ter atenção na escolha de dispositivos mecânicos, visando equipamentos com elevada eficiência energética para climatização, aquecimento de águas, ventilação e iluminação, que são essências durante o uso no edifício (Gestión e Patrimonio, 2014).

Existem alguns métodos construtivos que têm o propósito de auxiliar no aquecimento ou arrefecimento ambiente por intermédio de meios naturais, e denominam-se “sistemas passivos”. Com base no clima da região é preciso fazer um estudo para identificar a estação que tem o maior impacto no consumo de energia (Gestión e Patrimonio, 2014).

Analisando o período de inverno, a estratégia é a redução das perdas térmicas e a promoção de ganhos solares. A redução das perdas térmicas de inverno poderá ser feita através da aplicação dos seguintes componentes e técnicas:

- Isolamentos térmicos nas envolventes opacas;
- Vidros duplos nos vãos envidraçados;
- Controle das infiltrações de ar;
- Orientação e implantação do edifício, aproveitando os maiores ganhos solares registados a Sul (para o hemisfério norte).

No caso do verão as técnicas deverão ser baseadas na restrição de ganhos solares, utilizando as regras a seguir:

- Sombreamento dos envidraçados;
- Promoção das perdas térmicas recorrentes à ventilação;
- Sistema de tubagens enterradas;
- Arrefecimento evaporativos com recursos a vegetação ou espelhos de água.

Um exemplo de arrefecimento pelo solo, aplicando sistemas de tubagens enterradas está apresentado nas figuras 3 e 4. No verão o solo apresenta uma temperatura inferior à temperatura exterior, desta forma constituindo uma importante fonte fria. Assim, as tubagens enterradas permitem o arrefecimento do ar exterior, que flui de forma natural devido a diferenças de pressão e temperatura entre o interior da habitação e o exterior, e entra na habitação frio, servindo como uma fonte de dissipação de calor (Gonçalves e Graça, 2004).

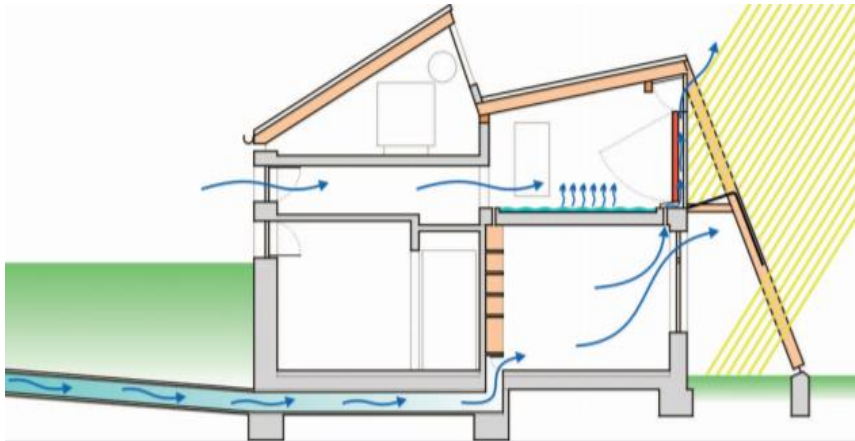


Figura 3 –Entrada de tubos enterrados e orifícios no interior da casa. (Gonçalves e Graça, 2004)



Figura 4 - Entrada exterior e interior dos tubos enterrados. (Gonçalves e Graça, 2004)

2.1.2 Elementos construtivos

Os elementos construtivos, aliados a arquitetura bioclimática, são as práticas ideais para aumentar a eficiência energética e conforto térmico, com custo energético de manutenção reduzido. Desta forma, a escolha dos materiais na hora de construir uma edificação é de suma importância, visto que esses são o que fazem um bom isolamento térmico.

O isolamento térmico é favorável nos períodos de inverno e verão. Os materiais isolantes irão minimizar as transferências de calor entre ambiente exterior e interior, mantendo assim uma temperatura de conforto arbitrada pelo utilizador e diminuindo o consumo energético pelo sistema de arrefecimento ou aquecimento. Alguns exemplos de materiais isolantes térmicos são fibras de plástico, poliuretano, espuma de polietileno, fibras naturais, lã de rocha, entre outros. A figura a seguir mostra um exemplo de uma parede com isolamento, aplicando isolamento com cortiça.

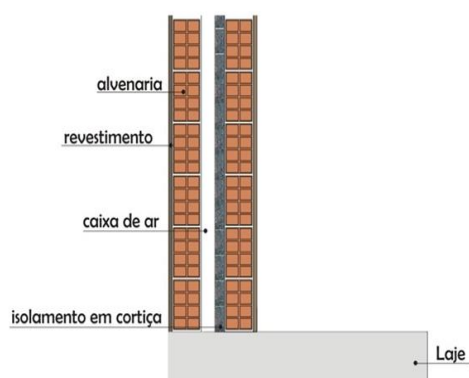


Figura 5 - Parede dupla com isolamento térmico. (Mais Urbana, 2017)

Uma das partes mais críticas em termos de isolamento térmico são os vãos envidraçados. No período de verão o problema são os ganhos solares por radiação, entrada de calor pelas características ópticas de absorvidade e transmissibilidade. No inverno a questão é a condutividade alta dos envidraçados, fazendo com que troca de calor entre o exterior e o interior seja elevada. Para evitar estes problemas é recomendado a utilização de palas com o objetivo de sombrear os vãos envidraçados, classificados como elementos de proteção solar que podem ser exteriores e interiores. Além disso é aconselhado o uso de vidros duplos para evitar as trocas de calor entre exterior para interior, desta forma diminuindo a condutividade térmica (Pina dos Santos e Matias, 2006).

Na figura seguinte apresenta-se um edifício construído no ano de 2017 em Moçambique, na cidade de Matola, onde se aplicou o uso de palas horizontais e verticais com objetivo de sombrear e assim diminuir o consumo de energia elétrica para arrefecer o ambiente.



Figura 6 - Conselho Municipal da Matola, aplicação prática de palas para sombreamento (Sociedade de Engenharia, 2017).

2.1.3 Aproveitamento da energia solar

A captação de energia solar para conversão em energia térmica e/ou eléctrica tem como objetivo reduzir o consumo de gás e eletricidade de origem de fontes fósseis. Assim, este tipo de energia é classificado como “renovável”. Outro aspecto positivo destas tecnologias de aproveitamento é de não causar a emissão de poluentes que contribuem para o aquecimento global.

A produção de energia através de coletores solares vem sendo divulgada de forma ampla, e conseguiu conquistar confiança do mercado (Mendes *et al.*, 2012). Estes sistemas de transformação de energia podem ser utilizados para produção de energia térmica e/ou eléctrica, a fim de melhorar a eficiência energética de um edifício. Os coletores solares térmicos são aplicados genericamente para produção de águas quentes sanitárias (AQS) e aquecimento central e os fotovoltaicos para transformação da energia solar em eléctrica.

2.1.3.1 Coletores solares térmicos

O funcionamento de um coletor solar térmico baseia-se no princípio de transformar energia da radiação do solar, que incide no coletor, em energia térmica, é transferida para um fluido, podendo este ser ar, água, óleo ou outro que tenha as condições necessárias para esta função (Europeu, 2020).

Este tipo de sistema possui uma aplicação mais comum para a produção de AQS e aquecimento central. Os coletores solares térmicos são relativamente simples e podem ser aplicáveis na maioria dos casos, fazendo com que este tipo de sistema tenha popularidade (Europeu, 2020).

É preciso observar a localização e a orientação do edifício em estudo, para poder identificar o melhor dimensionamento do sistema e alinhar com o orçamento disponível.

Devido à radiação solar disponível variar de acordo com a localização, o caso de Portugal, que está no hemisfério norte, a maior incidência solar estará voltada para região Sul (Europeu, 2020).

A constituição básica e o processo de aquecimento de água por um sistema solar térmico são apresentados a seguir (Silva, n.d)

- Coletor (ou campo de coletores)

Os coletores mais comuns são coletores planos. São estruturas retangulares com altura reduzida, com a face superior de vidro transparente, com objetivo de provocar um efeito semelhante a uma estufa, impedindo a saída da radiação infravermelha, retendo-a no interior do coletor. No interior existe uma placa absorvedora, feita num material bom condutor térmico, podendo ser o alumínio, pintado com a cor preta para aumentar a absorção da energia radiante incidente. A capacidade de aquecimento da placa metálica depende da espessura e de sua área. Na parte inferior da placa encontram-se tubos onde circula o fluido de transferência térmica, que vai receber o calor.

- Sistema de transferência de energia

Pelo processo de condução, uma parte do calor absorvido pela placa é transmitida para a água. A circulação da água quente vai permitir transportar o calor até um equipamento onde esse calor será transferido.

- Depósito de armazenamento

A água já aquecida torna-se menos densa, passa pela tubulação, chegando até em depósito de armazenamento. Aí, poderá haver utilização direta da água quente, ou *indireta*, através de um permutador de calor.

Sendo o coletor solar o componente de maior valor financeiro, é uma das partes mais importantes deste tipo de sistema. Na escolha dele é imprescindível analisar as características dos elementos que o constituem, visando a qualidade do equipamento (Europeu, 2020).

A figura 7 ilustra o princípio, anteriormente explicado, do funcionamento de um sistema térmico de energia solar para AQS e/ou aquecimento central.

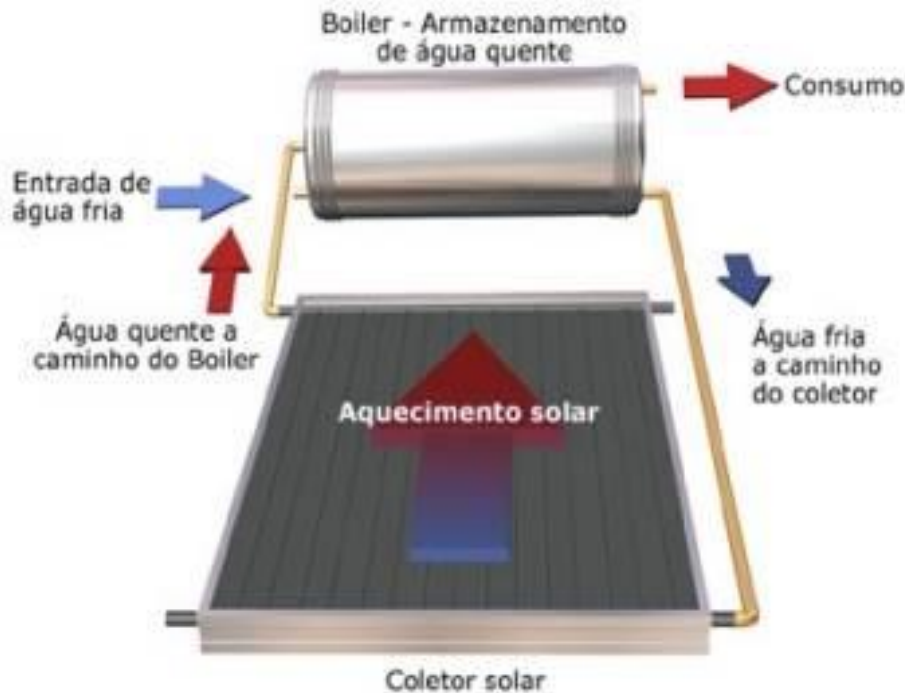


Figura 7 -Funcionamento de um sistema térmico solar. (Souza, 2000.)

2.1.3.2 Painéis fotovoltaicos

A fonte de energia elétrica descentralizada mais conhecida e integrada em edifícios é a energia fotovoltaica. Apesar do elevado custo de investimento, é o tipo de equipamento de energia renovável que se inclui entre os de maior durabilidade, facilidade de integrar, instalar, controlar e manter em edifícios. Já é largamente divulgada a sua integração em fachadas, substituindo os correspondentes elementos construtivos de revestimento, a qual pode igualmente associar a componente de aproveitamento térmico (Mendes *et al.*, 2012).

O funcionamento de como extrair eletricidade através do sol inicia-se pelo composto de um material semicondutor, que geralmente é o silício, o qual é carregado eletricamente quando exposto à luz solar. Para uma melhor conversão da potência associada a radiação solar em potência elétrica é adicionado aos semicondutores substâncias dopantes como arsénio (As), antimónio (Sp), fósforo (P) entre os elementos. O módulo ou painéis fotovoltaicos são formados por células ligadas em série ou paralelo. Ao incidir a luz sobre a célula fotovoltaica, os fotões que a integram chocam com os eletrões da estrutura do silício, dando-lhes energia e transformando-os em condutores. Por meio de um condutor externo, liga-se a camada negativa à positiva, gerando assim um fluxo de eletrões (corrente eléctrica) na conexão. Enquanto a luz continuar a incidir na célula, o fluxo de eletrões se manterá constante (Proença, 2007).

A intensidade da corrente gerada variará proporcionalmente à intensidade da luz incidente. Sendo esta, relacionada com a orientação dos painéis e o ângulo de incidência que é obtido através da latitude com objetivo de maximizar a radiação solar incidente (Efeito fotovoltaico, 2010). A figura a seguir mostra a estrutura de um painel fotovoltaico.

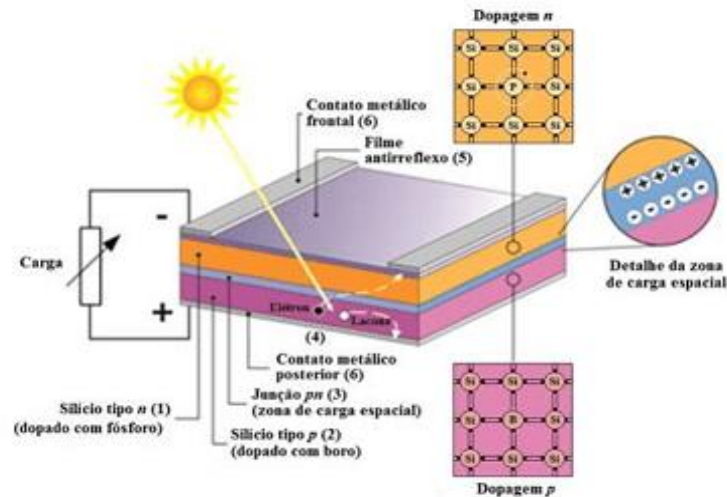


Figura 8 - Estrutura de painel fotovoltaico. (Gere do Sol, 2014)

Sabendo que a radiação solar varia de acordo com o período do dia, época do ano e condições climáticas, existem dispositivos do tipo *Tracking* que localizam o sol, virando o painel na sua direção como mostra a figura 9.



Figura 9 - Dispositivo Tracking. (Sun Power, 2020)

Os sistemas fotovoltaicos apresentam duas formas de distribuir energia elétrica: não ligados a rede e ligados à rede. Na primeira é normalmente necessário armazenar eletricidade, e possui dois componentes fundamentais:

- Banco de baterias: guardam a energia produzida;
- Controladores de carga: Monitorizam e protegem a bateria de sobrecargas ou descargas totais.

No segundo caso é preciso uma ligação para posto transformador e com isso ser distribuído para rede energética (Proença, 2007).

2.2 Conceito de NZEB “Net Zero Energy Building”

Net Zero Energy Building (NZEB), traduzido para o português “edifícios de balanço de energia nulo” ou “edifício com necessidades nulas de energia”, é um conceito aplicado a um edifício com desempenho energético elevado, capaz de gerar energia a partir de fontes renováveis de modo a compensar a sua necessidade de energia (citado por Veiga, 2015). Para ser considerado um edifício NZEB é necessário cumprir com os requisitos da UE no que respeita às emissões de gases com o efeito de estufa, quantidade de energia produzida a partir de fontes renováveis e poupança de energia.

Um edifício NZEB precisa suprir as necessidades de energia primária através de fontes de energia renovável. Porém, sabendo que as fontes de energia renováveis variam a sua capacidade de geração de acordo com as condições climáticas, e nem sempre reúnem a quantidade de energia para suprir a procura de energia de um edifício, é, nestas situações, preciso recorrer à importação de energia da infraestrutura energética não renovável. Inversamente, nos momentos em que a geração de energia renovável for superior à carga exigida pelo edifício, o excedente de energia é exportado para as redes de energia, e desta forma devolvendo a energia importada em outro período (citado por Veiga, 2015).

2.2.1 Objetivo da implementação do NZEB

Em 2016 o consumo de energia elétrica por setor na EU, apresentado no gráfico 3, mostra que os edifícios de comércio e serviço representando 29,9% do consumo total (*Statistics*, 2019). Tal representa uma grande parcela, com impacto significativo para cumprimento do Protocolo de Quioto. Este tratado internacional foi assinado por 192 estados, onde estes se comprometem a cumprir as metas estabelecidas, sendo elas: manter a subida da temperatura global abaixo dos 2°C e reduzir até 2020 as emissões de gases causadores do efeito estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990 (REA, 2019).

Desta forma, para que os países da UE cumpram este acordo é necessário de forma urgente tomar medidas para redução do consumo de energia nos edifícios. A implementação dos conceitos estudados no âmbito dos edifícios NZEB pode ser uma via para alcançar esse objetivo.

Com a tentativa de implementação do conceito de NZEB, foi observado que muitos locais não reuniam condições suficientes para construção de edifícios capazes de produzir a mesma quantidade de energia que lhes foi fornecida. Em outras palavras, fatores climáticos, geográficos, pouca disponibilidade de fontes de energia renováveis e

condições económicas frágeis impossibilitam o investimento neste tipo de projeto. Com isso, foi necessário a adaptação a um novo conceito de NZEB: o nível de exigência foi aligeirado, e, em vez de **edifício com necessidades nulas de energia**, requeresse neste caso **edifícios necessidades quase nulas de energia** (citado por Veiga, 2015).

2.3 Definição nZEB “Nearly Zero Energy Building”

O conceito “*Nearly Zero Energy Building* (nZEB)”, é designado em português sendo “edifícios com necessidade quase nulas de energia”. De acordo a definição, segundo a *Energy performance of buildings directive* (EPBD), 2010, “nZEB é um edifício com um desempenho energético **muito elevado**. As necessidades de energia **quase nulas** ou **muito pequenas** deverão ser cobertas em **grande medida** por energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades”. Com isso é possível ter uma ideia do objetivo deste modelo, se bem que as palavras em negrito são de livre interpretação em relação aos requisitos mínimos ou máximos do desempenho energético. Assim, fica a cargo de cada estado membro da UE definir o que para eles significa cada uma destas expressões e definir os seus próprios limites, com base nas suas condições (citado por Veiga, 2015).

O nível de desempenho nZEB poderá ser atingindo através da redução das necessidades energéticas dos edifícios, utilizando princípios já abordados como melhoramento dos níveis de isolamento dos meios opacos, otimização dos ganhos solares e utilização de sistemas de sombreamento exteriores e arrefecimento noturno, entre outros. Em conjunto destas medidas, também cabe seleção de aparelhos e sistemas eficientes. Além disso, através da produção de energia renovável, no local ou nas proximidades, para reduzir a utilização de energia elétrica oriunda de fontes não-renovável (Mateus ., 2017).

É sempre bom lembrar que um dos principais objetivos da implementação deste conceito é a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa, como o CO_2 . Alguns estados-membros estabeleceram o indicador de emissão de CO_2 como principal indicador de desempenho energético na sua definição nacional de nZEB (citado por Veiga, 2015).

2.3.1 Exemplo de um edifício nZEB

Localizado ao sul de Paris na França e entregue em 2011, o *Green Office® Meudon* é o primeiro edifício de serviço de grande escala nZEB na França. Na figura 10 é possível observar o aspecto exterior do edifício. Projetado por Ion Enercu da empresa de arquitetura Atelier 115 Architectes, os dados a seguir foram retirados do *site green-office.fr*.



Figura 10 – Edifício *Green Office*. (Fillon, 2011.)

O edifício apresenta uma área de 23300 m², 1250 estações de trabalho, 1170 m² de restaurante, 770 lugares de estacionamento, 40 estações de carregamento para veículos elétricos, 162 lugares de estacionamento ao ar livre, 76 lugares de estacionamento de bicicleta, 600 m² de terraço no último piso. Tem um consumo de energia anual 62 kWh/m²/ano e uma produção de energia de 64 kWh/m²/ano.

Para se obter este nível de consumo de energia baixa comparado com outros edifícios de mesma escala e uma produção de energia maior do que o consumo, foram necessários a implementação de diversas medidas relacionadas a eficiência energética.

Recorreu-se ao uso da arquitetura bioclimática, tendo-se favorecido uma iluminação natural, ventilação natural, orientação dos escritórios estão a Norte/Sul com uma otimização das superfícies envidraçadas e a incidência solar otimizada. As fachadas são constituídas basicamente de 40% de envidraçados e 60% são superfície opaca, garantido a luz natural e a incidência solar, e persianas garantindo o conforto dos ocupantes.

A redução do consumo de energia foi também alcançado através da eliminação do uso intensivo de energia proveniente do ar condicionado, aproveitando o clima do exterior para otimizar a temperatura no interior do edifício. As fachadas apresentam sistemas passivos, incluindo aberturas automatizadas e no interior não possuindo tetos falsos a fim de beneficiar a inércia térmica da estrutura de betão.

No gráfico a seguir é mostrado um resumo do tipo de uso de energia após um ano de operação.

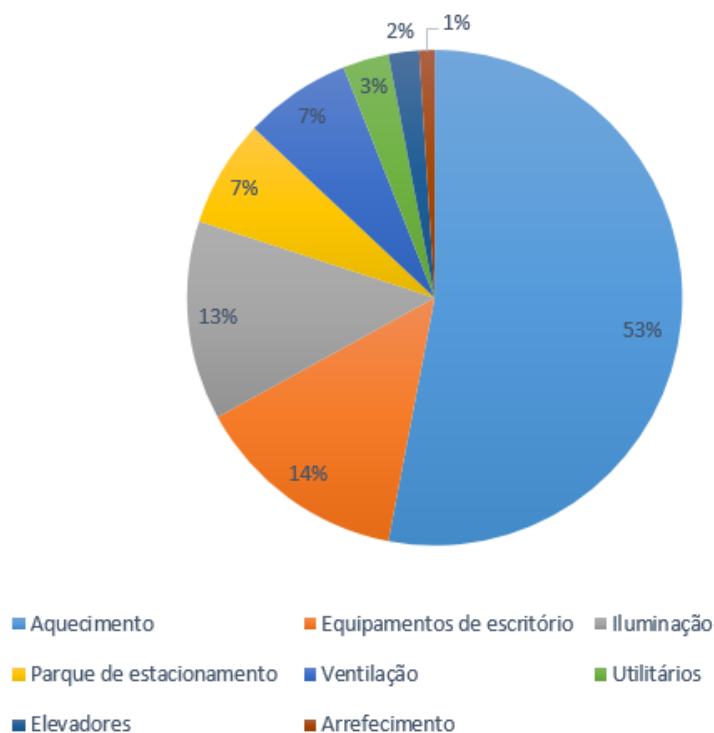


Gráfico 5 - Resumo por setor de consumo energia após um ano de operação. (Fillon, n.d.)

O *Green Office Meudon* foi o edifício onde se incorporou o primeiro contrato assinado por uma parceria privada no período de nove anos, com a garantia ao proprietário de todos os custos de operação e manutenção do edifício, bem como os níveis de consumo e produção de energia. Foi implementado um sistema informatizado de gestão de energia, da marca comercial SI@GO que analisa a produção de energia do edifício bem como o consumo por parte do mesmo em tempo real. Este sistema realiza três tarefas principais, regista os dados de energia do edifício a cada 15 minutos, apresenta os dados de forma clara e compreensiva e produz um relatório mensal para posterior análise se estão a ser cumpridos todos os termos do contrato.

2.4 Evolução das diretivas e legislação portuguesa sobre o consumo de energia nos edifícios

O consumo de energia elétrica nos edifícios na década de 80 são maiores do que em 2019. Com o aumento da quantidade de edifícios construídos foi necessária a criação de medidas para aumentar a eficiência energética em edifícios em Portugal e nos países pertencentes a UE. Com isso, foi criada legislação com objetivo de estabelecer metas, padrões de cálculo e parâmetros mínimos necessário cumprir. Em seguida irá ser apresentado um resumo da evolução das principais leis/diretivas em Portugal no âmbito

da certificação energética em edifícios, de forma cronológica (Gabriel e Vendrame, 2017, Ricardo Leal, 2017 e Miguel Peralta Carreira, 2019)).

- **1990 – Decreto de Lei 40/90** – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE).

O governo português percebeu a necessidade de uma regulamentação sobre as condições térmicas dos edifícios com o objetivo de melhorar as condições de salubridade, higiene e conforto nos edifícios em geral e na habitação, buscando assim melhor qualidade global da construção.

- **1998 – Decreto de Lei 118/98** – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

Este regulamento pretendia prevenir o sobredimensionamento dos edifícios a nível da potência dos sistemas instalados, a fim de melhorar a eficiência energética dos edifícios.

- **2002 – Diretiva 2002/91/CE** – Desempenho Energético dos Edifícios, *Energy Performance of Building Directive* (EPBD).

Aprovada pelo Parlamento e pelo Conselho Europeu, considerou 23 pontos importantes do Protocolo de Quioto, com o foco na gestão do consumo de energia, visando a segurança do abastecimento energético a média e a longo prazo. Com isto obrigou os países da UE a implementarem um sistema de certificação energética, em edifícios de habitação e de comércio e serviços, e que as informações da certificação energética fossem disponibilizadas aos cidadãos.

- **2006 – Decreto de Lei 78/2006** – Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (QAI).

Tem como objetivo proporcionar informações sobre as medidas de melhoria de desempenho, viabilidade económica que o proprietário pode implementar para reduzir as despesas energéticas e com isso melhorar a eficiência energética do edifício.

- **2006 – Decreto de Lei 79/2006** – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

Teve como objetivo estabelecer para os novos projetos de sistemas de climatização, os requisitos para o conforto térmico e de qualidade do ar interior, valores mínimos de renovação e tratamento de ar através da seleção adequada de equipamentos, e a sua organização em sistemas. Estipulou os limites máximos de consumo de energia para os grandes edifícios de serviços existentes, as condições de manutenção dos sistemas de climatização, as condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos

edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior. Estabeleceu também o perfil dos técnicos responsáveis pelo projeto, instalação e manutenção dos sistemas de climatização. Visando a eficiência energética e a qualidade do ar interior, além de definir padrões de referência de utilização dos edifícios para ocupação, iluminação e equipamentos.

- **2006 – Decreto de Lei 79/2006** – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Completa o decreto de lei anterior fixando as condições ambientais de referência para o cálculo dos consumos de energéticos nominais.

- **2010 – Diretiva 2010/3/EU** – Desempenho Energético dos Edifícios (Revisão).

Atualização da versão da Diretiva 2002/91/CE. Tem como objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na UE, atendendo às condições climáticas externas locais, exigências referentes ao clima interior e de rentabilidade, e estabelece alguns requisitos.

- **2013 – Decreto de Lei 118/2013** – Sistema de Certificação Energética (SCE).

Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Aponta como a data limite 2020 a partir do qual todos os edifícios novos deverão respeitar o conceito de *Nearly Zero Energy Building* relativo ao desempenho energético dos edifícios.

- **2013 – Despacho n.º15793-C/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes.

- **2013 – Despacho n.º15793-E/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.

- **2013 – Despacho n.º15793-F/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Procede à publicação dos parâmetros para o zoneamento climático e respetivos dados.

- **2013 – Despacho n.º15793-G/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.

- **2013 – Despacho n.º15793-H/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

- **2013 – Despacho n.º15793-I/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

- **2013 – Despacho n.º15793-J/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

- **2013 – Despacho n.º15793-K/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.

- **2013 – Despacho n.º15793-L/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

- **2013 – Portaria n.º 349-A/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade.

- **2013 – Portaria n.º 349-B/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de

comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

- **2013 – Portaria n.º 349-C/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

- **2013 – Portaria n.º 349-D/2013** - Sistema de Certificação Energética (SCE).

Estabelece os requisitos de concessão relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

- **2013 – Portaria n.º 353-A/2013** – Requisitos de Ventilação e Qualidade do Ar Interior.

Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respectiva metodologia de avaliação.

- **2015 – Portaria n.º 379-A/2015** – Determinação da Classe de Desempenho Energético.

Procede à primeira alteração da Portaria n.º 349 -B/2013, de 29 de novembro, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência de sistemas térmicos dos edifícios novos e sujeitos a intervenção.

- **2016 – Portaria 17-A/2016** – Sistema de Certificação Energética (SCE).

Primeira alteração à Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, que estabelece os requisitos de concessão relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a intervenção e dos edifícios existentes.

- **2019 – Portaria nº 42/2019** – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço (RECS).

Informa sobre os requisitos necessários para ser considerado um edifício de comércio e serviços nZEB.

- **2019 – Portaria n.º 98/2019** – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

Informa sobre os requisitos necessário para ser considerado um edifício de habitação um nZEB. Ambas as portarias identificam limites numéricos e requisitos quantitativos para definir o desempenho de edifícios nZEB. No entanto estes desempenhos correspondem já às classes A ou A+ definidas no atual sistema de certificação energética nacional.

A seguir é apresentado um fluxograma de forma cronológica dos decretos-lei, diretivas e portarias citadas anteriormente.

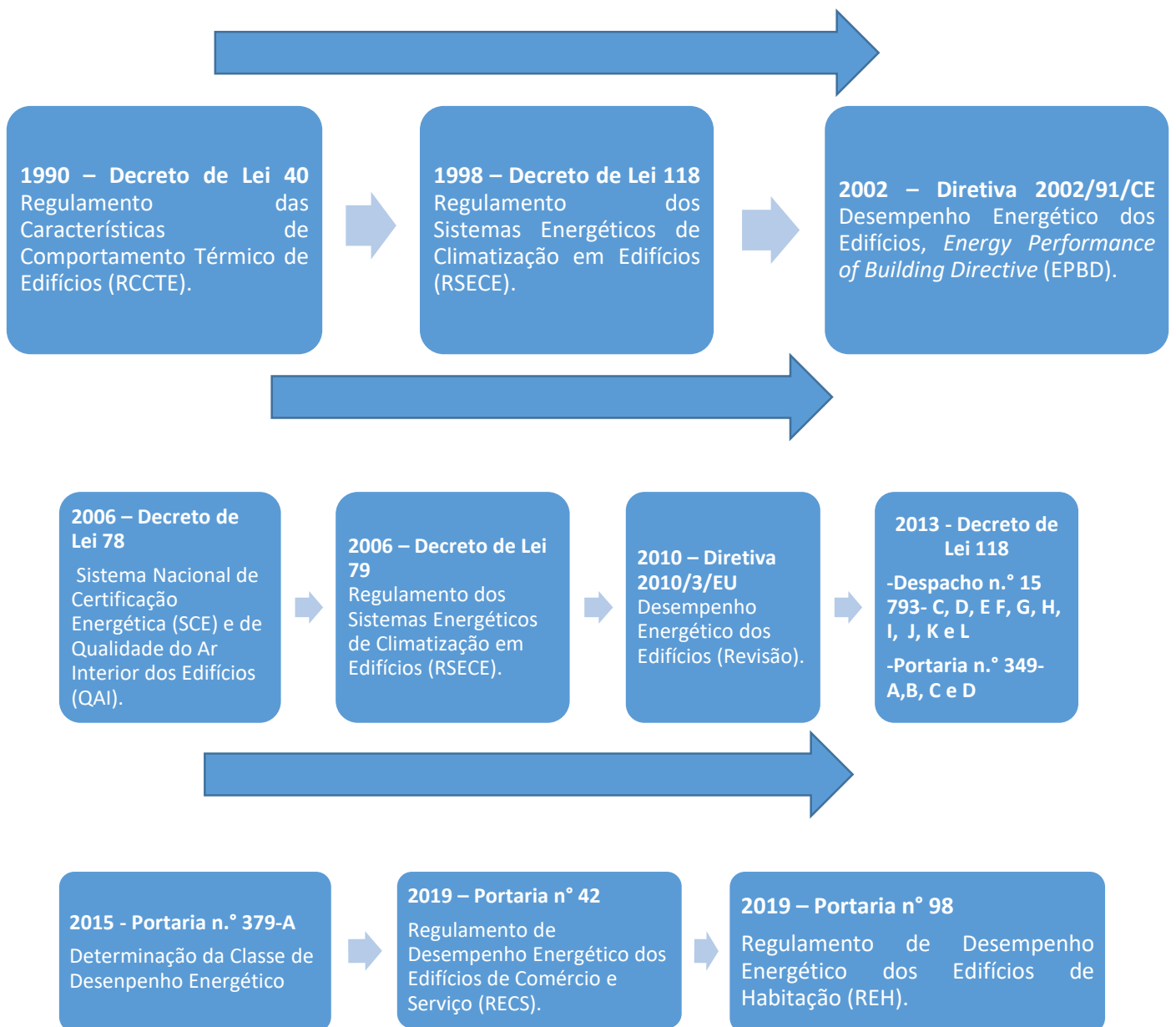


Figura 11 – Fluxograma resumo da evolução da legislativa em Portugal no âmbito da certificação energética em edifícios. (2020)

2.5 Certificação energética

Com a Diretiva 2010/31/UE em vigor, houve a necessidade de a legislação portuguesa ser atualizada e melhorada em relação a sistematização e a aplicação do sistema de certificação energética. Com isso, surge a publicação do Decreto-Lei n.º 118/2013, que atualiza a legislação portuguesa e realiza a implementação dos interesses que envolvem a aplicação da Diretiva 2010/31/UE.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 vincula num único documento oficial o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), assim revogando o Decreto-Lei n.º 78/2006, Decreto-Lei n.º 79/2006 e Decreto-Lei n.º 80/2006 (citado por Gabriel e Vendrame, 2017).

O certificado energético oferece aos consumidores informações sobre o desempenho energético de um edifício. É fornecido através de um documento digital, onde é possível obter informações úteis relacionadas, como é possível observar na figura 12. É possível ver um exemplo do modelo de certificado fornecido pela Agência para Energia (ADENE), para edifícios de comércio e serviços no anexo 2.



Figura 12 – Informações fornecidas com o certificado energético. (SCE, 2019)

O SCE classifica os edifícios em oito níveis, de A+ até F (A+, A, B, B-, C, D, E, F), sendo A+ a classificação com melhor eficiência energética e F a pior. Na figura 13 é apresentado a escala de classificação energética apresentada no documento energético.

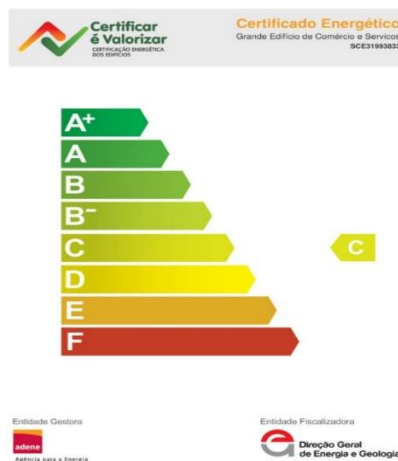


Figura 13 - Classificação energética apresentada. (SCE, 2019)

Os certificados são emitidos apenas por avaliadores qualificados e apresentam um prazo de validade de acordo com tipo de edifício. Um certificado válido, com a classificação mínima de B-, é requerido antes de qualquer edifício que seja novo obter licença de construção por parte das autoridades locais ou alvo de uma grande reabilitação. Segundo a SCE o certificado energético é obrigatório para:

- Edifícios novos de comércio e serviços com mais de 250 m²;
- Edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação (intervenções na envolvente ou nas instalações técnicas do edifício, cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício);
- Edifícios de comércio e serviços existentes com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- Edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento superior a 250 m² e sejam ocupados por uma entidade pública e frequentemente visitados pelo público;
- Celebração de contratos de venda e de locação de edifícios, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário tem que apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado energético.

Em Portugal foram construídos em 2018 9929 novos edifícios e 3554 ampliações, alterações e reconstruções. Na figura 14 mostra-se a densidade de construções de novos edifícios por cidades em 2018 em Portugal. No entanto, o impacto da ampliação dos requisitos de desempenho energético em novos edifícios ainda é pequeno comparado com todo o parque já edificado, segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) e Base de Dados Portugal Contemporâneo (PORDATA).

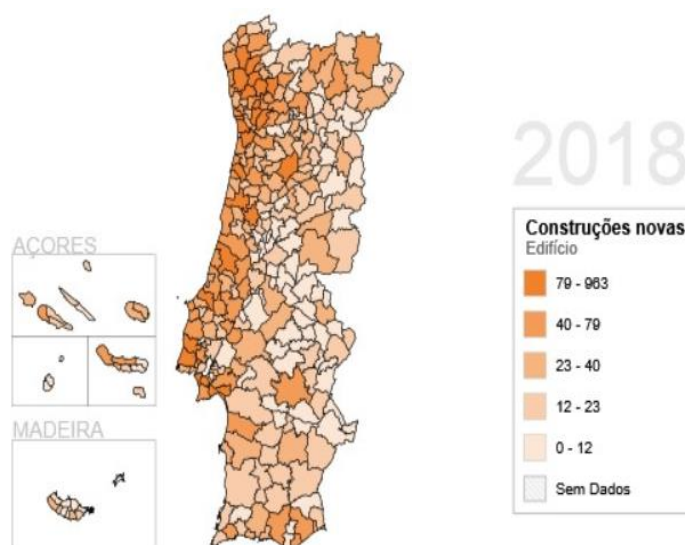


Figura 14 - Localização das edificações construídas em Portugal, 2018 (INE, PORDATA, 2019).

2.6 Principais *softwares* utilizados

Serão apresentados uma breve explicação sobre os dois principais softwares utilizados neste trabalho, o *AutoCAD* e o *Trace700*.

O *AutoCAD*® é um *software CAD* que provém da expressão inglesa “*computer-aided design*”, que significa projeção assistida por computador, utilizado por arquitetos, engenheiros e profissionais da construção para criar desenhos em 2D e 3D com muita precisão (AUTODESK, 2020), na figura 15 pode-se verificar a logo do programa.



Figura 15 - Logo software AutoCAD. (AUTODESK, 2020)

As principais aplicações *software* são:

- Criação e edição de geometria 2D e modelos 3D com superfícies e objetos sólidos e de malhas;
- Fazer anotações em desenhos com texto, dimensões, linhas de indicação e tabelas;

Além destas funções a ferramenta possui diversas outras aplicações para funções mais específicas. Na Figura 16 apresenta-se um exemplo da interface principal do *software*.



Figura 16 - Interface do software AutoCAD. (AUTODESK, 2020)

A designação do software TRACE™ 700 é oriunda da expressão em inglesa “Trane Air-Conditioning Economics”. É uma ferramenta que serve para otimizar projetos que envolvam Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), com base no consumo de energia e no custo do ciclo de vida dos edifícios. A figura 17 é mostrado a logo do programa

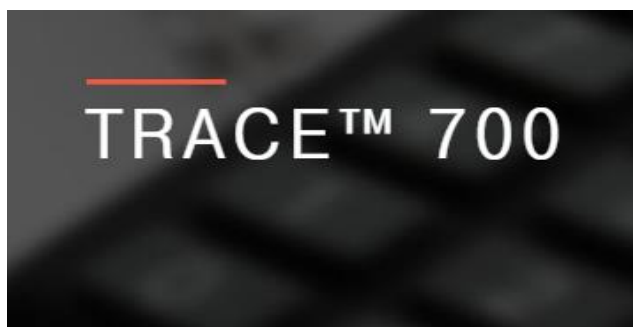


Figura 17 –Logo do programa. (TRACE 700 | *Trane Commercial*, 2019)

A precisão do programa depende muito dos dados introduzidos pelo utilizador e é de responsabilidade do utilizador entender como o modo de introduzir os dados afeta os resultados finais. Os resultados de cálculo e os relatórios emitidos por este programa têm em vista apenas ajudar o projetista a avaliar o sistema AVAC, e não se substitui a análise por um profissional experiente. O software TRACE™ 700 ajuda a comparar os impactos energéticos e económicos entre diferentes configurações arquitetônicas de edifícios equipados com sistemas de aquecimentos, ventilação e ar condicionado (Pereira, 2002.). Na figura seguir é proserossível observar a interface do programa.

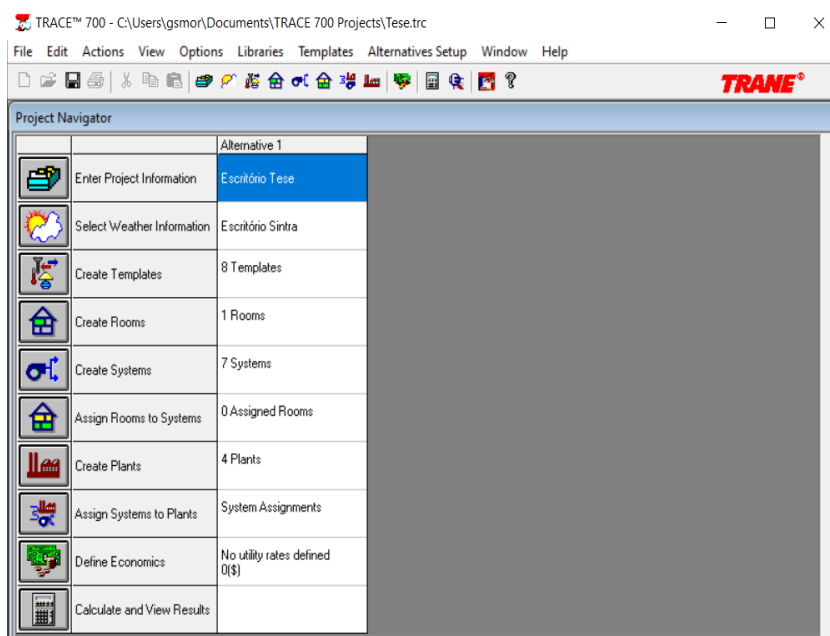


Figura 18 – Interface do programa TRACE™ 700. (Pereira, 2002)

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Caso de estudo
- 3.2 Dados climáticos
- 3.3 Zonas térmicas e ambiente
- 3.4 Caracterização das envolventes
- 3.5 Temperatura operativa e ambiente
- 3.6 Verificação dos requisitos mínimos das envolventes
 - 3.6.1 Envolvente opaca exterior
 - 3.6.2 Envolvente opaca interior
 - 3.6.3 Envolvente opaca pavimento térreo
 - 3.6.4 Envolvente envidraçados
- 3.7 Pontes térmicas
 - 3.7.1 Pontes térmicas planas (PTP)
 - 3.7.2 Pontes térmicas lineares (PTL)
- 3.8 Inércia térmica
- 3.9 Ventilação
 - 3.9.1 Caudal de ar novo
 - 3.9.2 Caudal de extração
 - 3.9.3 Equipamentos de ventilação
 - 3.9.3.1 Ventilação com recuperação de calor
 - 3.9.3.2 Ventilação de extração de ar (tipo S)
 - 3.9.3.3 Ventilação de extração de ar (tipo T)
 - 3.9.3.4 Unidade de tratamento de ar novo
- 3.10 Climatização
- 3.11 Iluminação
- 3.12 Realização da simulação
- 3.13 Resultados da simulação
- 3.14 Classe energética
 - 3.14.1 Consumo anual de energia do tipo S
 - 3.14.2 Consumo anual de energia do tipo T
- 3.15 Melhorias necessárias para classificar como nZEB
 - 3.15.1 Produção de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável
- 3.16 Estudo Económico

3 Desenvolvimento

Neste capítulo é apresentado o caso de estudo, e explicado todo o encadeamento do processo de trabalho que permitiu obter o resultado final. Para esse desenvolvimento é necessário saber logo de início o tipo de obra (edifício novo, reabilitação, ou grande reabilitação), localização do edifício para determinar os dados climáticos, que são inclusos na simulação de cargas térmicas. Em seguida são apontadas as zonas térmicas, que estabelecem os espaços climatizados, após são identificadas as envolventes e suas características para verificar, de acordo com a legislação, o cumprimento dos requisitos mínimos. Neste capítulo também é mostrado a constituição e a estimativa do consumo anual de energia direcionado ao sistema de climatização (realizado por meio da simulação da carga térmica pelo *software* TRACE 700), ventilação e iluminação. No final é calculado a classificação energética do edifício e as medidas necessárias para diminuir o rácio da classe energética.

