



# ESTUDO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

**FERNANDO ANTÓNIO BRANDÃO BATISTA**

agosto de 2018

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

isep



## ESTUDO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

FERNANDO ANTÓNIO BRANDÃO BATISTA

Julho de 2018

# **ESTUDO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS**

Fernando António Brandão Batista

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



## **ESTUDO DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS**

Fernando António Brandão Batista  
1130078

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 da Doutora Olga dos Remédios Sobral Castro.

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica





## **JÚRI**

### **Presidente**

Doutor, Arnaldo Manuel Gomes Pinto

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Orientador**

Doutor, Olga dos Remédios Sobral Castro

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Arguente**

Doutor, Ana Isabel Palmero Marrero

Professora Auxiliar Convidada, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha professora e orientadora Doutora Olga Castro, por todo o apoio prestado, disponibilidade e empenho, pelas críticas construtivas e profissionalismo.

Ao Eng.º Joaquim Monteiro por toda a disponibilidade, pelas várias horas dispensadas e todo o conhecimento partilhado.

Ao Sr. Belarmino pela informação técnica fornecida e ajuda na análise do edifício.

Aos meus pais, obrigado por tudo. Obrigado por investirem na minha formação, para que hoje pudesse estar aqui. São um exemplo de esforço e dedicação.

À minha esposa Vanessa, por toda a ajuda, compreensão, paciência e incentivo.



## RESUMO

Atualmente o consumo energético dos edifícios é um tema de relevo, estudado mundialmente, com o objetivo de reduzir os consumos energéticos. De forma a se atingirem as metas de redução de consumo energético nos edifícios, recorre-se à utilização de fontes de energia renovável e de soluções técnicas que promovam o desempenho energético dos edifícios, mantendo as condições de conforto térmico e do ar ambiente interior.

Isto leva a uma mudança de paradigma, sustentado pela diretiva europeia EPBD de 2010, que promove construção de edifícios novos, NZEB, a partir de 2020.

O presente trabalho consistiu na realização de simulação dinâmica de um edifício de serviços para obtenção do consumo energético anual do mesmo. Após obtenção do valor de consumo energético foram propostas e estudadas diferentes melhorias para a sua redução.

A presente simulação permitiu chegar a um consumo anual de energia de 424,5 MWh. Foram simuladas nove melhorias de eficiência energética cujos resultados permitiram alcançar um consumo de energia 243,3 MWh que corresponde a uma diminuição de 42,7% do mesmo. A melhoria que permitiu uma maior redução de consumo de energia foi a instalação de painéis fotovoltaicos, que resultou num consumo anual de 354,0 MWh, que corresponde a uma redução de 16,6%. Outra melhoria que provocou também uma redução significativa do consumo foi a introdução de uma UTA para climatização do ar ambiente do *datacenter*, cujo seu consumo anual foi de 361,8 MWh que corresponde a uma redução de 14,8%.

### PALAVRAS CHAVE

Consumo energético, medidas de melhoria de eficiência energética, Simulação Dinâmica de Edifícios, Centro servidores de dados, NZEB.



## ABSTRACT

*Nowadays the energetic consumption is a subject of matter, it has been studied all over the world, with the purpose of reducing the energetic consumption of the building. In order to achieve the goals of energy consume reduction of the buildings, we recur to the use of renewable energetic sources and technique solutions that promote the energetic performance of the buildings, keeping comfort and good quality of the interior environment.*

*This leads to a changing of paradigm, sustained by European EPBD directive of 2010, which promotes the construction of buildings NZEB for 2020.*

*The present report consisted in the dynamic simulation of a services building to achieve its annual energy consumption. After obtaining the energy consumption result there were proposed and studied different improvement measures to reduce it.*

*The present simulation allowed to obtain an annual consumption of 424,5 MWh. Nine measures of energy efficiency were tested, which results allowed to obtain an energetic consumption of 243,3 MWh, which means a reduction of 42,7%. The measure that allowed the biggest energy consumption reduction was the installation of photovoltaic panels, that resulted in an annual consumption of 354,0 MWh, the corresponds to a 16,6% reduction. Other measure that made a significant reduction of the consumption was the introduction of an AHU for the air climatization of datacenter, which annual consumption is 361,8 MWh, that corresponds to a 14,8% reduction.*

### KEYWORDS

*Energy Consumption, Measures to improve energy efficiency, Dynamic simulation of buildings, Datacenter, NZEB.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AQS	Águas quentes sanitárias
ADENE	Agência para a Energia
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning</i>
COP	<i>Coeficiente Performance</i>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EED	<i>Energy Efficiency Directive</i>
EPBD	<i>Energy Performance in Buildings Directive</i>
ESD	<i>Energy Service Directive</i>
FER	Fontes de Energias Renováveis
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
NUTS	Unidade Territoriais para Fins Estatísticos
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Buildings</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
RCCTE	Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
UTA	Unidade de tratamento de ar
VAL	Valor atual Líquido
VRV	Volume de refrigerante variável

### Lista de Unidades

kWh	Quilo Watt-hora
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico

kWp	Quilo Watt pico
W	Watt
Kg	Quilograma
J	Joule
K	Kelvin
°C	Graus Celsius

#### Lista de Símbolos

GD	Graus-dias (°C)
$GD_{REF}$	Graus – dias referência (°C)
M	Duração da estação de aquecimento (meses)
z	Altitude (km)
$z_{ref}$	Altitude de referência (km)
$\theta_{ext,i}$	Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento (°C)
$\theta_{ext,ref}$	Temperatura exterior média de referência do mês mais frio da estação de aquecimento (°C)
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média (°C)
$\lambda$	Condutividade térmica de um material (W/m.°C)
U	Coefficiente de transmissão térmica (W/m <sup>2</sup> .°C)
$U_w$	Coefficiente de transmissão térmica da janela dupla sem dispositivo de proteção solar / oclusão noturna na caixa-de-ar (W/m <sup>2</sup> .°C)
$U_{wi}$	Coefficiente de transmissão térmica do vão envidraçado interior (W/m <sup>2</sup> .°C)
$U_{we}$	Coefficiente de transmissão térmica do vão envidraçado exterior (W/m <sup>2</sup> .°C)
R	Resistência Térmica (m <sup>2</sup> .°C/W)
$R_s$	Resistência térmica da caixa-de-ar (m <sup>2</sup> .°C/W)
$R_{se}$	Resistência térmica superficial exterior (m <sup>2</sup> .°C/W)
$R_{si}$	Resistência térmica superficial interior (m <sup>2</sup> .°C/W)
e	Espessura (m)

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA DE PROCESSO DE CÁLCULO DO CONSUMO ANUAL DE ENERGIA .....	3
FIGURA 2 – AS 20 MAIORES ECONOMIAS NO MUNDO EM 2030 [3].....	10
FIGURA 3 – CONSUMO TOTAL DE ENERGIA EM 2017 [4]. .....	10
FIGURA 4 – DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	11
FIGURA 5 – EVOLUÇÃO LEGISLATIVA DE 2007 ATÉ 2020.....	12
FIGURA 6 – EVOLUÇÃO LEGISLATIVA ATÉ 2030. ....	13
FIGURA 7 – EVOLUÇÃO LEGISLATIVA ATÉ 2050. ....	14
FIGURA 8 – DIRETIVAS EUROPEIAS RELACIONADAS COM O SETOR ENERGIA E/OU EDIFÍCIOS. ....	15
FIGURA 9 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA [11].....	17
FIGURA 10 – EVOLUÇÃO LEGISLATIVA EM PORTUGAL [13].....	18
FIGURA 11 – METAS ATINGIR EM 2020 [14]. ....	19
FIGURA 12 – REPRESENTAÇÃO DE UMA POSSÍVEL DEFINIÇÃO DE NZEB [ [17].....	21
FIGURA 13 – BALANÇOS ENERGÉTICOS ZERO [17]. ....	21
FIGURA 14 - QUASE” ZERO EM FUNÇÃO DAS NECESSIDADES E PRODUÇÃO ENERGÉTICAS [17].....	22
FIGURA 15 – DIMINUIÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE NZEB [17]. ....	22
FIGURA 16 – MODULARIDADE DO <i>ENERGYPLUS</i> [19].....	24
FIGURA 17 – ELEMENTOS INTERNOS [19].....	25
FIGURA 18 – FERRAMENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS POR ORDEM DE UTILIZAÇÃO.....	26
FIGURA 19 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO SKETCHUP, OPENSTUDIO E <i>ENERGYPLUS</i> [20].....	27
FIGURA 20 – EDIFÍCIO DE ESTUDO .....	33
FIGURA 21 – DISTÂNCIA DO EDIFÍCIO À COSTA.....	34
FIGURA 22 – ORIENTAÇÃO DO EDIFÍCIO.....	34
FIGURA 23 – ALGUNS EXEMPLOS DE ESPAÇOS DO EDIFÍCIO: A) SALA DE ESPERA; B) ESCADAS C)SALA DE CAFÉ; D)SALA DE INFORMÁTICA; E)CORREDOR; F) AUDITÓRIO.....	35
FIGURA 24 – IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS- PISO 1 .....	36
FIGURA 25 – IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS- PISO 2 .....	37
FIGURA 26 – IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS- PISO 3 .....	37
FIGURA 27 – IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS- PISO 4 .....	38
FIGURA 28 – REPRESENTAÇÃO EM CORTE- PÉ DIREITO DE CADA PISO.....	38
FIGURA 29 – IDENTIFICAÇÃO DE ENVIDRAÇADOS E PAREDES EXTERIORES: A)FACHADA ESTE; B)FACHADA SUL; C)FACHADA OESTE; D)FACHADA NORTE .....	39
FIGURA 30 – DEFINIÇÃO DAS ENVOLVENTES - PISO 1 .....	43
FIGURA 31 – DEFINIÇÃO DAS ENVOLVENTES- PISO 2.....	43

FIGURA 32 – DEFINIÇÃO DAS ENVOLVENTES- PISO 3.....	44
FIGURA 33 – DEFINIÇÃO DAS ENVOLVENTES- PISO 4.....	44
FIGURA 34 – DEFINIÇÃO DAS ENVOLVENTES - CORTE TRANSVERSAL.....	44
FIGURA 35 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR – PE1.....	45
FIGURA 36 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR – PE2.....	46
FIGURA 37 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR – PE3.....	47
FIGURA 38 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI1.....	47
FIGURA 39 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI2.....	48
FIGURA 40 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI3.....	49
FIGURA 41 – PORMENOR DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI4.....	50
FIGURA 42 – PORMENOR DA COBERTURA DA ENVOLVENTE EXTERIOR – COB 1.....	51
FIGURA 43 – PORMENOR DO PAVIMENTO DA ENVOLVENTE INTERIOR – PAV1.....	52
FIGURA 44 – PORMENOR DO PAVIMENTO DA ENVOLVENTE INTERIOR – PAV2.....	53
FIGURA 45 – EXEMPLO DE CÁLCULO VÃO ENVIDRAÇADO – VE2_38O.....	54
FIGURA 46 – EXEMPLO CÁLCULO ENVIDRAÇADO – VE2_2E.....	55
FIGURA 47 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE1_1E.....	55
FIGURA 48 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE1_3N, VE1_4N E VE1_5N.....	56
FIGURA 49 – VÃOS ENVIDRAÇADOS – VE1_60 E VE1_7S.....	56
FIGURA 50 – VÃOS ENVIDRAÇADOS – VE1_80, VE1_90, VE1_110 E VE1_120.....	57
FIGURA 51 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE1_13E.....	57
FIGURA 52 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE2_42O.....	58
FIGURA 53 – VÃOS ENVIDRAÇADOS – VE2_39S, VE3_27S E VE4_27S.....	58
FIGURA 54 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE2_40S E VE2_41O.....	59
FIGURA 55 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE1_38O.....	60
FIGURA 56 – VÃOS ENVIDRAÇADOS – VE2_27O A VE2_37O, VE3_25O A VE3_34O E VE4_27O A VE4_34O.....	60
FIGURA 57 – VÃOS ENVIDRAÇADOS: VE2_26S, VE2_48N, VE3_24S, VE3_46N E VE4_24S, VE3_46N.....	61
FIGURA 58 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE2_15E.....	61
FIGURA 59 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE2_19N.....	62
FIGURA 60 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE2_20E.....	62
FIGURA 61 – VÃO ENVIDRAÇADO VE2_21E E VE2_23E.....	63
FIGURA 62 – VÃO ENVIDRAÇADO – VE3_40N E VE3_40S.....	63
FIGURA 63 – LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES.....	64
FIGURA 64 – LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS.....	65
FIGURA 65 – EXEMPLOS LÂMPADAS DE HALOGÉNEO.....	65
FIGURA 66 – EXEMPLOS DE LÂMPADAS LED.....	66
FIGURA 71 - DISTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO POR TIPO DE TECNOLOGIA (POTÊNCIA INSTALADA).....	66
FIGURA 68 - ILUMINAÇÃO EXTERIOR: A) LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO; B) IODETOS METÁLICOS.....	69

FIGURA 69 -DISTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO EXTERIOR (POTENCIA INSTALADA) .....	70
FIGURA 70 – ILUSTRAÇÃO DO ZONAMENTO TÉRMICO – PISO 1.....	72
FIGURA 71 – ILUSTRAÇÃO DO ZONAMENTO TÉRMICO – PISO 2.....	72
FIGURA 72 – ILUSTRAÇÃO DO ZONAMENTO TÉRMICO – PISO 3.....	73
FIGURA 73 – ILUSTRAÇÃO DO ZONAMENTO TÉRMICO – PISO 4.....	73
FIGURA 74 -IMAGEM EXEMPLIFICATIVA DAS UNIDADES EXTERIORES REVERSÍVEIS DO TIPO VRV E MULTI- <i>SPLIT</i> .....	74
FIGURA 75 -IMAGEM EXEMPLIFICATIVA DAS UNIDADES INTERIORES: CASSETE 4 VIAS E MURAL.....	74
FIGURA 76 –UNIDADES <i>CHILLER</i> .....	76
FIGURA 77 –EXEMPLOS DE VENTILOCONVETORES .....	77
FIGURA 78 – CONSUMO DE AQ3 (LITROS) DE DURANTE A SEMANA.....	80
FIGURA 79- IMAGENS EXEMPLIFICATIVAS DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS PRESENTES NO EDIFÍCIO....	81
FIGURA 80- DIAGRAMA DE CARGA DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DO DATACENTER .....	84
FIGURA 81 – DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE MATOSINHOS.....	89
FIGURA 82 – DEFINIÇÃO DOS FICHEIROS <i>DESIGN CONDITIONS DESIGN DAY DATA E ENERGYPLUS WEATHER DATA FILE</i> .....	89
FIGURA 83 – DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DO MODELO – PISO 1 .....	90
FIGURA 84 – DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DO MODELO – PISO 2 .....	90
FIGURA 85 – DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DO MODELO – PISO 3 .....	91
FIGURA 86 – DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DO MODELO – PISO 4 .....	91
FIGURA 87 – DEFINIÇÃO DA ALTURA DE CADA ESPAÇO .....	92
FIGURA 88 – MODELO 3D: A) VISTA NORDESTE; B) VISTA NOROESTE .....	92
FIGURA 89 – DIVISÃO DAS ZONAS TÉRMICAS DO EDIFÍCIO .....	93
FIGURA 90 – A) EXEMPLO DA DEFINIÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO BETÃO ARMADO; B) EXEMPLO DA DEFINIÇÃO DE UMA SOLUÇÃO CONSTRUTIVA – PE1 .....	94
FIGURA 91 – EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA RESPECTIVA SOLUÇÃO CONSTRUTIVA.....	94
FIGURA 92 – EXEMPLO DA DEFINIÇÃO DAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE UM VÃO ENVIDRAÇADO NO <i>OPENSTUDIO</i> .....	95
FIGURA 93 – EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA RESPECTIVA SOLUÇÃO DE VÃO ENVIDRAÇADO .....	95
FIGURA 94 – TIPOS DE MONTAGEM DE ILUMINAÇÃO [22] .....	96
FIGURA 95 – EXEMPLOS DE MONTAGEM DE ILUMINAÇÃO À SUPERFÍCIE .....	96
FIGURA 96 – EXEMPLOS DE MONTAGEM DE ILUMINAÇÃO DO TIPO ENCASTRADO.....	97
FIGURA 97 – EXEMPLOS DE MONTAGEM DE ILUMINAÇÃO DO TIPO SUSPENSO.....	97
FIGURA 98 – CARACTERÍSTICAS DO TIPO ILUMINAÇÃO [23] .....	97
FIGURA 99 – EXEMPLO DE DEFINIÇÃO DE ILUMINARIA COM LÂMPADAS FLUORESCENTES COM BALASTRO FERRO - MAGNÉTICO.....	98
FIGURA 100 – EXEMPLO DE DEFINIÇÃO DA CARGA TÉRMICA DEVIDO A OCUPAÇÃO.....	98
FIGURA 101 – EXEMPLO DE DEFINIÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA DE CADA OCUPANTE .....	99

FIGURA 102 – EXEMPLO DA DEFINIÇÃO DO EQUIPAMENTO ELÉTRICO .....	100
FIGURA 103 – EXEMPLO DA DEFINIÇÃO DE UM VRV .....	101
FIGURA 104 – DEFINIÇÃO DAS CARATERÍSTICAS DA UNIDADE EXTERIOR “PUHY/P400YGN-A”: A) ARREFECIMENTO; B) AQUECIMENTO.....	101
FIGURA 105 – DEFINIÇÃO DAS CARATERÍSTICAS DA UNIDADE INTERIOR “PKFY-P20VGM-E”: A) CAUDAIS DE AR; B) VENTILADOR; C)ARREFECIMENTO; D) AQUECIMENTO .....	102
FIGURA 106 – TEMPERATURA DE AQUECIMENTO DURANTE A SEMANA.....	103
FIGURA 107 – TEMPERATURAS DE ARREFECIMENTO DURANTE A SEMANA .....	104
FIGURA 108 – TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO CHILLER .....	105
FIGURA 109 –TEMPERATURAS AR AMBIENTE <i>DATACENTER</i> .....	105
FIGURA 110 – DEFINIÇÃO DO CHILLER .....	106
FIGURA 111 – CIRCUITO ÁGUA FRIA <i>DATACENTER</i> .....	107
FIGURA 112 – CIRCUITO ÁGUA FRIA – PISO 3 .....	107
FIGURA 113 – SISTEMA DE VENTILAÇÃO PISO 2 .....	108
FIGURA 114 – DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS EQUIPAMENTOS: A) RECUPERADOR FLUXOS CRUZADOS; B) VENTILADOR DE EXTRAÇÃO; C) DIFUSOR .....	109
FIGURA 115 – CONSUMO TOTAL DE ENERGIA .....	115
FIGURA 116 – LÂMPADA LED 22 W – PHILIPS .....	119
FIGURA 117 – EXEMPLO DE JANELA DUPLA.....	119
FIGURA 118 – VÃOS ENVIDRAÇADO COM JANELA DUPLA: A)FACHADA ESTE; B)FACHADA OESTE .....	120
FIGURA 119 – CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE EXTERIOR (PUHY/P400Y6MA).....	122
FIGURA 120 – CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE INTERIOR PEFY – P25VMA -E /2,8 KW .....	122
FIGURA 121 – FOCO PROJETOR <i>LED</i> .....	123
FIGURA 122 – CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DO REGULADOR CAUDAL “ORFESA” .....	124
FIGURA 123 – CONSUMO DE AQS DURANTE A SEMANA.....	124
FIGURA 124 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR “TROX TECHNIK” .....	125
FIGURA 125 – MODELAÇÃO DE UMA UTA PARA ARREFECIMENTO DO <i>DATACENTER</i> .....	126
FIGURA 126 – INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	127
FIGURA 127 – CARGAS ELÉTRICAS OBTIDAS NO <i>OPENSTUDIO</i> .....	127
FIGURA 128 - COLETORES DO MODELO “VULCANO FKT-2W” .....	128
FIGURA 129 – FATURA ENERGÉTICA.....	130
FIGURA 130 – PERÍODOS HORÁRIOS DA ELETRICIDADE .....	131
FIGURA 131 – CONSUMOS ENERGÉTICOS ANUAIS APÓS MELHORIAS.....	135
FIGURA 132 – PAYBACK E VAL.....	136
FIGURA 133 – FICHA TÉCNICA MXZ – 5A100VA .....	157
FIGURA 134 – FICHA TÉCNICA PUHY/P400YGN-A .....	157
FIGURA 135 – FICHA TÉCNICA MU3M21 .....	158
FIGURA 136 – FICHA TÉCNICA MU3M21 .....	159