3.1 Caso de estudo

O presente relatório retrata o caso de estudo de um grande edifício de serviços (GES). É caracterizado por uma área construída total de 1973,17 m², distribuída por três pavimentos, localizado na Avenida Bombeiro Voluntário, pertencente ao concelho de Sintra. Esta edificação irá passar por uma grande intervenção e uma ampliação, porém sem alterações nos seus alçados, pois é considerado uma edificação de património antigo. -Será reabilitado para que seja possível ter uma atividade de serviço no local. Na figura 19 é apresentado a vista superior, feita por satélite, do edifício. O alçado principal, apresentado na figura 20, está orientado a Sul. A edificação demarcada com a cor vermelha representa uma igreja que não faz parte do edifício-

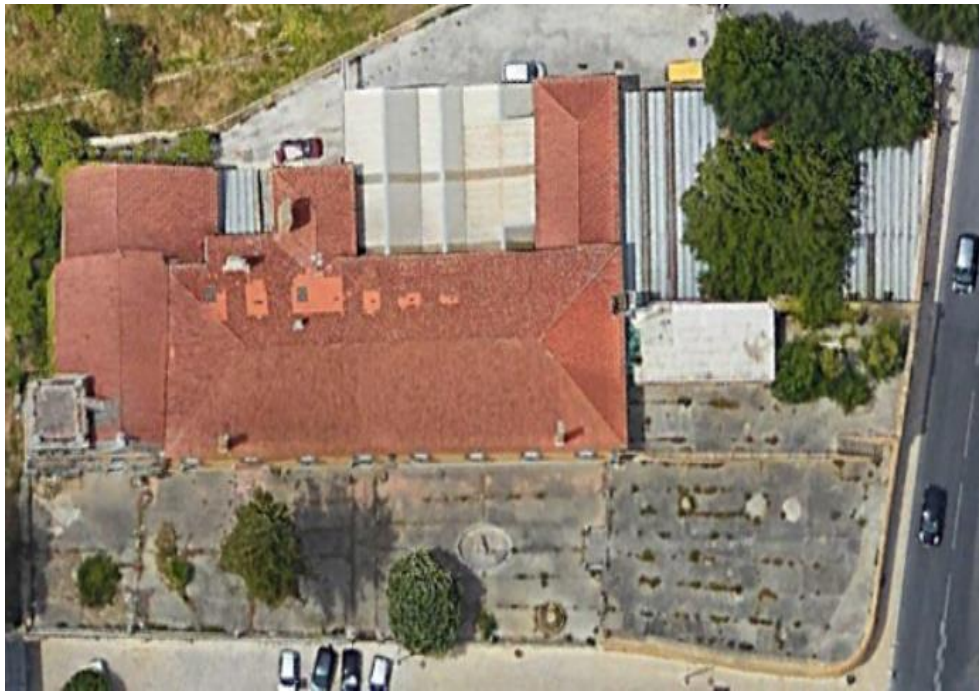


Figura 20 - Vista superior por satélite da edificação antiga. (Google Earth, 2019)

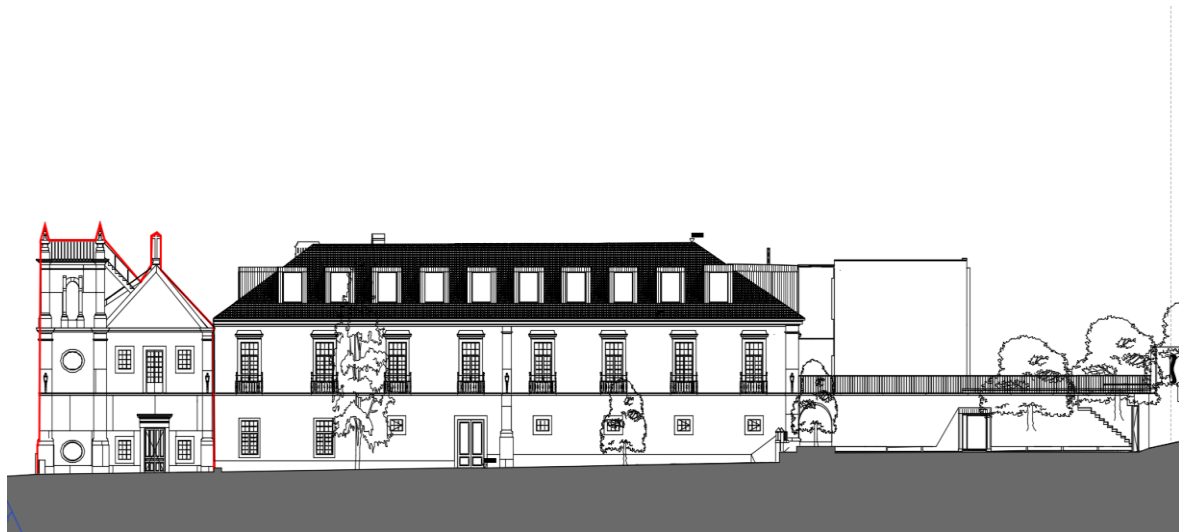


Figura 19 - Vista do alçado principal. (2020)

Nas Figuras 21, 22, 23 e 24 são mostradas as plantas baixas de cada piso e da cobertura. Junto às figuras segue a identificação por numeração de cada ambiente (que facilitará posteriormente a referência). Nas figuras a parte sublinhada em rosa representa a delimitação da edificação antiga que irá passar por uma grande intervenção, e a parte em vermelho representa a delimitação da nova edificação que será construída com o objetivo de ampliar a quantidade de serviços oferecidos, e servirá também como local de arquivo de documentos. No piso térreo e um encontram-se os espaços com maior

concentração de pessoas, sendo grandes gabinetes e uma copa. No piso dois estão localizados os gabinetes menores.

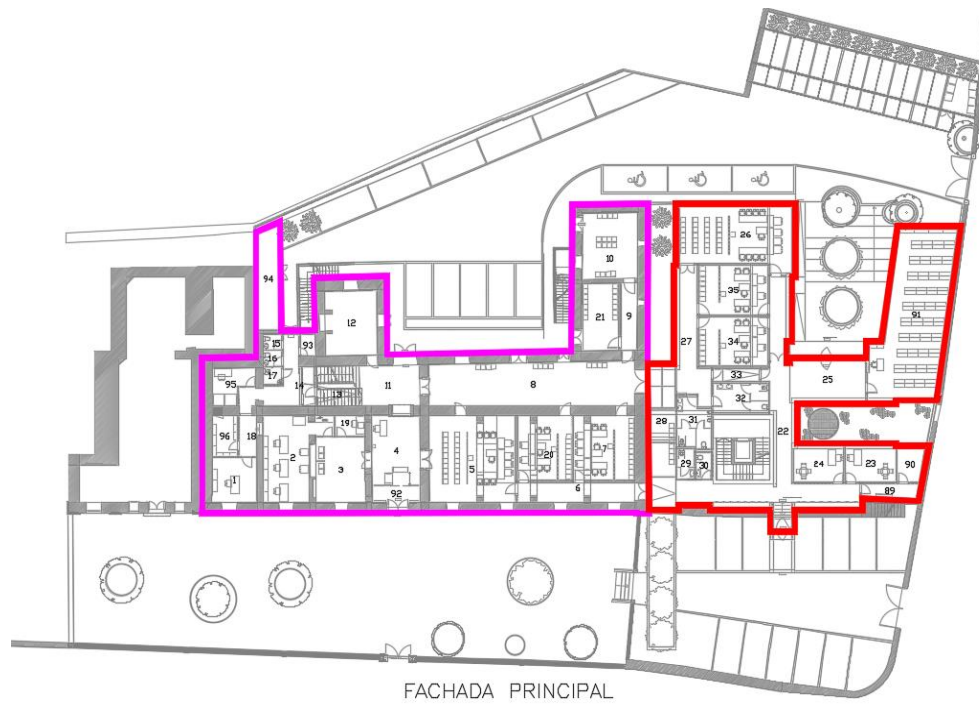


Figura 21 - Piso 0 planta baixa. (2020)

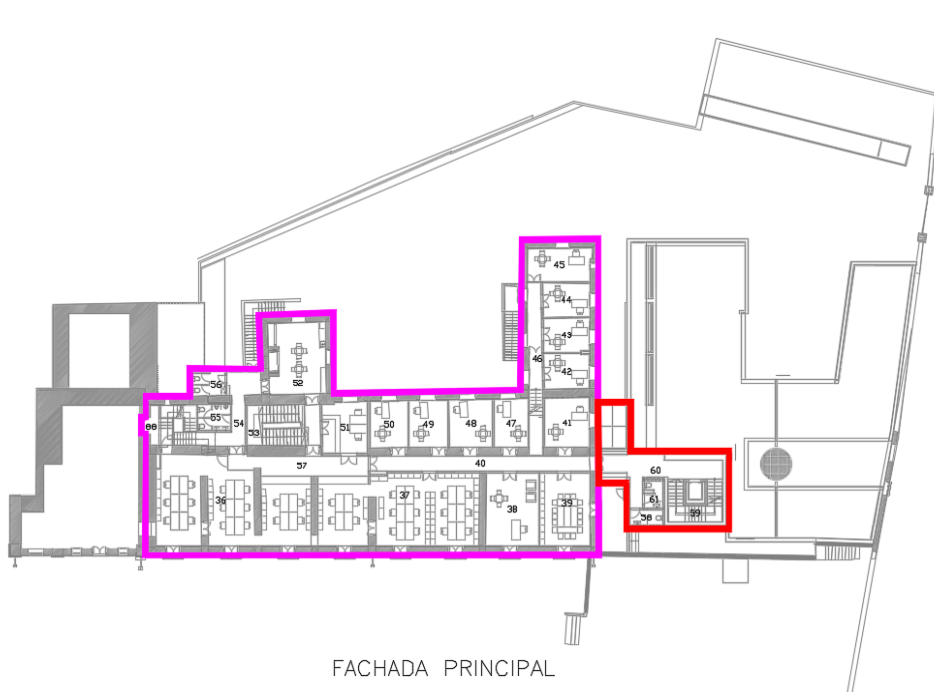


Figura 22 - Piso 1 planta baixa. (2020)

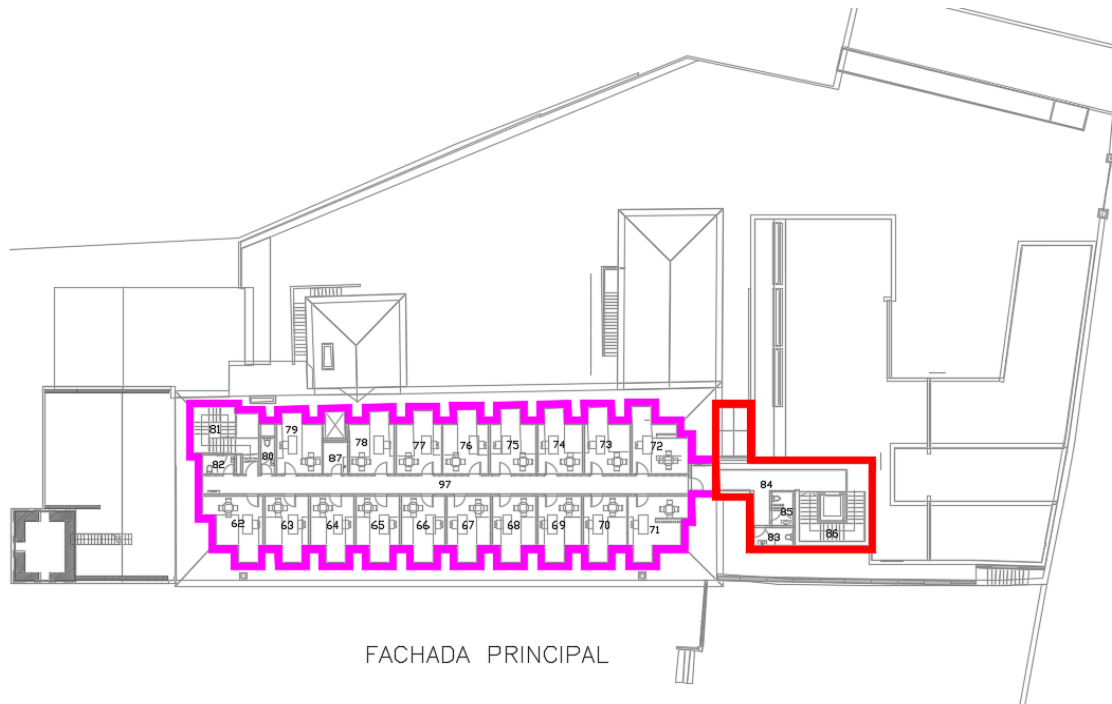


Figura 23 - Piso 2 planta baixa. (2020)

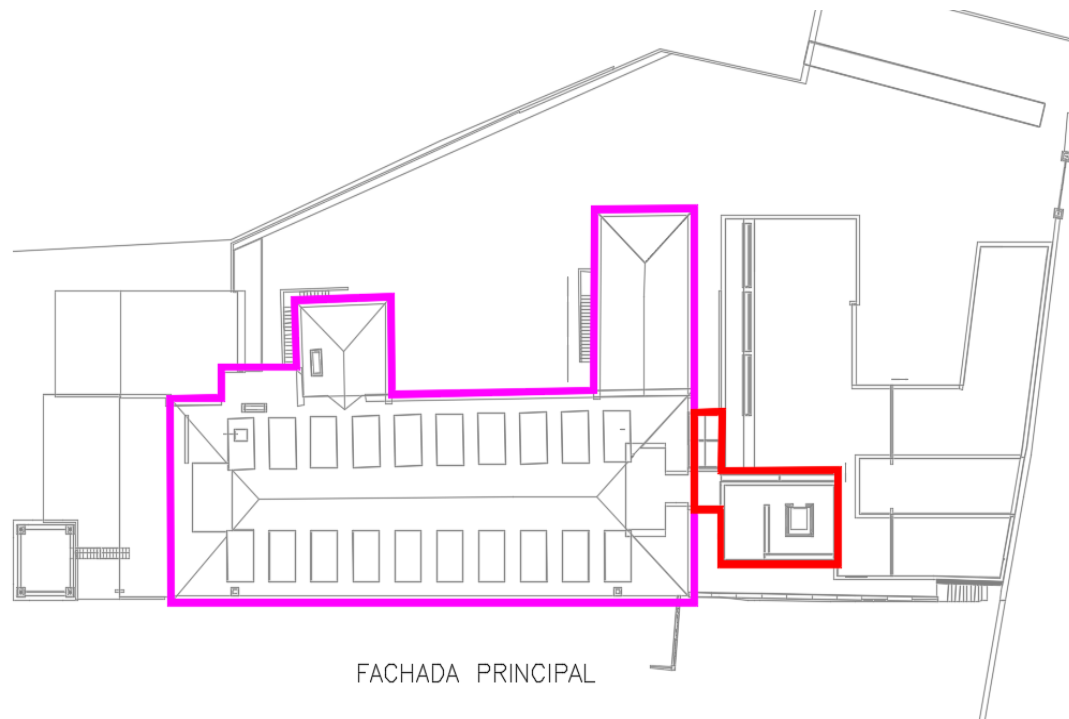


Figura 24 – Cobertura planta baixa. (2020).

3.2 Dados climáticos

O zonamento climático é a identificação das características gerais para as estações de aquecimento e arrefecimento. Esta identificação será importante para a realização da simulação dinâmica multizonas do consumo energético do edifício e determinação de valores máximos para envolventes de acordo com regulamento vigente. Com a utilização da folha de cálculo de dados climáticos, fornecida pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), e aplicando as informações de entrada como a localização e a altitude a que se encontra o edifício com relação ao nível do mar, foi determinado a zona climática sendo do tipo I1 e V2 . No anexo 3 é possível consultar a folha de cálculo com os valores obtidos.

3.3 Zonas térmicas e ambientes

Para determinar as zonas térmicas é necessário conhecer os diferentes tipos de espaços do edifício, distinguindo os que têm ou não ocupação permanente, e, dos primeiros, se necessitam ou não medidas de conforto térmico.

Neste sub-capítulo foram definidas as zonas térmicas e tipologia de cada ambiente, classificadas de acordo com Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), em espaços de zonas térmicas, espaços complementares do tipo A e espaços complementares do tipo B.

Segundo a ADENE os espaços da zona térmica e espaços complementares do tipo A possuem uma ocupação permanente, ou seja, uma ocupação igual ou superior a 2 horas por dia ou dispõem de um sistema de climatização com vista ao conforto térmico. Os espaços complementares do tipo B não possuem uma ocupação permanente nem qualquer sistema de climatização ambiente para promover um conforto térmico do espaço.

A identificação global dessas áreas é a seguinte:

- I. Espaços complementares do tipo B: Casa das máquinas, depósito, ante câmara, despensa, bastidores, área técnica e sala de arquivos.
- II. Espaços complementares do tipo A: Copa
- III. Zonas térmicas: Os demais espaços.

Na tabela 2 são apresentados alguns ambientes do edifício, caracterizando a tipologia, piso (P_i), área, pé direito e volume de cada espaço, é possível ver a tabela completa, com todos os ambientes do edifício, no anexo 4 Nas figuras 21, 22 e 23, já mostradas, é permitido aferir a localização de cada ambiente no edifício de acordo com a numeração.

Tabela 2 - Identificação de cada ambiente e área térmica total. (2020)

Espaços	Área (m ²)	Pé direito (m)	Volume (m ³)
P0 - 1 - Gabinete da secretária	16,66	3,60	59,96
P0 - 2 - Gabinete de atendimento	37,01	3,30	122,15
P0 - 3 - Gabinete de espera	26,83	3,50	93,89
P0 - 4 – Átrio	27,88	3,50	97,57
P0 - 5 - Gabinete de conferência	61,57	3,55	218,59
P0 - 6 - Percurso privado	18,44	3,50	64,53
P0 - 7 - Gabinete de conferencia	32,51	3,55	115,41
P0 - 8 - Zona de espera	74,27	3,30	245,10
P0 - 9 - Hall publico	9,15	2,80	25,63
P1 - 36 - Unidade de processos	90,39	3,30	298,27
P1 - 37 - Unidade de processos	86,46	3,30	285,33
P1 - 38 – Gabinete	30,80	3,30	101,64
P1 - 39 - Gabinete de reunião	29,20	3,30	96,35
P1 - 40 – Hall	27,32	3,30	90,17
P1 - 41 – Gabinete	18,21	3,30	60,10
P1 - 42 – Gabinete	12,91	2,80	36,16
P1 - 43 – Gabinete	12,55	2,80	35,13
P1 - 44 – Gabinete	13,02	2,80	36,46
P2 - 83 - I.S	4,21	2,70	11,38
P2 - 84 – Hall	22,41	2,70	60,51
P2 - 85 - I.S	3,87	2,70	10,46
P2 - 86 – Escadas	13,23	4,80	63,48
P2 - 97 – Hall	51,89	2,70	140,09

Na tabela 3 é possível observar os espaços não térmicos, devido não apresentarem ocupação superior ou igual a 2 horas por dia, não necessitam ser climatizados.

Tabela 3- Identificação de cada ambiente e área de pavimento total

Espaços	Área (m ²)	Pé direito (m)	Volume (m ³)
P2 - 87 – Bastidor	4,32	2,70	11,66
P2 - 88 – Bastidor	6,87	2,06	14,15
P0 - 89 - Área técnica	6,62	2,70	17,87
P0 - 90 – Bastidor	6,79	2,70	18,33
P0 - 91 - Sala de arquivos	88,01	3,05	268,43
P0 - 92 - Ante câmara	6,69	3,50	23,43
P0 - 93 – Deposito	2,72	3,60	9,81
P0 - 94 - Casa das maquinas	19,84	3,00	59,53
P0 - 95 – Bastidor	10,62	3,60	38,23
P0 - 96 – Economato	8,47	3,60	30,49

A área térmica total do edifício é 1812,22 m², sendo a área que será necessário climatizar. Para área total do pavimento encontrou-se 1973,17 m², incluindo os espaços térmicos e os não térmicos.

3.4 Caracterização das envolventes

De acordo com guia da SCE (2020), as identificações das envolventes para um edifício de comércio e serviço são representadas pelas cores vermelha, para contato com exterior, e a cor castanho, para contato com o interior. A figura 25 mostra a legenda para marcações das envolventes



LEGENDA :	
	- Envolvente com requisito de exterior
	- Envolvente sem requisitos

Figura 25 - Classificação de envolventes em edifícios de comércio e serviços. (Guia SCE – Conceitos e Definições, 2020)

Na figura abaixo está mostrado um exemplo de como foram demarcadas as envolventes. Para uma verificação mais detalhada destas demarcações, pode consultar-se o anexo 5.

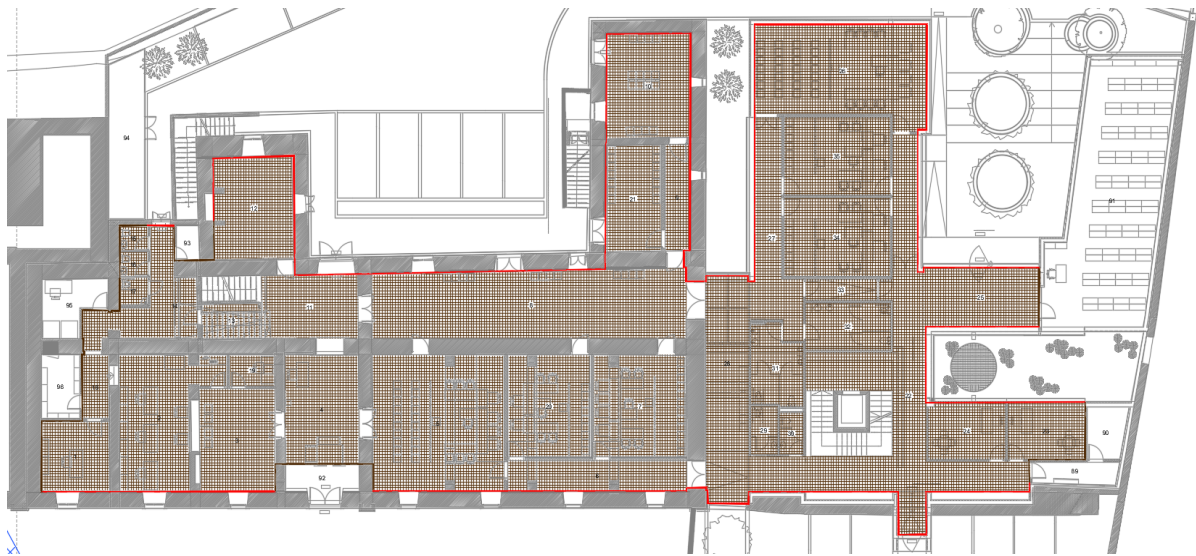


Figura 26 – Exemplo demarcação da envolvente pavimento e opaco vertical, piso 0. (2020)

3.5 Temperatura operativa e ambiente

A identificação das temperaturas de projeto representa parte relevante da análise de climatização, pois serve de base para os cálculos subsequentes. A temperatura operativa é uma temperatura teórica que provoca uma perda de calor equivalente a todos os fenômenos que provocam esta perda caso o corpo estivesse em um ambiente imaginário submetido apenas a uma temperatura homogênea (Lamberts, 2016).

Utilizou-se por base para a determinação da Temperatura operativa (T_o) as normas de conforto, referentes a vestuário, representada pela unidade de medida Clo , que corresponde ao efeito do isolamento proporcionado pela roupa, no conforto térmico. $1,0 Clo$ é o equivalente a uma resistência térmica de $0,155 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$. Também é importante para o conforto térmico a atividade física desenvolvida. A atividade metabólica é contabilizada pela unidade Met , que corresponde ao calor libertado por uma pessoa (padrão: $1,73 m$ e $70 Kg$, superfície média de $1,7 m^2$) em descanso, sendo $1 Met$ equivalente a $58 \frac{W}{m^2}$. De acordo com o RECS, a atividade metabólica sedentária de trabalho de escritório assume um valor igual a $1,2 Met$. Na norma ASHRAE 55, o vestuário durante o verão e inverno correspondem à $0,5 Clo$ e $1,0 Clo$, respetivamente.

Além da temperatura operativa, as condições de humidade são também importantes para o conforto térmico. Variações de humidade relativa podem gerar pequenos desvios nos limites da temperatura operativa da zona de conforto. Segundo a ISO 7730, que define o grau de satisfação do indivíduo para com o ambiente térmico que o rodeia, foi considerado um menor índice de percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) < 10% e humidade relativa sendo 50%, definiu-se a T_o de acordo com o gráfico a seguir.

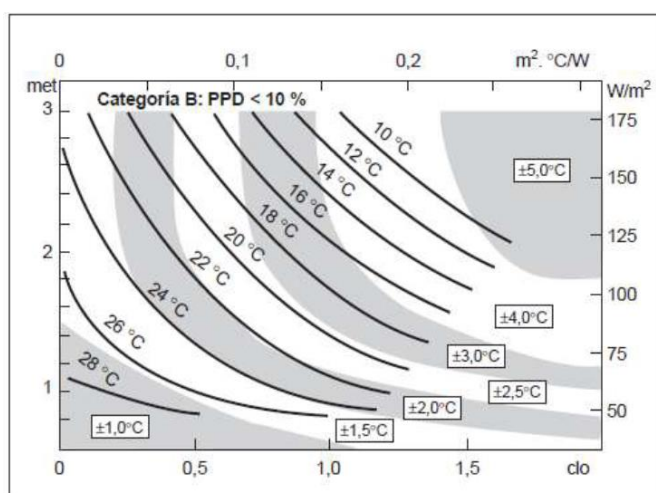


Gráfico 6 - Definição da T_o com base no PPD. (ISO 7730, 2005)

Levando em conta os valores anteriores, os indivíduos estão confortáveis quando o ambiente possui as seguintes condições apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 - Condições de conforto. (Ashrae, 2005)

Período:	Verão	Inverno
T_o (°C)	23,5 a 27	20,5 a 24,5
Teor de humidade específica ($\frac{g}{Kg}$):	4,5 a 13,5	4,5 a 12
Humidade Relativa (%):	30 a 60	30 a 60

A temperatura operativa com base no gráfico 6 para PPD < 10% é mostrado na tabela 5.

Tabela 5 – Temperatura operativa. (2020)

Período:	Verão	Inverno
T_o (°C)	25	20

As temperaturas exteriores foram retiradas com base na localização de Sintra, do livro Temperaturas Exteriores de Projeto e Números de Graus – Dias (J. A. Vasconcelos de Paiva, 1989). Os dados de caracterização climática de inverno incluem os valores extremos de temperatura do ar, para diferentes probabilidades de ocorrência: 1 %, 2,5%, 5% e 10%. Os dados de caracterização climática de verão incluem, entre outros, os valores extremos de temperatura de bolbo seco do ar, para diferentes probabilidades

de ocorrência: 90%, 95%, 97,5% e 99% Considerou-se a seguir, de acordo com a tipologia do edifício as probabilidades de ocorrência da temperatura.

- Situação de inverno: probabilidade de ocorrência 2,5%, sendo 1,1 °C
- Situação de verão: probabilidade de ocorrência 97,5%, sendo 29,4 °C

A determinação da temperatura interior dos espaços complementares do tipo B e adjacente ao edifício, calculou-se b_{tr} (parâmetro adimensional que correlaciona a temperatura de um espaço não útil com a temperatura exterior e a temperatura interior dos espaços úteis com que confina) de cada ambiente de acordo com a tabela fornecida pelo Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. Os espaços uteis são aqueles que apresentam ocupação no período igual ou superior a 2 horas por dia e os espaços não uteis não possuem ocupação permanente.

Tabela 6 – Determinação do b_{tr} . (15793-K/2013, 2013)

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

A_i = Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil [m^2];

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

b_{tr} = Coeficiente de redução de perdas;

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

f = Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem abertura de ventilação permanente abertas;

F = Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de Ventilação permanentemente abertas.

Para a determinação da temperatura dos espaços não úteis foi aplicada a equação 1, apresentada a seguir, com base na EN ISO 13789 (Despacho 15793-K, 2013).

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (1)$$

Onde:

θ_{int} = Temperatura interior [°C];

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

θ_{enu} = Temperatura do local não útil [°C].'

Isolando o θ_{enu} obtém-se:

$$\theta_{enu} = -[b_{tr} * (\theta_{int} - \theta_{ext})] + \theta_{int} \quad (2)$$

Com b_{tr} , θ_{int} , θ_{ext} já definidos anteriormente, foi calculado para cada caso θ_{enu} na situação de verão e inverno. Os valores encontrados mostram-se na tabela 7.

Tabela 7 - Determinação das temperaturas do ambiente. (2020)

Numeração	Espaço	b_{tr}	$T_{inverno}$ (°C)	$T_{verão}$ (°C)
87	Bastidor	0,3	14,33	26,32
88	Bastidor	0,3	14,33	26,32
89	Área técnica	0,7	6,77	28,08
90	Bastidor	1	1,1	29,4
91	Sala de arquivos	1	1,1	29,4
92	Ante câmara	0,8	4,88	28,52
93	Deposito	0,4	12,44	26,76
94	Casa das maquinas	1	1,1	29,4
95	Bastidor	1	1,1	29,4
96	Dispensa	0,3	14,33	26,32
-	Desvão da Cobertura	1	1,1	29,4
-	Espaço adjacente (Igreja)	0,6	8,66	27,64

3.6 Verificação dos requisitos mínimos das envolventes

Como anteriormente citado no subcapítulo 3.1, o edifício irá passar por uma grande intervenção. Para verificar se a edificação cumpre com os requisitos mínimos relacionados à envolvente opaca, foi necessário descrever a composição de cada elemento opaco, e, em seguida, calcular a resistência térmica (R) e coeficiente de transmissão térmica (U). Com o valor do coeficiente de transmissão térmica encontrado é possível comparar com o valor do coeficiente de transmissão térmica máximo ($U_{máx}$) encontrado na Portaria nº 17 –A/2016, de acordo com a tipologia de cada elemento. Os princípios de cálculo do U são indicados na norma europeia EN ISO 6946 (Despacho 15793-K, 2013).

Para o cálculo da resistência térmica foi aplicada a seguinte equação:

$$R = R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si} \quad (3)$$

Onde:

R = Resistência térmica do elemento/camada [$\frac{m^2 \cdot C}{W}$];

d_j = Espessura dos elementos/camada [m];

λ_j = Condutibilidade térmica dos materiais que constitui a camada [$\frac{W}{m \cdot C}$];

R_{se} = Resistência térmica superficial exterior [$\frac{m^2 \cdot C}{W}$];

R_{si} = Resistência térmica superficial interior [$\frac{m^2 \cdot C}{W}$].

A seguinte equação permitiu determinar o coeficiente de transmissão térmica:

$$U = \frac{1}{R} \quad (4)$$

Onde

U = Coeficiente de transmissão térmica [$\frac{W}{m^2 \cdot C}$]

Os valores da condutibilidade térmica de cada material, resistência térmica superficial interior e exterior foram retirados do livro ITE-50 (Pina dos Santos e Matias, 2006).

3.6.1 Envolvente opaca exterior

As envolventes opacas exteriores do edifício são compostas por quatro tipos de parede e três tipos de cobertura. Segundo a Portaria n.º. 17 –A/2016, os valores para o coeficiente de transmissão térmica máximo dos elementos opacos verticais exteriores ou interiores e para os elementos opacos horizontais exteriores ou interiores, em Portugal continental, zoneamento climático I1, a partir de 31 de dezembro de 2015, são, respectivamente, $0,7 \left[\frac{W}{m^2 \cdot C} \right]$ e $0,5 \left[\frac{W}{m^2 \cdot C} \right]$.

A seguir serão apresentadas tabelas com a descrição da composição do interior para o exterior de algumas envolventes opacas, junto a espessura, R_{se} , R_{si} , R , λ , U , $U_{máx}$ e a verificação com regulamento, no anexo 6 é possível verificar a tabela completa com todas as envolventes exteriores do edifício. As localizações de cada elemento na edificação são possíveis de observar no anexo 5.

Tabela 8 - Parede exterior 01.(2020)

Parede exterior 1 (PE1)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Lã de rocha	0,06	0,04	1,50
Alvenaria de Pedra	0,7	2,3	0,30
Reboco	0,02	1,3	0,02
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,49	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica Uref = Umáx (W/m ² .°C)	0,7	Cumpre	

Tabela 9- Cobertura exterior 01. (2020)

Cobertura exterior 1 (CBE1)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Caixa de ar variável	-	-	0,16
Betão armado	0,2	2,3	0,09
Poliestireno expandido extrudido (XPS)	0,08	0,037	2,16
Betonilha de regularização	0,05	0,33	0,15
Revestimento piso	0,02	1,3	0,02
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,1
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,36	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica Uref = Umáx (W/m ² .°C)	0,5	Cumpre	

3.6.2 Envolvente opaca interior

No edifício existem diferentes tipos de composição das envoltentes interiores opacas: quatro tipos de parede, um tipo de cobertura e três tipos de pavimento. Como anteriormente mostrado no subcapítulo 3.6.1, serão apresentados tabelas com a descrição da composição do interior para o exterior de cada elemento, a espessura, R_{se} , R_{si} , R , λ , U , $U_{máx}$ e a verificação com regulamento, no anexo 6 é possível verificar

a tabela completa com todas as envolventes interiores. A localização de cada elemento na edificação é possível observar no anexo 5.

Tabela 10 - Parede interior 01. (2020)

Parede interna 1 (PI1)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Reboco	0,02	1,3	0,02
Alvenaria de Pedra	0,9	2,3	0,39
Rsi	-	-	0,13
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	1,50	Sem Requisito	
Coeficiente de transmissão térmica Uref (W/m ² .°C)	0,7		

Tabela 11 - Parede interior 04. (2020)

Parede interna 4 (PI4)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Lã de rocha	0,06	0,04	1,50
Alvenaria existente	0,2	-	0,57
Reboco	0,02	1,3	0,02
Rse	-	-	-
Rsi	-	-	0,26
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,42	Sem Requisitos	
Coeficiente de transmissão térmica Uref (W/m ² .°C)	0,7		

A parede interior 4 é localizada no edifício antigo, e, como não foi possível identificar a composição da parede, considerou-se como alvenaria existente, onde retirou-se o R do documento da SCE, “Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios” (Santos e Matias, 2009).

Tabela 12 - Cobertura interior 01. (2020)

Cobertura interior 1 (CBI1)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Lã de rocha	0,08	0,04	2,00
Re	-	-	-
Ri	-	-	0,2
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,44	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica Uref (W/m ² .°C)	0,5	Sem requisito	

Tabela 13 – Pavimento interior 0. (2020)

Pavimento interior 1 (PVI1)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Revestimento piso	0,02	1,3	0,02
Betonilha de regularização	0,05	0,33	0,15
Betão armado	0,2	2,3	0,09
Lã de rocha	0,08	0,04	2,00
Caixa de ar variável	-	-	0,16
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Rse	-	-	-
Rsi	-	-	0,34
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,36	Sem Requisitos	
Coeficiente de transmissão térmica Uref (W/m ² .°C)	0,5		

3.6.3 Envolvente opaca pavimento térreo

Para a envolvente opaca em pavimento térreo é necessário calcular o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial por pavimentos em contato com o solo (U_{bf}) e valor do coeficiente de transmissão térmica por paredes em contato com o solo (U_{bw}). Neste tipo de envolvente não é considerado o R_{se} R_{si} . O caso de estudo, não apresenta paredes em contato com o solo, mas possui pavimento em contato com solo. Nas tabelas 14, 15 serão mostrados os valores obtidos para o U_{bw} e, também, como foi calculado.

Tabela 14 - Pavimento térreo 01. (2020)

Pavimento térreo 1 (PVT1)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Pavimento térreo já existente	-	-	-
Coeficiente de transmissão térmica U_{bf} (W/m ² .°C)	1,00	Sem Requisitos	
Coeficiente de transmissão térmica U_{ref} (W/m ² .°C)	0,5		

O pavimento térreo 1 está localizado no edifício antigo, e, no caso não foi possível identificar a composição do pavimento. Com isso, foi necessário recorrer ao Despacho (extrato) n° 15793-E/2013 para encontrar o valor do U_{bf} , na tabela 15, como pode ser visto a seguir (Despacho 15793-E, 2013).

Tabela 15 – Valores do coeficiente de transmissão térmica por elemento em contato com o solo. (15793-E/2013, 2013)

z [m]	Pavimento enterrado U_{bf}		Parede enterrada U_{bw}	
	[W/(m ² .°C)]		[W/(m ² .°C)]	
	$R_f < 0,75$	$R_f \geq 0,75$	$R_w < 0,75$	$R_w \geq 0,75$
<1	1,0	0,6	2,0	0,8
$1 \leq z < 3$	0,8	0,6	1,5	0,7
≥ 3	0,6	0,4	0,8	0,5

z = Valor médio da profundidade enterrada ao longo do perímetro exposto, [m];

R_f e R_w = Resistências térmicas do pavimento e da parede em contato com o solo, com exclusão das resistências térmicas superficiais interior R_{si} e exterior R_{se} , $\left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}\right]$.

O valor medido para z foi menor que 1 metro, e o R_f considerou-se o pior caso, por não conhecer os elementos que constituem o pavimento. Consultando a tabela 15 obtém-se $U_{bf} = 1,0$, justificando o valor encontrado na tabela 14 para o mesmo.

Tabela 16 - Pavimento térreo 02. (2020)

Pavimento térreo 2 (PVT2)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Revestimento piso	0,02	1,3	0,02
Betonilha de regularização	0,05	0,33	0,15
Poliestireno expandido extrudido (XPS)	0,03	0,037	0,81
Massame de betão	0,15	2	0,08
Camada de brita	0,15	2,2	0,07
Rse	-	-	-
Rsi	-	-	-
Coeficiente de transmissão térmica de pavimento em contato com o terreno U_{bf} (W/m ² .°C)	0,39	Sem Requisitos	
Coeficiente de transmissão térmica U_{ref} (W/m ² .°C)	0,5		

Neste caso para encontrar o U_{bf} foi necessário recorrer ao Despacho (extrato) n.º 15793 –K/2013, na seção “Elementos em contato com o solo”, onde é apresentada uma tabela com diferentes valores de U_{bf} que estão relacionados com resistência térmica de todas as camadas e a dimensão característica do pavimento (B').

A equação 4 é utilizada para o cálculo do B' :

$$B' = \frac{A_p}{0,5 * P} \quad (4)$$

Onde:

A_p = Área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²];

P = Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior, [m].

Na tabela 17 pode ser observado os valores medidos e calculados para A_p e P , e B' e ΣR , respectivamente.

Tabela 17 - Dimensão característica do pavimento e resistência térmica de todas as camadas do pavimento.(2020)

A_p	358,65
P	108,48
B'	6,61
ΣR	1,12

Após encontrar o B' e ΣR , foi preciso medir a profundidade média entre o pavimento interior e o espaço não útil, que é representado pela letra z , como mostra a figura 21, retirada do Despacho (extrato) n.º 15793 –K/2013. O valor medido é menor que 0,5 metros.

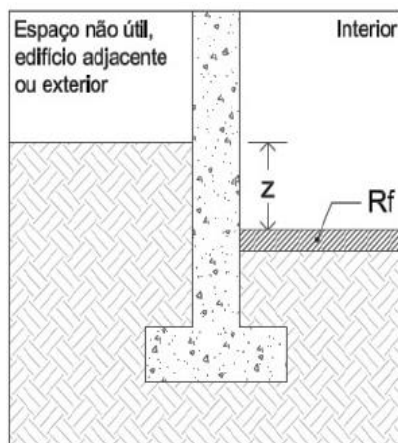


Figura 27 - Representação da cota z . (15793-K/2013, 2013)

Com todas as incógnitas calculadas, realizou-se interpolações de B' , ΣR e U_{bf} para encontrar um valor mais aproximado possível, com base na tabela 18, apresentada a seguir.

Tabela 18 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimento em contato com o térreo com isolamento ou sem isolamento térmico. (15793-K/2013, 2013)

B'	$z \leq 0,5 \text{ m}$				$0,5 \text{ m} < z \leq 1,0 \text{ m}$				$1,0 \text{ m} < z \leq 2,0 \text{ m}$			
	$R_f \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W]}$			
	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3	0,5	1	2	≥ 3
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,3	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,2	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17
15	0,27	0,25	0,18	0,15	0,25	0,22	0,18	0,15	0,24	0,21	0,17	0,14
≥ 20	0,22	0,21	0,16	0,13	0,21	0,18	0,15	0,13	0,20	0,18	0,15	0,13

O resultado do U_{bf} para pavimento térreo 2 foi de 0,39 $[\frac{W}{m^2 \cdot \text{°C}}]$, justificando o valor obtido na tabela 16.

3.6.4 Envolventes envidraçados

O edifício apresenta 66 vãos envidraçados. Eles diferenciam a sua tipologia apenas pela caixilharia. No edifício antigo foi arbitrado que todos os vãos envidraçados possuem caixilharia de madeira e para o edifício novo caixilharia metálica. Os vãos são compostos por vidro duplo, com corte térmico e proteção solar clara pelo interior. Foram escolhidos os vidros interiores sendo da MULTIPACT® 33.1 com a espessura de 8 mm e laminado, em seguida caixa de ar com espessura de 16 mm e exteriores da SOLARLUX® A 70 com 6 mm de espessura.