---

FIGURA 137 – FICHA TÉCNICA RXY5Q4P7V3B1.....	160
FIGURA 138 – FICHA TÉCNICA D6M360E4A 360W .....	165



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - POPULAÇÃO DO MUNDO EM 2017, 2030, 2050 E 2100 .....	9
TABELA 2 – PERCENTAGEM DE ÁREA ENVIDRAÇADA POR ORIENTAÇÃO DE FACHADA. ....	39
TABELA 3 – EXTRATO DA TABELA 04 DO DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-F/2013 .....	40
TABELA 4 – EXTRATO DA TABELA 05 DO DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-F/2013 .....	41
TABELA 5 – EXTRATO DA TABELA 02 DO DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-F/2013 .....	41
TABELA 6– TABELA 03 DO DESPACHO (EXTRATO) N.º 15793-F/2013 .....	42
TABELA 7 – DADOS CLIMÁTICOS .....	42
TABELA 8 – CÓDIGO DE CORES PARA A DEFINIÇÃO DAS ENVOLVENTES.....	43
TABELA 9 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR – PE1 .....	45
TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR – PE2 .....	46
TABELA 11 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR – PE3 .....	47
TABELA 12 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI1.....	48
TABELA 13 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI2.....	49
TABELA 14 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI2.....	50
TABELA 15 – CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR – PI4.....	50
TABELA 16 – CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA DA ENVOLVENTE EXTERIOR – COB1 .....	51
TABELA 17 – CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO DA ENVOLVENTE INTERIOR – PAV1.....	52
TABELA 18 – CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO DA ENVOLVENTE INTERIOR – PAV2.....	53
TABELA 19 – CARATERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR .....	67
TABELA 20 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO POR ESPAÇO RELATIVAS AO PISO 1.....	67
TABELA 21 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO POR ESPAÇO RELATIVAS AO PISO 2.....	68
TABELA 22 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO POR ESPAÇO RELATIVAS AO PISO 3.....	68
TABELA 23 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO POR ESPAÇO RELATIVAS AO PISO 4.....	69
TABELA 24 – CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO EXTERIOR.....	70
TABELA 25 – CARACTERÍSTICAS UNIDADES REVERSÍVEIS DE CLIMATIZAÇÃO .....	75
TABELA 26-CARACTERISTICAS TECNICAS DOS EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO DE FRIO. ....	76
TABELA 27 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA BOMBA DE CIRCULAÇÃO – CHILLER PISO 4.....	77
TABELA 28 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS VENTILCONVETORES .....	77
TABELA 29 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS VENTILADORES.....	78
TABELA 30 – NECESSIDADES DE AQS.....	79
TABELA 31 – CONSUMO DE ENERGIA ÚTIL DE AQS.....	80
TABELA 32 – OS VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA PARA COMPUTADORES E VÍDEO PROJETOR.....	82
TABELA 33 – OS VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA PARA IMPRESSORAS E FOTOCOPIADORAS .....	82

TABELA 34 – OS VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA PARA MÁQUINAS CAFÉ EXPRESSO, FRIGORÍFICOS .....	82
TABELA 35 – OS VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA PARA MÁQUINAS DE <i>SNACK E</i> DE ÁGUA .....	83
TABELA 36 – EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS INSTALADOS .....	83
TABELA 37 – VALORES DE CALOR SENSÍVEL E LATENTE PARA DIFERENTES ATIVIDADES DE TRABALHO... 85	85
TABELA 38 – DEFINIÇÃO HORÁRIOS .....	85
TABELA 39 – PARÂMETROS DE CONSUMO ENERGIA DOS ELEVADORES.....	87
TABELA 40 – ERRO ASSOCIADO À ÁREA DO MODELO .....	91
TABELA 37 – CONSUMOS REAIS DO EDIFÍCIO .....	113
TABELA 42 – CONSUMOS DE ENERGIA DO EDIFÍCIO .....	114
TABELA 43- CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DE ISOLAMENTO, EPS.....	116
TABELA 44 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAIS DE REFERÊNCIA DE ELEMENTOS OPACOS E DE.....	116
TABELA 45 – CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA DA ENVOLVENTE EXTERIOR COM ISOLAMENTO – PE1 .....	117
TABELA 46 – CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA DA ENVOLVENTE EXTERIOR COM ISOLAMENTO– PE2	117
TABELA 47 – CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA DA ENVOLVENTE EXTERIOR COM ISOLAMENTO – PE3 .....	118
TABELA 48 – CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA DA ENVOLVENTE EXTERIOR COM ISOLAMENTO– COB1 .....	118
TABELA 49 – CARATERÍSTICAS LÂMPADAS LED PHILIPS .....	119
TABELA 50- DADOS TÉCNICOS SOBRE FOCO PROJETOR LED “SMD FROST” .....	123
TABELA 51- CONSUMO DE ENERGIA DEVIDO AQS .....	125
TABELA 52- DADOS TÉCNICOS DADA UTA .....	125
TABELA 53- DADOS TÉCNICOS.....	128
TABELA 54- ENERGIA SOLAR ÚTIL OBTIDA PELOS PAINÉIS .....	129
TABELA 55- RESULTADOS OBTIDOS.....	134
TABELA 56- RESULTADOS OBTIDOS.....	136
TABELA 57 – ÁREAS E VOLUMES DE CADA ESPAÇO – PISO 1 .....	147
TABELA 58 – ÁREAS E VOLUMES DE CADA ESPAÇO – PISO 2 .....	147
TABELA 59 – ÁREAS E VOLUMES DE CADA ESPAÇO – PISO 3 .....	148
TABELA 60 – ÁREAS E VOLUMES DE CADA ESPAÇO – PISO 4 .....	148
TABELA 61 – CARATERIZAÇÃO DAS LUMINÁRIAS.....	149
TABELA 62 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO - PISO 1 .....	151
TABELA 63 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO - PISO 2 .....	152
TABELA 64 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO - PISO 3 .....	153
TABELA 65 – POTÊNCIAS/DENSIDADE DE ILUMINAÇÃO - PISO 4 .....	154
TABELA 66 – EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO - PISO 1.....	155

---

TABELA 67 – EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO - PISO 2.....	155
TABELA 68 – EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO - PISO 3.....	156
TABELA 69 – EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO - PISO 4.....	156
TABELA 70 – TAXA DE OCUPAÇÃO POR ESPAÇO – PISO 1 .....	161
TABELA 71 – TAXA DE OCUPAÇÃO POR ESPAÇO – PISO 2 .....	161
TABELA 72 – TAXA DE OCUPAÇÃO POR ESPAÇO – PISO 3.....	162
TABELA 73 – TAXA DE OCUPAÇÃO POR ESPAÇO – PISO 4.....	162
TABELA 74 – POTÊNCIA MÉDIA DE CONSUMO DEVIDO AOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – PISO 1.....	163
TABELA 75 – POTÊNCIA MÉDIA DE CONSUMO DEVIDO AOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – PISO 2.....	163
TABELA 76 – POTÊNCIA MÉDIA DE CONSUMO DEVIDO AOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – PISO 3.....	164
TABELA 77 – POTÊNCIA MÉDIA DE CONSUMO DEVIDO AOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – PISO 4.....	164



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.3	Organização do relatório .....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Crescimento Populacional e Desenvolvimento Sustentável .....	9
2.2	Legislação .....	12
2.3	Edifícios com necessidade de energia quase-nulas (NZEB) .....	20
2.4	Simulação Dinâmica em Edifícios .....	22
3	CASO DE ESTUDO DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS	33
3.1	Caraterização do Edifício.....	33
3.1.1	Identificação do Edifício	33
3.1.2	Descrição geral do Edifício	34
3.1.3	Zonamento Climático	39
3.1.4	Caraterização dos elementos da envolvente do edifício	42
3.1.5	Sistemas de Iluminação	64
3.1.6	Sistemas de AVAC	70
3.1.7	Necessidades de Aquecimento (AQS)	78
3.1.8	Equipamentos, ocupantes e horários	80
3.1.9	Consumo energético dos elevadores	87
3.2	Metodologia aplicada na simulação dinâmica .....	88
3.2.1	Introdução	88
3.2.2	Dados climáticos	88
3.2.3	Geometria do Modelo	90
3.2.4	Dados de entrada no modelo dinâmica	93
4	RESULTADOS	113
4.1	Medidas de melhoria de eficiência energética.....	115
4.1.1	Impacto das Melhorias de Eficiência de Energética simuladas	129

---

5	CONCLUSÕES	139
6	BIBLIOGRAFIA	143
	<b>ANEXO A - Áreas/Volumes de cada espaço .....</b>	<b>147</b>
	<b>ANEXO B - Caracterização das Luminárias .....</b>	<b>149</b>
	<b>ANEXO C - Equipamentos de climatização.....</b>	<b>155</b>
	<b>ANEXO D - Especificações técnicas .....</b>	<b>157</b>
	<b>ANEXO E - Taxa de ocupação por espaço .....</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXO F - Potência média de consumo devidos aos equipamentos elétricos .....</b>	<b>163</b>
	<b>ANEXO G – Painel Fotovoltaico – D6M360E4A 360W .....</b>	<b>165</b>

# INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Organização do relatório

# 1 INTRODUÇÃO

A energia é fundamental para a humanidade. No entanto com o crescimento demográfico a nível mundial aumenta o consumo desta, promovendo consequentemente o aumento da poluição, emissão de gases e aquecimento global.

Concomitantemente as fontes de energia fósseis escasseiam rapidamente, sendo a sua renovação lenta e não acompanhando a constante necessidade de suprir as necessidades energéticas.

Tendo em conta estas duas problemáticas, torna-se fundamental a utilização racional das fontes de energia, promovendo assim, uma maior eficiência energética e desenvolvimento sustentável.

O Conselho Europeu de Bruxelas de março de 2007 criou um plano estratégico para a ação de energia, que assenta em três objetivos fundamentais, com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável. Este plano estratégico é denominado “Estratégia 20-20-20”, em que os seus objetivos são: reduzir 20% os consumos de energia e da emissão de gases com o efeito estufa; aumentar 20% a utilização de energias de fontes renováveis e, por consequente, o aumento de 20% da eficiência energética até 2020. Esta estratégia visa atingir o desenvolvimento sustentável.

## 1.1 Contextualização

Com o aumento exponencial do consumo de energia e, o rápido esgotamento de fontes fósseis, assim como, as respetivas consequências da utilização dos mesmos, torna-se imperativa e necessária a otimização energética, reduzindo assim o impacto ambiental e socioeconómico de uma política não regulamentada.

Como tal, as principais causas do consumo elevado de energia, no que toca a edifícios de habitação e serviços, são os equipamentos elétricos, sistemas de climatização e de iluminação.

Para racionalizar o consumo de energia no que toca à climatização de edifícios, mantendo concomitantemente o conforto térmico interior, devem utilizar-se boas práticas de construção, recorrendo a materiais de grande capacidade de isolamento.

A escolha dos materiais também deverá ter em consideração o impacto ambiental dos mesmos, devendo ser de preferência recicláveis.

Outra forma de obtenção racional e benéfica de energia é o recorrer à utilização de energias renováveis, em detrimento das energias que utilizam combustíveis fósseis.

Desta forma possibilitaremos uma maior eficiência energética e, menor impacto ambiental, garantindo menores necessidades energéticas ou, em determinados casos, quase nulas (NZEB).

No contexto atual, utilizam-se programas de simulação dinâmica para:

- Determinação dos consumos energéticos do edifício;
- Avaliação de condições de conforto térmico;
- Simulação de melhorias sustentáveis e inovadoras que promovam uma maior eficiência energética;
- Certificação energética;
- Projeto de sistemas energéticos;

## 1.2 Objetivos

Com a presente dissertação pretendeu efetuar-se uma simulação dinâmica de um edifício de serviços para determinação do consumo energético anual e estudo de medidas para melhoria de eficiência energética. Para tal, recorreu-se ao programa de simulação computacional *EnergyPlus* em paralelo com os programas *Sketch-up* e *OpenStudio*, de desenho 3D e modelação respetivamente (figura 1).

Para a sua concretização foi necessário o cumprimento de várias etapas:

- Caracterização detalhada do edifício
  - Localização, altitude, orientação geográfica;
  - Levantamento dos espaços (área útil e volumes);
  - Desenho do edifício e respetivas zonas térmicas.
- Caracterização da envolvente opaca (paredes exteriores, pavimento e coberturas) envolvente não opaca (vãos envidraçados) e dispositivos de oclusão noturna e de sombreamento;
- Caracterização da ocupação dos espaços, iluminação e equipamentos: densidade e perfis horários de utilização;

- Caracterização dos sistemas de climatização instalados: sistemas instalados, rendimento e perfis horários de utilização.

Para obter-se o resultado do consumo anual de energia do edifício recorreu-se às seguintes ferramentas informáticas, representadas na figura 1:

- Sistemas AVAC, iluminação e equipamentos: partir da interface *Openstudio*;
- Elevadores: recorrendo à norma ISO 25745-1;
- AQS: através do ficheiro SCE.ER proveniente DGEG.

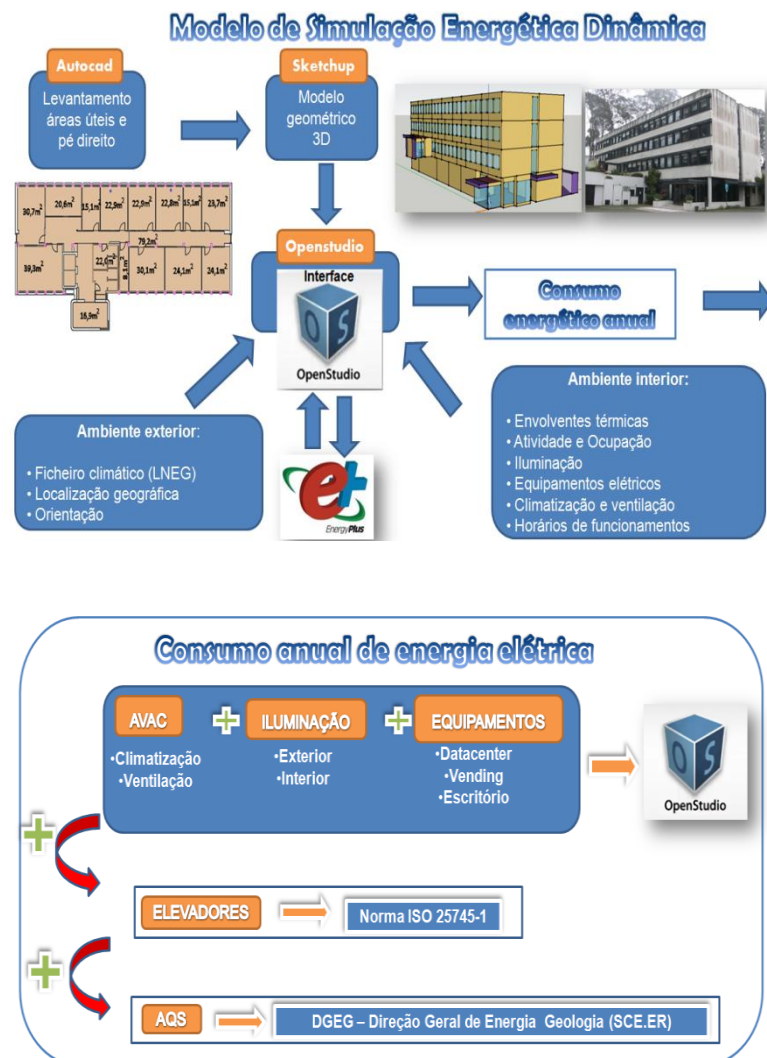


Figura 1 – Esquema de processo de cálculo do consumo anual de energia

Procedeu-se à comparação dos resultados obtidos, relativos ao consumo energético anual, com os valores reais fornecidos pela empresa, a fim de validar o modelo de simulação.

Após validação dos resultados elaborou-se e simulou-se um conjunto de medidas para melhorar a eficiência energética do edifício.

### 1.3 Organização do relatório

O presente documento está organizado em cinco grandes capítulos: introdução, revisão bibliográfica, caso de estudo de um edifício de serviços, resultados e conclusões.

No primeiro capítulo é descrita a contextualização do projeto de estudo e, simultaneamente, identificado o objetivo principal da tese e a organização do relatório.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica, onde são abordados os temas de importância para o caso em estudo. Numa primeira fase, explica-se o aumento da população mundial, mais expressivo nos países mais desenvolvidos, sendo os mesmos os maiores consumidores de energia e, conseqüentemente, os maiores produtores de poluição. De seguida é abordada a importância do desenvolvimento sustentável e respetivos indicadores de sustentabilidade. Na fase seguinte são enumeradas as medidas e metas a atingir da legislação europeia, onde constam as principais diretivas relacionadas com o consumo de energia. Posteriormente e mais especificamente, é retratada toda a evolução de legislação e política nacional, assim como, os objetivos a atingirem no futuro. Após isto, é abordada a importância de edifícios com necessidade de energias quase nulas. No final deste capítulo, é descrita a metodologia para realização da Simulação Dinâmica Computacional em Edifícios, assim como, os programas utilizados: *EnergyPlus* e *Openstudio*.

No capítulo “Caso de Estudo de um Edifícios de Serviços” é descrito todo o trabalho realizado diretamente para o caso de estudo. Inicialmente é feita: a descrição geral do edifício, zonamento climático, caracterização da envolvente opaca e não opaca, sistemas de iluminação, climatização e equipamentos elétricos.

Na segunda parte do capítulo é apresentada a simulação energética dinâmica de um edifício para o caso de estudo, onde são detalhados os seguintes aspetos: geometria do modelo; definição de zonas térmicas; definição das soluções construtivas da envolvente exterior opaca e não opaca; ganhos internos (iluminação, ocupantes e equipamentos elétricos).

No capítulo referente aos “Resultados”, são apresentados e analisados os valores dos consumos energéticos do edifício, após simulação, do antes e depois da aplicação das diferentes melhorias propostas.

Por fim, foram mencionadas as conclusões relativas ao respetivo estudo efetuado, assim como, da aplicação das melhorias de eficiência energética propostas.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Crescimento Populacional e Desenvolvimento Sustentável

2.2 Legislação

2.3 Edifícios com necessidade de energia quase-nulas (NZEB)

2.4 Simulação Dinâmica em Edifícios



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Crescimento Populacional e Desenvolvimento Sustentável

A população mundial encontra-se em crescimento exponencial, sendo que a Organização das Nações Unidas (ONU), estimou o valor de 7550 milhões de habitantes (ver tabela 1) em 2017 e atingirá o valor de 8551 milhões em 2030, 9772 milhões em 2050 e 11184 milhões em 2100 [1]

Tabela 1 - População do mundo em 2017, 2030, 2050 e 2100

Área Geográfica	População (milhões)			
	2017	2030	2050	2100
Mundo	7 550	8 551	9 772	11 184
África	1 256	1 704	2 528	4 468
Ásia	4 504	4 947	5 257	4 780
Europa	742	739	716	653
América Latina e Caraíbas	646	718	780	712
América do Norte	361	395	435	499
Oceânia	41	48	57	72

Fonte: *United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision. New York: United Nations [1].*

O crescimento será mais notório nos países com maior natalidade, pertencentes ao continente africano, assim como em países com grandes populações, como a Índia, Indonésia, Paquistão, Filipinas, Brasil, México, Estados Unidos da América e Rússia.