Segundo a portaria n.º. 17-A/2016 para o zoneamento climático I1, Portugal continental, a partir de 31 de dezembro de 2015 para vãos envidraçados exterior, o coeficiente de transmissão térmica máximo é de $4,30 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$. Os vidros com caixilharia de metálica e de madeira tiveram como coeficiente de transmissão térmica respectivamente, $1,56 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$ e $1,43 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$, assim cumprindo a legislação.

Na tabela 19 é possível verificar a área total dos envidraçados e paredes nas fachadas, de acordo com a orientação, além disso na tabela apresenta a percentagem de vidro na fachada, que serão necessários para o cálculo do fator solar global do vão envidraçado, também por orientação.

Tabela 19 - Área total de parede e envidraçado, e percentagem de vidro na fachada, por orientação. (2020)

	Orientação			
	Norte	Leste	Sul	Oeste
Área de parede na fachada (m^2)	378,38	262,82	411,97	198,10
Área de Vidro na fachada (m^2)	97,55	31,26	84,30	30,53
Percentagem de vidro na fachada (%)	25,78	11,89	20,46	15,40

Na mesma portaria para os vãos envidraçados verticais e horizontais não orientados ao quadrante Norte, devem apresentar a soma da área dos vãos envidraçados sejam inferiores 30% da área da fachada onde estes se inserem e deverão obedecer à seguinte condição:

$$g_T * F_0 * F_f \leq g_{T \text{ máx}} \quad (5)$$

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

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

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

$g_{T \text{ máx}}$ = Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados de acordo com zoneamento climático.

Para a zona climática V2, segundo a legislação, o $g_{T \text{ máx}}$ é 0,56. O g_T é calculado pela equação abaixo para vidro duplo:

$$gT = g_{\perp vi} * \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (6)$$

Onde:

g_{Tvc} - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme;

$g_{\perp vi}$ = Fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro, conforme informações do fabricante.

O g_{Tvc} considerou-se para uma proteção interior de cortina ligeiramente transparente, com o valor de 0,38. Este valor pode ser encontrado na tabela 13 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. Para o $g_{\perp vi}$, o valor é de 0,37, retirado da ficha técnica do vidro escolhido. Optou-se por um envidraçado em que fator solar fosse menor que o fator máximo, para se ter uma margem de segurança, caso algum vão envidraçado não tenha proteção solar interna ou externa. Com isso, aplicando a equação 6 obtém-se o gT , com o valor de 0,19.

Para contabilizar os fatores de sombra foi utilizado o *software* Trace 700. A ferramenta necessita a implementação do coeficiente de sombreamento “*Shade Coefficient*”, que é calculado por meio da proteção interior ativas em 60%, $g_{Tvc \text{ 60\% proteção ativa}} = 0,22$, e com isso divide-se o $g_{Tvc \text{ 60\% proteção ativa}}$ por 0,87 (valor arbitrado para considerar o sombreamento feito pelas caixilharias dos vãos envidraçados), obtendo-se o *Shade Coefficient* sendo 0,26.

3.7 Pontes térmicas

Designa-se, de uma forma geral, por pontes térmicas, o conjunto de fenómenos localizados em transferência de calor na envolvente de um edifício, que acarretam uma redução das características de isolamento térmico desses locais em relação à zona corrente (Paulino, 2012) A seguir serão apresentadas as pontes térmicas lineares e planas consideradas no edifício de estudo.

3.7.1 Pontes térmicas planas (PTP)

As pontes térmicas planas são decorrentes de heterogeneidades inseridas em zonas correntes dos elementos de envolvente, tais como pilares, vigas, caixas de estore e entre outros. No edifício antigo, os elementos estruturais exteriores são compostos por pedra calcária, que, no caso, não são considerados PTP. Já o edifício novo, apresentará PTP devido à sua tipologia de construção. As áreas dos pilares e vigas perfazem 8,74 m². Na tabela abaixo é possível identificar a composição das PTP, as espessuras, as condutibilidades e as resistências térmicas dos materiais e, também, o coeficiente de transmissão térmica.

Tabela 20 – PTP características (2020)

PTP	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m°C)	Resistência Térmica R_j (m ² .°C/W)
Reboco	0,02	1,3	0,02
Betão armado	0,2	2,3	0,09
Poliestileno expandido moldado (EPS)	0,08	0,042	1,90
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² °C)	0,46	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica U_{ref} (W/m ² °C)	0,7	Sem Requisitos	

3.7.2 Pontes térmicas linear (PTL)

As pontes térmicas lineares são decorrentes das ligações entre elementos construtivos como: ligação da fachada com pavimentos ou coberturas, ligação da fachada com varanda, ligação entre duas paredes verticais, ligação da fachada com caixa de estore, ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril.

Conforme a Portaria n.º 17-A/2016, para edifícios de comércio e serviço as PTL podem ser consideradas mediante majoração global, em 5%, das necessidades de aquecimento do edifício. Esta majoração será inserida no subcapítulo 3.13 - Resultados da simulação.

3.8 Inércia térmica

Como se trata de uma fração sujeita a uma simulação dinâmica multizona, e tendo sido utilizado o programa Trace700 para efetuar a mesma, o cálculo da inércia térmica é automaticamente efetuado pelo programa, desde que sejam inseridas as características dos materiais presentes no edifício. Dado esta funcionalidade do programa, não se procedeu ao cálculo manual da inércia térmica da fração.

3.9 Ventilação

O projeto do dimensionamento das condutas e dos equipamentos de ventilação não serão apresentados por não serem o foco deste trabalho. O projeto pode ser consultado no anexo 7 o projeto AVAC. A seguir será demonstrado como foram calculadas as quantidades de ar novo e ar de extração, de acordo com cada ambiente e seguindo a com a legislação.

3.9.1 Caudal de ar novo

Para determinar o caudal de ar novo mínimo em cada ambiente, foi preciso recorrer a Portaria n.º 353-A/2013 que estabelece os requisitos de ventilação e qualidade do ar interior. A portaria apresenta dois métodos, o prescritivo e o analítico. Optou-se por usar o método prescritivo, para qual a legislação indica duas fórmulas diferentes para o cálculo do caudal de ar novo, com base na diluição da carga poluente devido aos ocupantes do espaço ou diluição da carga poluente devido aos materiais do edifício.

Para o caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devido à ocupação, é dada pela equação 7:

$$Q_{AN} = M_{med} * Q_{AN,1met} * Ocupação \quad (7)$$

onde,

Q_{AN} = Valor do caudal de ar novo, $[\frac{m^3}{h}]$;

$Q_{AN,1met}$ = Caudal mínimo de ar novo para o nível de atividade metabólica igual 1, $[\frac{m^3}{(h*pessoa)}]$;

M_{med} = Atividade metabólica média, [met];

Ocupação = Número de pessoas presentes no ambiente.

A Portaria apresenta a tabela 21, mostrada a seguir, onde é possível definir a taxa do metabolismo dos ocupantes e o caudal de ar novo $[\frac{m^3}{hora*pessoa}]$ com base no tipo de atividade e envolvente de tipo de espaço. No caso de estudo, como se trata de um

edifício da tipologia escritório, foi considerado atividade metabólica = 1,2 *met* e caudal de ar novo = $20 \frac{m^3}{hora \cdot pessoa}$.

Tabela 21 – Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação. (15793-E/2013, 2013)

Tipo de atividade	Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)	Exemplos de tipo de espaço	Caudal de ar novo [m ³ /(hora.pessoa)]
Sono	0,8	Quartos, Dormitórios e similares	16
Descanso	1,0	Salas de repouso, Salas de espera, Salas de conferências, Auditórios e similares, Bibliotecas.	20
Sedentária	1,2	Escritórios, Gabinetes, Secretarias, Salas de aula, Cinemas, Salas de espetáculo, Salas de Refeições, Lojas e similares, Museus e galerias, Salas de convívio, Salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares.	24
Moderada	1,75 (1,4 a 2,0)	Salas de jardim de infância e pré-escolar e Salas de creche.	28
Ligeiramente Alta	2,5 (2,0 a 3,0)	Laboratórios, Ateliers, Salas de Desenho e Trabalhos Oficiais, Cafés, Bares, Salas de Jogos e similares.	35
Alta	5,0 (3,0 a 9,0)	Pistas de dança, Salas em ginásios, Salas de ballet e similares	49
		Salas de musculação, Salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	98

O caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente de acordo com edifício é calculado através da multiplicação da área de cada ambiente em m^2 pelo caudal de ar novo por $[\frac{m^3}{hora \cdot m^2}]$. Este caudal de ar novo é encontrado na tabela 22, com base na situação do edifício. Pelo o edifício ser da tipologia de escritório, foi considerado a situação do edifício sendo sem atividade que envolvam a emissão de poluentes específicos.

Tabela 22 – Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida ao edifício $[\frac{m^3}{hora \cdot m^2}]$. (15793-E/2013, 2013)

Situação do edifício	Caudal de ar novo [m ³ /(hora.m ²)]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	5

Com isso, foi calculado o caudal de ar novo mínimo para cada ambiente, aplicando as duas formulas de cálculo apresentadas, tendo-se considerado maior entre os dois métodos. De acordo com mesma portaria, o valor do caudal de ar novo a introduzir nos espaços deve ser corrigido pela eficácia de remoção de poluentes, de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{ANf} = \frac{Q_{AN}}{\varepsilon_v} \quad (8)$$

Onde,

$$Q_{AN} = \text{Valor o caudal de ar novo, } [\frac{m^3}{h}];$$

Q_{ANf} = Valor do caudal de ar novo final corrigido da eficácia, $[\frac{m^3}{h}]$;

ε_v = Valor de eficácia de remoção de poluentes.

A eficácia de remoção de poluentes foi obtida através da tabela 23, cujo excerto se mostra a seguir. A configuração da distribuição de ar na zona foi escolhida com base no projeto de ventilação, que será insuflado pelo teto ar quente pelo menos 8 °C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto, sendo $\varepsilon_v = 0,8$.

Tabela 23 – Valores de eficiência para diferentes métodos de ventilação. (15793-E/2013, 2013)

Configuração da distribuição de ar na zona	ε_v
Insuflação pelo teto, ar frio	1
Insuflação pelo teto e extração junto ao pavimento, ar quente	1
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto	0,8
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto, desde que o jato de ar de insuflação, tenha velocidade superior a 0,8m/s e alcance até 1,4m do pavimento (nota: para velocidades mais baixas, $\varepsilon_v = 0,8$)	1
Insuflação de ar frio junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, desde que o jato de ar de insuflação com uma velocidade de 0,8m/s, tenha um alcance de 1,4m ou mais, em relação ao pavimento.	1
Insuflação de ar frio a baixa velocidade junto ao pavimento e extração junto ao teto, numa estratégia de ventilação do tipo deslocamento, proporcione um fluxo unidirecional e estratificação térmica	1,2
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração junto ao pavimento, no lado oposto do compartimento	1
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto	0,7
Admissão natural de ar no lado oposto do compartimento em relação ao ponto de extração/retorno mecânica	0,8
Admissão natural de ar junto ao ponto de extração/retorno mecânica	0,5
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, no mesmo lado do compartimento ou em localização próxima	0,5
Insuflação de ar frio junto ao teto e extração/retorno junto ao pavimento, do mesmo lado do compartimento ou em localização próxima	0,5

3.9.2 Caudal de extração

As casas de banho são consideradas situações particulares, caudais de extração contínuos, calculou-se o caudal de extração seguindo a regra conforme a tabela abaixo encontrada na Portaria n.º 353-A/2013. O demais ambiente determinou-se os caudais de extração por meio de um equilíbrio na rede de ventilação, a soma de todos os caudais que são insuflados para os espaços tendo que ser igual à soma dos caudais de extração dos mesmos.

Tabela 24 – Caudal mínimo de extração de ar assegurar para locais e instalações específicas, $\left[\frac{m^3}{h}\right]$. (15793-E/2013, 2013)

Tipo de utilização	Caudal [m ³ /h]
Instalação sanitária pública	Max (90 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x A _{pav})
Instalação sanitária privada	Max (45 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x A _{pav}) ^(a) Max (90 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x A _{pav}) ^(b)
Balneários	Max (45 x n.º duche; 10 x A _{pav}) ^(a) Max (90 x n.º duche; 10 x A _{pav}) ^(b)

^(a) quando o sistema de extração tem funcionamento contínuo.

^(b) quando o sistema de extração não está em contínuo

$A_{pav} = \text{Área do pavimento, [m}^2\text{]}.$

3.9.3 Equipamentos de ventilação

A determinação dos equipamentos de ventilação é uma das partes fundamentais num projeto AVAC. Com a correta escolha dos equipamentos, as necessidades de caudal de ar novo são supridas, evitando que exista um sobredimensionamento, o que acarretaria um consumo de energia elétrica e gasto financeiro dispensável.

Neste trabalho não foi realizado dimensionamento dos equipamentos, mas sim a interpretação do projeto AVAC e a retirada de dados técnicos dos equipamentos, necessários para o cálculo do consumo de energia elétrica. A seguir serão apresentados os equipamentos utilizados no projeto AVAC.

3.9.3.1 Ventilação com recuperação de calor

Este tipo de equipamento recupera a energia térmica perdida por meio da ventilação e diminui as alterações de temperatura causadas por ela, mantendo assim um ambiente limpo e confortável. Permite reduzir a carga no sistema de ar condicionado e conserva energia (Daikin, 2019). Na figura abaixo é possível identificar o modelo selecionado.



Figura 28 – Ventilador com recuperação de calor modelo VAM-FA. (Daikin, 2019)

A unidade de ventilação com recuperação de calor é identificada no projeto sendo UVRC. Está instalada no desvão da cobertura dos gabinetes 42 e 43, que pode ser localizada na quinta planta do anexo 7. Na tabela 25 é possível verificar algumas características deste equipamento.

Tabela 25 – Características da unidade de ventilação com recuperação de calor. (2020)

QUADRO – Unidade de Ventilação com Recuperação de Calor						
Designação	Equipamento	Pressão Estática (Pa)	Insuflação (m ³ /h)	Exaustão (m ³ /h)	Eficiência Recuperação (%)	Potência Elétrica [kW]
UVRC 01	VAM 1000	70	980	870	70	0,30

3.9.3.2 Ventiladores de extração de ar (tipo S)

O ventilador de extração tem sua função contínua nas casas de banho e apresentam o consumo sendo do tipo S, um conceito que será explicado no subcapítulo 3.14.1. Na tabela 26 pode-se observar as características e na figura 29 os modelos dos ventiladores.

Tabela 26 - Características ventiladores de extração de ar, consumo tipo S. (2020)

QUADRO – Ventiladores de Extração de Ar Sanitários contínuos (Tipo S)					
Designação	Espaço	Equipamento	Caudal (m ³ /h)	Pressão Estática (Pa)	Potência Elétrica (kW)
VEIS 01	Sanitários do edifício Antigo	Silens'air ECM - 200	450	100	0,07
VEIS 02	Sanitários do edifício Novo	Silens'air ECM - 250	750	100	0,08
VEIS 03	Sanitários do edifício Antigo	Silens'air ECM - 125	140	75	0,02



Figura 29 – Ventilador de extração, modelo *Silens'air* ECM. (Site France Air, 2019)

3.9.3.3 Ventiladores de extração de ar (tipo T)

O ventilador de extração tem sua função nos espaços complementares do tipo B e apresenta o consumo sendo do tipo T, um conceito que será explicado no subcapítulo 3.14.2. Na tabela 27 pode-se observar as características dos ventiladores, a imagem do modelo não será mostrada devido ser o mesmo do ventilador de extração de consumo tipo S. O ventilador localizado na copa apresenta um modelo diferente, devido sua aplicação estar relacionada extração de gases produzidos pelos alimentos.

Tabela 27 - Características ventiladores de extração de ar, consumo tipo T. (2020)

QUADRO – Ventiladores de Extração de Ar (Tipo T)					
Designação	Espaço	Equipamento	Caudal (m ³ /h)	Pressão Estática (Pa)	Potência Elétrica (kW)
VE 01	P0 - 96 - Economato	Silens'air ECM - 125	100	75	0,02
VE 02	P0 - 89 - Área técnica	Silens'air ECM - 125	100	75	0,02
VE 03	P0 - 91 - Sala de arquivos	Silens'air ECM - 200	510	75	0,05
VE Hotte	P1 - 52 - Copa	Teka	500	150	0,15

3.9.3.4 Unidade de tratamento de ar novo

As unidades de tratamento de ar novo, mais conhecidas como UTAN, tratam 100% de ar novo oriundo do exterior e não aproveitam qualquer ar recirculado, diferenciando-se das UTA (unidade de tratamento de ar). Para este projeto foi necessário a instalação de duas UTAN's, localizadas nas áreas técnicas do edifício. Na figura 30 é mostrado o modelo e na tabela 28 apresenta as características das UTAN's selecionadas.



Figura 30 – Unidade de tratamento de ar modelo D-AHU R. (Site daikin.pt, 2019)

Tabela 28 - Características das unidades de tratamento de ar. (2020)

QUADRO – Unidades de Tratamento de Ar Novo							
Designação	Equipamento	Caudal Ar Novo (m ³ /h)	Caudal Ar Extração (m ³ /h)	Pressão Estática (Pa)	Potência Aquecimento (kW)	Potência Arrefecimento (kW)	Potência Elétrica (kW)
UTAN 01	D-AHU Modular R 3 (Rec 79.4%)	2000	1350	150	8,8	5,2	0,91
UTAN 02	D-AHU Modular R 5 (Rec 80.6%)	5640	4850	200	13,7	11,7	2,43

3.10 Climatização

O sistema de climatização é constituído por oito unidades de produção de energia térmica e 51 unidades interiores. Destas oito unidades de produção de energia, duas são VRV, que estão associadas as 51 unidades interiores, outras duas unidades exteriores estão associadas às duas UTAN e quatro unidades exteriores restantes são referentes a oito *monosplits*. Todo o sistema funciona por meio de expansão direta (o próprio fluido frigorífero que transfere a energia para o ar, existindo apenas estes dois fluidos envolvidos). As unidades VRV apresentam 3 tubos (permite arrefecimento e aquecimento simultâneo) e usam o fluido frigorífero R410A. Os *monosplits* são de 2 tubos (possibilita aquecimento ou arrefecimento), e operam com o fluido R32. Todos os equipamentos destinados a climatização serão da marca Daikin. Na tabelas 29 é possível observar as características das unidades exteriores

Tabela 29 – Características das unidade exteriores (2020).

Unidade de Produção de Energia Térmica						
Designação	Local	Equipamento	SEER/SCOP (-)	Potencia Arrefeci- mento (kW)	Potencia Aqueci- mento (kW)	Potência Elétrica (kW)
UE01	Zona térmica	REYQ36T (20+16)	6.5/4.59	97	113	30
UE02	Zona térmica	REYQ14T	6.5/4.3	40	45	12
UE03 - UTAN 01	Zona térmica	ERQ100AV1	3.99 /4.56	11,2	12,5	2,81
UE04 - UTAN 02	Zona térmica	ERQ125AV1	3.99 /4.15	14	16	3,86
MonoSplit	P0 - 88 - Bastidor (Zona térmica)	2x RXM60M/ FTXM	6.9 / -	6	-	2,1
MonoSplit	P0 - 90 - Bastidor (Zona térmica)	2x RXM35M/ FTXM	7.7 / -	3,3	-	1,03
MonoSplit	P0 - 87 - Bastidor (Zona térmica)	2x RXM35M/ FTXM	7.7 / -	3,3	-	1,03
MonoSplit	P0 - 95 - Bastidor (Zona térmica)	2x RXM35M/ FTXM	7.7 / -	3,3	-	1,03

Na figura 31 apresentam-se os modelos de unidades de produção de energia térmica selecionados para o projeto AVAC.



Modelo: RXM32M



Modelo: ERQ100AV1



Modelo: REYQ-T

Figura 31 – Unidades de produção térmica exteriores (Site daikin.pt, 2019)

A seguir, na tabela 30, é possível observar as características das unidades interiores.

Tabela 30 - Características das unidade interiores (2020).

Unidades Interiores								
Designação	Unidade térmica associada	Local	Equipamento	Caudal Ar (m ³ /h)	Potência Arrefecimento (kW)	Potência Aquecimento (kW)	Potência Elétrica (kW)	
UI 1.1	UE01	P1 - 52 - Copa (VRV01)	FXAQ25A	564,0	2,10	3,2	0,03	
UI 0.10		P0 - 12 - Gabinete (VRV01)	FXAQ25A	564,0	2,1	3,2	0,03	
UI 0.1		P0 - 1 - Gabinete da secretaria (VRV01)	FXAQ15A	504,0	1,3	1,9	0,02	
UI 0.2		P0 - 2 - Gabinete de atendimento (VRV01)	FXFQ32A	750,0	2,6	4,0	0,04	
UI 0.3		P0 - 3 - Gabinete de espera (VRV01)	FXFQ20A	750,0	1,7	2,5	0,04	
UI 0.5		P0 - 5 - Gabinete de conferencia (VRV01)	FXSQ100A	1920,0	7,9	12,5	0,29	
UI 0.8		P0 - 20 - Gabinete (VRV01)	FXSQ40A	900,0	3,1	5,0	0,15	
UI 0.9		P0 - 7 - Gabinete de conferencia (VRV01)	FXSQ 40A	900,0	3,1	5,0	0,15	
UI 1.9		P1 - 50 - Gabinete (VRV01)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,04	
UI 1.8		P1 - 51 - Gabinete de apoio (VRV01)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,04	
UI 1.4		P1 - 36 - Unidade de processos (VRV01)	FXNQ25A	750,0	1,9	3,2	0,04	
UI 1.3		P1 - 36 - Unidade de processos (VRV01)	FXNQ25A	750,0	1,9	3,2	0,04	
UI 1.2		P1 - 36 - Unidade de processos (VRV01)	FXNQ25A	750,0	1,9	3,2	0,04	
UI 1.5		P1 - 37 - Unidade de processos (VRV01)	FXNQ25A	750,0	1,9	3,2	0,04	
UI 1.6		P1 - 37 - Unidade de processos (VRV01)	FXNQ25A	750,0	1,9	3,2	0,04	
UI 1.7		P1 - 37 - Unidade de processos (VRV01)	FXNQ25A	750,0	1,9	3,2	0,04	
UI 1.17		UE01	P1 - 38 - Gabinete (VRV01)	FXSQ40A	900,0	3,2	5,0	0,04
UI 1.18			P1 - 39 - Gabinete de reunião (VRV01)	FXSQ40A	900,0	3,2	5,0	0,15
UI 1.13	P1 - 41 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 1.12	P1 - 47 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 1.11	P1 - 48 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 1.10	P1 - 49 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.2	P2 - 78 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.1	P2 - 79 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.9	P2 - 62 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.10	P2 - 63 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.11	P2 - 64 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.12	P2 - 65 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.13	P2 - 66 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.14	P2 - 67 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.4	P2 - 76 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.3	P2 - 77 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.7	P2 - 73 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.8	P2 - 72 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.18	P2 - 71 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.17	P2 - 70 - Gabinete (VRV01)		FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02	
UI 2.16	P2 - 69 - Gabinete (VRV01)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02		

UI 2.15		P2 - 68 - Gabinete (VRV01)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02
UI 2.5		P2 - 75 - Gabinete (VRV01)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02
UI 2.6		P2 - 74 - Gabinete (VRV01)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02
UI 0.15	UE02	P0 - 34 - Gabinete (VRV02)	FXSQ40A	900,0	3,1	5,0	0,15
UI 0.16		P0 - 35 - Gabinete (VRV02)	FXSQ40A	900,0	3,2	5,0	0,15
UI 0.17		P0 - 26 - Gabinete de reuniões (VRV02)	FXSQ80A	1380,0	5,9	10,0	0,21
UI 0.13		P0 - 24 - Gabinete (VRV02)	FXAQ15A	504,0	1,4	1,9	0,02
UI 0.14		P0 - 23 - Gabinete (VRV02)	FXAQ15A	504,0	1,4	1,9	0,02
UI 0.11		P0 - 10 - Gabinete (VRV02)	FXAQ40A	732,0	3,4	5,0	0,02
UI 0.12		P0 - 21 - Sala (VRV02)	FXKQ32MA	588,0	2,6	4,0	0,03
UI 1.17		P1 - 45 - Gabinete (VRV02)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02
UI 1.16		P1 - 44 - Gabinete (VRV02)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02
UI 1.15		P1 - 43 - Gabinete (VRV02)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02
UI 1.14		P1 - 42 - Gabinete (VRV02)	FXAQ20A	546,0	1,8	2,5	0,02

Os modelos das unidades interiores utilizados no projeto conforme as tabelas acima são mostradas nas figuras 32 e 33.



Modelo: FXKQ-MA

Modelo: FXFQ-A

Figura 32 - Unidades interiores. (Site daikin.pt, 2019)



Modelo: FXSQ-A

Modelo: FXAQ-A

Figura 33 - Unidades interiores. (Site daikin.pt, 2019)

3.11 Iluminação

Para simulação da carga térmica e também para determinação da classe energética do edifício foi necessário calcular a potência total destinada a iluminação interna do projeto e a iluminação de referência. Recorreu-se a norma europeia EN 12464-1 e Portaria 17-A que determinam os requisitos de iluminância (lux), densidade de potência (W/m^2), controle, regulação do fluxo e monitorização e gestão.

De acordo com o projeto de iluminação foram escolhidas lâmpadas do tipo LED e fluorescente que variam o modelo e potência com base nas necessidades de cada ambiente.

Dado ser uma lista muito extensa de todos os equipamentos, a tabela que os refere e situa poderá ser consultada no anexo 8. A tabela inclui as características de iluminação necessárias para a simulação dinâmica e a potência.

Na tabela 31 é possível identificar os valores assumidos para taxa de iluminação e potência do projeto e de referência para cada espaço.

Tabela 31 – Iluminação de projeto e de referência. (2020)

Espaços	Piso	Área [m ²]	Iluminação Real / projeto		Projeto			Referência		
			Potência [W]	Taxa [W/m ²]	Iluminância [Lux]	Iluminância [Lux]	DPI [(W/m ²)/100 lux]	Iluminação Máx.	Iluminação Referência	Referência
					Iluminância [Lux]	Iluminância [Lux]		Taxa (130%) [W/m ²]	Taxa [W/m ²]	Potência [W]
PO - 1 - Gabinete da secretaria	0	16,7	147,6	8,9	361	500	2,4	11,3	8,7	144,3
PO - 2 - Gabinete de atendimento	0	37,0	362,7	9,8	370	500	2,4	11,5	8,9	328,7
PO - 3 - Gabinete de espera	0	26,8	179,1	6,7	201	300	3,8	9,9	7,6	204,9
PO - 4 - Átrio	0	27,9	189,9	6,8	241	200	3,8	9,9	7,6	211,9
PO - 5 - Gabinete de conferência	0	61,6	925,2	15,0	564	500	2,1	13,7	10,5	646,5

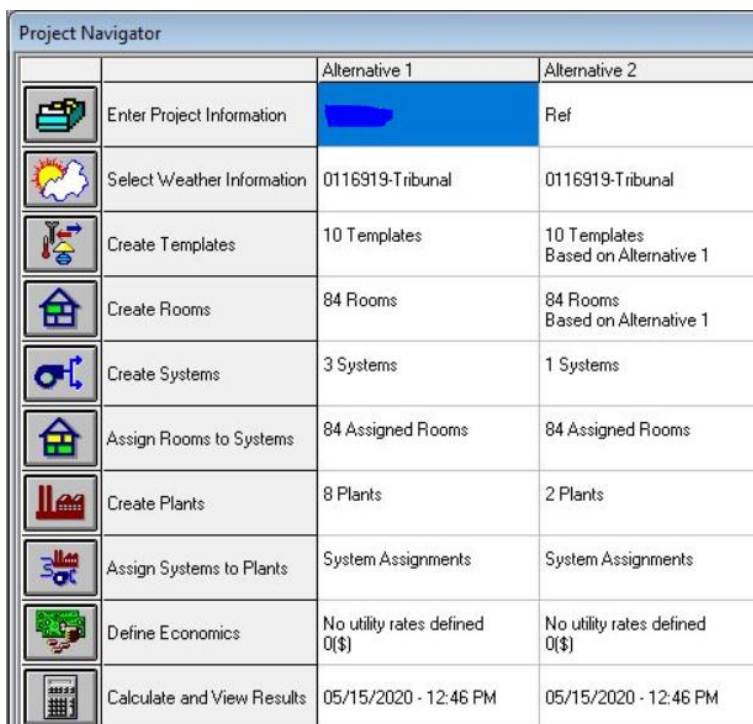
A tabela 32 mostra o somatório das potências do projeto e de referência de cada ambiente, separados pela área térmica e área do pavimento. Conforme se observa, potência total do projeto é maior do que a potência de referência para os dois casos. A maioria das lâmpadas determinadas são *LEDs*, portanto, a potência do projeto deveria ser menor do que a de referência, no entanto, a iluminação acaba por ser ligeiramente acima da referência devido à existência de muitos espaços de escritório

Tabela 32 – Potência total do projeto e referência. (2020)

	Potência total projeto [W]	Potência total referência [W]
Área Térmica	14644,7	14116,7
Área Pavimento	17082,9	16108,0

3.12 Realização da simulação

O objetivo da simulação é encontrar uma estimativa do consumo de energia anual necessária para aquecer e arrefecer os ambientes. Este consumo será usado para o cálculo da classe energética do edifício. Para encontrar esta estimativa foi utilizado o *software* Trace700, que faz a simulação do consumo energético. Para realizar a simulação, foi preciso usar a base de dados climáticos de acordo com a localização, informações da planta arquitetônica, equipamentos de iluminação e climatização. Este sub-capítulo destina-se a demonstrar passo a passo de como foi realizada esta simulação. Na figura a seguir é mostrado tela principal do programa.













Project Navigator		Alternative 1	Alternative 2
	Enter Project Information		Ref
	Select Weather Information	0116919-Tribunal	0116919-Tribunal
	Create Templates	10 Templates	10 Templates Based on Alternative 1
	Create Rooms	84 Rooms	84 Rooms Based on Alternative 1
	Create Systems	3 Systems	1 Systems
	Assign Rooms to Systems	84 Assigned Rooms	84 Assigned Rooms
	Create Plants	8 Plants	2 Plants
	Assign Systems to Plants	System Assignments	System Assignments
	Define Economics	No utility rates defined 0(\$)	No utility rates defined 0(\$)
	Calculate and View Results	05/15/2020 - 12:46 PM	05/15/2020 - 12:46 PM

Figura 34- Tela principal do programa TRACE™ 700 (2020)

- 1º Passo: Extração e inserção dos dados climáticos

Os dados climáticos foram extraídos da folha de cálculo LNEG, já apresentada no subcapítulo 3.2 “Dados Climáticos” com base na localização do edifício. Estas informações foram inseridas na seção *Weather Library* do Trace700. O programa apresenta uma biblioteca de dados climáticos retirados da norma ASHRAE de acordo com estações meteorológicas localizadas por todo mundo. A estação meteorológica mais próxima do edifício de estudo é de Gago Coutinho, portanto, o programa associa os dados exportados da folha de cálculo LNEG com esta estação meteorológica, como pode ser observado na figura 35. O *software* permite verificar os dados climáticos médios mensais para cada hora do dia. Na figura 36 é possível verificar detalhadamente estes dados para o mês de julho.

Weather Library - General Information

Region: Europe | Subregion: Other Europe | Location: Escritório Sintra

Latitude: 38.87 deg | Longitude: 9.25 deg | Altitude: 145.21484 m

Time zone: 0 | Design month: August | OA pressure: 99.5499 kPa

ASHRAE Climatic Data

Station WMO #: 85790 | Station Name: Lisbon/Gago Coutinho

Winter Design: 99.6% 99% | Dry Bulb: 4.5 | 5.7222

Summer: 30 | 22.77778 | 1 | 0.2 | 8.22554

Winter: 4.44444 | 1 | 0.2 | 7.19734

Saturation Curve Coefficients

Coef A	Coef B	Coef C	Coef D
-0.31877407	0.93898922	-0.013617437	0.00033372542

Comments

General Information | Hourly Observations

Figura 35 - Dados climáticos. (2020)

Weather Library - Hourly Data

Location: Escritório Sintra | Weather type: Design

Month	Hour	Outdoor Air Dry Bulb °C	Outdoor Air Wet Bulb °C	Humidity Ratio g/kg	Cloud Cover Modifier	Wind Speed m/s	Barometric Pressure kPa
July	1	20.964	16.687	12.061	1	5.6551	99.55
July	2	20.461	16.48	11.839	1	5.141	99.55
July	3	20.059	16.313	11.677	1	4.1128	99.55
July	4	19.758	16.189	11.529	1	2.5705	99.55
July	5	19.657	16.147	11.445	1	3.0846	99.55
July	6	19.858	16.23	11.316	1	4.1128	99.55
July	7	20.361	16.438	11.281	1	4.1128	99.55
July	8	21.266	16.812	11.403	1	3.5987	99.55
July	9	22.573	17.353	11.845	1	4.1128	99.55
July	10	24.081	17.976	12.226	1	4.1128	99.55
July	11	25.79	18.683	12.565	1	4.1128	99.55
July	12	27.398	19.348	12.648	1	3.8143	99.55
July	13	28.605	19.847	12.545	1	4.1128	99.55
July	14	29.409	20.18	12.523	1	5.141	99.55
July	15	29.711	20.305	12.526	1	5.141	99.55
July	16	29.409	20.18	12.506	1	5.141	99.55
July	17	28.705	19.889	12.59	1	4.6269	99.55
July	18	27.6	19.432	12.597	1	4.1128	99.55

General Information | Hourly Observations

Figura 36 - Dados meteorológicos por hora de cada mês do ano. (2020)

- 2º Passo: Criação dos materiais das envolventes do edifício

Para esta parte foi preciso criar todos os materiais utilizados nas envolventes do edifício, de acordo com as características que são fornecidas pelas fichas técnicas de cada material. Estes dados são preenchidos na seção *Materials Library*. Na figura a seguir é mostrado como exemplo a criação do material isolante Lã de Rocha com a espessura de 60 mm, condutividade $0,04 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$, densidade $67,5 \frac{kg}{m^3}$ e calor específico $0,84 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$.

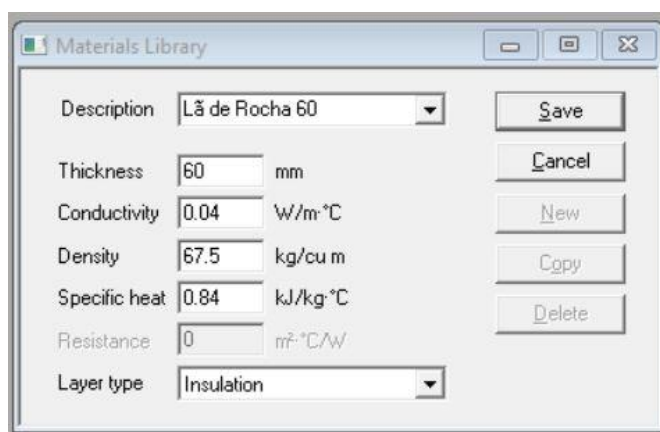


Figura 37 - Exemplo da criação do material. (2020)

- 3º Passo: Criação dos elementos das envolventes

Após a criação dos materiais, o passo seguinte foi a criação dos elementos da construção, que no exemplo apresentado na figura 38 corresponde às envolventes interiores e exteriores. Com a inserção das camadas das envolventes o *software* calcula o coeficiente de condução térmica, na figura 38 é mostrado a criação da parede exterior 1.

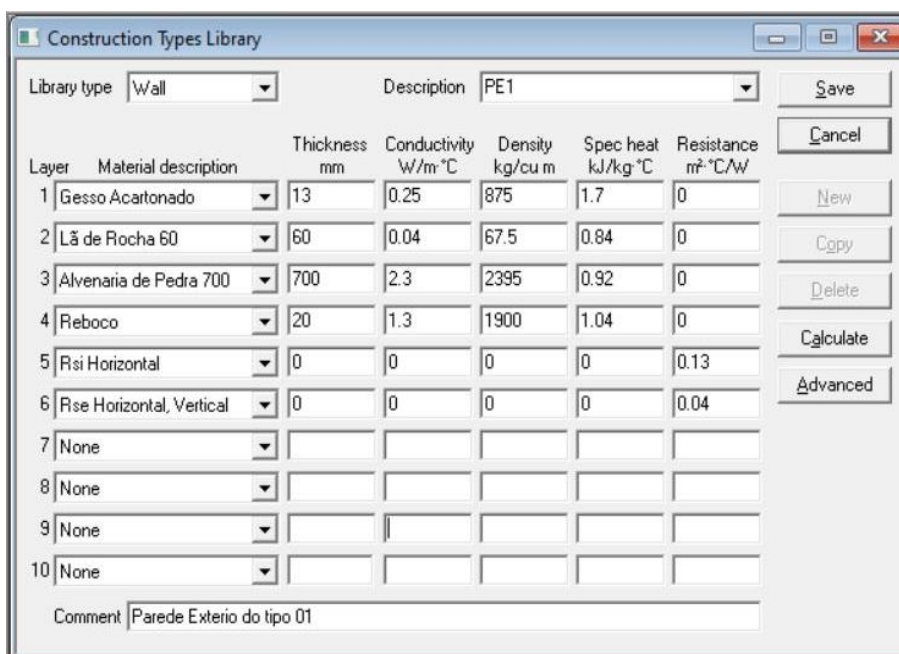


Figura 38 – Exemplo de criação. (2020)

- 4º Passo: Criação dos *Templates*

Nesta etapa o software permite a criação de modelos para diversas seções (ou separadores), sendo elas: ganhos internos, ventilação, termostato, elementos construtivos e espaços. Esta opção facilita o automatismo de cálculo quando se incluem os dados para cada divisão. Para o preenchimento da seção dos ganhos internos são necessários os calores latente e sensível e a carga térmica dos equipamentos, portanto recorreu-se ASHRAE e o decreto de lei 79/2006 para obter estas informações. Na ASHRAE encontrou-se os calores sensível e latente que uma pessoa liberta, sendo eles respectivamente 0,075kW e 0,055kW. Do decreto de lei 79/2006 retirou-se a informação da carga térmica dos equipamentos por m², sendo considerado 15 W/m² de acordo com a tipologia “escritório”. Nesta seção também foi preciso introduzir o perfil de horários de funcionamento dos equipamentos, iluminação e ocupação de acordo com a tipologia escritório encontrada no decreto de lei 79/2006. Na Figura 39 é possível verificar o preenchimento destes dados e seus respectivos nomes em inglês.

Figura 39 - Criação *template* ganhos internos. (2020)

Nas seções da ventilação, elementos construtivos e espaços não foi efetuado nenhuma inclusão de dados, pois serão posteriormente preenchidos de acordo com cada espaço. Na seção “termostato” foi incluído apenas as temperaturas operativas do projeto no verão e inverno, sendo elas respectivamente 25°C e 20°C. Seguindo, as seções de elemento construtivo e espaço também não foram alterados. Nestas seções onde não foram alterados os dados, estes serão posteriormente preenchidos de acordo com cada espaço.

- 5º Passo: Criação dos espaços

Após a criação dos *Templates*, o passo seguinte foi a criação dos espaços. Nesta parte o software dispõe de 7 separadores, sendo eles planilha avulsa, quartos, coberturas, paredes, ganhos internos, ventilação e envolventes internos. Pode ser visto na figura 40, com suas denominações em inglês, respectivamente.

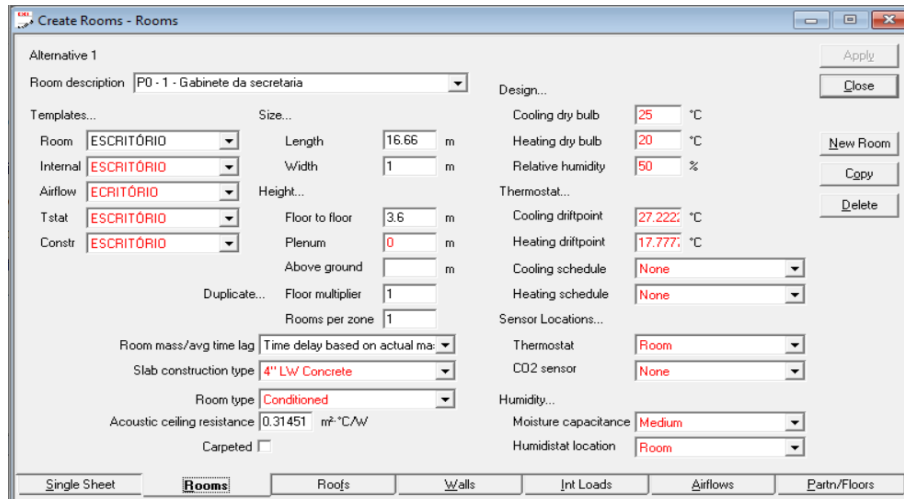


Figura 40 – Exemplo da criação de um ambiente. (2020)

Os valores que estão em vermelho foram criados no 4º passo, portanto não serão citados. Começando pelo separador de “ambientes”, o preenchimento das medidas de área e pé direito foram retirados do programa AutoCad. Para simplificar, a caixa “comprimento” foi preenchido com a medida da área e a lacuna “largura” foi preenchida com valor unitário. O próximo separador é destinado a criação das coberturas, uma delas apresentada na figura 41, onde foi necessário colocar os dados da área e selecionar qual o tipo de elemento construtivo que a cobertura é composta. Só é possível criar as coberturas exteriores nesta aba, devido uma incapacidade do *software*. As coberturas interiores serão criadas na seção “pavimentos e envolventes interiores”.

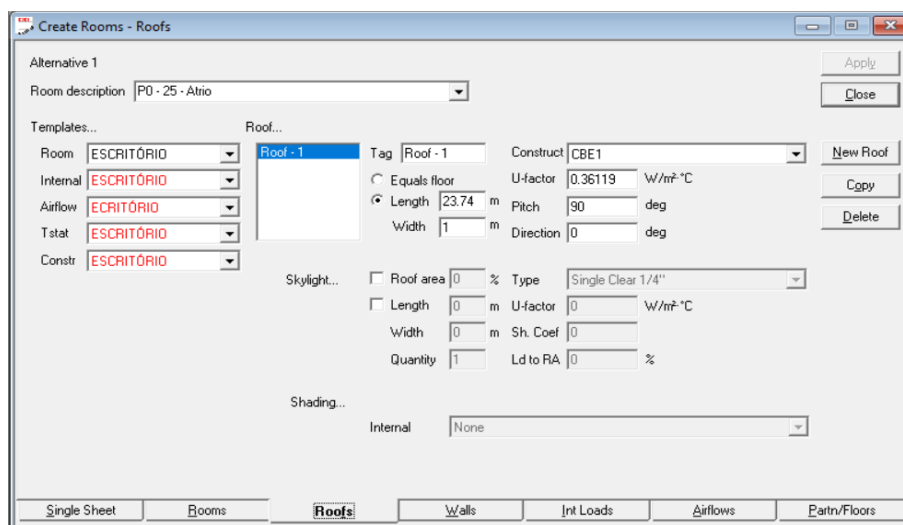


Figura 41 – Exemplo criação da cobertura. (2020)

No separador seguinte foram criadas as paredes, como pode ser visto na figura 42. A criação das paredes segue os mesmos procedimentos da criação das coberturas. Também é necessário o preenchimento das orientações em graus e, caso a parede apresente um vão envidraçado, é preciso acrescentar a percentagem de área que o vão ocupa sobre a parede e o tipo de vidro.