O aumento demográfico, associado ao desenvolvimento social e económico inerente, promove uma intensificação das urbanizações. Consequentemente aumentam as necessidades energéticas e consumo de energia, cujas fontes naturais escasseiam. Outro indicador que explica o aumento das necessidades energéticas é a taxa de crescimento mundial do produto interno bruto (PIB).

Como se pode constatar na figura 2, espera-se que a China, os EUA e a Índia até 2030 se tornem os países com maior crescimento do PIB no mundo. Pode concluir-se

que, quanto maior for PIB maior será o consumo de energia e a utilização de combustíveis, aumentando assim o impacto ambiental.

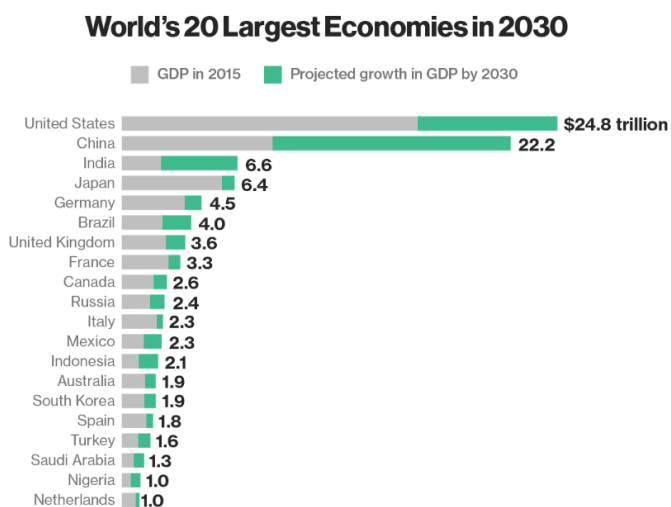


Figura 2 – As 20 maiores economias no mundo em 2030 [2].

Como se pode ver na imagem da figura 3, referente ao consumo total de energia primária no mundo em 2017, a China, Estado Unidos e a Índia apresentam uma maior procura de energia primária, estando de acordo com os dados verificados relativos ao PIB, que mostravam estes mesmos países com os valores mais elevados.

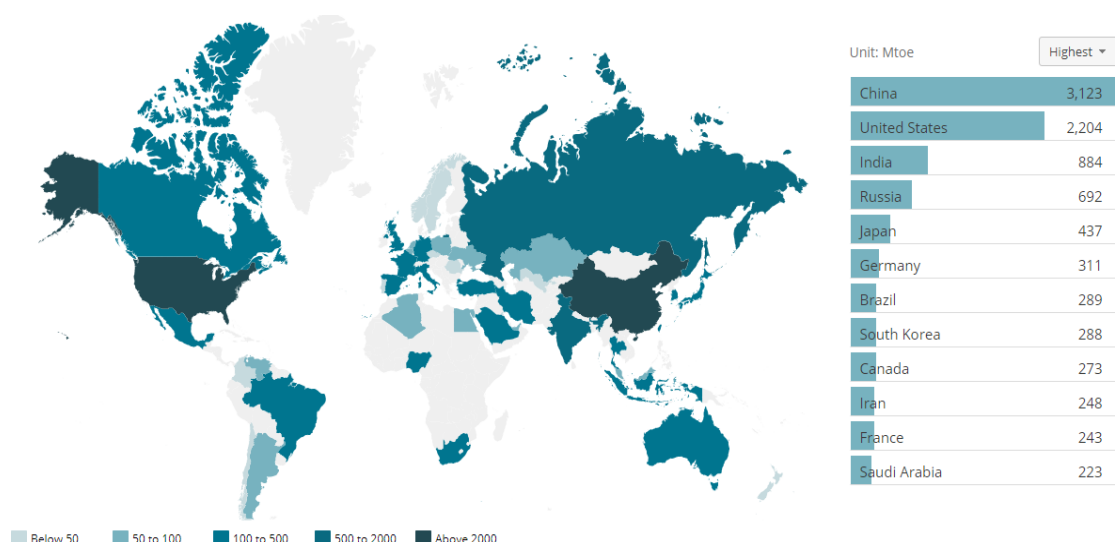


Figura 3 – Consumo total de energia em 2017 [3].

Torna-se imprescindível promover o desenvolvimento sustentável: “aquele que permite às gerações presentes suprir todas as suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras de fazerem o mesmo” [4].

O desenvolvimento sustentável assenta em três pilares importantes, constituídos pela atividade económica, o meio ambiente e o bem-estar da sociedade (Figura 4). Estes três elementos são imprescindíveis para a existência de um desenvolvimento sustentável, sendo que este só poderá existir através de uma evolução harmoniosa dos três, evolução essa que nem sempre é fácil de se obter.



Figura 4 – Desenvolvimento Sustentável [5]

Um dos indicadores de sustentabilidade é a Pegada Ecológica, que contabiliza a capacidade biológica do planeta exigida pela atividade humana (individual ou populacional). Quanto menor for a nossa Pegada Ecológica, menor será o impacto negativo nas gerações futuras.

A necessidade de diminuir o consumo de energia a nível mundial, obriga que cada país tenha de criar políticas energéticas capazes alcançar metas.

A 16 de Março de 1998, iniciou-se a elaboração do tratado do Quioto, sendo oficializado em 16 de fevereiro de 2005 [6].

Cada país tinha de reduzir a quantidade de gases poluentes emitidos em, pelo menos, 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990. Os países que aderiram a este

tratado tiveram que implementar medidas, entre 1998 e 2012, para redução desses gases:

- Reformar os sectores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos objetivos do Tratado;
- Limitar as emissões de metano na gestão de resíduos e dos sistemas energéticos;
- Proteger florestas e outros sumidouros de carbono.

## 2.2 Legislação

Em março de 2007, os membros do conselho Europeu apoiaram a proposta definida como luta global contra a alteração climática, simultaneamente melhorando a sua situação em termos de segurança energética e competitividade.

Por forma a iniciar este processo, os líderes europeus decidiram então vários objetivos a serem atingidos em 2020 [7], cuja evolução pode-se observar na figura 5:

- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 20% relativamente aos níveis de 1990;
- Aumento da quota das energias renováveis no consumo final de energia até 20%;
- Avançar para um aumento de 20% na eficiência energética;

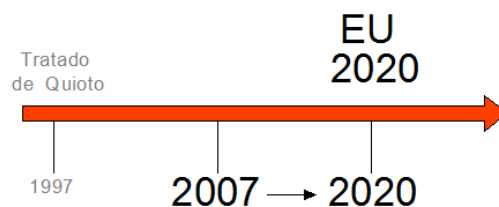


Figura 5 – Evolução legislativa de 2007 até 2020 [8]

Em dezembro de 2008, os líderes europeus acordaram no pacote legislativo Energia-Clima (“20-20-20”).

Em janeiro de 2014 foi apresentado pela Comissão Europeia o quadro de ação relativo ao clima e energia para 2030 e propostos novos objetivos e medidas melhorar a economia e o sistema energético da EU. Este quadro inclui objetivos para a redução das emissões de gases com efeito de estufa, aumento da utilização de energias renováveis e propõe um novo sistema de governação e indicadores de desempenho [8]. A figura 6 mostra a evolução desde 1997 até 2030.

Em especial, são propostas as seguintes ações:

- O compromisso de continuar a **reduzir as emissões de gases com efeito de estufa**, definindo um objetivo de redução de 40% até 2030 relativamente aos níveis de 1990;
- A fixação de um **objetivo para as energias renováveis de pelo menos 27%** do consumo energético, com margem de flexibilidade suficiente para permitir aos Estados-Membros definir metas nacionais;
- A **melhoria da eficiência energética** por meio de possíveis alterações à diretiva relativa à eficiência energética;
- A **reforma do regime de comércio de licenças de emissão da EU**, para que inclua uma reserva de estabilização do mercado;
- **Indicadores-chave** sobre os preço da energia, a diversificação do aprovisionamento, as interligações entre os Estados-Membros e a evolução tecnológica, para medir **o progresso**, com vista a um sistema energético mais competitivo, seguro e sustentável;
- Um novo quadro de governação para a apresentação de relatórios por parte dos Estados-Membros, baseado em planos nacionais, coordenados e avaliados a nível da EU.

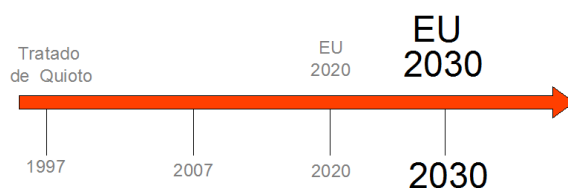


Figura 6 – Evolução legislativa até 2030 [8]

- O Roteiro estabelece um caminho custo-eficiente para atingir a meta de redução das emissões nacionais em 80% até 2050. Para lá chegar, as emissões da Europa devem ser 40 % abaixo dos níveis de 1990 até 2030 e 60% em 2040.

Em fevereiro de 2015, a Comissão Europeia traçou o plano para a União da Energia baseado em cinco pilares [9]:

- Segurança do aprovisionamento;
- Mercado único de energia;
- Eficiência energética;
- Redução das emissões de gases;
- Investigação e o desenvolvimento.

Pretende-se remover barreiras aos fluxos de energia transfronteiriços e, tornar a Europa menos dependente dos combustíveis fósseis, importados na sua maioria. Isto resultaria em faturas de energia mais baixas, menos poluição e na menor necessidade de fornecimento energético da EU. A figura 7 ilustra a evolução desde a criação do tratado de Quioto até 2050.

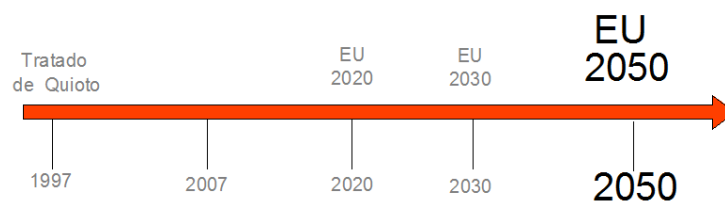


Figura 7 – Evolução legislativa até 2050 [8]

### ➤ Principais diretivas europeias relacionadas com o consumo de energia

Os edifícios são responsáveis por 40% do consumo total de energia na União Europeia [7]. Dado este setor estar em crescimento, a tendência do consumo de energia é aumentar. Torna-se cada vez mais importante a redução dos consumos de energia e, da utilização de energia proveniente de fontes renováveis em substituição de recursos energéticos de origem fóssil que utilizam combustíveis como petróleo, carvão e gás. Assim consegue-se reduzir as emissões de gases poluentes causadores do efeito estufa e não estar tão dependente de importação de recursos para produção de

energia primária. Para tal, é preciso promover a eficiência energética nos edifícios, usando materiais, soluções construtivas e equipamentos energeticamente mais eficientes.

Com o intuito de minimizar o impacto ambiental provocado pela utilização de energia, foram criadas pelo Conselho Europeu, diretivas relativas (figura 8):

- Ao desempenho Energético dos edifícios *Energia Performance o Buildings Directive* (EPBD) nomeadamente a diretiva de 2002/91/EC e posterior revogação 2010/31 EU;
- À eficiência energética na utilização final e aos serviços energéticos *Energy Service Directive* (ESD) nomeadamente a diretiva de 2006/32/CE;
- À eficiência energética *Energy Efficiency Directive* (EED) como a diretiva de 2012/27/EU.

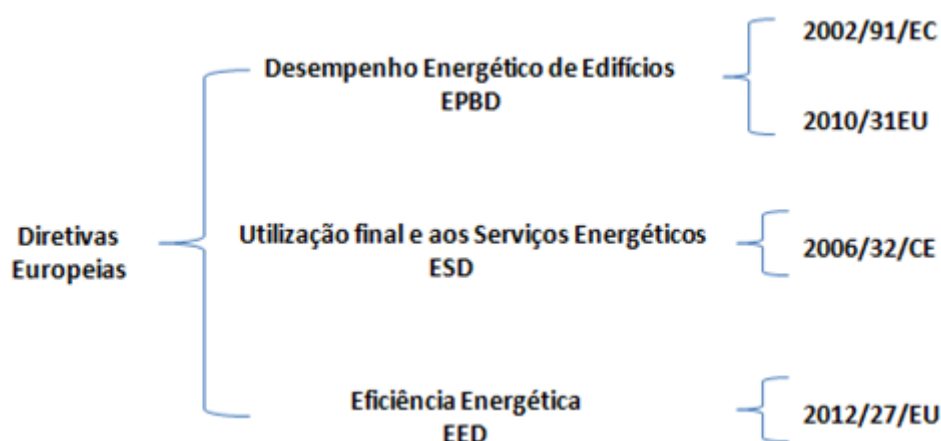


Figura 8 – Diretivas europeias relacionadas com o setor Energia e/ou Edifícios.

A diretiva relativa ao desempenho energético de edifícios 2002/91/CE tem como principais objetivos:

- Um método para o cálculo do desempenho energético de edifícios, requisitos mínimos para os edifícios já existentes quando existisse uma grande reabilitação e para os novos edifícios que apresentem uma grande dimensão com mais de 1000m<sup>2</sup>.

Esta diretiva foi revogada pela 2010/31/UE, estabelecendo metas mais ambiciosas para os edifícios novos e existentes remodelados [11]:

- Pacote Legislativo, designado “20-20-20 em 2020, abordado anteriormente neste mesmo trabalho.
- As grandes intervenções em edifícios existentes, constituem uma oportunidade para tomar medidas rentáveis para melhorar o desempenho energético. Abolição do limite de 1000 m<sup>2</sup> para a aplicação dos regulamentos em casos de grandes remodelações;
- Apresentação da classe energética na publicidade ao edifício a partir do momento em que seja colocado no mercado;
- Afixação de certificados energéticos na entrada dos edifícios públicos e Auditorias Periódicas:
  - ✓ Área útil superior 500 m<sup>2</sup> de área útil em 2012;
  - ✓ Área útil superior 250 m<sup>2</sup> de área útil em 2015.
- Requisitos mínimos baseados em critérios de viabilidade económica ao longo do ciclo de vida do edifício:
  - ✓ Desempenho energético dos edifícios;
  - ✓ Elementos construtivos da envolvente;
  - ✓ Sistemas técnicos.
- Metas nacionais ambiciosas e planos de incentivos para recuperação do parque edificado existente e para construção de novos “edifícios energia quase zero”;
- Obrigatoriedade de, a partir 2020, todos os novos edifícios apresentarem um balanço energético próximo do zero e para edifícios públicos a partir 2018.

A figura 9, mostra a evolução esperada do consumo de energia nos edifícios até 2020. A partir desta data, estes deverão ser concebidos de modo a ter necessidades quase nulas. Para tal, a energia a utilizar deve ser proveniente de fontes renováveis.

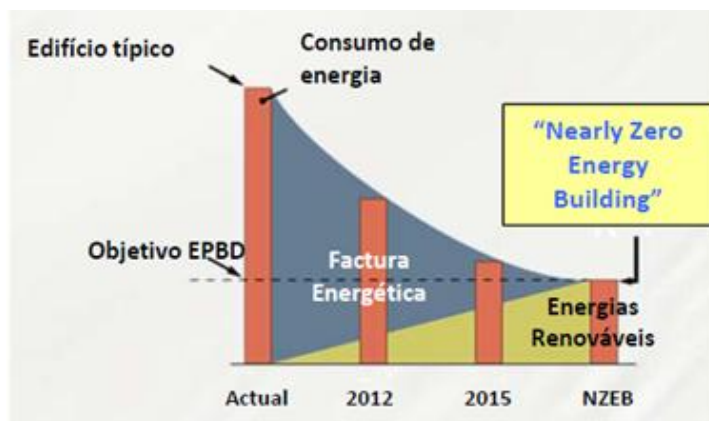


Figura 9 – Evolução do consumo de energia [5].

A diretiva de EED 2012/27/EU, tem como objetivos [11]:

- Promoção da eficiência energética na União Europeia, a fim de assegurar a realização do objetivo em 2020 de 20% sobre a eficiência energética e para abrir o caminho para novas melhorias para além dessa data.
- Estratégia de longo termo para a reabilitação do setor dos edifícios;
- Setor público – Taxa de renovação de 3%/ano para os edifícios do Governo central (ou medidas alternativas);
- Auditorias energéticas e programas para as PME se submeterem às mesmas.

Em termos de legislação nacional, a Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), resulta da transposição da Diretiva nº 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios [12]. Essa diretiva estabelece que os Estados-Membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética, de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e, edifícios frequentemente visitados pelo público.

Na sequência da imposição da transposição da Diretiva 2010/31/EU, o SCE é revogado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais legislações complementares, tendo também sido revogados o RCCTE e o RSECE mediante a publicação do RECS. Os atuais regulamentos SCE, REH e RECS encontram-se agora dispostos num único diploma, ao contrário dos seus antecessores que eram divididos em três, promovendo uma melhor

harmonia conceptual e terminológica. Outra alteração é o facto de se ter definido que o âmbito de aplicação de REH é exclusivo para edifícios de habitação e o RECS para edifícios de comércio e serviços. Os requisitos e avaliação de desempenho energético dos edifícios sofrem também alterações, passando a fundamentar-se nos seguintes pilares: para os edifícios de habitação destaca-se o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas, ao passo que para os edifícios de comércio e serviços a estes pilares acrescem ainda a instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos (Decreto-Lei 118/2013).

A figura 10, mostra a evolução da legislação nacional, desde 1990 até 2013, com a indicação das principais diferenças nos regulamentos.



Figura 10 – Evolução Legislativa em Portugal [13]

Apesar da evolução favorável, Portugal continua a exibir um elevado grau de dependência externa, pelo que o papel da eficiência energética e das FER é essencial. Ao longo dos anos, os sucessivos governos de Portugal têm vindo a estabelecer um conjunto de medidas estratégicas para o setor de energia, de modo a reduzir a dependência energética externa, aumentar a eficiência energética e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> [14].

No domínio da eficiência energética, foi definido em 2008 o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e, em 2010, foi apresentado o Plano

Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER), no domínio das fontes renováveis. Em 2013, ambos foram revistos e pensados em conjunto, estabelecendo-se novos objetivos, de modo a que Portugal possa cumprir os compromissos assumidos de forma economicamente mais racional [14].

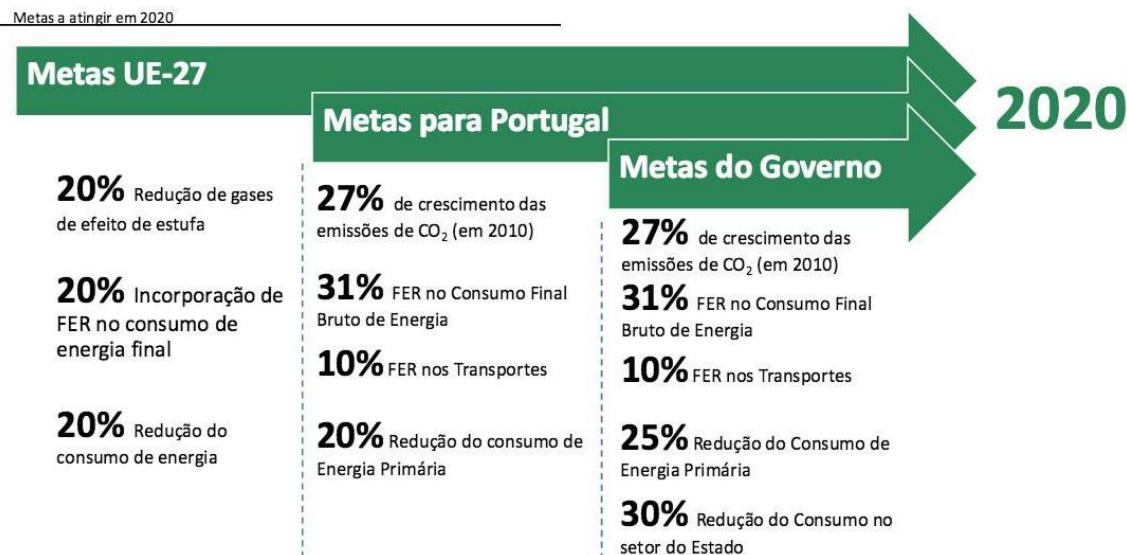


Figura 11 – Metas atingir em 2020 [14].