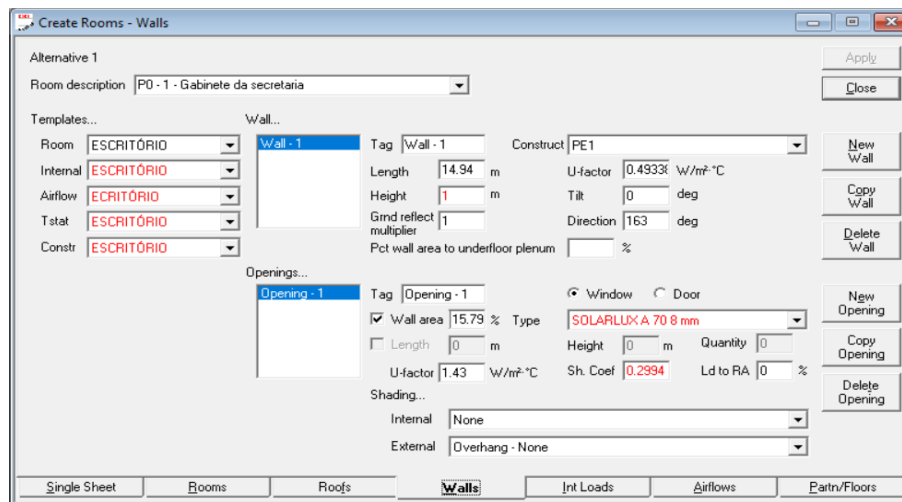


Figura 42 – Exemplo da criação de parede. (2020)

No separador dos ganhos internos seguiu-se o modelo representado na figura 40, onde a única diferença foi o preenchimento do número de ocupantes de acordo com cada espaço. No separador “ventilação” foi inserido os dados de caudal de ar novo e extração de acordo com cada ambiente, como pode ser visto na figura 43.

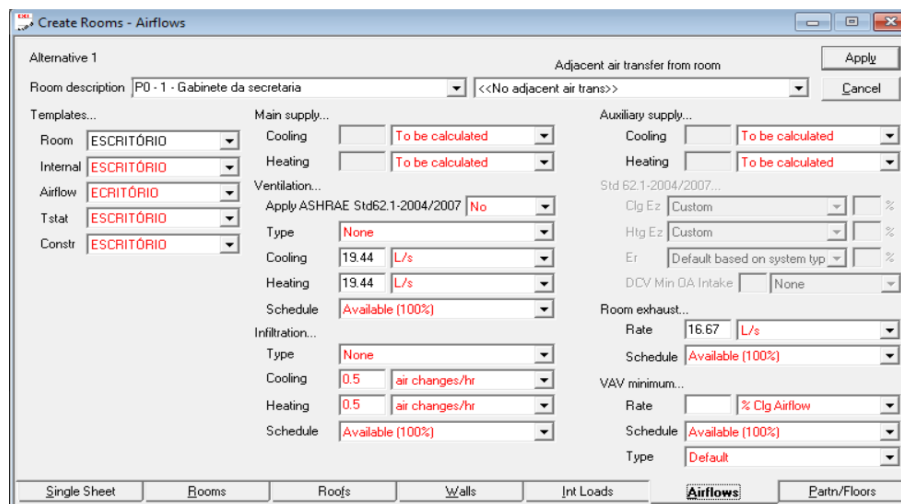


Figura 43 – Exemplo criação ventilação em cada espaço. (2020)

O último separador refere-se às envolventes, coberturas interiores e os pavimentos. Para a criação das paredes interiores em contato com espaços adjacentes foi preciso inserir os coeficientes de transmissão térmica para cada parede e as temperaturas dos espaços não úteis que estão em contato com a parede. Para este tipo caso na lacuna “método” escolhe-se “Sine Fit”, é utilizado em casos de paredes em contato com

espaços não úteis. Em relação ao pavimento interior térreo foi utilizado o método “Ground”, devido ao fato que o pavimento está em contato com o chão. Na figura 44 pode ser observado o preenchimento destas informações.

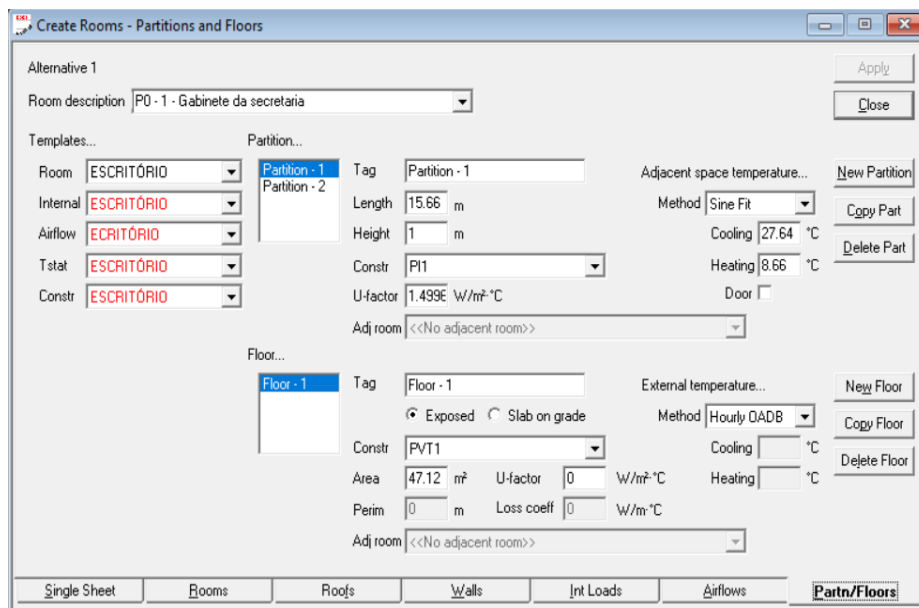


Figura 44 – Exemplo criação pavimentos térreo e envoltentes interiores em cada espaço. (2020)

- 6º Passo: Criação das unidades de climatização

Após criar todos os ambientes do edifício no programa, é necessário gerar os sistemas de climatização. Na figura 45 observa-se o caso do sistema VRV e seu esquema de funcionamento, sendo este um exemplo de sistema de climatização.

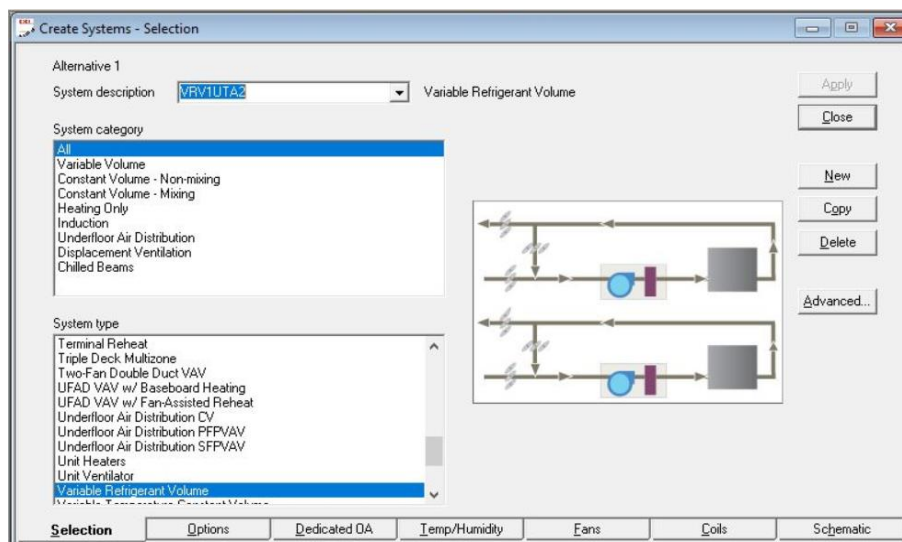


Figura 45 – Criação de uma unidade interior do tipo Split. (2020)

Nesta seção são criados os esquemas relativos às unidades interiores. Os separadores restantes contidos na figura acima não sofreram nenhuma alteração.

- 7º Passo: Associação das unidades interiores com os seus respectivos espaços

Após a criação de todos os sistemas, feita no passo anterior, é necessário associar cada ambiente do edifício a um sistema, como é possível ver na figura 46.

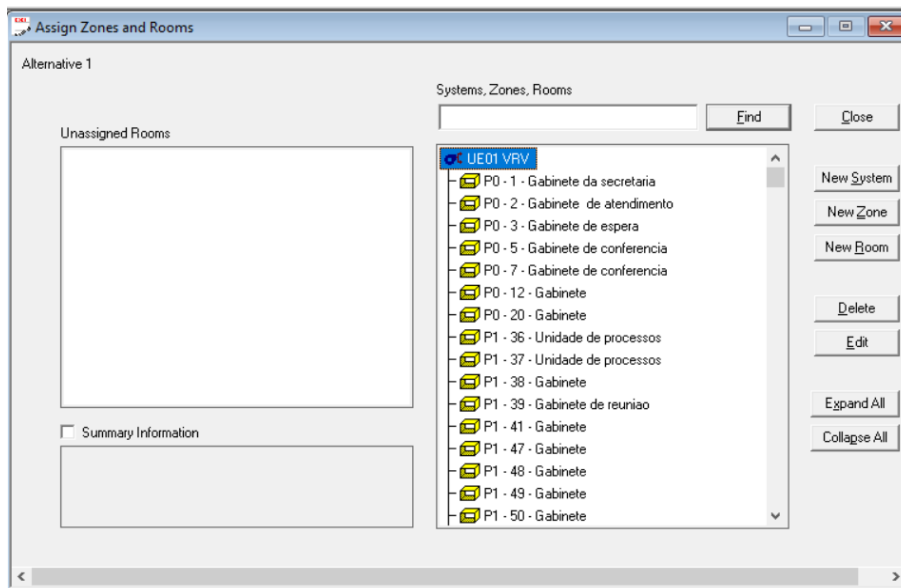


Figura 46 - Associação dos espaços aos sistemas de climatização criados. (2020)

- 8º Passo: Criação das unidades exteriores

Nesta seção é dada a criação das configurações das unidades exteriores. Anteriormente foi escolhido um sistema VRV, porém, o software não sabe qual a unidade exterior associada. Na figura 47 observa-se um exemplo de constituição referente ao arrefecimento e aquecimentos do sistema. Relativo ao arrefecimento, o equipamento possui uma unidade refrigerada a ar associada a ele, enquanto o aquecimento recorre a uma resistência elétrica.

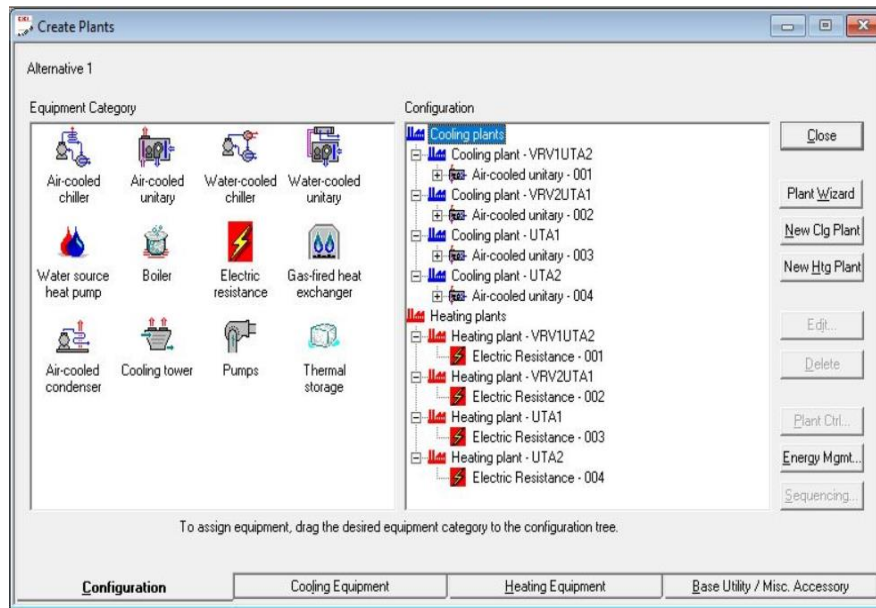


Figura 47 - Exemplo de constituição relativos ao arrefecimento/ aquecimentos do sistema. (2020)

Após concluir a configuração da primeira seção, passou-se à introdução das potências de arrefecimento/aquecimento e seus rácios de eficiência energética (ERR) e coeficiente de desempenho (COP), respectivamente, como pode ser visto na figura 48. O sistema não assume corretamente os valores de EER, sendo necessário colocá-los como COP na mesma. Nos separadores seguintes nada se alterou.

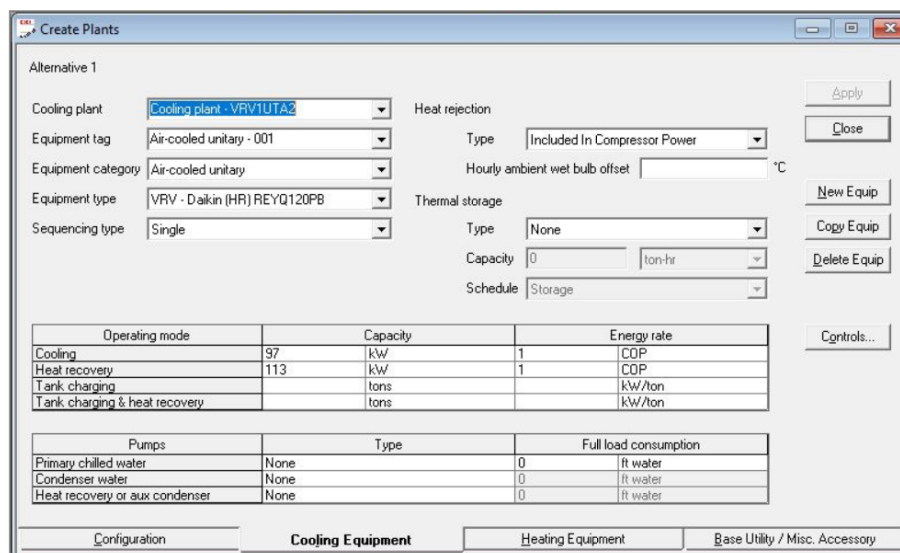


Figura 48 - Introdução das potências de cada equipamento e respectivos rendimentos. (2020)

- 9º Passo: Associação das unidades interiores com as exteriores

Após a criação unidades exteriores e interiores, no passo 8°, foi necessário associá-las, como pode ser observado na figura 49

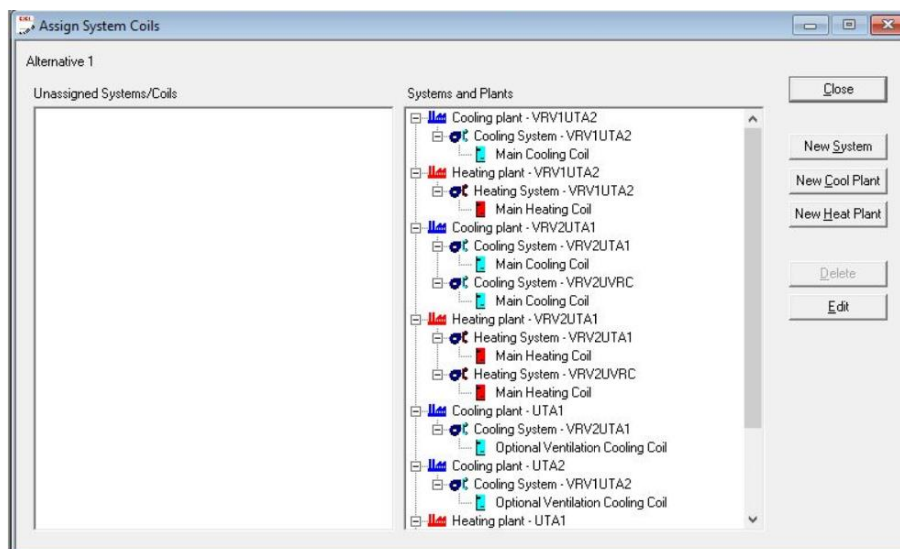


Figura 49 – Associação de cada sistema de aquecimento /arrefecimento aos sistemas de climatização criados. (2020)

Terminada a introdução dos dados relativos ao edifício, foi necessário criar uma solução com os valores de referência, retirados da Portaria n.º 17-A/2016. Bastou copiar a solução original e alterar os valores relativos às envolventes e da iluminação através da alteração dos “*Templates*” e a criação de um sistema de climatização de referência ao qual todos os espaços estão ligados para que solução fosse criada. Desta maneira otimizou-se o tempo ao evitar não só a reintrodução de dados de construção como, também, a criação dos espaços.

3.13 Resultados da simulação

Efetuada a simulação, tanto para solução original quanto para a de referência, são apresentados na tabela 33 os valores relativos ao consumo anual de energia do edifício, retirado do *software*.

Tabela 33 - Consumo anual de energia. (2020)

	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Iluminação (kWh)	Equipamentos (kWh)
Previsto	11066,4*	27045,8	26703,2	16524,2
Referência	68063,6	18394,8	24257,6	16524,2

Nota: * Contabilização as pontes térmicas lineares, valor é majorado em 5% no consumo de aquecimento previsto.

Pode ser observado na tabela acima que o consumo destinado a aquecimento é maior que arrefecimento, tanto na simulação do projeto real quanto na de referência. Isto está

relacionado com uma maior exposição durante o ano, as temperaturas abaixo da temperatura de conforto, exigindo uma maior necessidade de aquecimento para os ambientes. Também, os equipamentos de climatização apresentam diferentes eficiências para aquecimento e arrefecimento. O consumo de Iluminação apresenta pouca variação, comparando a simulação do projeto real com a de referência. Relaciona-se a utilização de lampas que consomem pouca energia. Para os equipamentos, não possuem um consumo de referência, desta forma é contabilizado sendo o consumo da simulação do projeto real.

3.14 Classe energética

3.14.1 Consumo anual de energia do tipo S

O tipo “S” de energia representa os consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício. Este tipo está relacionado aos consumos de energia dos ventiladores de ar novo, extração das instalações sanitárias, consumos relativos à iluminação dos espaços internos, arrefecimento, aquecimento e elevadores. Na tabela 34 é possível identificar, conforme o regulamento, os consumos associados ao tipo S.

Tabela 34 – Consumo de energia a considerar no IEE_S. (Portaria n.º 349-D/2013, 2013)

Consumos no IEE _S
- aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação
- ventilação e bombagem em sistemas de climatização
- aquecimento de águas sanitárias e de piscinas
- iluminação interior
- elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016)
- iluminação exterior (a partir de 1 de janeiro de 2016)

Para determinar o consumo dos ventiladores foi preciso calcular o *specific fan power* (SFP), que é determinado pela potência elétrica do equipamento dividido pelo caudal de ar insuflado ou extraído. Calculou-se, também, a quantidade de horas de funcionamento dos equipamentos, sendo considerado o uso de 12 horas por dia em 240 dias em um ano, chegando a um valor de 2880 horas/ano. Para os ventiladores relacionados ao sistema de climatização, foi preciso determinar número de horas utilizadas para aquecimento e arrefecimento pois os equipamentos apresentam

diferentes potências de acordo com utilização. Como resultado, encontrou-se o consumo anual dos ventiladores sendo ele a potência elétrica multiplicada pelo número de horas de funcionamento. Já para o cálculo de referência aplicou-se o RECS, que determina o SFP sendo 1250, então foi possível calcular a potência de referência com base no regulamento que apresenta duas fórmulas, uma para o $SFP_{calculado} > 1250$ e $SFP_{calculado} < 1250$, como pode ser observado nas equações abaixo.

- Caso se $SFP_{calculado} > 1250$

$$P_{ref} = P * \frac{SFP_{calculado}}{1250} \quad (9)$$

- $SFP_{calculado} < 1250$

$$P_{ref} = P * \frac{1250}{SFP_{calculado}} \quad (10)$$

Após calcular a potência de referência, seguiu-se o mesmo procedimento já explicado para a determinação do consumo de energia anual. Na tabela 35 encontra-se os valores utilizados para o cálculo do consumo da solução real e referência.

Tabela 35 – Consumos anuais de energia do tipo S relativos a ventiladores. (2020)

Designação	Equipamento	Aquecimento Horas/ano	Arrefecimento Horas/ano	Solução Real				Solução de Referência		
				SFP	Potência (kW)	Aquecimento Consumo (kWh)	Arrefecimento Consumo (kWh)	SFP	Potência (kW)	Consumo (kWh)
UE01 + UE02	VRV's	1296	1584	253	2,38	3084,48	3769,92	1250	11,8	1867,1
UE03 + UE04	UTAN's	1296	1584	869	3,34	4328,64	5290,56	1250	4,8	7610,1
VAM 1000	UVRC	1296	1584	583,8	0,3	388,8	475,2	1250	0,6	1017,5
VEIS 1,2 e 3	Ventiladores de extração	2880		457	0,17	489,6		1250	0,46	1339

Contabilizou-se, também, os consumos anuais associados a iluminação dos espaços complementares do tipo B. Para chegar ao valor multiplicou-se a potência pelo número de horas de funcionamento, que nestes casos foram considerados o uso de uma hora e trinta minutos por dia em 240 dias. A tabela a seguir representa o consumo anual da iluminação do projeto real e o de referência.

Tabela 36 – Consumos anuais de energia do tipo S relativos à iluminação de espaços complementares. (2020)

Espaço	Horas/ano	Área (m ²)	Solução Real		Solução de Referência	
			Potência (W)	Consumo (kWh)	Potência (W)	Consumo (kWh)
P2 - 87 - Bastidor	360	4,32	38	13,68	29,37	10,57
P1 - 88 - Bastidor	360	6,87	38	13,68	46,72	16,81
P0 - 89 - Área técnica	360	6,62	76	27,36	67,52	24,30
P0 - 90 - Bastidor	360	6,79	34	12,24	46,15	16,61
P0 - 91 - Sala de arquivos	360	88,01	1519	546,84	1146,06	412,58
P0 - 92 - Ante câmara	360	6,69	43	15,48	19,13	6,88
P0 - 93 - Deposito	360	2,72	34	12,24	18,52	6,66
Espaço	Horas/ano	Área (m ²)	Potência (W)	Consumo (kWh)	Potência (W)	Consumo (kWh)
P0 - 95 - Bastidor	360	10,62	103	37,08	48,02	17,28
P0 - 96 - Economato	360	8,47	68	24,48	57,6	20,73

Por último, foi considerado o consumo do elevador, localizado no novo edifício, próximo as escadas dos ambientes 59 e 86. Para chegar ao valor, multiplicou-se as horas de funcionamento pelo número de dias. Como é um edifício de comércio e serviço com dois a cinco pisos, estimou-se que o funcionamento seria de 0,5 horas por dia, portanto, multiplicou-se por 365 dias, visto que o elevador pode ser utilizado mesmo fora do período de funcionamento por equipamentos de manutenção ou limpeza. Na tabela 37 encontra-se o consumo anual de energia do elevador.

Tabela 37 – Consumo anual de energia elevador. (2020)

Modelo	Hora/ano	Solução real		Solução de referência	
		Potência (kW)	Consumo (kWh)	Potência (kW)	Consumo (kWh)
-	182,5	4,5	821,3	4,5	821,3

Os valores de potência da solução real e de referência foram considerados iguais pois não existe um valor de referência com o qual comparar.

3.14.2 Consumo anual de energia do tipo T

Nesta parte será apresentado os consumos de energia que não são considerados para efeito de cálculo da classificação energética do edifício. Na tabela a seguir é possível

identificar a tipologia dos equipamentos que consomem energia considerado do tipo T segundo a Portaria n.º 349-D/2013

Tabela 38 - Consumo de energia a considerar no IEE_T . (Portaria n.º 349-D/2013)

Consumos no IEE_T
- ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica
- equipamentos de frio
- iluminação dedicada e de utilização pontual
- elevadores, escadas e tapetes rolantes (até 31 de dezembro de 2015)
- iluminação exterior (até 31 de dezembro de 2015)
- todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE_S

No edifício de estudo, foram considerados os consumos do tipo T os equipamentos *Split's* localizados nos bastidores, ventilador de extração localizado na copa e outros equipamentos, que foram determinados de acordo com tipologia do edifício. Na tabela 39 encontra-se os equipamentos citados acima e os consumos anuais destes.

Tabela 39 - Consumos anuais de energia do tipo T relativos a ventiladores não associados ao controle de carga térmica. (2020)

Designação	Equipamento	Localização	Horas/ano	Potência (kW)	Consumo (kWh)
VE Hotte	Teka	P1 - 52 - Copa	480	0,15	72
<i>MonoSplit</i>	2x RXM60M/ FTXM	P0 - 88 - Bastidor (Zona térmica)	2920	6	17520
<i>MonoSplit</i>	2x RXM35M/ FTXM	P0 - 90 - Bastidor (Zona térmica)	2920	3,3	9636
<i>MonoSplit</i>	2x RXM35M/ FTXM	P0 - 87 - Bastidor (Zona térmica)	2920	3,3	9636
<i>MonoSplit</i>	2x RXM35M/ FTXM	P0 - 95 - Bastidor (Zona térmica)	2920	3,3	9636

O consumo de energia dos equipamentos de tipologia “escritório” foi retirado da simulação feita no *software* Trace, onde foram colocados como dados de entrada a densidade do equipamento, que foi de 15 W/m², e os horários de funcionamento do escritório, de acordo com o Decreto de lei n.º 79/2006. Assim, o programa determinou o consumo anual sendo 16524,22 kWh.

No gráfico 7, encontra-se a comparação entre o edifício de referência e o de projeto sobre o consumo final de energia por cada tipo de sistema associado ao edifício.

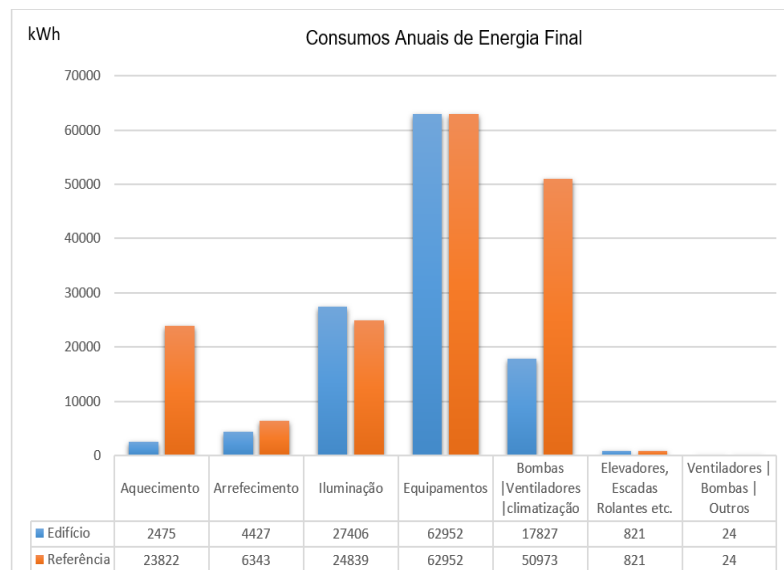


Gráfico 7 – Consumo de energia anuais do tipo T e S. (2020)

Analisando o gráfico, pode-se concluir que os consumos associados aos equipamentos e iluminação são os que mais contribuem para um maior gasto na fatura energética. Enquanto as necessidades de aquecimento, arrefecimento, ventiladores são menores do que a referência. As necessidades de energia elétrica para equipamentos e elevadores não apresentam um valor de referência, portanto, ambas são consideradas equivalentes à sua referência.

3.14.3 Determinação da classe energética

Para a determinação da classe energética é preciso encontrar IEE_S , que representa os consumos de energia considerados do tipo S. A seguir será mostrado a equação de acordo com a Portaria n.º 3479-D/2013 para calcular o IEE_S .

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \times \sum_i (E_{S,i} \times F_{pu,i}) \quad (11)$$

Onde:

IEE_S – Consumos de energia considerado do tipo S $\left(\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano}\right)$;

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

A_p – Área interior útil de pavimentos (m^2);

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária, de acordo com o Despacho do Diretor Geral de Energia e Geologia (kWh_{EP}/kWh).

Seguindo a mesma portaria, nela é mostrado como se calcula a produção de energia renovável, apresentada na eq. 12, que será utilizada para determinar a classe energética.

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \times \sum_i (E_{ren,i} \times F_{pu,i}) \quad (12)$$

Onde:

IEE_{ren} – Produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes renováveis ($\frac{kWh_{EP}}{m^2 \cdot ano}$);

$E_{ren,i}$ – Produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para o consumo (kWh/ano).

O A_p e o $F_{pu,i}$ são os mesmos conceitos apresentados da fórmula do IEE_S . O IEE_T foi calculado seguindo a mesma fórmula, porém, no caso referente ao consumo sendo do tipo T . O edifício tem a produção de energia renovável a partir da energia térmica produzida pelos equipamentos de climatização, que apresentam uma alta eficiência energética. Aplicou-se a equação 12 para determinar IEE_{ren} . Após calcular os consumos e produção de energia, chegou-se aos valores encontrados na tabela 40.

Tabela 40 - Índices de eficiência energética. (2020)

	Fração (kWh/m ²)	Referência (kWh/m ²)
IEE_S	81,44	135,31
IEE_T	79,79	79,79
IEE_{ren}	14,35	

Seguindo o Despacho n.º 15793-J/2013, determina-se o rácio da classe energética (R_{IEE}) de um edifício de comércio e serviço, e após isso identifica-se a classe energética. Pode-se observar na tabela 41 os valores R_{IEE} associados as classes energéticas.

Tabela 41 – Intervalos de valor de R_{IEE} para a determinação da classe energética em Edifícios de Comércio e Serviços. (Despacho n.º 15793-J/2013, 2013)

Classe Energética	Valor R_{IEE}
A +	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{IEE} \leq 0,5$
B	$0,51 \leq R_{IEE} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} \geq 2,51$

Aplicando os dados da tabela 40 na equação 13 do R_{IEE} , chegou-se ao rácio da classe energética sendo ele 0,49, assim, classe energética é A.

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{REN}}{IEE_{ref,S}} \quad (13)$$

3.15 Melhorias necessárias para classificar como nZEB

De acordo com a Diretiva n.º 2010/31/UE, os edifícios nZEBs são caracterizados por apresentarem um desempenho energético muito elevado e terem as suas necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas, supridas, em grande medida, por energia proveniente de fontes renováveis, seja ela produzida no local ou nas proximidades. Esta definição é tomada como base pela legislação portuguesa, na Portaria n.º42/2019, que identifica as regras necessárias para considerar um edifício de comércio e serviço nZEB.

A Portaria n.º42/2019 apresenta os limites para o indicador de eficiência energética, com base no consumo do tipo S (IEE_S), e também para o rácio de classe energética (R_{IEE}), conforme a tabela abaixo.

Tabela 42 – Valores máximos de IEE_S e R_{IEE} em função do contexto do edifício. (Portaria no 42/2019, 2019)

Contexto	Exigência	
Edifícios de necessidades quase nulas de energia	$IEE_S \leq 75 \% IEE_{S,ref}$	$R_{IEE} \leq 0,50$
Edifícios novos.	$IEE_S \leq 100 \% IEE_{S,ref}$	$R_{IEE} \leq 1,00$
Edifícios sujeitos a grande intervenção	–	$R_{IEE} \leq 1,50$

Sem fazer qualquer alteração, o projeto já é considerado um nZEB, cumprindo com a legislação que exige $IEE_S \leq 75\% \cdot IEE_{S,ref}$ e $R_{IEE} \leq 0,5$. Esta necessidade quase nula de energia justifica-se devido a implementação de equipamentos de climatização e ventilação com alta eficiência energética, iluminação com baixo consumo e as envolventes, que foram alvos da intervenção.

Uma maneira de diminuir o R_{IEE} é a implementação de produção de energia elétrica por meio de fontes renováveis, assim melhorando o desempenho energético do edifício.

3.15.1 Produção de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável

Escolheu-se a produção de energia renovável por meio de painéis fotovoltaicos. Para o cálculo da produção de energia anual dos painéis, utilizou-se a folha de cálculo regulamentar do sistema de certificação de edifícios relativos ao aproveitamento de energia renováveis (SCE.ER), encontrada no *site* da Direção Geral de Energia e Geologia.

Pode-se observar na figura 49 o primeiro separador da folha.



Figura 50 – Vista da primeira aba da planilha.
(SCE.ER,2019)

Foi escolhido um painel solar policristalino da marca Sharp, modelo ND-R250A5, potência 250 W e sistema conectado à rede (*Grid-tied*), e rendimento do módulo 15,2 %. No anexo 9 identifica-se os dados técnicos do painel solar. Considerou-se perdas relativas ao sistema como: eficiência por variação espectral, problema de limpeza, interconexões, resistivas gerais, inversor de frequência e por ligação na rede. A tabela 43 contém as percentagens das perdas do sistema. De acordo com as dimensões do painel escolhido, verificou-se os espaços disponíveis para instalação, assim determinando a quantidade de painéis.

Tabela 43 – Perdas relativa ao sistema de produção de energia fotovoltaico (2020).

Perdas	%
Eficiência por variação espectral	0,5
Problemas de limpeza	0,5
Interconexões	1
Resistivas gerais	0,7
Ligação na rede	0,5
Inverso de frequência	4

Na figura 51, é possível verificar um esquema simplificado do sistema de produção de energia. A produção inicia-se pelos painéis fotovoltaicos, que transferem a energia para

o sistema por uma corrente contínua (CC), até ao inversor de frequência, que tem como função transformar a corrente CC em corrente alternada (AC), sendo a energia gerada direcionada para rede elétrica pública ou para a rede elétrica do edifício.

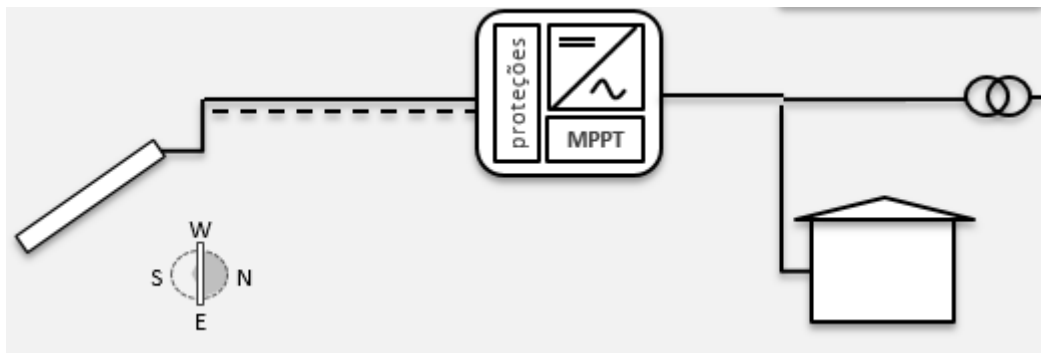


Figura 51 - Sistema conectado à rede. (SCE.ER,2019)

No projeto, a instalação dos painéis será feita na cobertura do estacionamento, como é possível verificar na figura 52, sendo limitado, devido ao espaço, à instalação de 50 painéis orientados a sul. A simulação, por meio da folha de cálculo da SCE.ER, resultou em uma produção de energia elétrica anual de 20439 kWh, onde 14940 kWh são destinados ao autoconsumo e 5498 kWh são destinados a injeção na rede (RESP). Dividindo o valor direcionado para o autoconsumo pela área de pavimento, obtém-se a energia final de 7,571kWh/m². Para contabilizar como sendo IEE_{ren} foi preciso multiplicar a energia final por 2,5, que é o fator de conversão da energia útil, resultando em 18,94 kWh/m². O impacto dessa produção altera o rácio da classe energética que era 0,49 e passa a ser 0,35, não alterando classe energética, mas diminuindo o consumo de energia elétrica oriunda da rede externa.

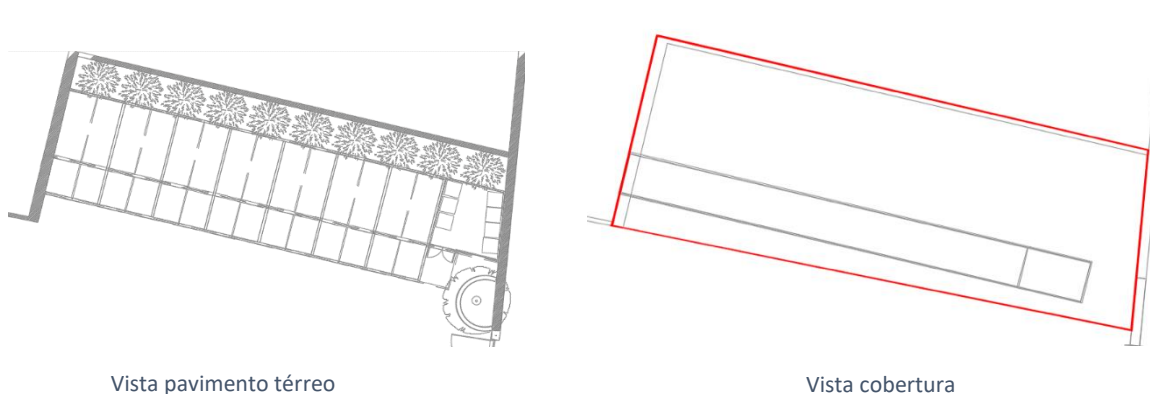


Figura 52 - Vista superior estacionamento. (2020)

Escolhendo um painel solar mais eficiente, encontrou-se da marca SunPower, modelo X21-345-COM, potência 345 W e rendimento de 21,5%, os dados técnicos são encontrados no anexo 10. A simulação para este modelo, utilizando 50 módulos, resultou em uma produção de energia elétrica anual de 28603 kWh, sendo 20789 kWh destinados para autoconsumo e 7814 kWh destinados à injeção da rede (RESP). O IEE_{ren} contabilizado foi de 26,34 kWh/m², alterando o rácio da classe energética para 0,30. Na tabela abaixo é apresentado um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 44 – Resumo dos resultados obtidos com simulação da produção de energia por painéis fotovoltaicos (2020)

Painéis fotovoltaicos		
Modelo	Sharp ND-R250A5	SunPower X21-345-COM
Potência (W)	250	345
Produção anual (kWh)	20436	28603
Energia direcionado para autoconsumo (kWh/m ²)	18,94	26,34
Impacto no rácio da classe energética	0,35	0,30

Nota: Produção anual, energia direcionada para autoconsumo e impacto no rácio da classe energética são referentes a instalação de 50 painéis fotovoltaicos.

3.16 Estudo econômico

Nesta parte será realizado o levantamento do investimento necessário para instalação dos coletores. Não serão contabilizados os valores do inversor de frequência, cabeamento, mão de obra para instalação, manutenção dos painéis e custo da licença para produzir energia, serão apenas contabilizados os valores dos painéis fotovoltaicos. O preço de cada módulo da marca Sharp, modelo ND-R250A5 custa €285,00, de acordo com a loja Damia Solar, no caso serão instalados 50 módulos, o valor final será de €14250,00. Para o modelo da marca SunPower, modelo X21-345-COM, o custo unitário é de €413,58, segundo a loja Renugen, totalizando €20679,3 para 50 painéis.

De acordo o *site* da empresa Selectra, em média, o preço de compra do kWh em 2020 é de 0,15252 €/kWh. Este valor tem em conta as tarifas base de eletricidade dos principais comercializadores de energia em Portugal. É possível calcular o valor economizado com a energia direcionada para o autoconsumo, produzida pelos modelos ND-R250A5 e X21-345-COM, gerando uma economia de respectivamente €2278,65 e €3170,73 na conta de eletricidade no período de um ano.

O preço de venda do kWh para a rede varia de acordo com a empresa contratada. Para a empresa Energias de Portugal (EDP) o valor em 2020 é de, aproximadamente, 0,05

€/kWh, permitindo calcular o lucro obtido com a venda de energia elétrica para rede produzida pelos modelos ND-R250A5 e X21-345-COM, chegando no valor respectivamente de €274,9 e €390,7 anuais. Calculou-se o tempo necessário para que a produção de energia pague o investimento dos painéis fotovoltaicos. No gráfico abaixo pode-se observar os resultados obtidos.

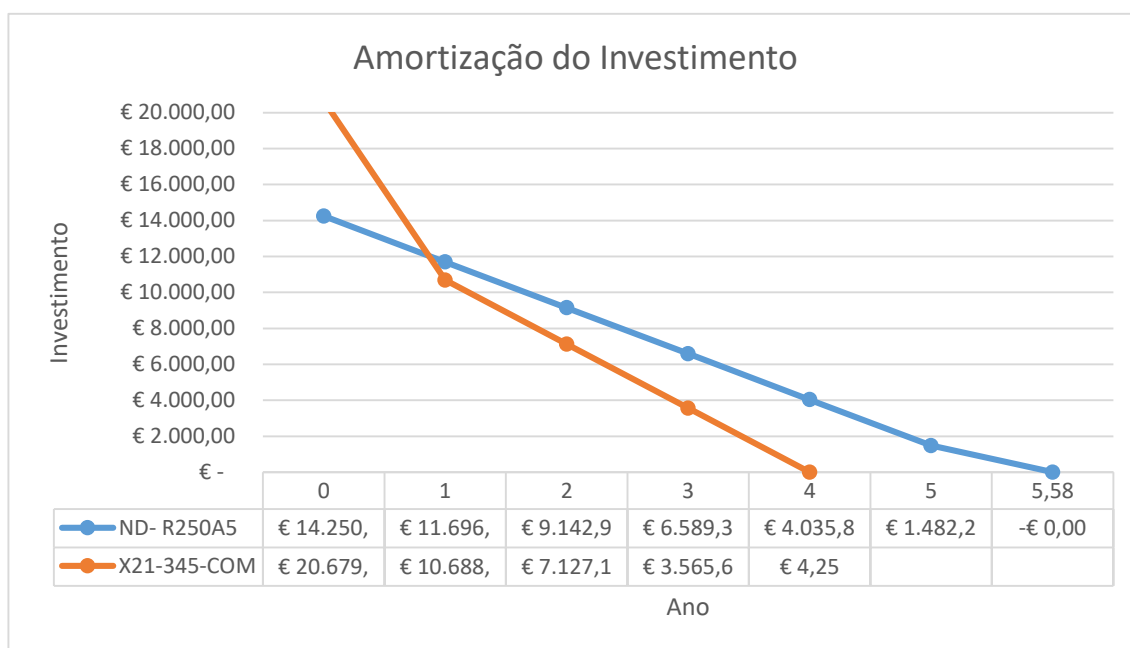


Gráfico 8 - Amortização do investimento em painéis solares. (2020)

Analisando o gráfico 8, observa-se que o investimento dos painéis da marca Sharp será totalmente compensado a partir do terceiro semestre do quinto ano, enquanto que para os coletores da marca SunPower será aproximadamente no quarto ano. Após os períodos de retorno do investimento nos coletores, o valor adquirido com a venda de energia será considerado lucro e a energia gerada para autoconsumo será efetivamente relacionada a redução do valor pago na conta de luz.