Com estes novos planos, em termos de eficiência energética, Portugal tem como meta geral a redução no consumo de energia primária em 25% e a meta de redução de 30% na Administração Pública (figura 11). Relativamente à utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis, Portugal tem de atingir uma meta de 31% no consumo final bruto de energia e de 10% no setor dos transportes, até 2020. Estas metas vão além dos objetivos da União Europeia para 2020, o que demonstra o compromisso de Portugal no combate às alterações climáticas [14].

No que respeita à Eficiência Energética, o PNAEE 2016 pretendem uma poupança induzida de 8,2%, próxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016 [15]. Os contributos na redução dos consumos energéticos estão distribuídos pelos vários sectores de atividade. Depois dos resultados do PNAEE 2008, o atual Plano passa a abranger seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura, que agregam um total de dez programas, com um leque de medidas de melhoria da eficiência energética, orientadas para a procura energética e que, de uma forma quantificável e monitorizável, visam alcançar os objetivos propostos.

No que respeita o PNAER 2020, o plano prevê uma redução de 18% na capacidade instalada em tecnologias baseadas em fontes renováveis (FER) face a 2010, com a quota de eletricidade de base renovável no novo PNAER a ser superior (60% vs. 55%), tal como a meta global a alcançar, que deverá situar-se em 35 % (face à meta de 31 %) e no caso dos transportes 11,3 % [16].

### 2.3 Edifícios com necessidade de energia quase-nulas (NZEB)

De acordo com a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e Conselho de 19 de maio de 2010, a partir de 2018 e 2020, edifícios públicos e edifícios novos, respetivamente, deverão ser altamente eficientes e ter balanço energético quase do zero - *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB).

Isto significa que o edifício terá que ter um desempenho energético muito elevado, onde as necessidades de energia quase nulas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, produzidas no local ou nas proximidades [7]. O conceito NZEB é interpretado então como um meio para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Apesar de esta tendência não ser muito comum nos países desenvolvidos, este tipo de edifícios está a ganhar uma grande importância e uma boa integração a nível mundial.

Desta forma um edifício NZEB energético é um edifício em que as necessidades de energia para climatização, produção de águas quentes sanitárias e outros são asseguradas em grande parte por energia renovável térmica e/ou elétrica e, a diferença entre as necessidades de energia do edifício e a produção de energia renovável é a menor possível, de modo a que se mantenha um equilíbrio energético (ver figura 12).

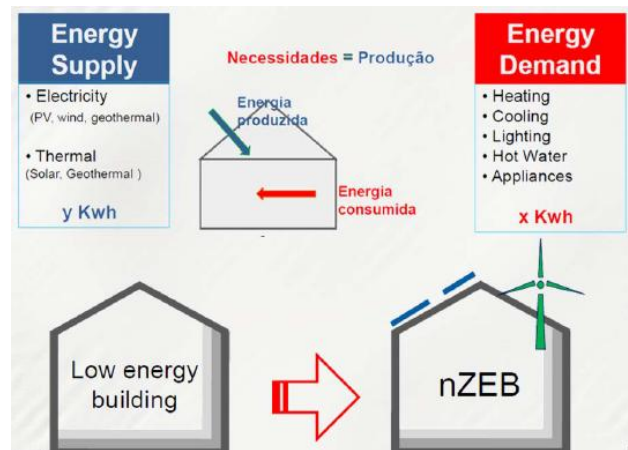


Figura 12 – Representação de uma possível definição de NZEB [ [17].

Um edifício para ser considerado de balanço energético quase zero, deve ter necessidades e produção de energia que lhe permita estar nas faixas cinza da Figura 13 ou verde da Figura 14. Estes edifícios devem estar abaixo da linha de balanço energético zero, ou sobre a mesma, onde os edifícios cobrem a totalidade das suas necessidades de energia e, acima, da linha limite de balanço energético quase nulo. Para além destes limites, os edifícios não podem ter um valor de necessidades energéticas superiores aos impostos pelos regulamentos.

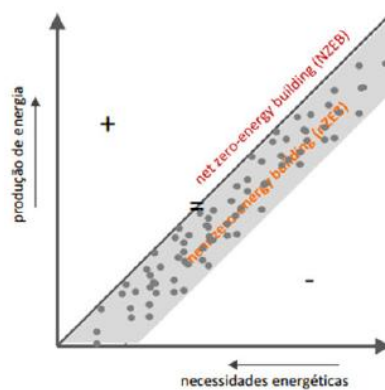


Figura 13 – Balanços energéticos zero [17].

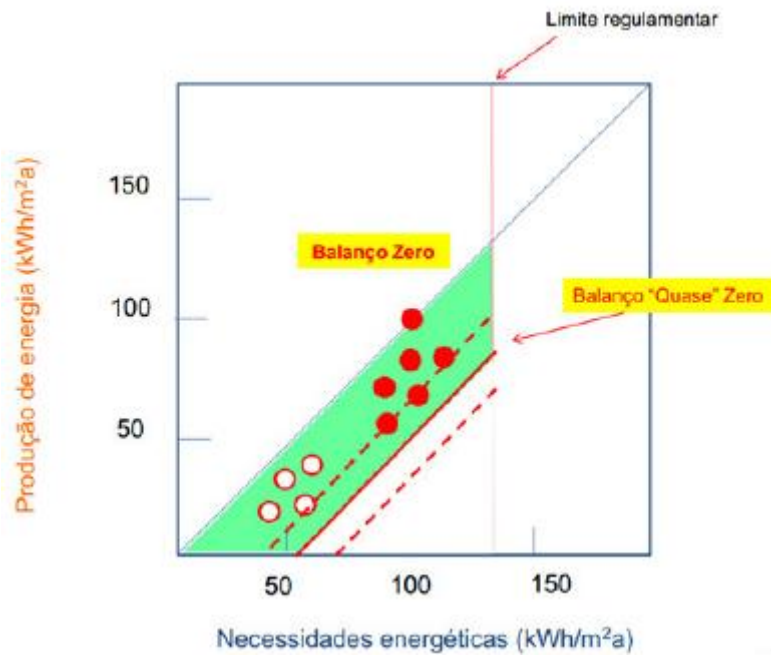


Figura 14 - Quase" zero em função das necessidades e produção energéticas [17].

A diminuição das necessidades energéticas dos edifícios será alcançada através de estratégias de concepção, novas tecnologias construtivas, sistemas eficientes e uma boa integração urbana (Figura 15).

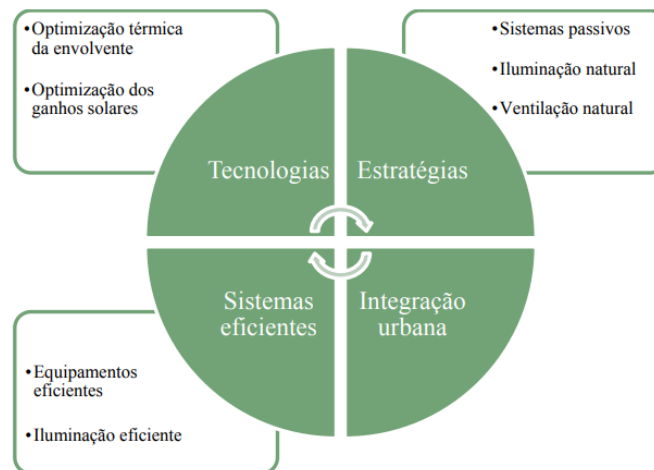


Figura 15 – Diminuição das necessidades energéticas de NZEB [17].

## 2.4 Simulação Dinâmica em Edifícios

A simulação dinâmica é um método de análise computacional que permite os consumos energéticos do edifício, para além de determinar as cargas térmicas e as suas diversas componentes, permite determinar o consumo energético do sistema de climatização assim como o consumo global do edifício. Possibilitando, deste modo, testar várias soluções, vários materiais, diferentes orientações do edifício, vários tipos de sistemas de climatização a instalar, para assim conseguir minimizar a potência necessária da instalação, o seu consumo e o consumo do próprio edifício.

Neste contexto, a simulação dinâmica em edifícios, tornou-se extramente importante nas tomadas de decisão na fase de projeto de edifícios novos ou na reabilitação de edifícios existentes, podendo ser pertinentes no desempenho térmico desses edifícios e podendo significar importantes poupanças de energia. O resultado desse desempenho térmico, depende de vários fatores, como as características e horários de funcionamento dos sistemas de climatização, o clima local, a taxa de ocupação.

➤ Simulação energética recorrendo ao *EnergyPlus*

O programa de simulação energética dinâmica de edifícios utilizado neste trabalho foi o *EnergyPlus*. Trata-se de um programa *opensource* que foi desenvolvido no final de 1970 e início de 1980 pelo departamento de Energia dos EUA [18]. Este *software*, para além de ser acreditado pela norma 140-2004 da *ASHRAE* para a simulação energética de edifícios, ainda permite um elevado rigor e versatilidade de simulação, tornando-se a solução ideal para este trabalho.

Deste modo, será possível:

- A otimização de diferentes soluções construtivas para as envolventes opacas e não opacas, analisando o comportamento térmico do edifício e o seu impacto no conforto dos ocupantes, assim como, comportamento energético.
- A otimização de soluções de sistemas de iluminação, ventilação, climatização e análise do impacto no consumo energético.

- Possibilidade de o utilizador definir o *timestep* para a interação entre zonas térmicas e o ambiente; *timesteps* variáveis para interações entre zonas térmicas e os sistemas AVAC;

A estrutura do *EnergyPlus* apresenta três componentes principais:

1. Gestor de simulações, que controla todo o processo de simulação;
2. Módulo de simulação do balanço de calor e massa: este módulo faz a simulação do balanço térmico do edifício, tendo em conta fatores como a transferência de calor por condução, transferência de calor por convecção, infiltrações, etc.;
3. Módulo de simulação dos sistemas do edifício: realiza a simulação do sistema AVAC, do sistema fotovoltaico e de outros sistemas energéticos.