O resultado mostra que neste caso de estudo compensa investir em coletores que tenham maior potência e eficiência, mesmo que o investimento na compra dos painéis seja maior.

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Trabalhos futuros

4 Conclusão




4.1 Conclusão



A realização deste trabalho permitiu a compreensão das etapas necessárias para que se consiga calcular a classe energética de um edifício de comércio e serviço, e assim verificar de acordo com a legislação se o edifício é considerado nZEB.

O edifício de estudo é considerado sendo GES e patrimônio antigo, portanto, a implementação de medidas para reduzir o consumo de energia elétrica foi limitada. Um exemplo de medida aplicável, que devido ao edifício ser considerado patrimônio antigo não foi viável, seria a utilização de palas exteriores e arquitetura bioclimática. Todavia, observou-se a importância da escolha de equipamentos de climatização e ventilação, iluminação e materiais isolantes térmicos que proporcionam a redução do consumo de energia elétrica, resultando R_{IEE} de A.

Também pode-se observar em decorrer ao trabalho os procedimentos necessários para implementação da produção de energia elétrica renovável por meio de painéis fotovoltaicos de diferentes potências e eficiências. Além disso, analisou-se os impactos gerados pela produção de energia e o retorno do investimento, onde o painel mais eficiente alterou o rácio da classe energética que era 0,49 para 0,3. A seguir, na tabela 45, é mostrado resumidamente os objetivos e os resultados obtidos.

Tabela 45 – Apresentação dos objetivos e resultados. (2020)

Objetivos	Resultados	Descrição
Entender e aplicar legislação referente ao sistema de certificação energética para um edifício de comércio e serviço.		Principais legislações usadas: -Portaria n.º 17-A/2016 -Portaria n.º 349-D/2013 -Decreto-Lei n.º 79/2006 -Despacho n.º 15793/2013
Realizar simulação dinâmica multizonas do edifício para estimar a carga térmica anual.		Consumos anuais por carga térmica previsto: -Aquecimento: 11066,4 kWh -Arrefecimento: 27045,8 kWh -Iluminação: 26703,2 kWh -Equipamentos: 16524,2 kWh
Aplicar medidas a um edifício de comércio e serviço para conseguir diferentes níveis de consumo energético.		Não foi aplicado medidas para reduzir o consumo energético. Aplicou-se medidas para reduzir o rácio da classe energética.

Objetivos	Resultados	Descrição
Orçamentar o investimento necessário para alcançar a classificação de um edifício de comércio e serviços como nZEB.		Fez-se o orçamento dos investimentos necessário para diminuir o rácio da classe energética, por meio da instalação de painéis fotovoltaicos, tendo um custo unitário de €285,00, marca Sharp, 250 W e €413,58 para SunPower, 345 W.
Verificar o período de retorno do investimento		Investimento em painéis fotovoltaicos: -Marca Sharp, 250 W, retorno em 5 anos e 6 meses; -Marca SunPower, 345 W, retorno em 4 anos.



Símbolo de resultado alcançado.



Símbolo de resultado diferente do esperado.

A oportunidade de fazer um estágio curricular em uma empresa na área de certificação energética proporcionou o primeiro contato internacional com o mercado de trabalho. Além disso ajudou colocar em prática os conhecimentos acadêmicos adquiridos ao longo do período de estudo no ISEP, fortalecendo o interesse em continuar na área de energia.

Como primeiro projeto relacionado ao desempenho energético requisiu um maior esforço para compreensão e implementação dos objetivos deste trabalho, adicionado ao período de adaptação ao isolamento social ocasionado pela pandemia de coronavírus, que trouxe aulas à distância e *home office*, grande parte do projeto.

Para o desenvolvimento do tema foi preciso adquirir conhecimentos na área de construção civil relacionados aos materiais utilizados na construção do edifício, interpretação de desenhos e metodologias usadas para facilitar o desenvolvimento do projeto que, com ajuda da empresa, foi uma tarefa agradável.

A empresa JM Project deu todo o suporte necessário para desenvolver as capacidades técnicas precisas para realizar este trabalho.

Este período de estágio permitiu compreender as etapas necessária para fornecer o certificado da classe energética de um edifício, passando pela determinação dos dados climáticos, das envolventes, entendimento dos requisitos mínimos de acordo com legislação, equipamentos AVAC, realização da simulação dinâmica para obter a carga térmicas do edifício e entre outras etapas, simulando o cotidiano de trabalho dos colaboradores da empresa JM Project.

4.2 Trabalhos Futuros

Na sequência do trabalho realizado, surgem ideias para lhe dar continuidade . Assim, como trabalhos futuros a desenvolver salienta-se:

- Estudar melhorias necessárias para que o edifício obtenha a classe energética A+ e seja considerado NZEB;
- Orçar o custo e o período de retorno do investimento para produção de energia renovável como um todo. Contabilizando o valor do inversor de frequência, manutenção e instalação dos painéis, custo da licença para produzir energia, cabeamento e entre outros custos para implementação da produção de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaico;
- Orçar o custo dos equipamentos AVAC do projeto existente;
- Implementar medidas necessárias para reduzir o consumo de energia anual no edifício de estudo.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 Bibliografia e outras fontes

15793-E/2013, D. n.º (2013) «Despacho n.º 15793-E/2013», *Diário da República*, 2.ª série n.º 234, (3 de dezembro de 2013), pp. 14–25.

15793-J/2013, D. n. . (2013) «Despacho n.º 15793-J/2013», *Diário da República*, (55), pp. 55–57.

15793-K/2013, D. (extrato) n. . (2013) «Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013», *Diário da República*, 2.º série(58), p. 30.

AUTODESK (2020) *Novidades do AutoCAD LT 2020 | Funcionalidades | Autodesk*. Disponível em: <https://www.autodesk.pt/products/autocad-lt/features> (Acedido: 22 de Março de 2020).

Costa, R. J. G. *et al.* (2014) «Reabilitação sustentável de edifícios antigos – Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade», *Revista Engenharia Civil*, 49, pp. 65–80. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30758/1/RCosta_LBraganca_RMateus_JCBezerra_EngCivil.pdf.

Daikin (2019) *Clientes | Daikin*. Disponível em: https://www.daikin.pt/pt_pt/customers.html (Acedido: 31 de Agosto de 2020).

DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia) (2019) *Produção e consumo de energia | Relatório do Estado do Ambiente*. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/content/produção-e-consumo-de-energia> (Acedido: 10 de Janeiro de 2020).

Efeito fotovoltaico (2010). Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~ee97234/efeito_fotovoltaico.htm (Acedido: 22 de Dezembro de 2019).

Gonçalves, H. e Graça, J. M. (2004) *Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal*. doi: 10.1590/S0034-71672006000500016.

Parlamento PE. (2010) «Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios», *Jornal Oficial n.º L 153*, pp. 13–35. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:01:PT:HTML>.

Parlamento PE. (2020) «Reabilitação de edifícios em Portugal para AQS e Universidade do Minho Escola de Engenharia Francisco José Carvalho Marques Integração de painéis solares térmicos na reabilitação de edifícios em Portugal para AQS e aquecimento ambiente».

Paulino (2012) «Ontes térmicas : perdas térmicas lineares , valores por defeito», Universidade de Engenharia do Porto, p.3

Fillon, V. (2011) *Green Office Meudon, edificios com eficiência energética*. Disponível em: <http://www.green-office.fr/en/realisations/meudon/meudon-performance> (Acedido: 30 de Dezembro de 2019).

Gabriel, L. e Vendrame, V. (2017) «Luis Gabriel Viana Vendrame 2017 Instituto Superior de Engenharia do Porto Departamento de Engenharia Mecânica».

Vaz, Jorge, Ferreira, Débora, Luso, Eduarda, Fernandes e Silvia; «Patologia de la construccion, tecnologia de la rehabilitacion y gestion del patrimonio-»; p 1030-1031; D. E. L. (2014)

Gonçalves, H. e Graça, J. M. (2004) *Conceitos bioclimáticos para os edificios em Portugal*. doi: 10.1590/S0034-71672006000500016.

Google Maps (2020). Disponível em: <https://www.google.pt/maps/@41.1261171,-8.6136404,317m/data=!3m1!1e3> (Acedido: 15 de Janeiro de 2020).

Guia SCE – Conceitos e Definições (2020) «Guia SCE – Conceitos e Definições», p. 55.

INE, PORTADA (2019). Disponível em: <https://www.pordata.pt/Municipios/Edificios+concluidos+total+e+por+tipo+de+obra-100-429> (Acedido: 24 de Dezembro de 2019).

INE, PORTADA (2020). Disponível em: <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+el%c3%a9ctrica+per+capita+total+e+por+tipo+de+consumo-1230> (Acedido: 15 de Setembro de 2020).

J. A. Vasconcelos de Paiva (1989) *Temperaturas Exteriores de Projecto e Número de Graus - Dias*. Lisboa. Disponível em: [https://cld.pt/dl/download/ca84f572-8f71-405d-80f0-d4898d343708/Cientes-DSA/Instruções Trabalho Segurança Alimentar/IT 4 - Temperaturas Referencia 02-05-2014.pdf](https://cld.pt/dl/download/ca84f572-8f71-405d-80f0-d4898d343708/Cientes-DSA/Instruções%20Trabalho%20Segurança%20Alimentar/IT%204%20Temperaturas%20Referencia%2002-05-2014.pdf).

JM Project (2017). Disponível em: <http://www.jm-project.com/> (Acedido: 21 de Maio de 2020).

Lamberts, R. (2016) «Desempenho térmico em edificações», Universidade Federal de Santa Catarina, 7o, p. 239

Mateus,(2017) «Estudo Económico da Implementação de Medidas nZEB e ZEB num Edifício de Habitação Multifamiliar», (January 2018), p. 26–29.

Mendes, J. F. *et al.* (2012) «Portugal 2020 e a Integração de Energias Renováveis nos Edifícios», *Ambiente, Energias e Alterações Climáticas – II. Plano Europeu de Eficiência Energética*, pp. 56–68. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.9/1543>.

Miguel Peralta Carreira, L. (2019) «nZEB, da definição à implementação em Portugal Dissertação submetida no Instituto Politécnico de Setúbal». Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/28049/1/verção_final_L.Carreira.1501.pdf.

IEA (2020), Electricity final consumption by sector, Portugal 1990-2018. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/portugal> (Acedido: 16 de Setembro de 2020).

Souza (2000), Princípio de funcionamento do coletor, Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Principio-de-funcionamento-do-coletor-SOUZA-2000_fig3_284264780 (Acedido: 25 de Maio de 2020).

Pereira, A. C. (2002) «Trace 700 Análise termodinâmica de edifícios», Versão 4.1, p. 71.

Pina dos Santos, C. A. e Matias, L. (2006) *laborat{ó}rio nacional de engenharia civil*.

Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro (2013) «Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro», *Diário da República*, (40), pp. 40–73.

Portaria n.º 42/2019 (2019) «Portaria n.º 42/2019», *Diário da República*, 1.ª série — N.º 21 — 30 de janeiro de 2019, pp. 771–772. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/118748852>.

REA (2019) *Emissões de Gases com Efeito de Estufa | Relatório do Estado do Ambiente*. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/content/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa> (Acedido: 31 de Agosto de 2020).

Proença, E. D. R. B. (2007) «A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL - Estado-da-Arte e Perspectivas de Desenvolvimento», *Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial - Lisboa, Portugal*, p. 88. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487931/Tese - A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal.pdf>.

Ashrae Handbook, R. C. (2005) «F08 SI: Thermal Comfort»; Capítulo 8; p.12.

Ritchie, H. e Roser, M. (2015) *Energy, Our World* Disponível em . <https://ourworldindata.org/energy> (Acedido: 21 de Maio de 2020).

Roser, M., Ritchie, H. e Ortiz-Ospina, E. (2013) *World population growth, Our World in Data*. Disponível em :<https://ourworldindata.org/world-population-growth> .(Acedido: 21 de Maio de 2020).

Santos, C. A. P. e Matias, L. (2009) «Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios.», p. 170. doi: ITE 54.

SCE (2019) *Consumidores - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios*. Disponível em: <https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios-3/consumidores/> (Acedido: 24 de Dezembro de 2019).

Silva, D. C. M. da (sem data) *Coletor solar*. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/coletor-solar.htm> (Acedido: 7 de Agosto de 2020).

Sociedade de Engenharia, P. e P. (2017) *SE2P - Projectos*. Disponível em: http://www.se2p.pt/web1/zp/tpl1/id1/portfolio/ficha.asp?P_cod_portfolio=229 (Acedido: 22 de Dezembro de 2019).

Statistics (sem data). Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/?country=PRT&isISO=true>. [Acedido: 14-Nov-2019]. (Acedido: 14 de Novembro de 2019).

Sun Power (2020) *Rastreador solar de um eixo - TO TRACKER 250 kW - Sunpower - para usina de energia fotovoltaica*. Disponível em: <https://www.archiexpo.com/pt/prod/sunpower/product-54500-501032.html> (Acedido: 25 de Maio de 2020).

TRACE 700 | Trane Commercial (2019). Disponível em: <https://www.trane.com/commercial/north-america/us/en/products-systems/design-and-analysis-tools/analysis-tools/trace-700.html> (Acedido: 26 de Maio de 2020).

Veiga, A. S. C. (2015) «Metodologias para a classificação de edifícios de balanço de energia nulo (NZEB) aplicadas a um edifício residencial», p. 1–153.

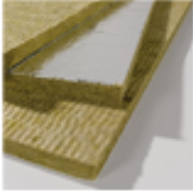
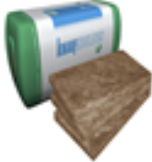

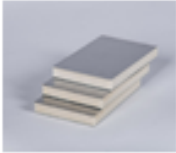

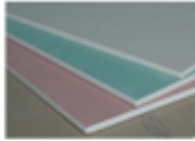

ANEXOS

- 6.1 Anexo 1 – Guia de equipamentos AVAC e materiais de construção
- 6.2 Anexo 2 – Certificado energético de um edifício de comércio e serviço
- 6.3 Anexo 3 – Folha de cálculo LNEG
- 6.4 Anexo 4 – Identificação de cada ambiente e área térmica total
- 6.5 Anexo 5 – Planta arquitetônica
- 6.6 Anexo 6 – Envolventes opacas interiores e exteriores
- 6.7 Anexo 7 – Projeto AVAC
- 6.8 Anexo 8 – Iluminação do projeto e de referência
- 6.9 Anexo 9 – Dados técnicos do módulo fotovoltaico Sharp ND-R250A5
- 6.10 Anexo 10 – Dados técnicos do módulo fotovoltaico SunPower SPR-X21-345-COM

6 Anexo

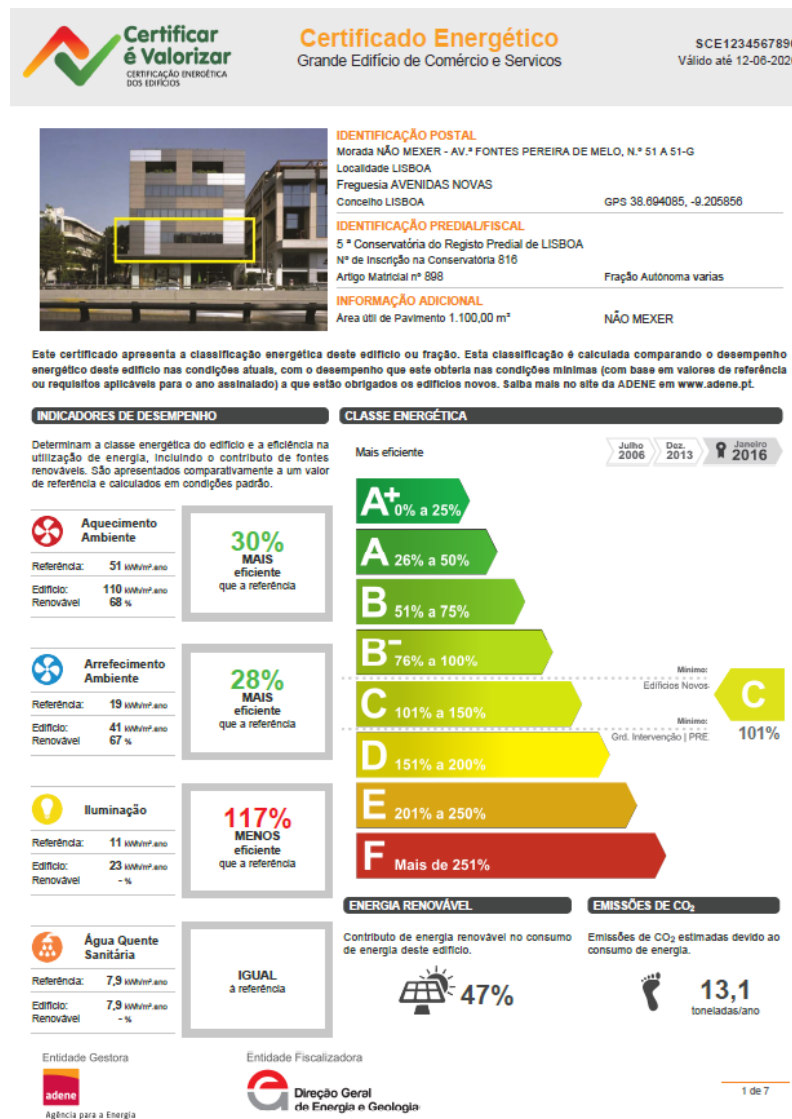
6.1 Anexo 1 – Guia de equipamentos AVAC e materiais de construção

FUNÇÃO	UNIDADE	TIPO	APLICAÇÃO	FOTO DO EQUIPAMENTO
Climatização	Un. Interior	Bomba de calor	Aquecimento do ar ou água	
		Slit	Arrefecimento ou aquecimento do ar	
		Cassete	Arrefecimento ou aquecimento do ar	
	Un. Exterior	Variable refrigerant flow (VRV)	Arrefecimento ou aquecimento do ar	
		Chiller	Arrefecimento do ar	
Climatização e Ventilação	Un. Exterior	Roof Top (RTU)	Arrefecimento ou aquecimento do ar, condicionamento e circulação de ar	
Ventilação		Unidade de tratamento de ar novo (UTAN)	Condicionamento e circulação de ar	
Ventilação		Unidade de tratamento (UTA)	Condicionamento e circulação de ar	

CATEGORIA	MATERIAL	DENSIDADE (kg/m ³)	ESPESSURA (mm)	FOTO DO MATERIAL
Isolamento Térmico	Lã de Rocha	25 - 35	50 a 120	
	Lã Mineral (MW)	35 - 100	-	
	Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB)	90 - 140	20 a 100	
	Espuma rígida de poliisocianurato/ poliuretano (PIR ou PUR)	20 - 50	-	
	Poliestireno Expandido (EPS)	10 - 20	10 a 100	
	Poliestireno Extrudido (XPS)	25 -40	30 a 100	
Revestimento	Gesso acartonado	750 - 1000	6 a 18	
	<i>Oriented Strand Board (OSB)</i>	750 - 870	9 a 30	

CATEGORIA	MATERIAL	DENSIDADE (kg/m ³)	ESPESSURA (mm)	FOTO DO MATERIAL
Alvenaria	Tijolo Cerâmica	1000 - 1200	40, 70, 90, 110, 150, 190, 200 até 300	
	Bloco Térmico		150, 200, 250 e 300	
Cobertura	Sub-Telha	-	0,87	
	Chapa de Zinco	-	0,3 a 1,96	
Estrutura	Laje Aligeirada	-	100 a 200	
	<i>Light Steel Framing (LSF)</i>	-	-	
Pavimento	Massame de Betão	2300 - 2600	100 a 200	

6.2 Anexo 2 - Certificado energético de edifício de comércio e serviço



Entidade Gestora



Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral de Energia e Geologia

1 de 7



Certificado Energético
Grande Edifício de Comércio e Serviços
SCE1234567890



DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

Conjunto de frações destinadas a restauração e escritórios inseridos no complexo comercial Forum Retail, situada no concelho de Lisboa. As frações enquadram-se como Grandes Edifícios de Serviços, apresentam uma inércia térmica forte e são constituídas predominantemente pela tipologia "Escritório" e "Pronto a comer".

As frações desenvolvem-se ao longo de um piso, possuindo fachadas exteriores orientadas segundo as direções Norte e Oeste, dispondo esta última dos vãos envidraçados. Na envolvente das frações não existem obstruções de sombreamento.

O tratamento térmico dos vários espaços é garantido através de um sistema térmico de produção de água arrefecida e aquecida, composto por um "Chiller" do tipo "bomba de calor" com condensadores arrefecidos a ar, uma Unidade de Tratamento de Ar e seis unidades ventiloconvectores. Para a remoção de ar viciado encontram-se instalados Ventiladores de Extração.

A iluminação interior é composta maioritariamente por lâmpadas fluorescentes tubulares e ledetos metálicos.

A produção de Águas Quentes Sanitárias é assegurada por uma caldeira a gás natural.

CONSUMOS ESTIMADOS POR FORMA DE ENERGIA

Representa uma previsão do consumo das diversas formas de energia utilizadas no edifício. Este consumo é estimado para um ano, tendo em consideração condições padrão no que respeita à utilização do edifício e dos seus sistemas técnicos. Caso não existam sistemas de climatização na previsão do consumo, considera-se a existência de um sistema por defeito.



CONSUMOS ESTIMADOS POR TIPOLOGIA


O gráfico apresenta uma previsão do consumo de energia para a(s) tipologia(s) do edifício com maior consumo, desagregado por diversos usos, tendo sido consideradas condições padrão no que respeita à utilização do mesmo e seus sistemas técnicos. Caso não existam sistemas de climatização na previsão do consumo, considera-se a existência de um sistema por defeito.

Principais Tipologias	Área [m ²]	Consumos [kWh/ano]	Distribuição de Consumos por Uso [%]	Legenda					
Escritórios	795	90.500	<table border="1"> <tr> <td>31</td> <td>11</td> <td>23</td> <td>12</td> <td>23</td> </tr> </table>	31	11	23	12	23	<ul style="list-style-type: none"> Aquecimento Arrefecimento Iluminação Água Quente Sanitária Outros
31	11	23	12	23					
Restaurantes	120	24.100	<table border="1"> <tr> <td>18</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>18</td> <td>52</td> </tr> </table>	18	10	2	18	52	
18	10	2	18	52					
Estacionamento	185	500	<table border="1"> <tr> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	100					
100									

Entidade Gestora
adene
Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
Direção Geral de Energia e Geologia

2 de 7



**Certificar
é Valorizar**
CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA
DOS EDIFÍCIOS


Certificado Energético
Grande Edifício de Comércio e Serviços
SCE1234567890



PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

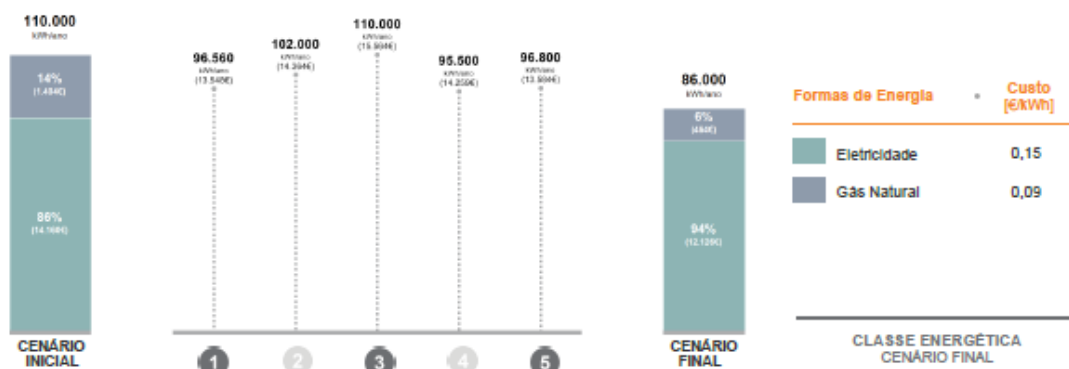
As medidas propostas foram identificadas pelo Perito Qualificado e têm como objectivo a melhoria do desempenho energético do edifício. A implementação destas medidas, para além de reduzir a fatura energética anual, poderá contribuir para uma melhoria na classificação energética.


Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medida)
1		Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante em paredes exteriores	13.500€	até 2.000€	até 2.000€
2		Substituição de caixilharia existente por uma nova caixilharia e melhoria das características solares dos vidros	15.000€	até 1.300€	até 1.300€
3		Instalação de sistema solar térmico Individual	5.000€	até 1.000€	até 1.000€
4		Substituição do equipamento atual e/ou instalação de bomba de calor mais eficiente para climatização	20.000€	até 2.200€	até 2.200€
5		Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED's para iluminação	10.000€	até 2.000€	até 2.000€


 Saiba mais sobre as medidas de melhoria nas restantes páginas do certificado.

CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

O gráfico representa o Impacte no consumo de energia e custo associado. A desagregação apresentada, reflete o Impacte Individual de cada medida de melhoria, bem como de um conjunto de medidas seleccionadas pelo Perito Qualificado.



 Medidas de melhoria incluídas na avaliação do cenário final.

 Medidas de melhoria não incluídas na avaliação do cenário final.

Entidade Gestora

Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora

Direção Geral
de Energia e Geologia

3 de 7



Certificado Energético
Grande Edifício de Comércio e Serviços
SCE1234567890



RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Dada a natureza e diversidade dos edifícios de comércio e serviços, estes apresentam um potencial de melhoria e otimização muito variado. Pese embora este facto, os sistemas técnicos responsáveis pelo aquecimento e arrefecimento, bem como pela produção de águas quentes sanitárias, são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. A implementação destas ações em articulação com um Técnico de Instalação e Manutenção (TIM), contribuem para manter esses sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.

DEFINIÇÕES

Energia Renovável - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

Emissões CO₂ - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

Valores de Referência - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

Condições Padrão - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior compreendida entre 20°C e 25°C.

Plano de Racionalização Energética (PRE) - Plano para a implementação de um conjunto de medidas exequíveis e economicamente viáveis, identificadas através de uma avaliação energética. A obrigação de implementação deste plano, é determinada de acordo com um conjunto de critérios e apenas aplicável aos Grandes Edifícios de Serviços.

INFORMAÇÃO ADICIONAL

Tipo de Certificado Certificado Novo

Morada Alternativa NÃO MEXER - Av.ª Fontes Pereira de Melo, n.º 51 a 51-G,

Nome do PQ PERITOS DE TESTES

Número do PQ QAPQ00099

Data de Emissão 12-06-2018

Nome do TIM ADENE 98

NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fracção, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fracção podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

Entidade Gestora



Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral
de Energia e Geologia

4 de 7



Certificado Energético

Grande Edifício de Comércio e Serviços
SCE1234567890



Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fracção. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES			DADOS CLIMÁTICOS	
Sigla	Descrição	Valor / Referência	Descrição	Valor
IEE	Indicador de Eficiência Energética (kWh _{EP} /m ² .ano)	125,8 / 124,6	Altitude	10 m
IEEs	Indicador de Eficiência Energética de Consumos do tipo S (kWh _{EP} /m ² .ano)	89,5 / 88,3	Graus-dia (18° C)	903
IEEt	Indicador de Eficiência Energética de Consumos do tipo T (kWh _{EP} /m ² .ano)	36,3 / 36,3	Temperatura média exterior (I / V)	11,2 / 22,7 °C
IEEren	Indicador de Eficiência Energética Renovável (kWh _{EP} /m ² .ano)	0,0	Zona Climática de Inverno	I1
Eren, ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	93.164,0	Zona Climática de verão	V3

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total [m ²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m ² .°C]		
		Solução	Referência	Máximo
Paredes				
Parede exterior em alvenaria simples de tijolo furado de 0,15 m, sem isolamento térmico e com revestimento aderente em ambas as faces, no interior em placas de gesso cartonado e no exterior em cerâmica. Espessura total da parede 0,24 m.	120,0	1,10	0,70	0,70
Parede exterior em alvenaria dupla de tijolo furado 0,11 m + 0,15 m e espaço de ar de 0,06 m, com isolamento térmico em EPS, com massa volumica entre 15 e 20 Kg/m ³ , a preencher a totalidade do espaço de ar, revestimento aderente pelo exterior em reboco tradicional e pelo interior estuque projetado. Espessura total da parede 0,38 m	20,0	0,42	0,70	0,70
Coberturas				
Cobertura horizontal Interior para desvão, sem isolamento térmico, em estrutura de laje maciça pesada, revestida pelo interior em estuque.	100,0	1,40	0,50	-

* Menores valores representam soluções mais eficientes.

Medida de Melhoria 1 Aplicação de Isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante em paredes exteriores

Aplicação de Isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolamento em paredes exteriores.

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Entidade Gestora
adene
Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
Direção Geral de Energia e Geologia

5 de 7



**Certificar
é Valorizar**
CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA
DOS EDIFÍCIOS

Certificado Energético
Grande Edifício de Comércio e Serviços
SCE1234567890



Descrição dos Elementos Identificados	Área Total [m ²]	Coef. de Transmissão Térmica*[W/m ² .°C]		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Vão simples inseridos nas fachadas Norte e Oeste, em caixilharia metálica de correr com corte térmico, com vidro duplo de 5 mm + incolor de 6 mm, com lâmina de ar de 16 mm. Proteção solar exterior com persianas de régua plásticas de cor clara. Proteção solar exterior com persianas de régua plásticas de cor clara.	100,0	3,50	4,30	0,70	0,70

* Menores valores representam soluções mais eficientes.

Medida de Melhoria 2 Substituição de caixilharia existente por uma nova caixilharia e melhoria das características solares dos vidros

SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
Chiller O sistema de AVAC é constituído por um "Chiller" do tipo "bomba de calor" com condensadores arrefecidos a ar, uma Unidade de Tratamento de Ar e seis unidades ventiloconvectores destinando-se à climatização da área de escritórios e de restauração. A distribuição de água fria e água quente é efectuada por sistema a 4 tubos. O equipamento foi instalado em 2002. De acordo com informação disponibilizada o equipamento tem sido sujeito a operações de manutenção regulares, sendo o último registo datado de Junho de 2013.	⚙️	32.400,00	420,00	3,11	3,00
Sistema do tipo Chiller, composto por 6 unidades iguais, cada uma delas com uma potência para aquecimento de 70,00 kW e para arrefecimento de 60,00 kW. O sistema apresenta, ainda, um contributo de energia renovável - Eren - de 93164,00 kWh.	⚙️	12.400,00	360,00	3,00	2,90

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
Caldelra A produção de água quente sanitária é efectuada através de uma caldeira de chão atmosférica, alimentada a gás natural. Dispõe de acumulação de água quente sanitária num depósito de 300 litros e isolamento em espuma de poliuretano de alta densidade com 50mm de espessura. A acumulação é efectuada com recurso a um permutador de calor, aliado a um sensor de caudal e a um sensor de temperatura. As redes de tubagem de distribuição de AQS são isoladas termicamente com espuma elastomérica com 25mm de espessura. A caldeira foi instalada e colocada em funcionamento em 2012, encontrando-se em bom estado de conservação.	⚙️	15.600,00	30,00	1,09	0,89
Sistema do tipo Caldeira, composto por 1 unidade, com uma potência para águas quentes sanitárias de 30,00 kW.					

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Entidade Gestora

Agência para a Energia


Entidade Fiscalizadora
 **Direção Geral
de Energia e Geologia**

6 de 7



Certificado Energético
Grande Edifício de Comércio e Serviços
SCE1234567890



Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Tipologia	Caudal de Ar [m³/h]	
			Insuflação*	Extração
Ventilação Mecânica				
A ventilação processa-se de forma mecânica. As condutas de ventilação asseguram o escoamento de ar de admissão e exaustão. Os vãos envidraçados, face ao seu modo de abertura não permitem efetuar arrefecimento nocturno.		Escritórios	15,00	15,00
		Restaurantes	5,00	5,00
		Estacionamento	4,00	4,00

*Respetante apenas a caudal de ar novo

Medida de Melhoria 3 Instalação de sistema solar térmico individual

Medida de Melhoria 4 Substituição do equipamento atual e/ou instalação de bomba de calor mais eficiente para climatização

Medida de Melhoria 5 Substituição das lâmpadas atuais e/ou instalação de LED's para iluminação

Legenda:

Uso

 Aquecimento Ambiente	 Arrefecimento Ambiente	 Água Quente Sanitária	 Iluminação	 Outros Usos (Eren, Ext)	 Ventilação e Extração
 Ascensores	 Escadas Mecânicas e Tapetes Rolantes	 Sistemas de Regulação, Controlo e Gestão Técnica			

Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora



7 de 7

AFIXAÇÃO DO CERTIFICADO ENERGÉTICO

VERSÕES ALTERNATIVAS OU COMPLEMENTARES

Nota de apoio à utilização da informação nesta página

De acordo com o estabelecido no Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto, os edifícios ou frações de comércio e serviços devem afixar os certificados energéticos em posição visível e de destaque. Esta obrigação recal, tipicamente, sobre edifícios que apresentem uma área útil de pavimento superior a 500m², ou, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250m² e refere-se em concreto à afixação da 1ª página do certificado.

Para além deste dever, a afixação do certificado energético demonstra um compromisso e preocupação com aspetos relacionados com o desempenho energético dos edifícios. Permite igualmente dar a conhecer aos utilizadores do edifício, o desempenho energético que este apresenta.

Atendendo à possibilidade de alguns edifícios apresentarem constrangimentos na afixação da 1ª página do certificado, quer pela sua dimensão em A4, quer pela inexistência de um local que o permita fazer de uma forma visível e destacada, foram criadas versões alternativas.

As versões alternativas aqui apresentadas, podem ser usadas como alternativa ou complemento da 1ª página do certificado energético. A escolha do modelo a utilizar fica ao critério do proprietário, podendo este utilizar qualquer uma das versões apresentadas.

O layout desta página encontra-se preparado para dar resposta à impressão sobre papel autocolante. Para esse efeito, poderá ser usado qualquer papel A4 que apresente uma configuração de 4 etiquetas por página (etiquetas com 105mm x 148,5mm).

Em algumas circunstâncias, poderá ser especialmente relevante a compatibilidade entre o suporte onde a etiqueta será afixada e o tipo de papel escolhido, bem como a exposição que o mesmo terá ao exterior.



Entidade Gestora

 Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
 Direção Geral
 de Energia e Geologia



Entidade Gestora

 Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
 Direção Geral
 de Energia e Geologia

6.3 Anexo 3 - Folha de cálculo LNEG


Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica



versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

i



i
preparar ficheiro

i

Zona climática

NUTS 3: Grande Lisboa

Latitude: 38,9 °N (nominal)

Longitude: 9,2 °W (nominal)

Altitude: 109 m (referência)

Local específico

Município: Sintra

i
 Altitude: m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
i Estação de aquecimento		
Período:	5,3	5,4 meses
T média:	10,8	10,7 °C
Graus-dia:	1071	1131 °C
i Estação de arrefecimento		
T média:	21,7	21,4 °C

Zonas de verão e inverno

V 2	I 1
-----	-----

6.4 Anexo 4 - Identificação de cada ambiente e área térmica total

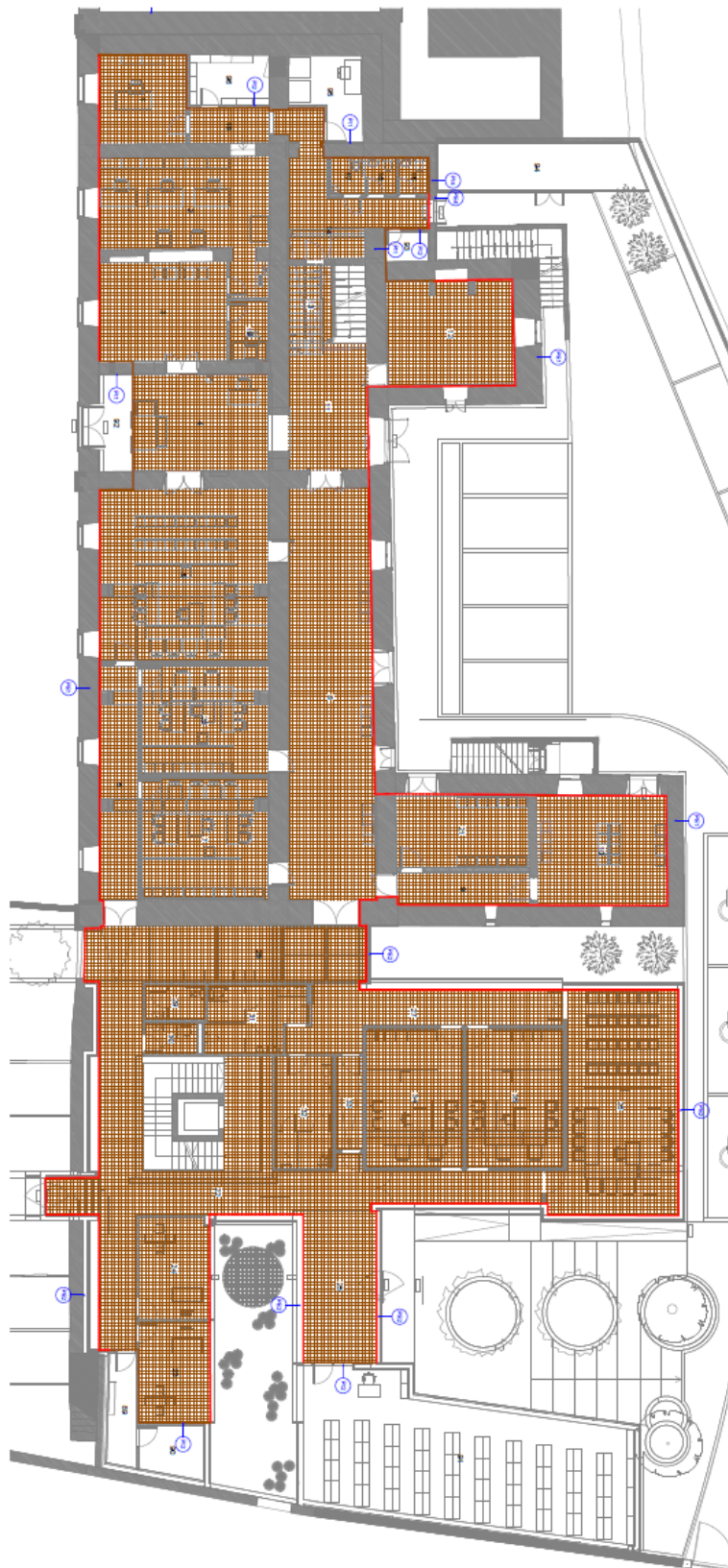
Espaços	Área (m ²)	Pé direito (m)	Volume (m ³)
P0 - 1 - Gabinete da secretária	16,66	3,60	59,96
P0 - 2 - Gabinete de atendimento	37,01	3,30	122,15
P0 - 3 - Gabinete de espera	26,83	3,50	93,89
P0 - 4 – Átrio	27,88	3,50	97,57
P0 - 5 - Gabinete de conferência	61,57	3,55	218,59
P0 - 6 - Percurso privado	18,44	3,50	64,53
P0 - 7 - Gabinete de conferencia	32,51	3,55	115,41
P0 - 8 - Zona de espera	74,27	3,30	245,10
P0 - 9 - Hall publico	9,15	2,80	25,63
P0 - 10 – Gabinete	30,47	2,80	85,32
P0 - 11 – Átrio	21,47	3,30	70,84
P0 - 12 – Gabinete	28,04	3,15	88,34
P0 - 13 – Escadas	7,25	3,30	23,91
P0 - 14 – Hall	21,70	3,25	70,52
P0 - 15 - I.S	2,40	3,60	8,62
P0 - 16 - I.S	2,42	3,60	8,72
P0 - 17 - I.S	2,72	3,60	9,80
P0 - 18 – Hall	5,91	3,60	21,26
P0 - 19 - Gabinete de vídeo conferencia	5,04	3,55	17,91
P0 - 20 – Gabinete	28,83	3,55	102,35
P0 - 21 – Sala	20,54	2,80	57,52
P0 - 22 - Hall privado	89,07	2,70	240,49
P0 - 23 - Gabinete	15,43	2,95	45,53
P0 - 24 - Gabinete	15,29	2,95	45,11
P0 - 25 – Átrio	23,74	2,70	64,11
P0 - 26 - Gabinete de reuniões	55,33	2,80	154,92
P0 - 27 - Hall privado	23,80	2,80	66,63
P0 - 28 – Hall	25,92	2,85	73,88
P0 - 29 - I.S	4,36	2,70	11,76
P0 - 30 - I.S	3,34	2,70	9,01
P0 - 31 - I.S	13,23	2,85	37,71
P0 - 32 - I.S	13,82	2,85	39,38
P0 - 33 - Hall privado	5,18	2,70	13,99
P0 - 34 – Gabinete	28,44	3,35	95,28
P0 - 35 – Gabinete	28,44	3,35	95,28
P1 - 36 - Unidade de processos	90,39	3,30	298,27
P1 - 37 - Unidade de processos	86,46	3,30	285,33
P1 - 38 – Gabinete	30,80	3,30	101,64
P1 - 39 - Gabinete de reunião	29,20	3,30	96,35
P1 - 40 – Hall	27,32	3,30	90,17

Espaços	Área (m ²)	Pé direito (m)	Volume (m ³)
P1 - 41 – Gabinete	18,21	3,30	60,10
P1 - 42 – Gabinete	12,91	2,80	36,16
P1 - 43 – Gabinete	12,55	2,80	35,13
P1 - 44 – Gabinete	13,02	2,80	36,46
P1 - 45 – Gabinete	16,99	2,80	47,56
P1 - 46 – Hall	18,04	2,80	50,52
P1 - 47 – Gabinete	13,24	3,30	43,70
P1 - 48 – Gabinete	17,02	3,30	56,15
P1 - 49 – Gabinete	14,73	3,30	48,61
P1 - 50 – Gabinete	14,27	3,30	47,10
P1 - 51 - Gabinete de apoio	18,30	3,30	60,38
P1 - 52 – Copa	32,20	3,15	101,44
P1 - 53 – Escadas	23,90	4,38	104,70
P1 - 54 – Hall	24,53	3,25	79,71
P1 - 55 - I.S	6,76	3,25	21,98
P1 - 56 - I.S	5,99	3,25	19,47
P1 - 57 – Hall	21,85	3,30	72,11
P1 - 58 - I.S	4,21	3,08	12,98
P1 - 59 – Escadas	13,24	3,80	50,31
P1 - 60 – Hall	23,67	3,08	72,92
P1 - 61 - I.S	3,63	3,08	11,17
P2 - 62 – Gabinete	17,10	2,50	42,74
P2 - 63 – Gabinete	14,61	2,50	36,53
P2 - 64 – Gabinete	14,61	2,50	36,52
P2 - 65 – Gabinete	14,61	2,50	36,51
P2 - 66 – Gabinete	14,60	2,50	36,50
P2 - 67 – Gabinete	14,60	2,50	36,49
P2 - 68 – Gabinete	14,59	2,50	36,48
P2 - 69 – Gabinete	14,59	2,50	36,47
P2 - 70 – Gabinete	14,58	2,50	36,45
P2 - 71 – Gabinete	17,60	2,50	44,00
P2 - 72 – Gabinete	16,95	2,50	42,38
P2 - 73 – Gabinete	15,03	2,50	37,58
P2 - 74 – Gabinete	14,94	2,50	37,35
P2 - 75 – Gabinete	14,85	2,50	37,12
P2 - 76 – Gabinete	14,75	2,50	36,88
P2 - 77 – Gabinete	14,66	2,50	36,65
P2 - 78 – Gabinete	14,53	2,50	36,32
P2 - 79 – Gabinete	14,34	2,50	35,84
P2 - 80 - I.S	2,95	2,70	7,96
P2 - 81 – Escadas	18,67	2,82	52,66
P2 - 82 - I.S	3,49	2,70	9,44
P2 - 83 - I.S	4,21	2,70	11,38

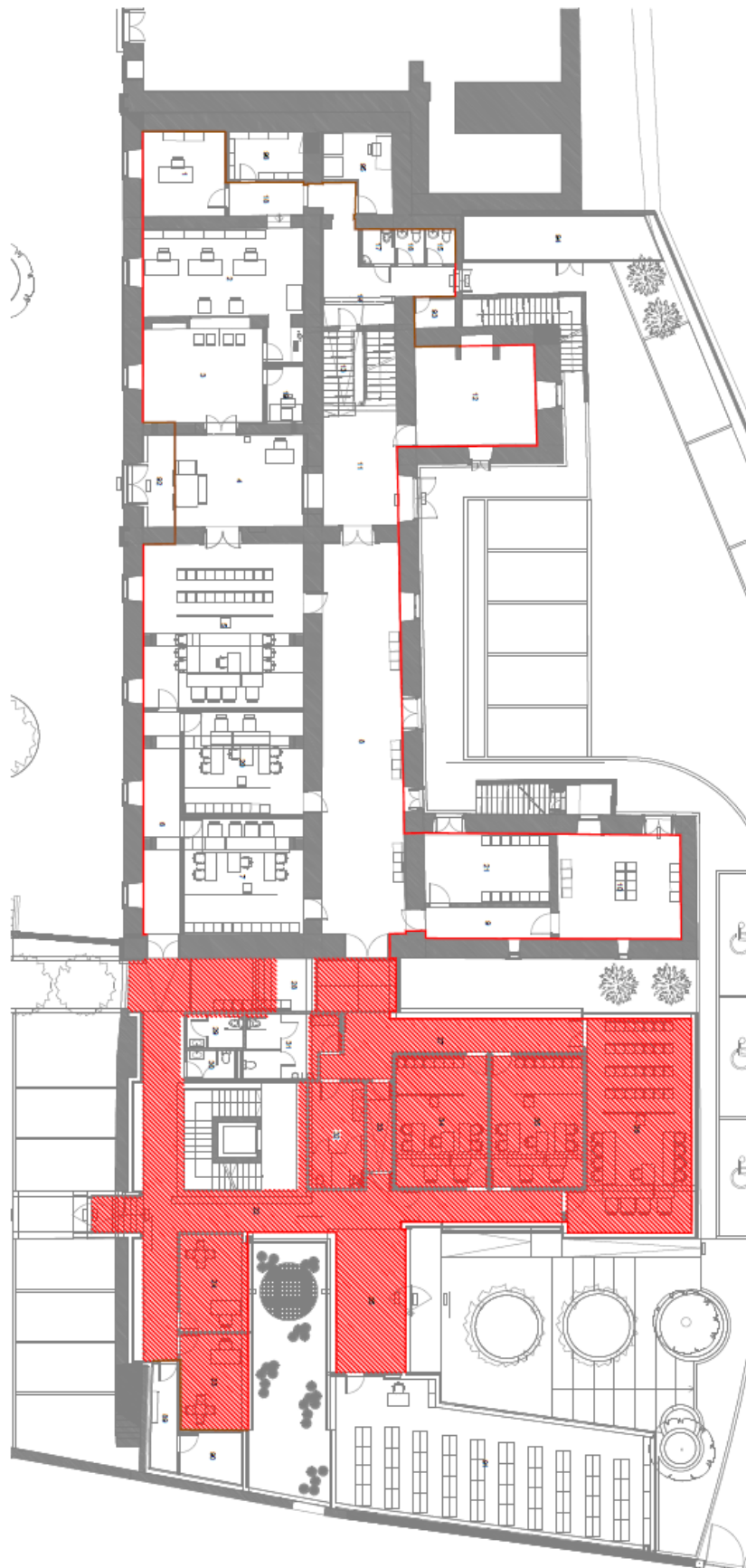
Espaços	Área (m ²)	Pé direito (m)	Volume (m ³)
P2 - 84 – Hall	22,41	2,70	60,51
P2 - 85 - I.S	3,87	2,70	10,46
P2 - 86 – Escadas	13,23	4,80	63,48
P2 - 97 – Hall	51,89	2,70	140,09
P2 - 87 – Bastidor	4,32	2,70	11,66
P2 - 88 – Bastidor	6,87	2,06	14,15
P0 - 89 – Área técnica	6,62	2,70	17,87
P0 - 90 – Bastidor	6,79	2,70	18,33
P0 - 91 - Sala de arquivos	88,01	3,05	268,43
P0 - 92 - Ante câmara	6,69	3,50	23,43
P0 - 93 – Deposito	2,72	3,60	9,81
P0 - 94 - Casa das maquinas	19,84	3,00	59,53
P0 - 95 – Bastidor	10,62	3,60	38,23
P0 - 96 – Economato	8,47	3,60	30,49
Área Térmica Total (m²)	1812,22		
Área Pavimento Total (m²)	1973,17		

6.5 Anexo 5 – Planta arquitetônica

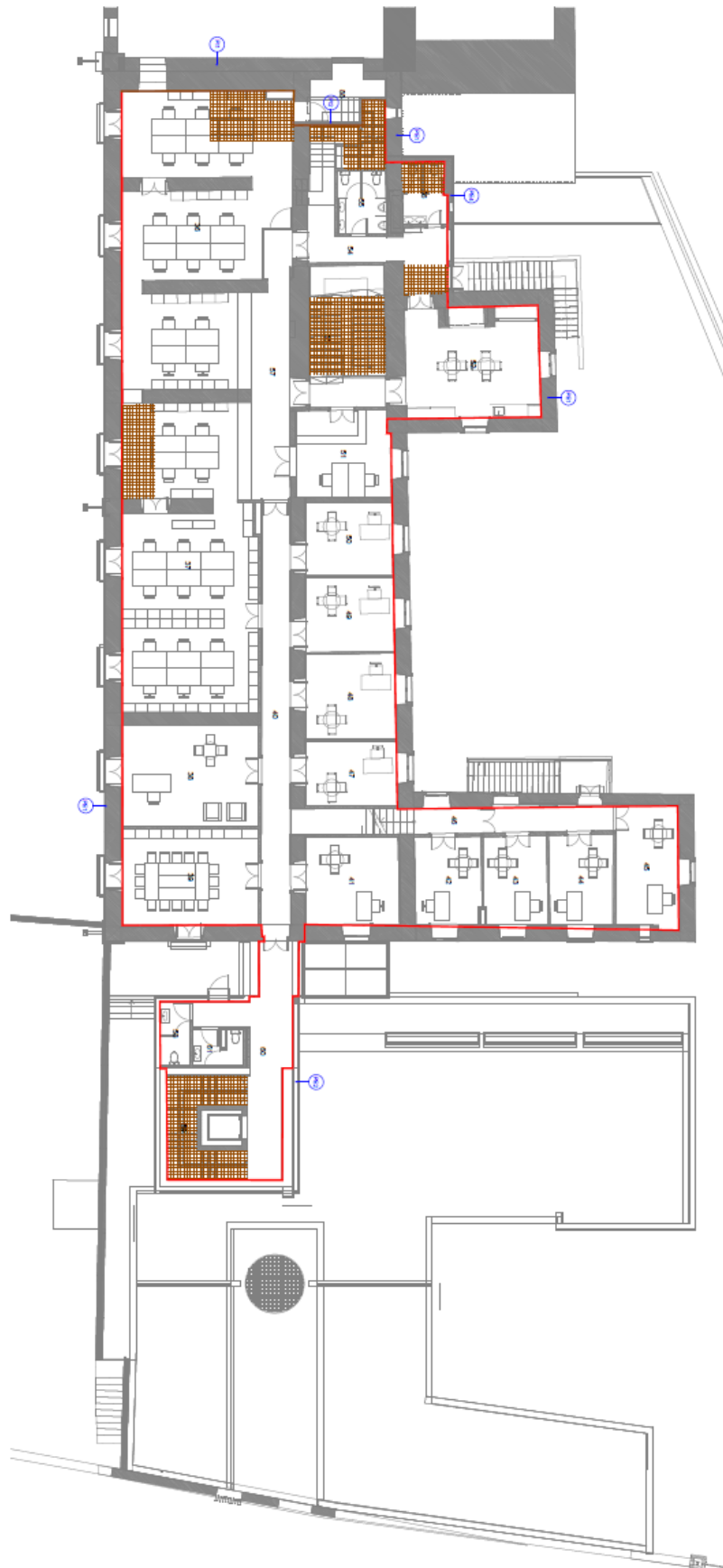
Planta Baixa / Piso 0 / Determinação da envolvente pavimento e opaca vertical/ Identificação dos elementos construtivos.



Planta Baixa / Piso 0 / Determinação da envolvente coberta.



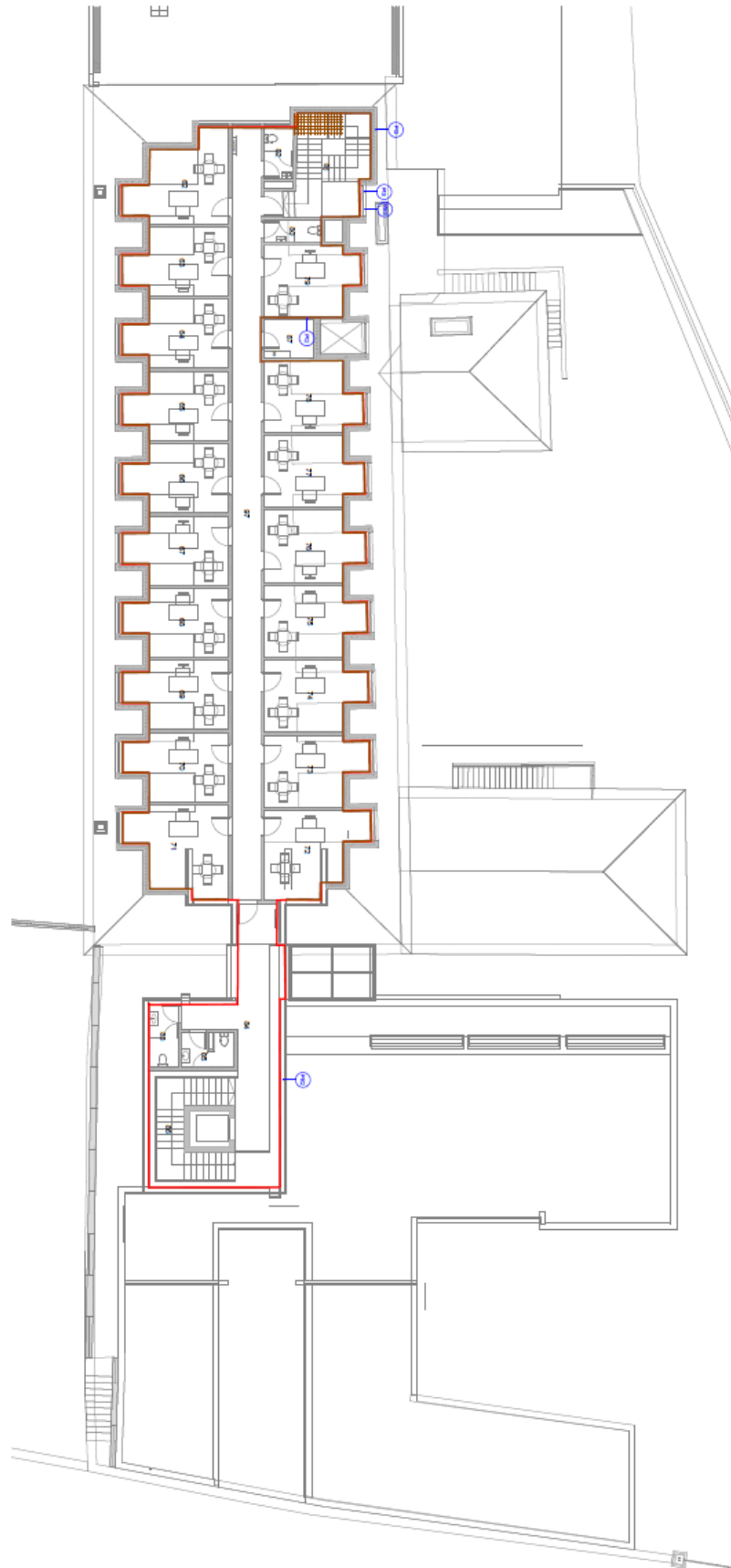
Planta Baixa / Piso 1 / Determinação da envolvente pavimento e opaca vertical / Identificação dos elementos construtivos.



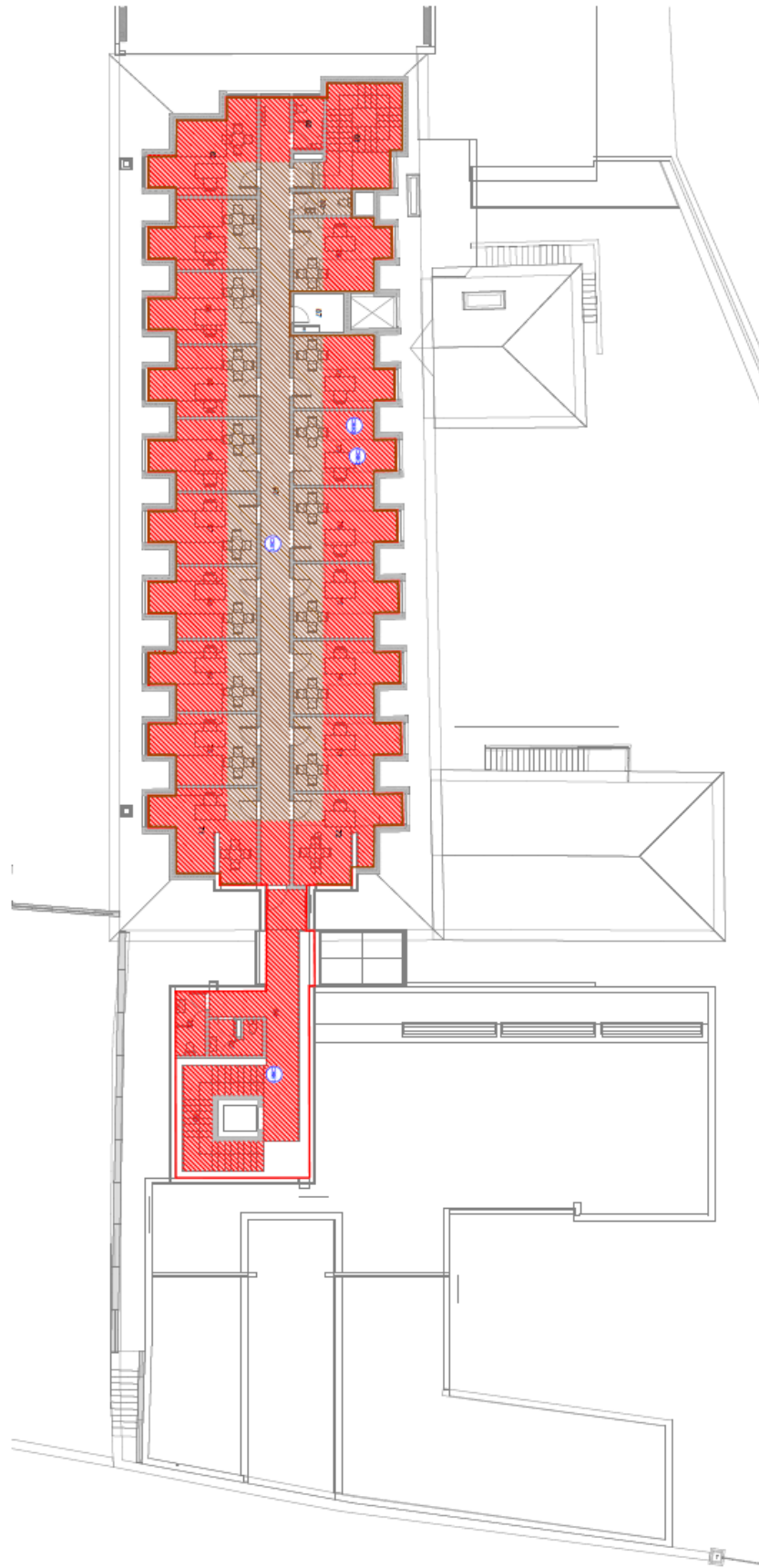
Planta Baixa / Piso 1 / Determinação da envolvente cobertura / Identificação dos elementos construtivos.



Planta Baixa / Piso 2 / Determinação da envolvente pavimento e opaca vertical / Identificação dos elementos construtivos.



Planta Baixa / Piso 2 / Determinação da envolvente cobertura / Identificação dos elementos construtivos.



6.6 Anexo 6 – Envolventes opacas interiores e exteriores

Parede exterior 2 (PE2)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Reboco	0,02	1,3	0,02
Bloco térmico	0,2		0,90
Poliestireno expandido moldado (EPS)	0,08	0,042	1,90
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,33	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica Uref = Umáx (W/m ² .°C)	0,7	Cumpre	

Parede exterior 3 (PE3)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Lã de rocha	0,08	0,04	2,00
Caixa de ar	0,1	-	0,18
Painéis de lamelas longas orientadas (OSB)	0,018	0,13	0,14
Chapa de Zinco	0,02	-	-
Rse	-	-	-
Rsi	-	-	0,26
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,38	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica Uref = Umáx (W/m ² .°C)	0,7	Cumpre	

Parede exterior 4 (PE4)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Lã de rocha	0,06	0,04	1,50
Alvenaria existente	0,2	-	0,57
Reboco	0,02	1,3	0,02
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de trans/missão térmica U (W/m ² .°C)	0,43	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica Uref = Umáx (W/m ² .°C)	0,7	Cumpre	

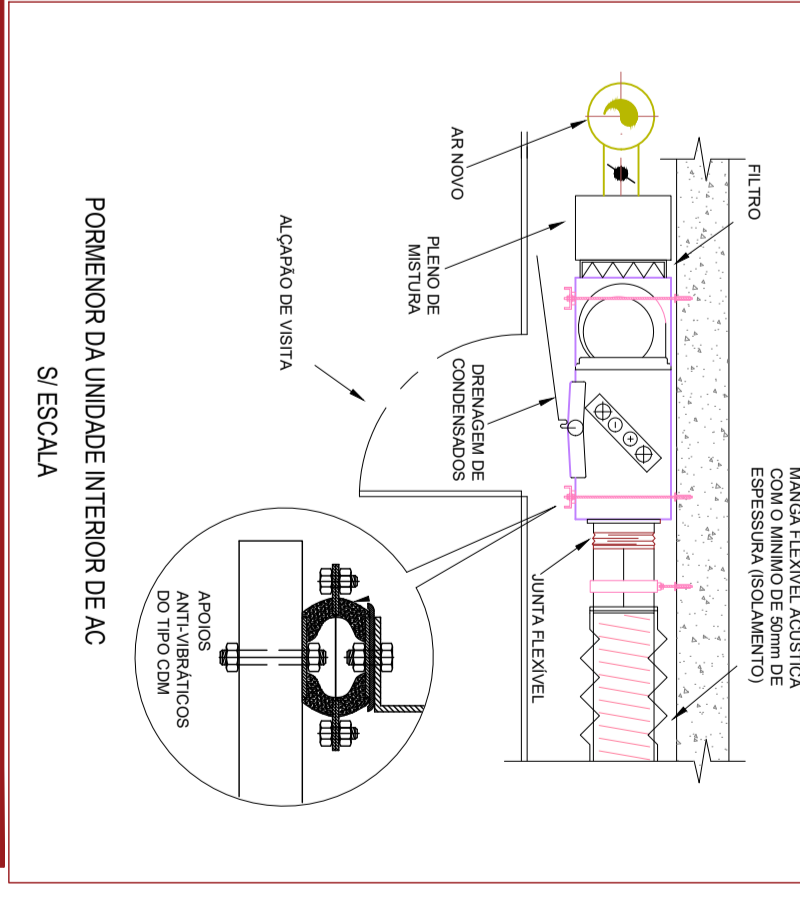
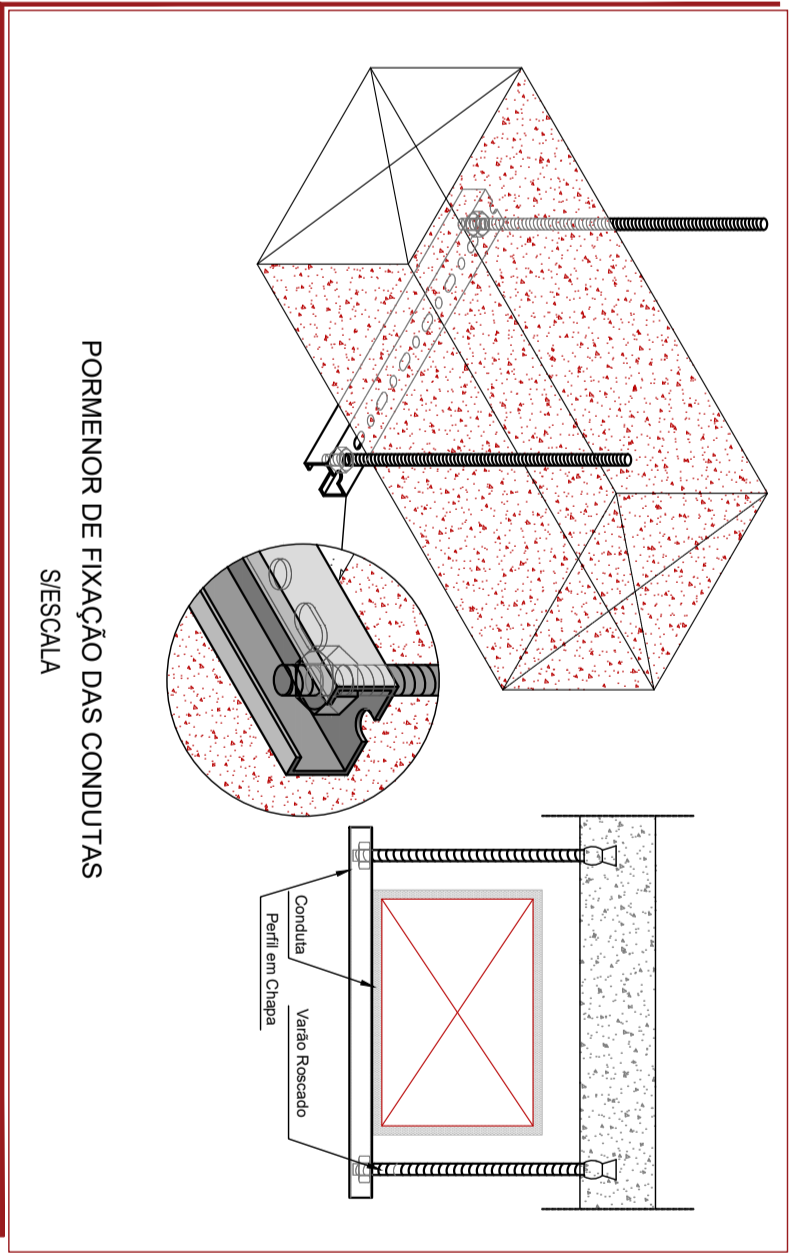
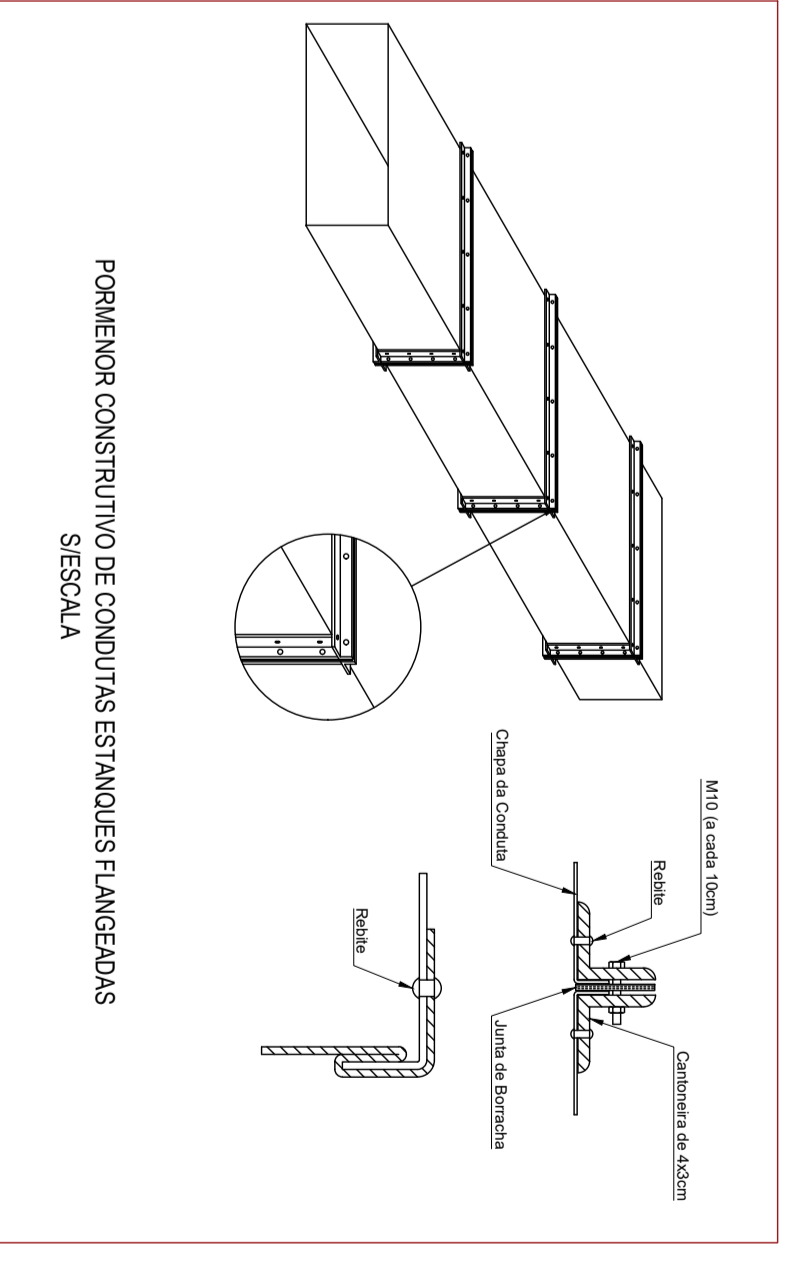
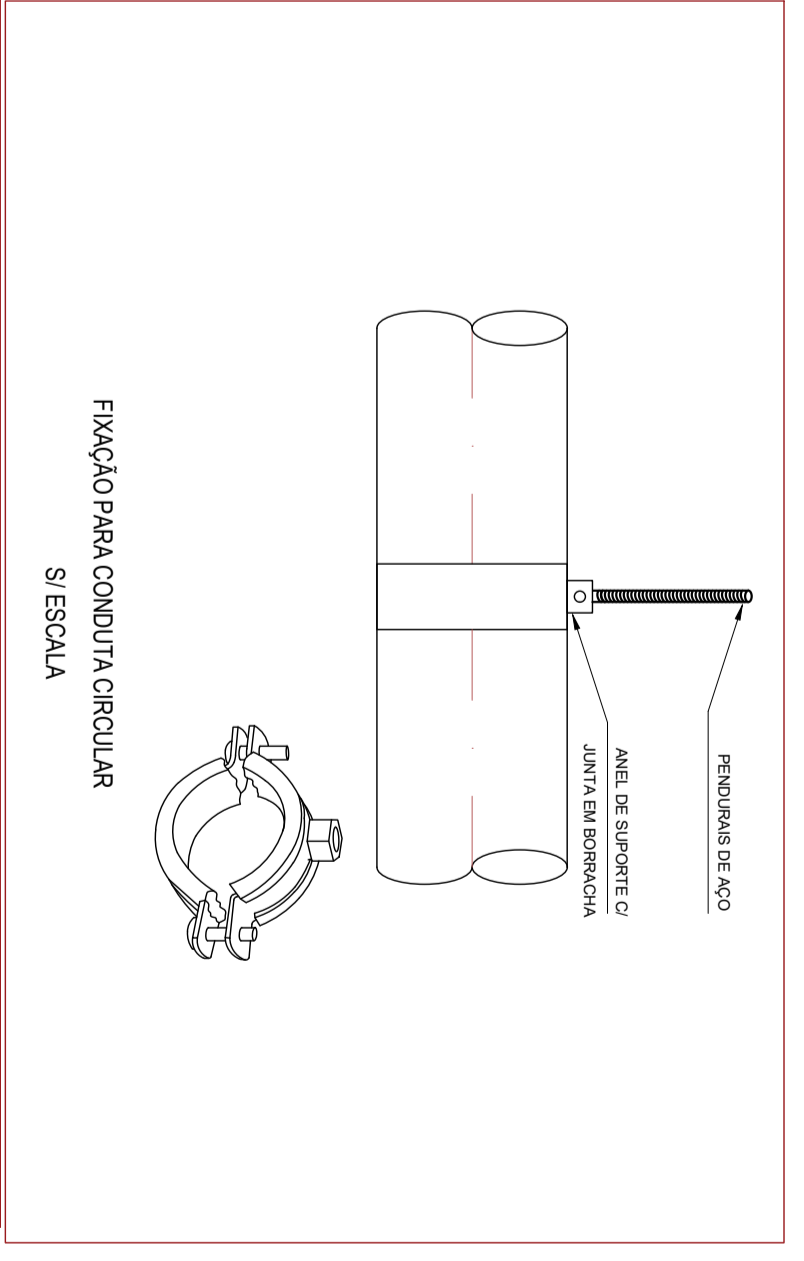
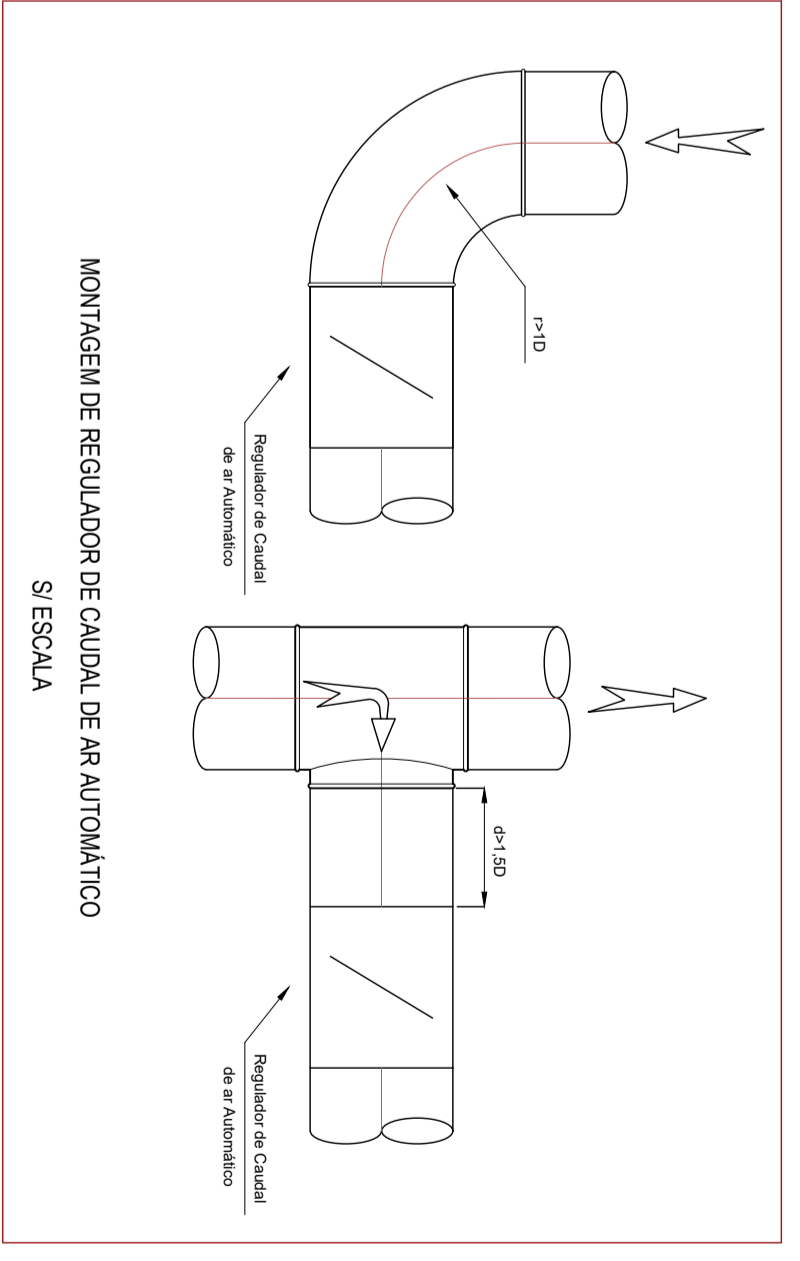
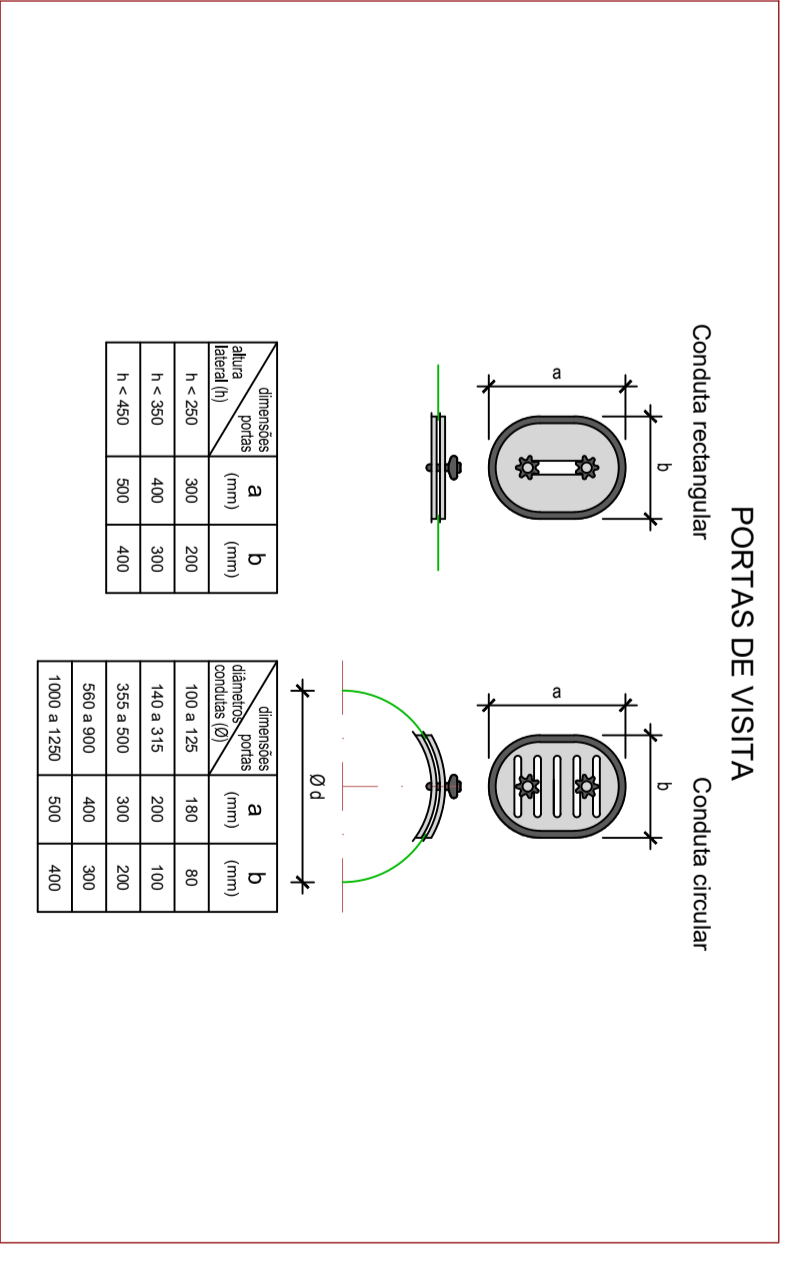
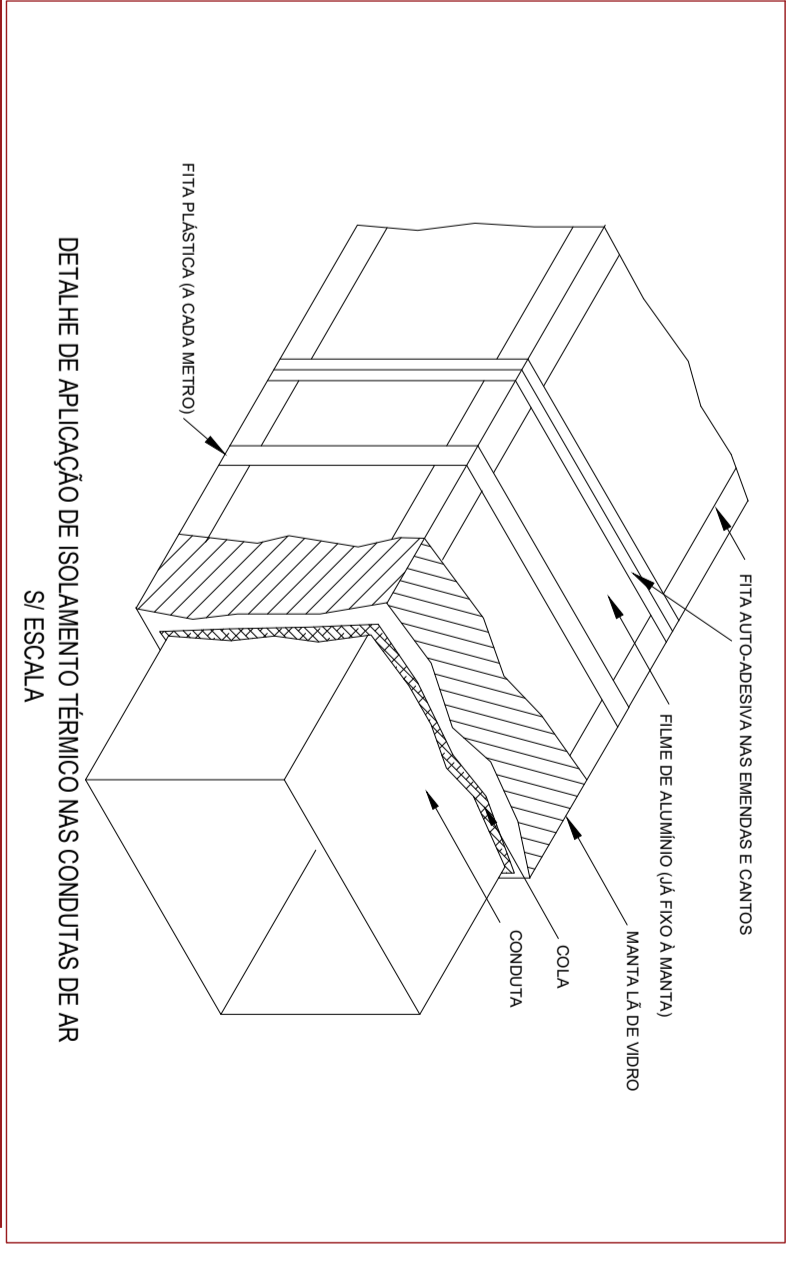
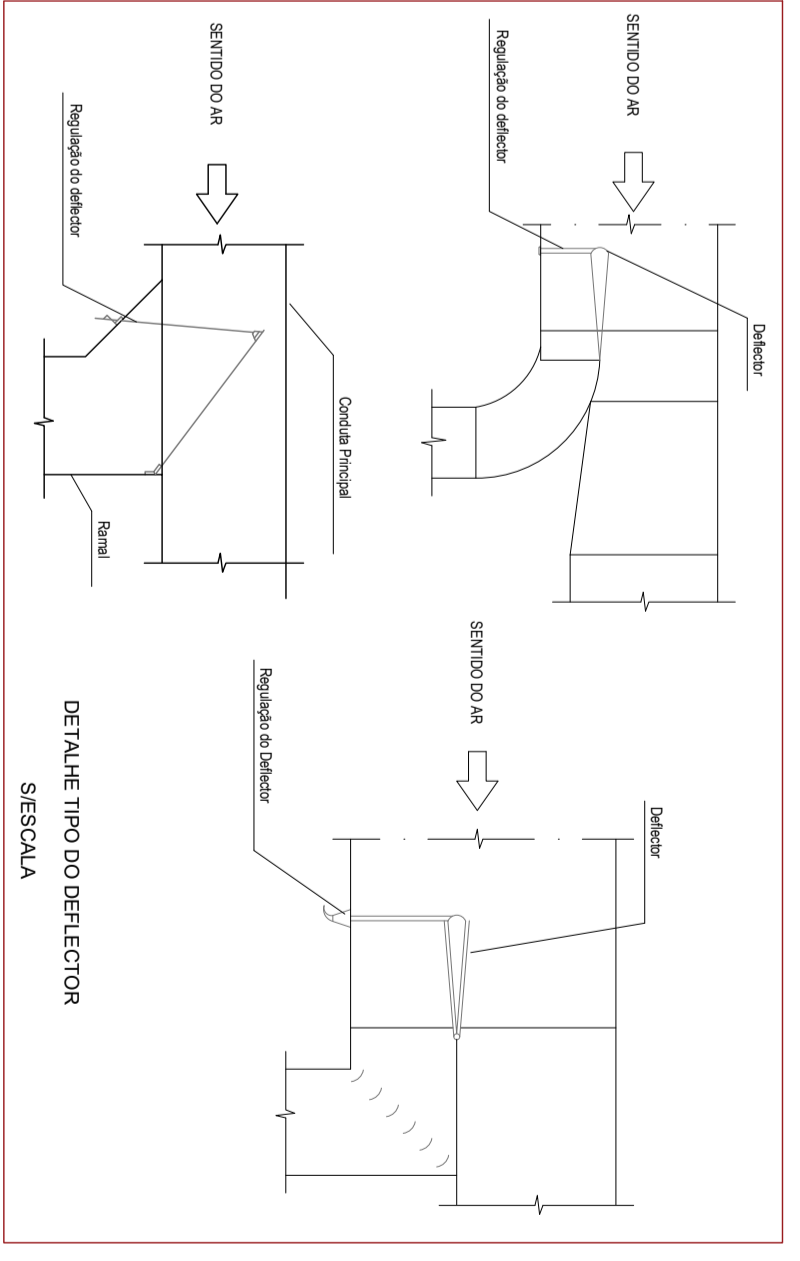
Cobertura exterior 2 (CBE2)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R_j (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Caixa de ar	0,2	-	0,16
Poliestireno expandido extrudido (XPS)	0,08	0,037	2,16
Sub telha	-	-	-
Telha	-	-	-
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,1
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,40	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica $U_{ref} = U_{máx}$ (W/m ² .°C)	0,5	Cumpre	

Cobertura exterior 3 (CBE3)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R_j (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Poliestireno expandido extrudido (XPS)	0,08	0,037	2,16
Caixa de ar	0,2	-	0,16
Painéis de lamelas longas orientadas (OSB)	0,03	0,13	0,23
Chapa Zinco			
Rse	-	-	0,04
Rsi	-	-	0,1
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,36	Verificação	
Coeficiente de transmissão térmica $U_{ref} = U_{máx}$ (W/m ² .°C)	0,5	Cumpre	

Parede interna 2 (PI2)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Reboco	0,02	1,3	0,02
Tijolo	0,11	-	0,27
Reboco	0,02	1,3	0,02
Rsi	-	-	0,13
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	1,78	Sem Requisito	
Coeficiente de transmissão térmica Uref (W/m ² .°C)	0,7		

Parede interna 3 (PI3)	Espessura (m)	Condutibilidade do material λ (W/m .°C)	Resistência Térmica R (m ² .°C/W)
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,05
Lã de rocha	0,08	0,04	2,00
Caixa de ar	0,1	-	0,18
Painéis de lamelas longas orientadas (OSB)	0,018	0,13	0,14
Rse	-	-	-
Rsi	-	-	0,26
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² .°C)	0,38	Sem Requisitos	
Coeficiente de transmissão térmica Uref = Umáx (W/m ² .°C)	0,7		

6.7 Anexo 7 - Projeto AVAC



LEGENDA

- UE - Unidades Exteriores de Espaço Direta
- UI - Unidades Interiores de Espaço Direta
- VE - Ventilador externo
- VIS - Ventilador de Instalação Sanitária
- UTAN - Unidades de Tratamento de Ar Limpo
- UVAC - Ventilador de ar limpo
- UVRC - Unidades de ventilação com recuperação de calor
- DU - Difusor Linear de Resfriado
- GU - grelha linear de resfriado
- GI - grelha de resfriamento de água defluída
- GE - grelha de resfriamento de superfície defluída
- GP - grelha de transferência de ar para
- GEXT - grelha exterior
- PV - Porta de Visão às condutas
- BE - Boca de extração
- R - Registro de caudal
- RC - Registro de caudal constante - Automático
- RF - Registro de caudal
- RFc - Registro Caudal Reg.

SERVIÇOS

IDENTIFICAÇÃO	TIPO DE LATA	SERVIÇO	QUANTIDADE
01	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
02	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
03	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
04	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
05	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
06	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
07	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
08	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
09	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
10	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
11	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
12	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
13	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
14	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
15	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
16	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
17	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
18	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
19	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
20	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
21	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
22	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
23	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
24	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
25	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
26	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
27	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
28	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
29	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
30	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
31	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
32	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
33	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
34	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
35	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
36	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
37	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
38	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
39	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
40	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
41	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
42	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
43	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
44	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
45	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
46	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
47	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
48	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
49	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1
50	ALUMÍNIO	RECALDE DE ALUMÍNIO	1

NOTAS

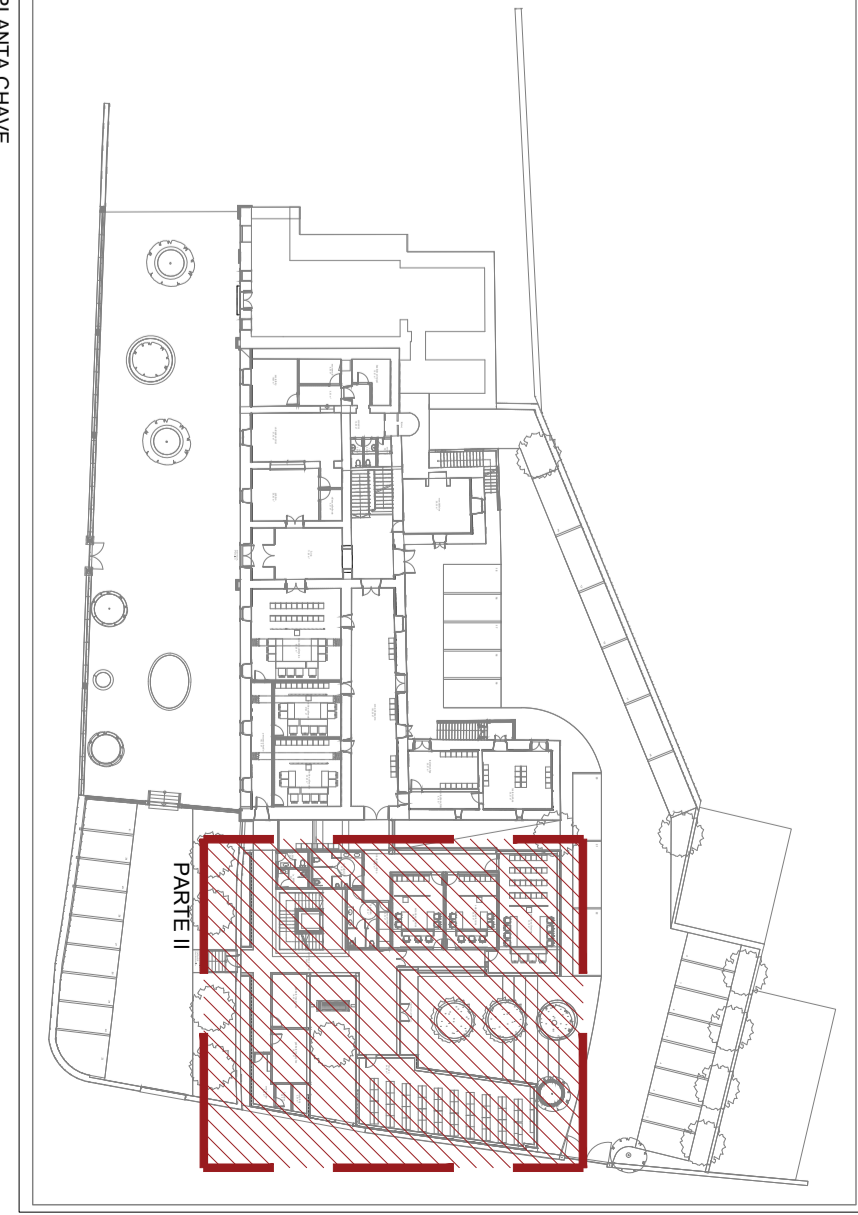
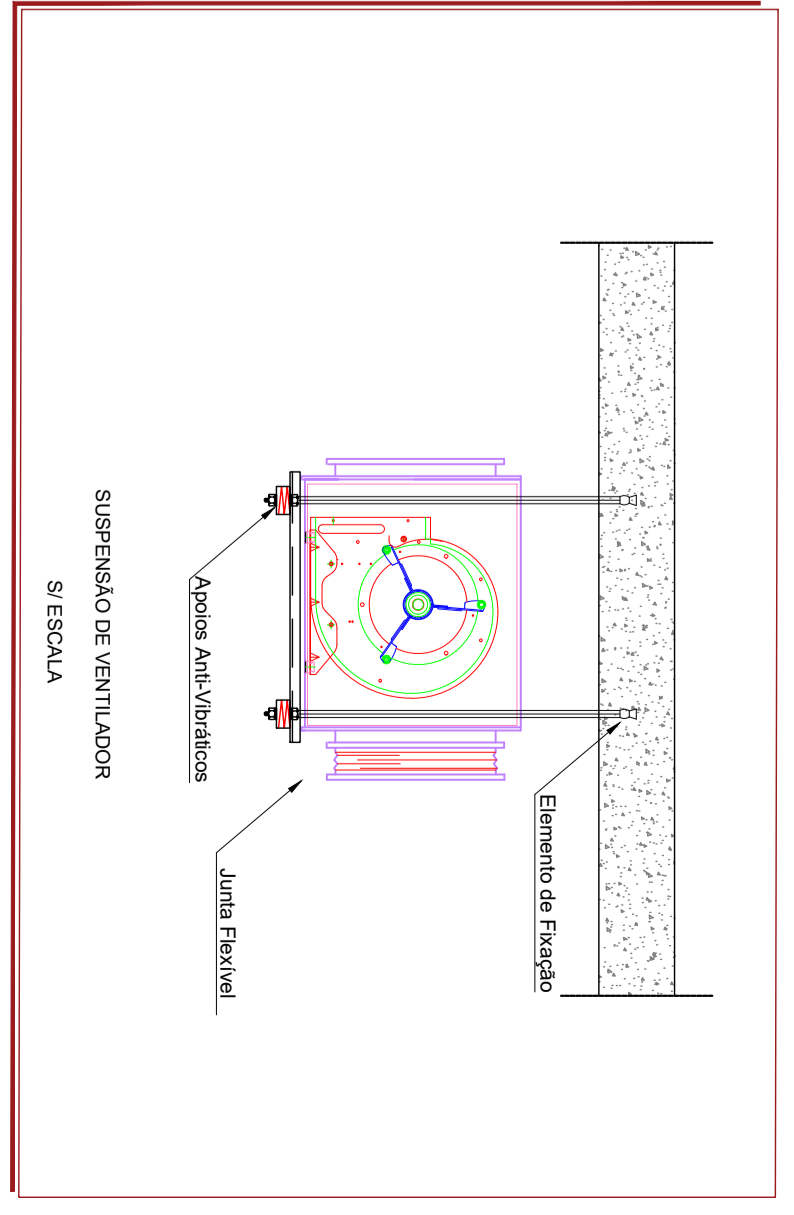
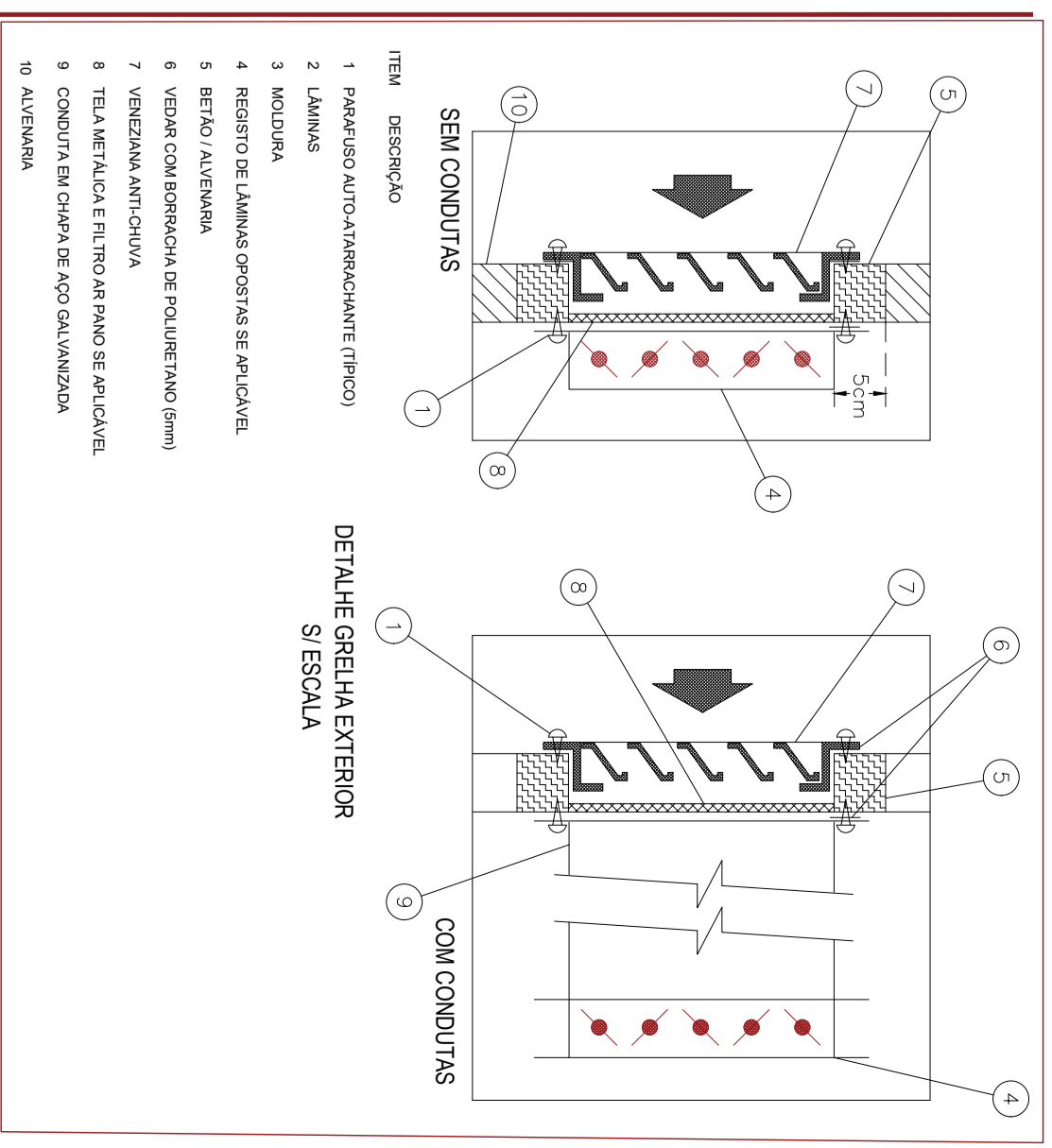
- AS CONDUÇÕES DE AR SERÃO ISOLADAS ADEQUADAMENTE, CASO SEJA NECESSÁRIO.

- TODAS AS UNIDADES DE AR SERÃO DE TIPO SPLIT.

- TODAS AS UNIDADES DE AR SERÃO DE TIPO SPLIT.

- TODAS AS UNIDADES DE AR SERÃO DE TIPO SPLIT.

- TODAS AS UNIDADES DE AR SERÃO DE TIPO SPLIT.



REVISÃO DATA DESCRIÇÃO APROVAÇÃO

01 MAI 2020 PROJETO EXECUÇÃO

02 MAI 2020

03 MAI 2020

04 MAI 2020

05 MAI 2020

06 MAI 2020

07 MAI 2020

08 MAI 2020

09 MAI 2020

10 MAI 2020

11 MAI 2020

12 MAI 2020

13 MAI 2020

14 MAI 2020

15 MAI 2020

16 MAI 2020

17 MAI 2020

18 MAI 2020

19 MAI 2020

20 MAI 2020

21 MAI 2020

22 MAI 2020

23 MAI 2020

24 MAI 2020

25 MAI 2020

26 MAI 2020

27 MAI 2020

28 MAI 2020

29 MAI 2020

30 MAI 2020

31 MAI 2020

32 MAI 2020

33 MAI 2020

34 MAI 2020

35 MAI 2020

36 MAI 2020

37 MAI 2020

38 MAI 2020

39 MAI 2020

40 MAI 2020

41 MAI 2020

42 MAI 2020

43 MAI 2020

44 MAI 2020

45 MAI 2020

46 MAI 2020

47 MAI 2020

48 MAI 2020

49 MAI 2020

50 MAI 2020

51 MAI 2020

52 MAI 2020

53 MAI 2020

54 MAI 2020

55 MAI 2020

56 MAI 2020

57 MAI 2020

58 MAI 2020

59 MAI 2020

60 MAI 2020

61 MAI 2020

62 MAI 2020

63 MAI 2020

64 MAI 2020

65 MAI 2020

66 MAI 2020

67 MAI 2020

68 MAI 2020

69 MAI 2020

70 MAI 2020

71 MAI 2020

72 MAI 2020

73 MAI 2020

74 MAI 2020

75 MAI 2020

76 MAI 2020

77 MAI 2020

78 MAI 2020

79 MAI 2020

80 MAI 2020

81 MAI 2020

82 MAI 2020

83 MAI 2020

84 MAI 2020

85 MAI 2020

86 MAI 2020

87 MAI 2020

88 MAI 2020

89 MAI 2020

90 MAI 2020

91 MAI 2020

92 MAI 2020

93 MAI 2020

94 MAI 2020

95 MAI 2020

96 MAI 2020

97 MAI 2020

98 MAI 2020

99 MAI 2020

100 MAI 2020

101 MAI 2020

102 MAI 2020

103 MAI 2020

104 MAI 2020

105 MAI 2020

106 MAI 2020

107 MAI 2020

108 MAI 2020

109 MAI 2020

110 MAI 2020

111 MAI 2020

112 MAI 2020

113 MAI 2020

114 MAI 2020

115 MAI 2020

116 MAI 2020

117 MAI 2020

118 MAI 2020

119 MAI 2020

120 MAI 2020

121 MAI 2020

122 MAI 2020

123 MAI 2020

124 MAI 2020

125 MAI 2020

126 MAI 2020

127 MAI 2020

128 MAI 2020

129 MAI 2020

130 MAI 2020

131 MAI 2020

132 MAI 2020

133 MAI 2020

134 MAI 2020

135 MAI 2020

136 MAI 2020

137 MAI 2020

138 MAI 2020

139 MAI 2020

140 MAI 2020

141 MAI 2020

142 MAI 2020

143 MAI 2020

144 MAI 2020

145 MAI 2020

146 MAI 2020

147 MAI 2020

148 MAI 2020

149 MAI 2020

150 MAI 2020

151 MAI 2020

152 MAI 2020

153 MAI 2020

154 MAI 2020

155 MAI 2020

156 MAI 2020

157 MAI 2020

158 MAI 2020

159 MAI 2020

160 MAI 2020

161 MAI 2020

162 MAI 2020

163 MAI 2020

164 MAI 2020

165 MAI 2020

166 MAI 2020

167 MAI 2020

168 MAI 2020

169 MAI 2020

170 MAI 2020

171 MAI 2020

172 MAI 2020

173 MAI 2020

174 MAI 2020

175 MAI 2020

176 MAI 2020

177 MAI 2020

178 MAI 2020

179 MAI 2020

180 MAI 2020

181 MAI 2020

182 MAI 2020

183 MAI 2020

184 MAI 2020

185 MAI 2020

186 MAI 2020

187 MAI 2020

188 MAI 2020

189 MAI 2020

190 MAI 2020

191 MAI 2020

192 MAI 2020

193 MAI 2020

194 MAI 2020

195 MAI 2020

196 MAI 2020

197 MAI 2020

198 MAI 2020

199 MAI 2020

200 MAI 2020

201 MAI 2020

202 MAI 2020

203 MAI 2020

204 MAI 2020

205 MAI 2020

206 MAI 2020

207 MAI 2020

208 MAI 2020

209 MAI 2020

210 MAI 2020

211 MAI 2020

212 MAI 2020

213 MAI 2020

214 MAI 2020

215 MAI 2020

216 MAI 2020

217 MAI 2020

218 MAI 2020

219 MAI 2020

220 MAI 2020

221 MAI 2020

222 MAI 2020

223 MAI 2020

224 MAI 2020

225 MAI 2020

226 MAI 2020

227 MAI 2020

228 MAI 2020

229 MAI 2020

230 MAI 2020

231 MAI 2020

232 MAI 2020

233 MAI 2020

234 MAI 2020

235 MAI 2020

236 MAI 2020

237 MAI 2020

238 MAI 2020

239 MAI 2020

240 MAI 2020

241 MAI 2020

242 MAI 2020

243 MAI 2020

244 MAI 2020

245 MAI 2020

246 MAI 2020

247 MAI 2020

248 MAI 2020

249 MAI 2020

250 MAI 2020

251 MAI 2020

252 MAI 2020

253 MAI 2020

254 MAI 2020

255 MAI 2020

256 MAI 2020

257 MAI 2020

258 MAI 2020

259 MAI 2020

260 MAI 2020

261 MAI 2020

262 MAI 2020

263 MAI 2020

264 MAI 2020

265 MAI 2020

266 MAI 2020

267 MAI 2020

268 MAI 2020

269 MAI 2020

270 MAI 2020

271 MAI 2020

272 MAI 2020

273 MAI 2020

274 MAI 2020

275 MAI 2020

276 MAI 2020

277 MAI 2020

278 MAI 2020

279 MAI 2020

280 MAI 2020

281 MAI 2020

282 MAI 2020

283 MAI 2020

284 MAI 2020

285 MAI 2020

286 MAI 2020

287 MAI 2020

288 MAI 2020

289 MAI 2020

290 MAI 2020

291 MAI 2020

292 MAI 2020

293 MAI 2020

294 MAI 2020

295 MAI 2020

296 MAI 2020

297 MAI 2020

298 MAI 2020

299 MAI 2020

300 MAI 2020

301 MAI 2020

302 MAI 2020

303 MAI 2020

304 MAI 2020

305 MAI 2020

306 MAI 2020

307 MAI 2020

308 MAI 2020

309 MAI 2020

310 MAI 2020

311 MAI 2020

312 MAI 2020

313 MAI 2020

314 MAI 2020

315 MAI 2020

316 MAI 2020

317 MAI 2020

318 MAI 2020

319 MAI 2020

320 MAI 2020

321 MAI 2020

322 MAI 2020

323 MAI 2020

324 MAI 2020

325 MAI 2020

326 MAI 2020

327 MAI 2020

328 MAI 2020

329 MAI 2020

330 MAI 2020

331 MAI 2020

332 MAI 2020

333 MAI 2020

334 MAI 2020

335 MAI 2020

336 MAI 2020

337 MAI 2020

338 MAI 2020

339 MAI 2020

340 MAI 2020

341 MAI 2020

342 MAI 2020

343 MAI 2020

344 MAI 2020

345 MAI 2020

346 MAI 2020

347 MAI 2020

348 MAI 2020

349 MAI 2020

350 MAI 2020

351 MAI 2020

352 MAI 2020

353 MAI 2020

354 MAI 2020

355 MAI 2020

356 MAI 2020

357 MAI 2020

358 MAI 2020

359 MAI 2020

360 MAI 2020

361 MAI 2020

362 MAI 2020

363 MAI 2020

364 MAI 2020

365 MAI 2020

366 MAI 2020

367 MAI 2020

368 MAI 2020

369 MAI 2020

370 MAI 2020

371 MAI 2020

372 MAI 2020

373 MAI 2020

374 MAI 2020

375 MAI 2020

376 MAI 2020

377 MAI 2020

378 MAI 2020

379 MAI 2020

380 MAI 2020

381 MAI 2020

382 MAI 2020

383 MAI 2020

384 MAI 2020

385 MAI 2020

386 MAI 2020

387 MAI 2020

388 MAI 2020

389 MAI 2020

390 MAI 2020

391 MAI 2020

392 MAI 2020

393 MAI 2020

394 MAI 2020

395 MAI 2020

396 MAI 2020

397 MAI 2020

398 MAI 2020

399 MAI 2020

400 MAI 2020

401 MAI 2020

402 MAI 2020

403 MAI 2020

404 MAI 2020

405 MAI 2020

406 MAI 2020

407 MAI 2020

408 MAI 2020

409 MAI 2020

410 MAI 2020

411 MAI 2020

412 MAI 2020

413 MAI 2020

414 MAI 2020

415 MAI 2020

416 MAI 2020

417 MAI 2020

418 MAI 2020

419 MAI 2020

420 MAI 2020

421 MAI 2020

422 MAI 2020

423 MAI 2020

424 MAI 2020

425 MAI 2020

426 MAI 2020

427 MAI 2020

428 MAI 2020

429 MAI 2020

430 MAI 2020

431 MAI 2020

432 MAI 2020

433 MAI 2020

434 MAI 2020

435 MAI 2020

436 MAI 2020

437 MAI 2020

438 MAI 2020

439 MAI 2020

440 MAI 2020

441 MAI 2020

442 MAI 2020

443 MAI 2020

444 MAI 2020

445 MAI 2020

446 MAI 2020

447 MAI 2020

448 MAI 2020

449 MAI 2020

450 MAI 2020

451 MAI 2020

452 MAI 2020

453 MAI 2020

454 MAI 2020

455 MAI 2020

456 MAI 2020

457 MAI 2020

458 MAI 2020

459 MAI 2020

460 MAI 2020

461 MAI 2020

462 MAI 2020

463 MAI 2020

464 MAI 2020

465 MAI 2020

466 MAI 2020

467 MAI 2020

468 MAI 2020

469 MAI 2020

470 MAI 2020

471 MAI 2020

472 MAI 2020

473 MAI 2020

474 MAI 2020

475 MAI 2020

476 MAI 2020

477 MAI 2020

478 MAI 2020

479 MAI 2020

480 MAI 2020

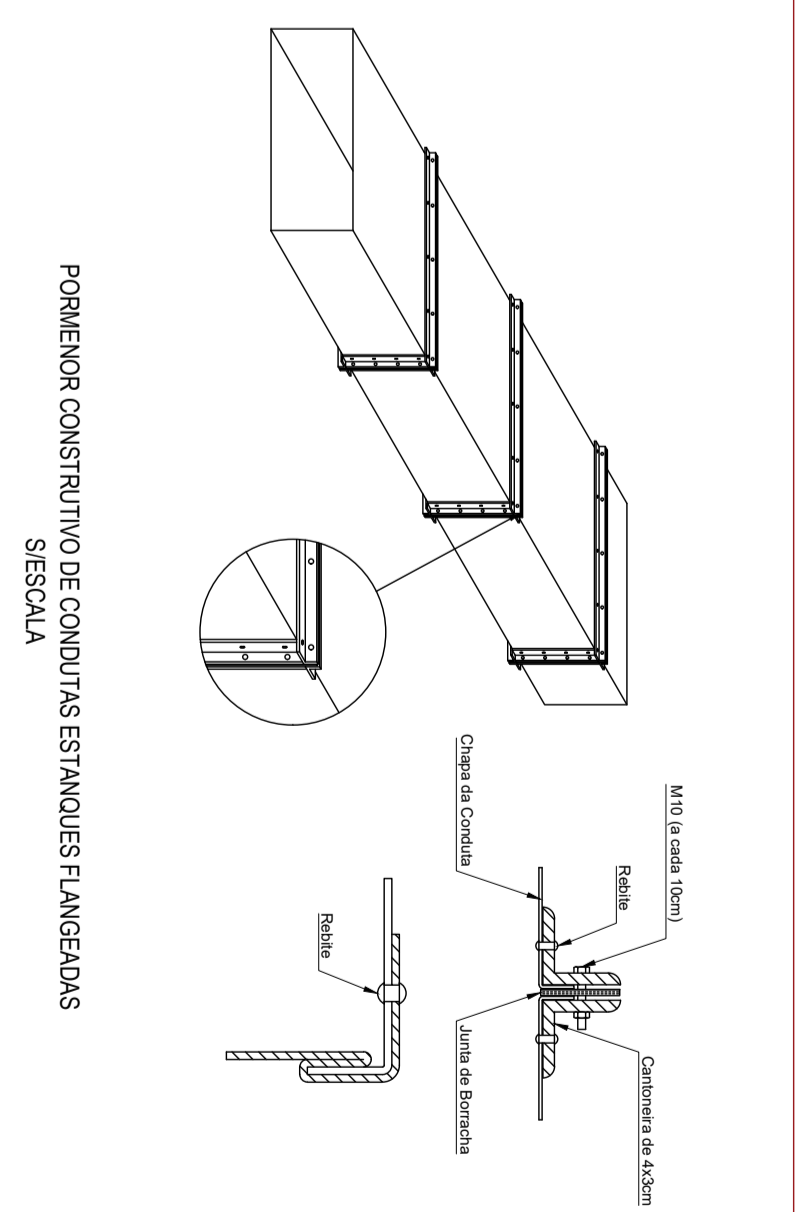
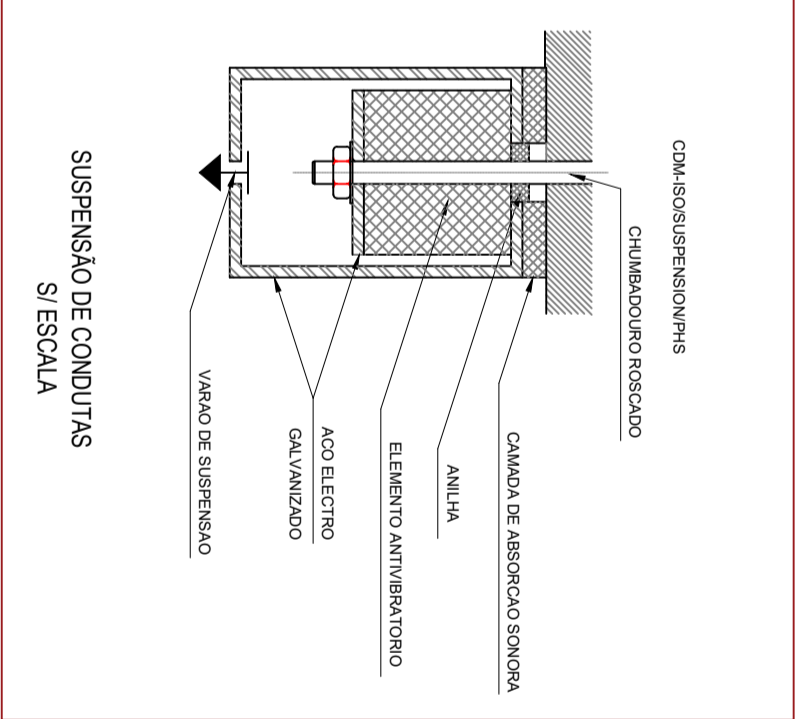
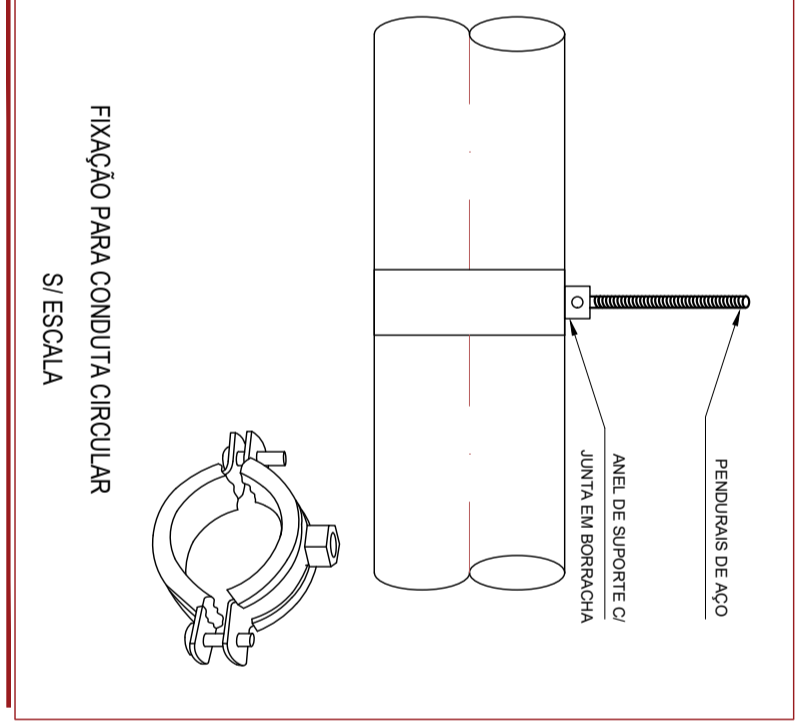
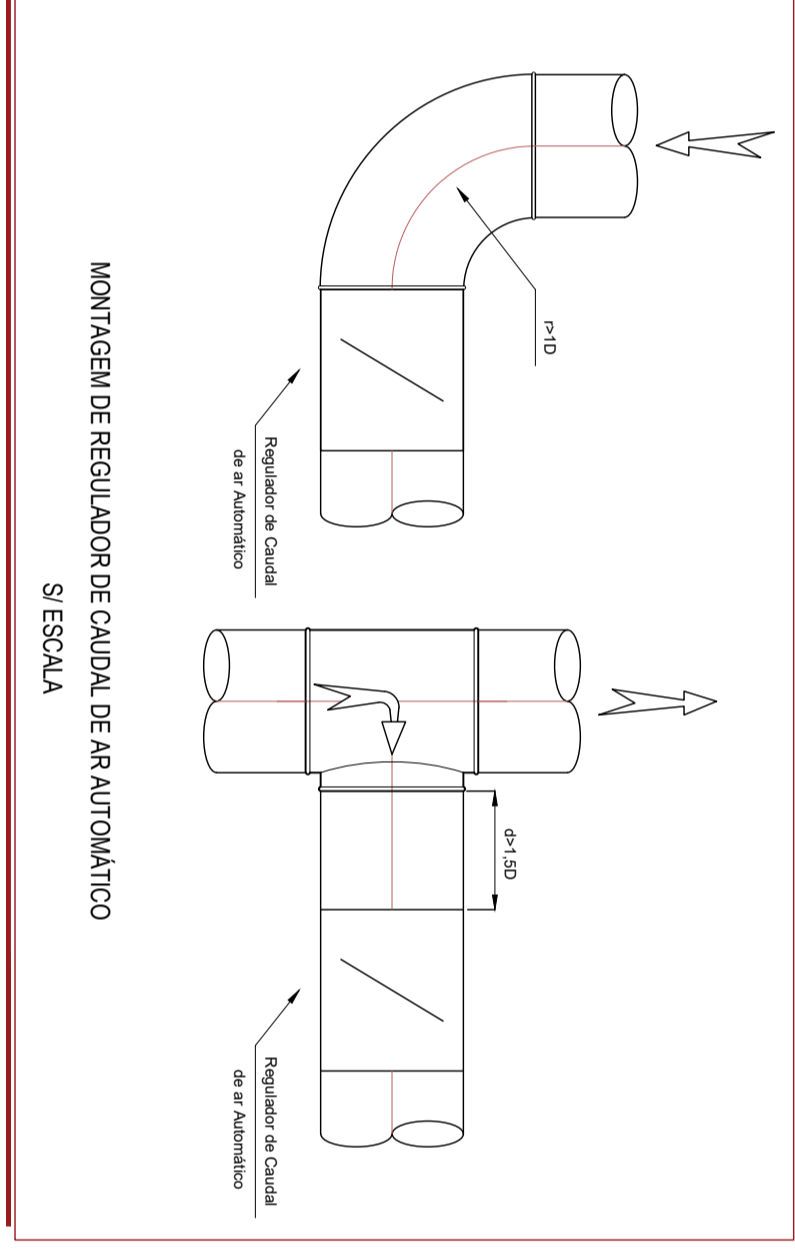
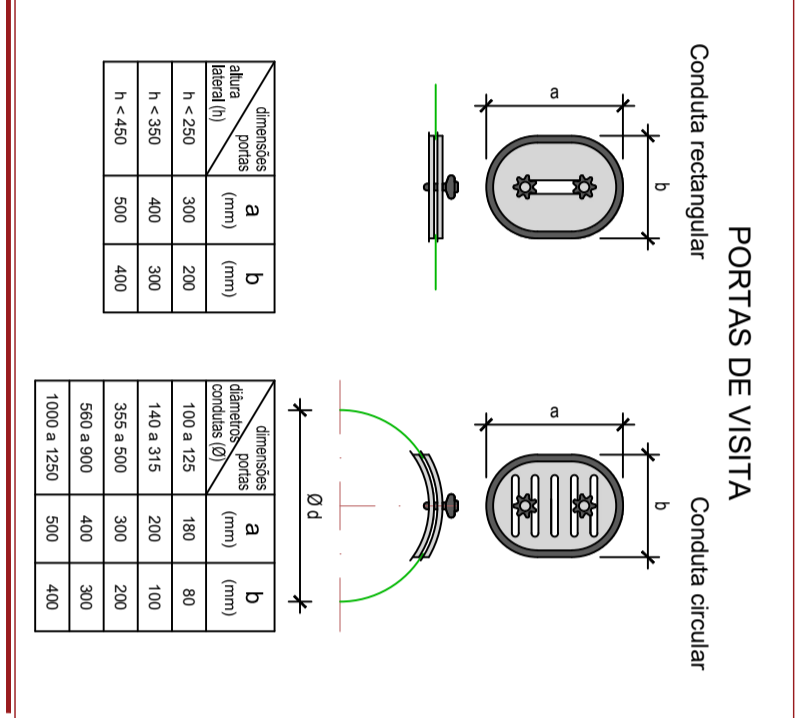
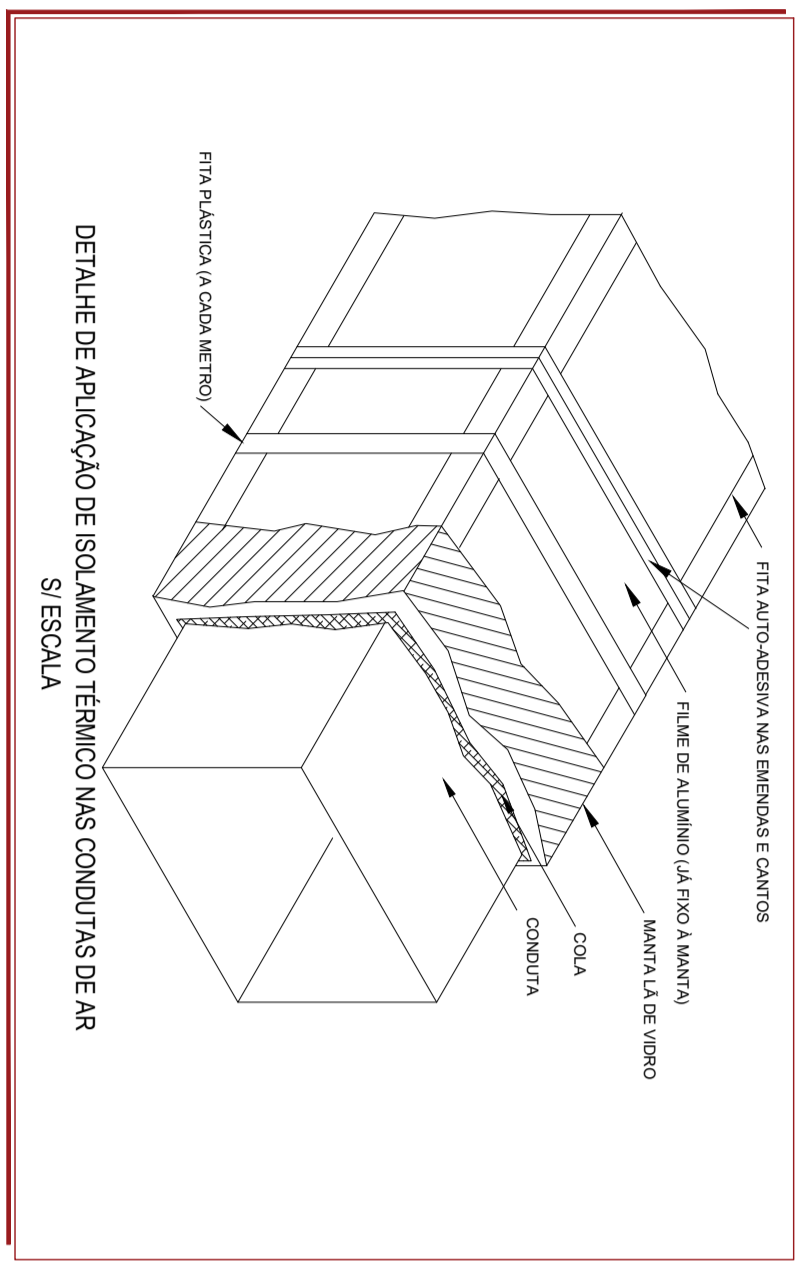
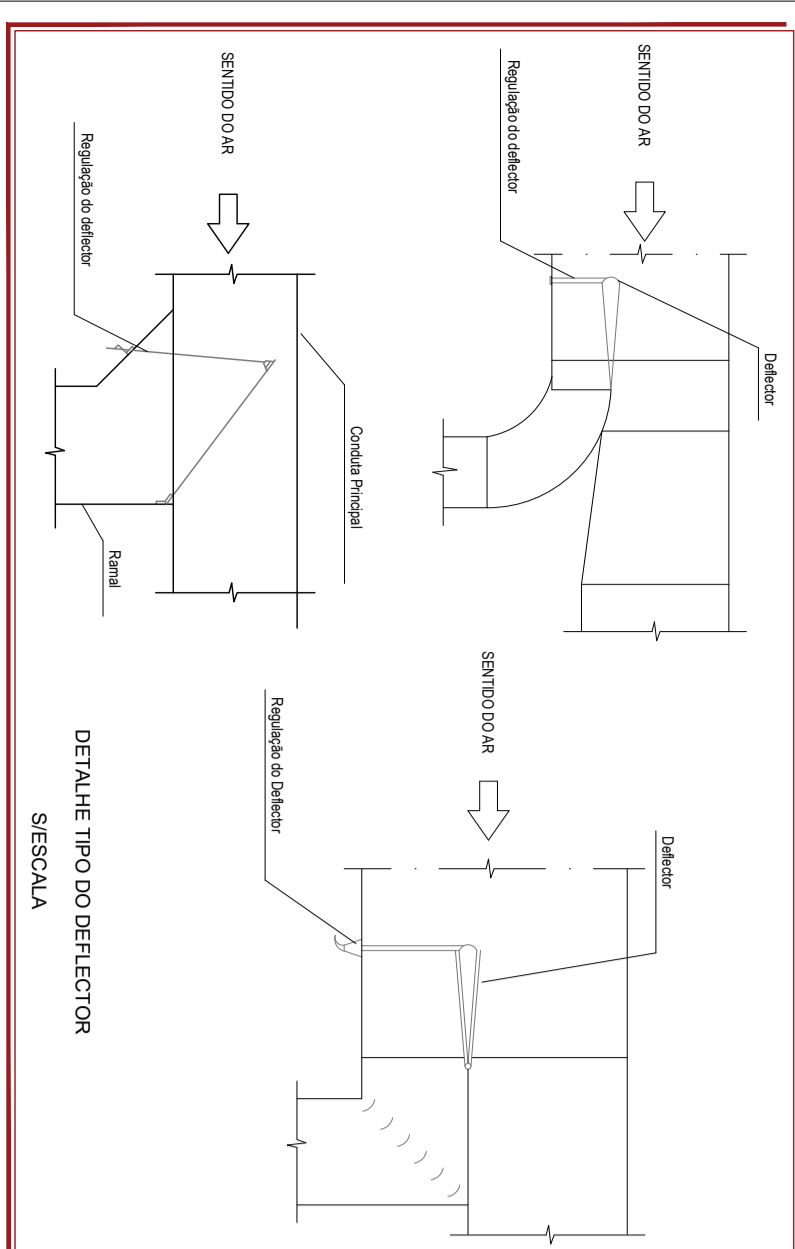
481 MAI 2020

482 MAI 2020

483 MAI 2020

484 MAI 2020

485



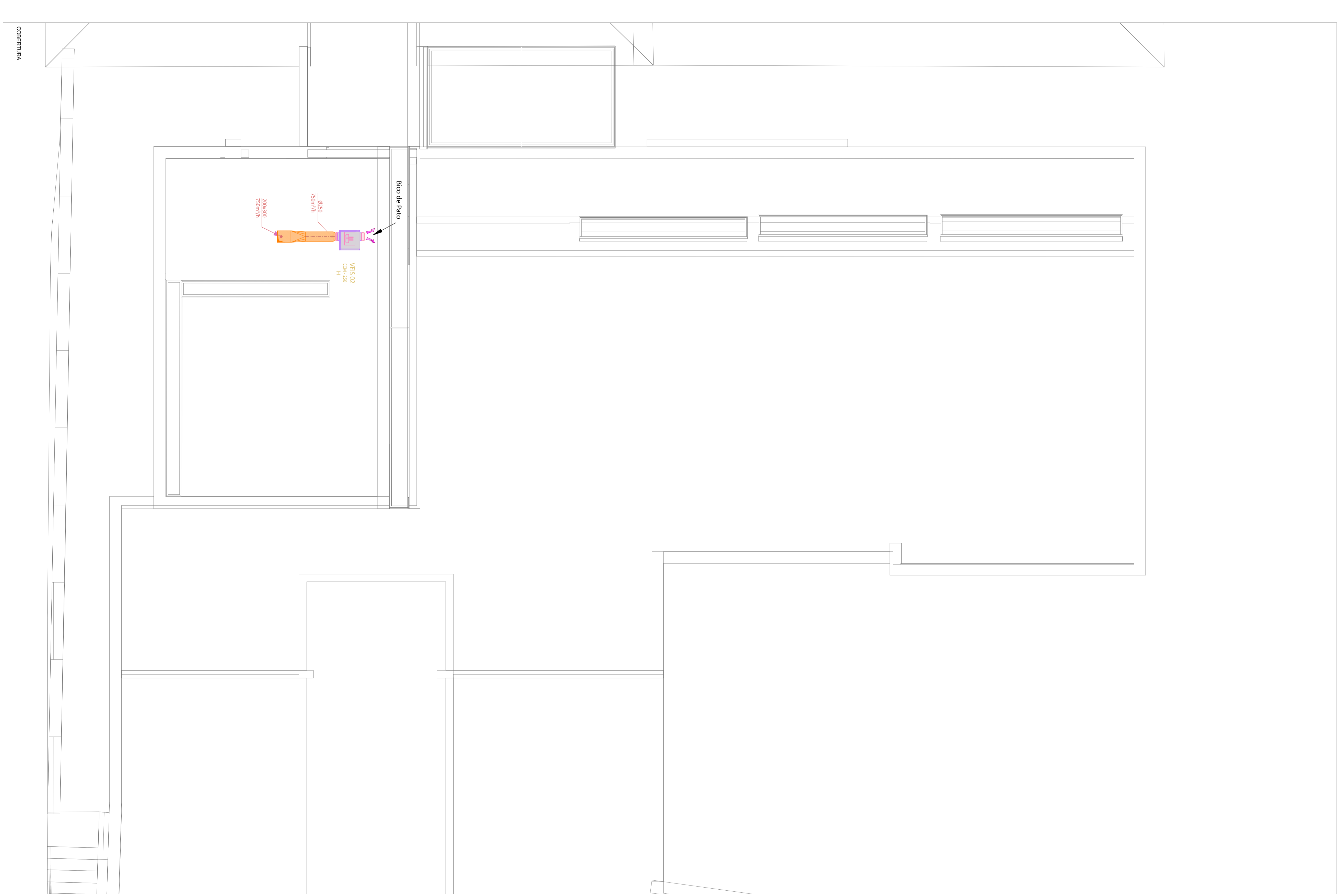
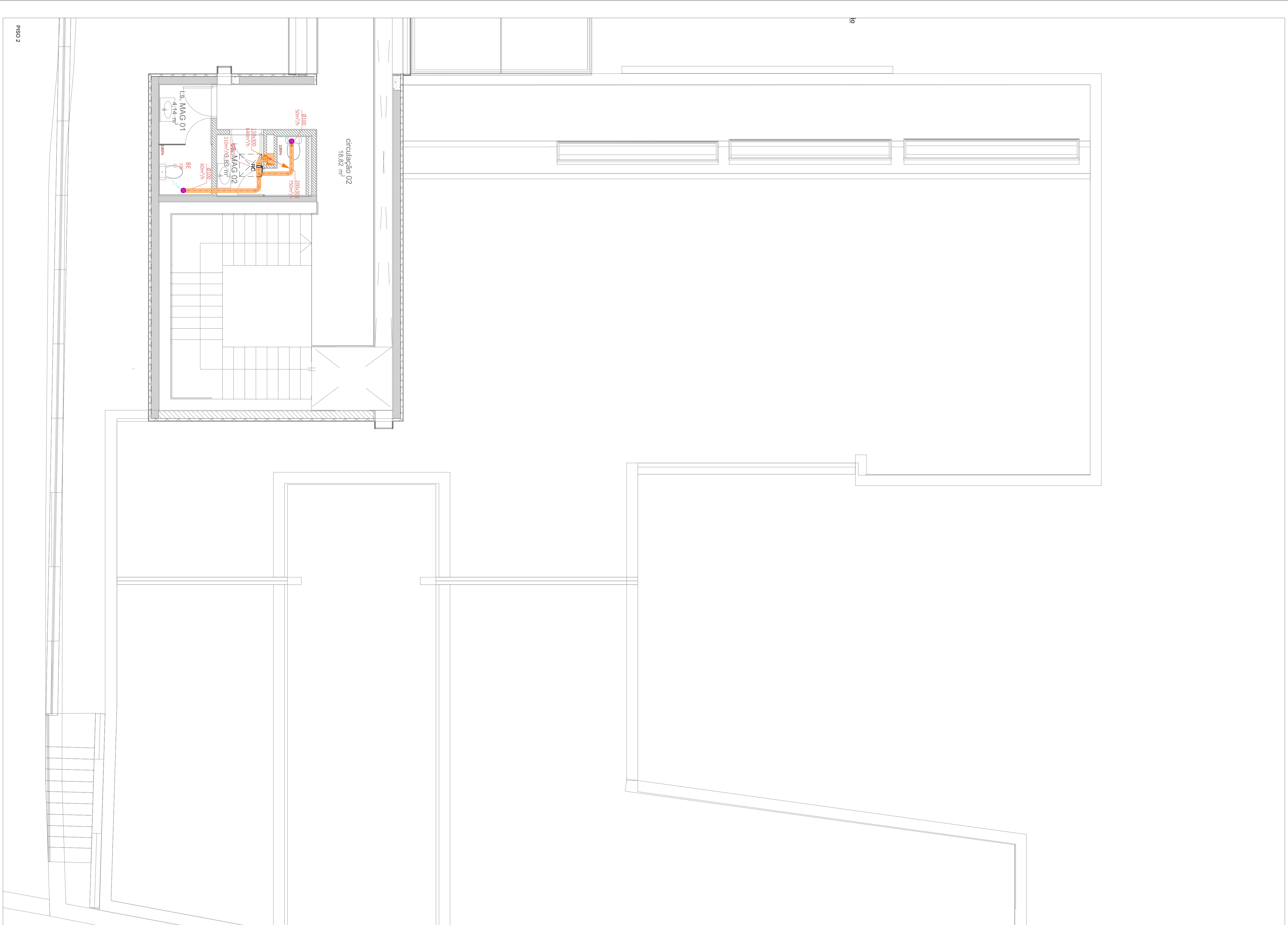
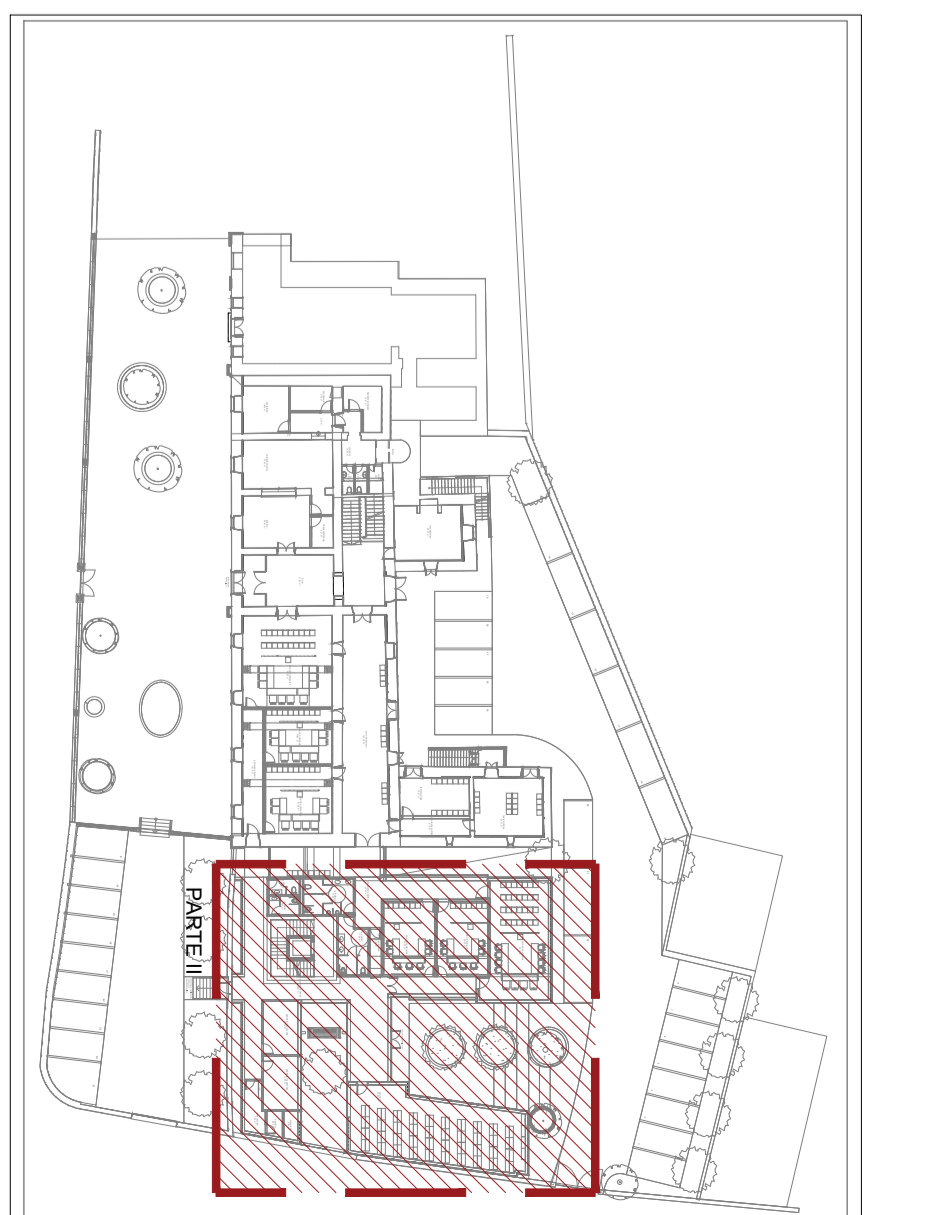
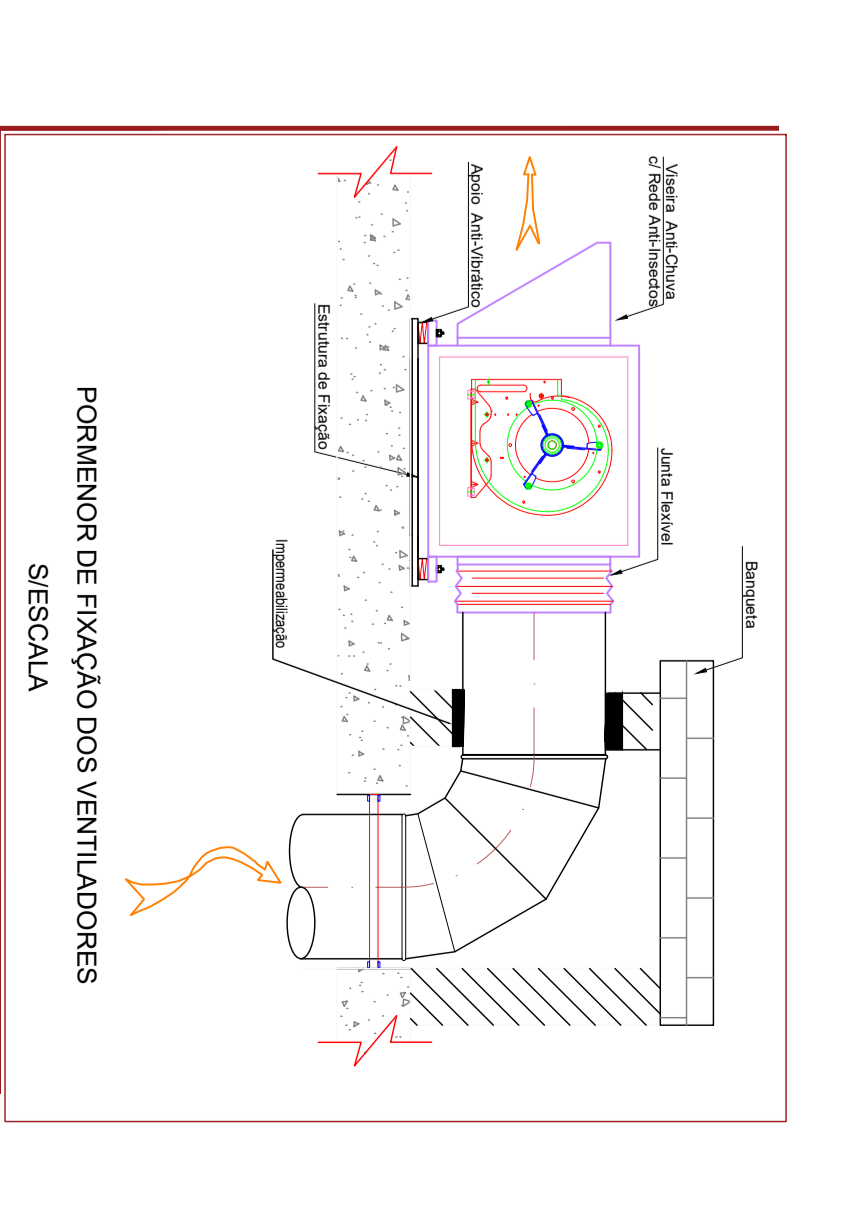
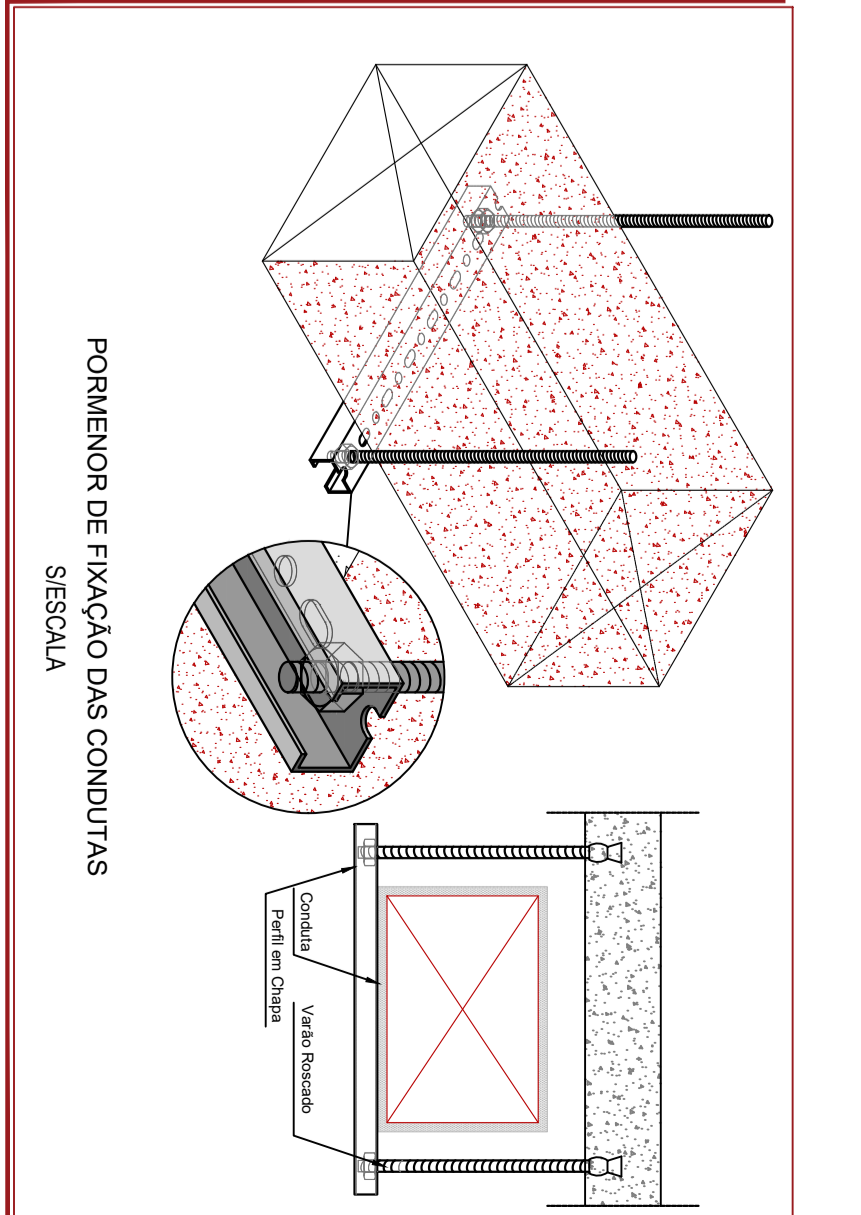
- LEGENDA**
- UE - Unidades Exteriores de Equilíbrio Direta
 - VI - Unidades Interiores de Equilíbrio Direta
 - VSE - Ventilador exterior de Instalações Sanitárias
 - UTAN - Unidades de Tratamento de Ar Frio
 - VAVI - Ventilador de ar feno
 - UVRC - Unidade de ventilação com Recuperação de calor
 - DU - Difusor Linear de Insuflação
 - GLR - grelha linear de insuflação
 - GU - grelha de insuflação de dupla deflexão
 - GE - grelha de retorno de sempre aberto
 - GP - grelha de transferência de ar para
 - GPX - grelha exterior
 - PV - porta de visita às condutas
 - BE - boca de extração
 - R - registro de canal
 - RC - registro de canal constante - Automático
 - RF - registro de canal
 - RF - registro Canal Rig.

SERVIÇOS

REFERENCIAL	ESPECIFICAÇÃO	QUANTIDADE	ORÇAMENTO
1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1	1.1.1.1.1.1.1
1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2	1.1.1.1.1.1.2
1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3	1.1.1.1.1.1.3
1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4	1.1.1.1.1.1.4
1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5	1.1.1.1.1.1.5
1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6	1.1.1.1.1.1.6
1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7	1.1.1.1.1.1.7
1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8	1.1.1.1.1.1.8
1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9	1.1.1.1.1.1.9
1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10	1.1.1.1.1.1.10
1.1.1.1.1.1.11	1.1.1.1.1.1.11	1.1.1.1.1.1.11	1.1.1.1.1.1.11
1.1.1.1.1.1.12	1.1.1.1.1.1.12	1.1.1.1.1.1.12	1.1.1.1.1.1.12
1.1.1.1.1.1.13	1.1.1.1.1.1.13	1.1.1.1.1.1.13	1.1.1.1.1.1.13
1.1.1.1.1.1.14	1.1.1.1.1.1.14	1.1.1.1.1.1.14	1.1.1.1.1.1.14
1.1.1.1.1.1.15	1.1.1.1.1.1.15	1.1.1.1.1.1.15	1.1.1.1.1.1.15
1.1.1.1.1.1.16	1.1.1.1.1.1.16	1.1.1.1.1.1.16	1.1.1.1.1.1.16
1.1.1.1.1.1.17	1.1.1.1.1.1.17	1.1.1.1.1.1.17	1.1.1.1.1.1.17
1.1.1.1.1.1.18	1.1.1.1.1.1.18	1.1.1.1.1.1.18	1.1.1.1.1.1.18
1.1.1.1.1.1.19	1.1.1.1.1.1.19	1.1.1.1.1.1.19	1.1.1.1.1.1.19
1.1.1.1.1.1.20	1.1.1.1.1.1.20	1.1.1.1.1.1.20	1.1.1.1.1.1.20
1.1.1.1.1.1.21	1.1.1.1.1.1.21	1.1.1.1.1.1.21	1.1.1.1.1.1.21
1.1.1.1.1.1.22	1.1.1.1.1.1.22	1.1.1.1.1.1.22	1.1.1.1.1.1.22
1.1.1.1.1.1.23	1.1.1.1.1.1.23	1.1.1.1.1.1.23	1.1.1.1.1.1.23
1.1.1.1.1.1.24	1.1.1.1.1.1.24	1.1.1.1.1.1.24	1.1.1.1.1.1.24
1.1.1.1.1.1.25	1.1.1.1.1.1.25	1.1.1.1.1.1.25	1.1.1.1.1.1.25
1.1.1.1.1.1.26	1.1.1.1.1.1.26	1.1.1.1.1.1.26	1.1.1.1.1.1.26
1.1.1.1.1.1.27	1.1.1.1.1.1.27	1.1.1.1.1.1.27	1.1.1.1.1.1.27
1.1.1.1.1.1.28	1.1.1.1.1.1.28	1.1.1.1.1.1.28	1.1.1.1.1.1.28
1.1.1.1.1.1.29	1.1.1.1.1.1.29	1.1.1.1.1.1.29	1.1.1.1.1.1.29
1.1.1.1.1.1.30	1.1.1.1.1.1.30	1.1.1.1.1.1.30	1.1.1.1.1.1.30
1.1.1.1.1.1.31	1.1.1.1.1.1.31	1.1.1.1.1.1.31	1.1.1.1.1.1.31
1.1.1.1.1.1.32	1.1.1.1.1.1.32	1.1.1.1.1.1.32	1.1.1.1.1.1.32
1.1.1.1.1.1.33	1.1.1.1.1.1.33	1.1.1.1.1.1.33	1.1.1.1.1.1.33
1.1.1.1.1.1.34	1.1.1.1.1.1.34	1.1.1.1.1.1.34	1.1.1.1.1.1.34
1.1.1.1.1.1.35	1.1.1.1.1.1.35	1.1.1.1.1.1.35	1.1.1.1.1.1.35
1.1.1.1.1.1.36	1.1.1.1.1.1.36	1.1.1.1.1.1.36	1.1.1.1.1.1.36
1.1.1.1.1.1.37	1.1.1.1.1.1.37	1.1.1.1.1.1.37	1.1.1.1.1.1.37
1.1.1.1.1.1.38	1.1.1.1.1.1.38	1.1.1.1.1.1.38	1.1.1.1.1.1.38
1.1.1.1.1.1.39	1.1.1.1.1.1.39	1.1.1.1.1.1.39	1.1.1.1.1.1.39
1.1.1.1.1.1.40	1.1.1.1.1.1.40	1.1.1.1.1.1.40	1.1.1.1.1.1.40
1.1.1.1.1.1.41	1.1.1.1.1.1.41	1.1.1.1.1.1.41	1.1.1.1.1.1.41
1.1.1.1.1.1.42	1.1.1.1.1.1.42	1.1.1.1.1.1.42	1.1.1.1.1.1.42
1.1.1.1.1.1.43	1.1.1.1.1.1.43	1.1.1.1.1.1.43	1.1.1.1.1.1.43
1.1.1.1.1.1.44	1.1.1.1.1.1.44	1.1.1.1.1.1.44	1.1.1.1.1.1.44
1.1.1.1.1.1.45	1.1.1.1.1.1.45	1.1.1.1.1.1.45	1.1.1.1.1.1.45
1.1.1.1.1.1.46	1.1.1.1.1.1.46	1.1.1.1.1.1.46	1.1.1.1.1.1.46
1.1.1.1.1.1.47	1.1.1.1.1.1.47	1.1.1.1.1.1.47	1.1.1.1.1.1.47
1.1.1.1.1.1.48	1.1.1.1.1.1.48	1.1.1.1.1.1.48	1.1.1.1.1.1.48
1.1.1.1.1.1.49	1.1.1.1.1.1.49	1.1.1.1.1.1.49	1.1.1.1.1.1.49
1.1.1.1.1.1.50	1.1.1.1.1.1.50	1.1.1.1.1.1.50	1.1.1.1.1.1.50

NOTAS

- AS CONDUTAS DE AR SERÃO ISOLADAS ACUSTICAMENTE, CASO SEJA NECESSÁRIO.
- NÃO SERÃO REQUISITADOS MATERIAIS E LIGAS ESPECIAIS, SEM CONDIÇÃO DE FISCALIZAÇÃO.
- TODAS AS UNIDADES APRESENTADAS SERÃO DE REFERÊNCIA PARA O DIMENSIONAMENTO, O QUE NÃO IMPLICA A UTILIZAÇÃO DE OUTROS MODELOS DESENVOLVIDOS POR EMPRESAS ESPECIALIZADAS.
- TODOS OS MATERIAIS SERÃO DE MARCA RECONHECIDA.



REVISÃO DATA DESCRIÇÃO

01 MAI/2020 PROJETO EXECUÇÃO

Portico **IGFE** **IGFE**

TRIBUNAL ADMINISTRATIVO E FISCAL

INSTALAÇÕES MECÂNICAS

Projeto: Instalações Mecânicas - Fases 1 a 3 e Cobertura - PARTE II

Rev. Nº: REV/00

Rev. Nº: N18/20

Data: MAI/2020

Projeto: Instalações Mecânicas - Fases 1 a 3 e Cobertura - PARTE II

Rev. Nº: REV/00

Rev. Nº: N18/20

Data: MAI/2020

Projeto: Instalações Mecânicas - Fases 1 a 3 e Cobertura - PARTE II

Rev. Nº: REV/00

Rev. Nº: N18/20

Data: MAI/2020

6.8 Anexo 8 - Iluminação do projeto e de referência

Espaços	Piso	Área [m ²]	Iluminação Real / projeto		Projeto	Referência		Iluminação Máx.	Iluminação Referência	Referência
			Potência [W]	Taxa [W/m ²]	Iluminância [Lux]	Iluminância [Lux]	DPI [(W/m ²)/100 lux]	Taxa (130%) [W/m ²]	Taxa [W/m ²]	Potência [W]
P0 - 8 - Zona de espera	0	74,3	267,0	3,6	191	200	3,8	9,4	7,3	539,1
P0 - 9 - Hall público	0	9,2	64,0	7,0	100	100	3,8	4,9	3,8	34,8
P0 - 10 - Gabinete	0	30,5	216,0	7,1	579	500	2,4	15,6	12,0	365,6
P0 - 11 - Átrio	0	21,5	117,6	5,5	241	100	3,8	4,9	3,8	81,6
P0 - 12 - Gabinete	0	28,0	221,4	7,9	370	500	3,8	18,3	14,1	394,3
P0 - 13 - Escadas	0	7,2	16,0	2,2	241	150	3,8	7,4	5,7	41,3
P0 - 14 - Hall	0	21,7	78,4	3,6	82	100	3,8	4,1	3,1	67,6
P0 - 15 - I.S	0	2,4	12,8	5,3	234	200	3,8	9,9	7,6	18,2
P0 - 16 - I.S	0	2,4	12,8	5,3	250	200	3,8	9,9	7,6	18,4
P0 - 17 - I.S	0	2,7	12,8	4,7	234	200	3,8	9,9	7,6	20,7
P0 - 18 - Hall	0	5,9	35,1	5,9	82	100	3,8	4,1	3,1	18,4
P0 - 19 - Gabinete de vídeo conferencia	0	5,0	56,7	11,2	354	500	2,4	11,0	8,5	42,9
P0 - 20 - Gabinete	0	28,8	492,3	17,1	489	500	2,4	15,3	11,7	338,4
P0 - 21 - Sala	0	20,5	288,0	14,0	906	500	2,4	15,6	12,0	246,5
P0 - 22 - Hall privado	0	89,1	496,8	5,6	225	100	3,8	4,9	3,8	338,5
P0 - 23 - Gabinete	0	15,4	156,6	10,1	443	500	2,4	13,8	10,6	164,1
P0 - 24 - Gabinete	0	15,3	159,3	10,4	440	500	2,4	13,7	10,6	161,5
P0 - 25 - Átrio	0	23,7	260,8	11,0	276	200	3,8	9,9	7,6	180,5
P0 - 26 - Gabinete de reuniões	0	55,3	737,1	13,3	394	500	2,1	10,8	8,3	457,8
P0 - 27 - Hall privado	0	23,8	294,4	12,4	293	200	3,8	9,9	7,6	180,9
P0 - 28 - Hall	0	25,9	275,2	10,6	293	200	3,8	9,9	7,6	197,0
P0 - 29 - I.S	0	4,4	12,8	2,9	153	200	3,8	7,6	5,8	25,3
P0 - 30 - I.S	0	3,3	12,8	3,8	201	200	3,8	9,9	7,6	25,4
P0 - 31 - I.S	0	13,2	38,4	2,9	183	200	3,8	9,0	7,0	92,0
P0 - 32 - I.S	0	13,8	38,4	2,8	177	200	3,8	8,7	6,7	92,9
P0 - 33 - Hall privado	0	5,2	41,6	8,0	331	200	3,8	9,9	7,6	39,4
P0 - 34 - Gabinete	0	28,4	459,0	16,1	419	500	2,4	13,1	10,1	286,0
P0 - 35 - Gabinete	0	28,4	459,0	16,1	566	500	2,4	15,6	12,0	341,3
P1 - 36 - Unidade de processos	1	90,4	1139,4	12,6	495	500	2,1	13,5	10,4	939,6

Espaços	Piso	Área [m ²]	Iluminação Real / projeto		Projeto	Referência			Iluminação Máx.	Iluminação Referência	Referência
			Potência [W]	Taxa [W/m ²]		Iluminância [Lux]	Iluminância [Lux]	DPI [(W/m ²)/100 lux]			
P1 - 37 - Unidade de processos	1	86,5	867,6	10,0	394	500	2,1	10,8	8,3	715,4	
P1 - 38 - Gabinete	1	30,8	195,3	6,3	374	500	2,4	11,7	9,0	276,5	
P1 - 39 - Gabinete de reunião	1	29,2	323,1	11,1	494	500	2,4	15,4	11,9	346,1	
P1 - 40 - Hall	1	27,3	72,0	2,6	60	100	3,8	3,0	2,3	62,5	
P1 - 41 - Gabinete	1	18,2	126,9	7,0	361	500	2,4	11,3	8,7	157,8	
P1 - 42 - Gabinete	1	12,9	126,9	9,8	497	500	2,4	15,5	11,9	154,0	
P1 - 43 - Gabinete	1	12,5	126,9	10,1	500	500	2,4	15,6	12,0	150,5	
P1 - 44 - Gabinete	1	13,0	126,9	9,7	490	500	2,4	15,3	11,8	153,1	
P1 - 45 - Gabinete	1	17,0	193,5	11,4	600	500	2,4	15,6	12,0	203,8	
P1 - 46 - Hall	1	18,0	48,0	2,7	60	100	3,8	3,0	2,3	41,3	
P1 - 47 - Gabinete	1	13,2	128,7	9,7	446	500	2,4	13,9	10,7	141,8	
P1 - 48 - Gabinete	1	17,0	128,7	7,6	378	500	2,4	11,8	9,1	154,4	
P1 - 49 - Gabinete	1	14,7	128,7	8,7	416	500	2,4	13,0	10,0	147,1	
P1 - 50 - Gabinete	1	14,3	128,7	9,0	424	500	2,4	13,2	10,2	145,2	
P1 - 51 - Gabinete de apoio	1	18,3	156,6	8,6	419	500	2,4	13,1	10,1	184,0	
P1 - 52 - Copa	1	32,2	207,9	6,5	115	300	3,4	5,1	3,9	125,9	
P1 - 53 - Escadas	1	23,9	32,0	1,3	140	150	3,8	6,9	5,3	127,2	
P1 - 54 - Hall	1	24,5	272,0	11,1	251	150	3,8	7,4	5,7	139,8	
P1 - 55 - I.S	1	6,8	38,4	5,7	313	200	3,8	9,9	7,6	51,4	
P1 - 56 - I.S	1	6,0	32,0	5,3	286	200	3,8	9,9	7,6	45,5	
P1 - 57 - Hall	1	21,9	32,0	1,5	113	100	3,8	4,9	3,8	83,0	
P1 - 58 - I.S	1	4,2	12,8	3,0	169	200	3,8	8,3	6,4	27,1	
P1 - 59 - Escadas	1	13,2	81,6	6,2	140	150	3,8	6,9	5,3	70,4	
P1 - 60 - Hall	1	23,7	113,6	4,8	176	100	3,8	4,9	3,8	90,0	
P1 - 61 - I.S	1	3,6	12,8	3,5	175	200	3,8	8,6	6,7	24,1	
P2 - 62 - Gabinete	2	17,1	114,3	6,7	366	500	2,4	11,4	8,8	150,2	
P2 - 63 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	312	500	2,4	9,7	7,5	109,4	
P2 - 64 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	361	500	2,4	11,3	8,7	126,6	
P2 - 65 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	367	500	2,4	11,5	8,8	128,6	
P2 - 66 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	368	500	2,4	11,5	8,8	129,0	
P2 - 67 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	366	500	2,4	11,4	8,8	128,2	

Espaços	Piso	Área [m ²]	Iluminação Real / projeto		Projeto	Referência			Iluminação Máx.	Iluminação Referência	Referência
			Potência [W]	Taxa [W/m ²]		Iluminância [Lux]	Iluminância [Lux]	DPI [(W/m ²)/100 lux]			
P2 - 68 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	363	500	2,4	11,3	8,7	127,1	
P2 - 69 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	357	500	2,4	11,1	8,6	125,0	
P2 - 70 - Gabinete	2	14,6	101,7	7,0	350	500	2,4	10,9	8,4	122,5	
P2 - 71 - Gabinete	2	17,6	161,1	9,2	812	500	2,4	15,6	12,0	211,2	
P2 - 72 - Gabinete	2	17,0	144,9	8,5	766	500	2,4	15,6	12,0	203,4	
P2 - 73 - Gabinete	2	15,0	101,7	6,8	346	500	2,4	10,8	8,3	124,8	
P2 - 74 - Gabinete	2	14,9	101,7	6,8	361	500	2,4	11,3	8,7	129,4	
P2 - 75 - Gabinete	2	14,8	101,7	6,8	368	500	2,4	11,5	8,8	131,1	
P2 - 76 - Gabinete	2	14,8	101,7	6,9	374	500	2,4	11,7	9,0	132,4	
P2 - 77 - Gabinete	2	14,7	101,7	6,9	357	500	2,4	11,1	8,6	125,6	
P2 - 78 - Gabinete	2	14,5	94,5	6,5	328	500	2,4	10,2	7,9	114,4	
P2 - 79 - Gabinete	2	14,3	94,5	6,6	345	500	2,4	10,8	8,3	118,7	
P2 - 80 - I.S	2	2,9	12,8	4,3	163	200	3,8	8,1	6,2	18,3	
P2 - 81 - Escadas	2	18,7	69,1	3,7	140	150	3,8	6,9	5,3	99,3	
P2 - 82 - I.S	2	3,5	21,6	6,2	200	200	3,8	9,9	7,6	26,6	
P2 - 83 - I.S	2	4,2	12,8	3,0	165	200	3,8	8,2	6,3	26,4	
P2 - 84 - Hall	2	22,4	86,4	3,9	176	100	3,8	4,9	3,8	85,2	
P2 - 85 - I.S	2	3,9	12,8	3,3	167	200	3,8	8,2	6,3	24,6	
P2 - 86 - Escadas	2	13,2	81,6	6,2	140	150	3,8	6,9	5,3	70,4	
P2 - 97 - Hall	2	51,9	304,0	5,9	175	100	3,8	4,9	3,8	197,2	
P2 - 87 - Bastidor	2	4,3	38,0	8,8	311	200	3,4	8,8	6,8	29,4	
P1 - 88 - Bastidor	1	6,9	38,0	5,5	219	200	3,4	8,8	6,8	46,7	
P0 - 89 - Area técnica	0	6,6	76,0	11,5	331	300	3,4	13,3	10,2	67,5	
P0 - 90 - Bastidor	0	6,8	34,2	5,0	215	200	3,4	8,8	6,8	46,2	
P0 - 91 - Sala de arquivos	0	88,0	1519,2	17,3	383	500	3,4	16,9	13,0	1146,1	
P0 - 92 - Ante câmara	0	6,7	42,8	6,4	75	200	3,8	3,7	2,9	19,1	
P0 - 93 - Deposito	0	2,7	34,2	12,6	301	200	3,4	8,8	6,8	18,5	
P0 - 94 - Casa das maquinas	0	19,8	0,0	0,0	229	200	3,4	8,8	6,8	134,9	
P0 - 95 - Bastidor	0	10,6	102,6	9,7	133	200	3,4	5,9	4,5	48,0	
P0 - 96 - Economato	0	8,5	68,4	8,1	348	200	3,4	8,8	6,8	57,6	

6.9 Anexo 9 - Dados técnicos do módulo fotovoltaico Sharp ND-R250A5

Electrical data (at STC)									
		ND-R250A5	ND-R245A5	ND-R240A5	ND-R235A5	ND-R230A5	ND-R225A5	ND-R220A5	
Maximum power	P_{max}	250	245	240	235	230	225	220	W_p
Open-circuit voltage	V_{OC}	37.6	37.3	37.2	36.8	36.4	36.0	35.6	V
Short-circuit current	I_{SC}	8.68	8.62	8.57	8.49	8.41	8.33	8.25	A
Voltage at point of maximum power	V_{mpp}	30.9	30.7	30.4	30.3	30.3	30.2	30.0	V
Current at point of maximum power	I_{mpp}	8.10	7.99	7.90	7.76	7.61	7.46	7.35	A
Module efficiency	η_m	15.2	14.9	14.6	14.3	14.0	13.7	13.4	%

STC – Standard Test Conditions: Irradiance 1,000 W/m², AM 1.5, cell temperature 25 °C.
Rated electrical characteristics are within $\pm 10\%$ of the indicated values of I_{SC} , V_{OC} and 0 to +5% of P_{max} (power measurement tolerance $\pm 3\%$).

Electrical data (at NOCT)									
		ND-R250A5	ND-R245A5	ND-R240A5	ND-R235A5	ND-R230A5	ND-R225A5	ND-R220A5	
Maximum power	P_{max}	180.2	176.6	173.0	169.3	165.7	162.1	158.5	W_p
Open-circuit voltage	V_{OC}	36.7	36.4	36.4	36.0	35.6	35.2	34.8	V
Short-circuit current	I_{SC}	7.0	6.96	6.92	6.85	6.79	6.72	6.66	A
Voltage at point of maximum power	V_{mpp}	27.7	27.5	27.2	27.1	27.1	27.0	26.8	V
Nominal Operating Cell Temperature	NOCT	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	°C

NOCT: Module operating temperature at 800 W/m² irradiance, air temperature of 20 °C, wind speed of 1 m/s.

Limit values	
Maximum system voltage	1,000 V DC
Over-current protection	15 A
Temperature range	-40 to +90 °C
Maximum mechanical load	2,400 N/m ²

Mechanical data	
Length	1,652 mm (+/-3.0 mm)
Width	994 mm (+/-2.0 mm)
Depth	46 mm (+/-0.8 mm)
Weight	19 kg

Temperature coefficient	
P_{max}	-0.440 % / °C
V_{OC}	-0.329 % / °C
I_{SC}	+0.038 % / °C

Characteristic curves ND-R240A5	
Characteristic curves: current/power vs. voltage (cell temperature: 25 °C)	
— Current vs. voltage — Power vs. voltage	

Rear view	

General data	
Cells	polycrystalline, 156.5 mm × 156.5 mm, 60 cells in series
Front glass	low iron tempered glass, 3 mm
Frame	anodized aluminium alloy, silver
Connection box	PPE/PPD resin, IP65 rating, 58 × 125 × 15 mm, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² , length 900 mm
Connector	SMK (MCA compatible), Type CCT9901-2361F/2451F (Catalogue no. P51-7H/R51-7), IP67 rating
To extend the module connection leads, only use SMK connector from the same series or MultiContact/AG MCA connector (PV-KST04/PV-KBT04)	

Registration	
Sharp Solar guarantees the safety, quality and value of your product over many years – the only thing we ask you to do is to register your modules with the serial number, so that we can send you the guarantee certificate. Register your modules quickly and easily at www.brandaddedvalue.net .	

6.10 Anexo 10 Dados técnicos do módulo fotovoltaico SunPower SPR-X21-345-COM

Electrical Data		
	SPR-X21-345-COM	SPR-X20-327-COM
Nominal Power (P _{nom}) ⁵	345 W	327 W
Power Tolerance	+5/-3%	+5/-3%
Avg. Panel Efficiency ⁶	21.5%	20.3%
Rated Voltage (V _{mpp})	57.3 V	57.3 V
Rated Current (I _{mpp})	6.02 A	5.71 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	68.2 V	67.6 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	6.39 A	6.07 A
Max. System Voltage	1000 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp Coef.	-0.29% / °C	
Voltage Temp Coef.	-167.4 mV / °C	
Current Temp Coef.	2.9 mA / °C	
Operating Condition And Mechanical Data		
Temperature	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)	
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)	
Appearance	Class B	
Solar Cells	96 Monocrystalline Maxeon Gen III	
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective	
Junction Box	IP-65, MC4 Compatible	
Weight	41 lbs (18.6 kg)	
Max. Load	Wind: 50 psf, 2400 Pa front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa front	
Frame	Class 2 silver anodized; stacking pins	