O gestor de simulações faz a integração destes dois módulos, funcionando como *interface* na troca de dados. A estrutura do *EnergyPlus* com os seus respetivos módulos pode ser apreciada na figura 16.

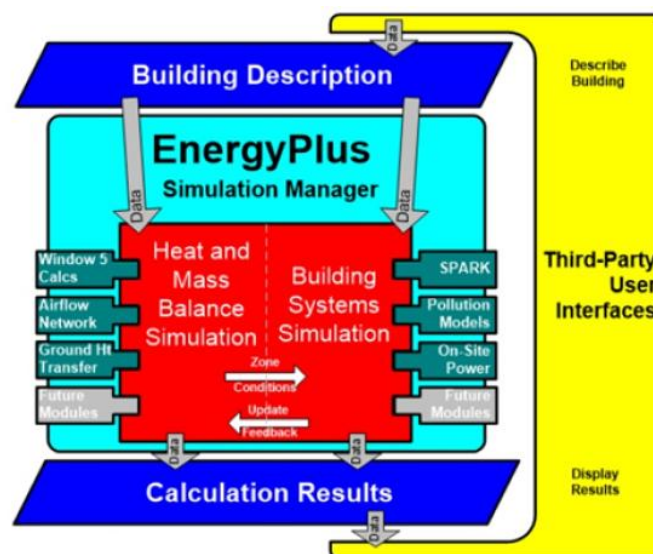


Figura 16 – Modularidade do *EnergyPlus* [19].

Um dos pontos fortes do *EnergyPlus* é a integração das cargas, sistemas e planos de arquitetura na mesma simulação. O diagrama da figura 17, mostra uma vista geral sobre estes importantes elementos na simulação energética de um edifício.

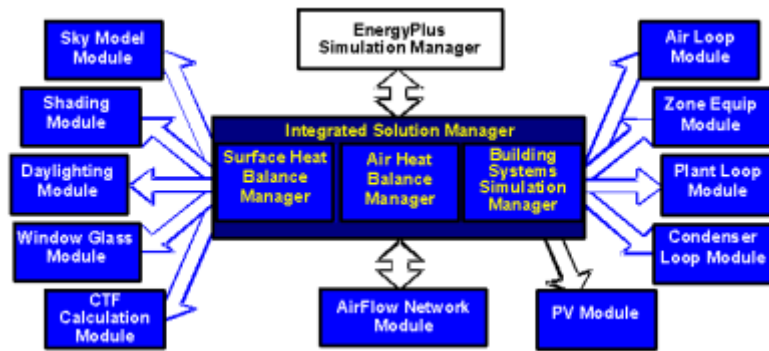


Figura 17 – Elementos Internos [19].

O *EnergyPlus* necessita de vários dados de entrada que caracterizam o edifício em estudo, nomeadamente a sua geometria, materiais constituintes, entre outros. Também é necessário fornecer o ficheiro climático da região pretendida que, contém a informação detalhada do meio ambiente local, como a temperatura, humidade, radiação solar, entre outros. No entanto, o *EnergyPlus* não possui uma interface de acesso fácil para a introdução de dados e obtenção de resultados. Para poder contornar este obstáculo, recorre-se à aplicação informática *OpenStudio* que, permite a interface entre o utilizador e o *EnergyPlus* e, transferir os parâmetros construtivos dos edifícios, definição de horários de funcionamento de equipamentos e sistemas climatização para o *EnergyPlus*.

O *Openstudio* permite as seguintes vantagens na elaboração de uma simulação dinâmica:

- Permite a integração com o programa de desenho *SketchUp*, facilitando a criação e visualização do modelo que será analisado pelo *software EnergyPlus*.
- Simplificar o processo de introdução de dados para a simulação *EnergyPlus*;
- Possui uma extensa biblioteca com referências a materiais, equipamentos de climatização.

Finalmente, o *EnergyPlus* permite obter os resultados da simulação:

- Temperaturas (do ar interior, média radiante e operacional);
- Consumo energético detalhado (aquecimento, arrefecimento ambiente, ventilação, iluminação, equipamentos etc.) e formas de energia

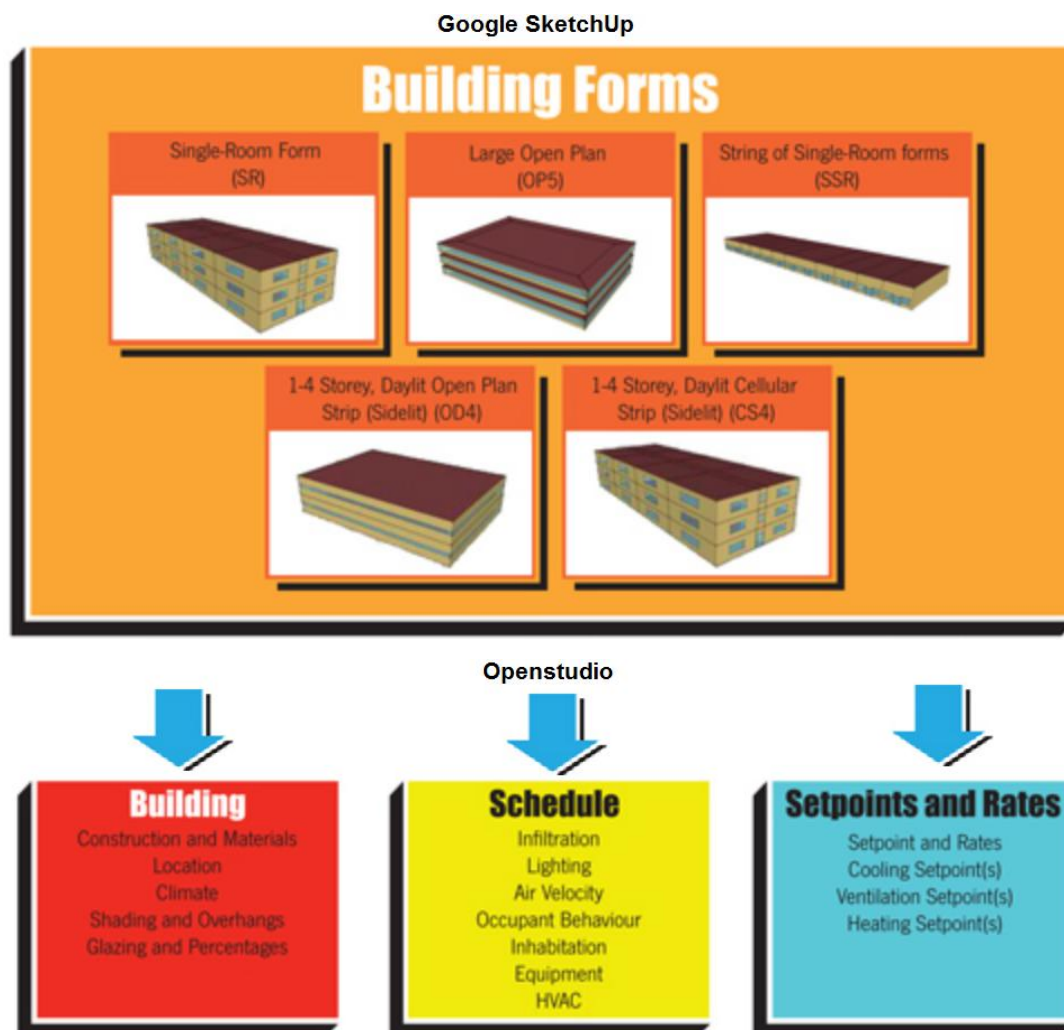
utilizadas no edifício (eletricidade, gás natural, propano ou butano, biomassa, entre outras).

A figura 18, indica sequência de utilização de ferramentas informáticas a utilizar, para realização da simulação dinâmica do edifício.



Figura 18 – Ferramentas informáticas utilizadas por ordem de utilização

No caso da figura 19, esta representa o fluxograma da integração e interação dos diferentes programas, nomeadamente *SketchUp*, *Openstudio* e *EnergyPlus* utilizados para uma simulação dinâmica de edifícios.



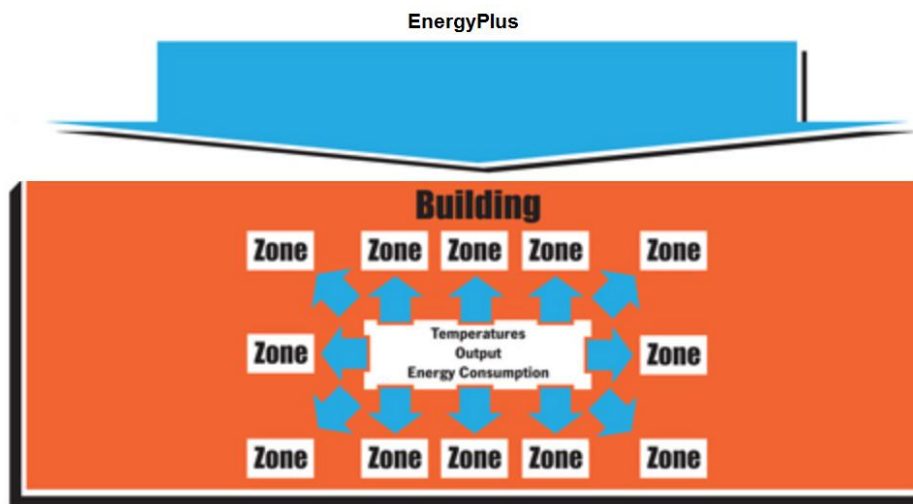


Figura 19 – Fluxograma do processo Sketchup, Openstudio e *EnergyPlus* [20].

➤ Método do balanço energético HBM – *Heat Balance Method*

O método utilizado pelo programa *EnergyPlus*, para o cálculo da carga térmica é o método do balanço energético HBM que, tem como base um balanço energético aplicado às superfícies interiores e exteriores, da envolvente opaca e envidraçada e, ao ar interior da zona [21].

O método HBM pressupõe algumas aproximações, nomeadamente:

- Temperaturas interiores uniformes nas zonas;
- Superfícies radiativas difusas;
- Condução unidimensional através das superfícies.

Este método pode ser decomposto em quatro processos distintos, a saber:

- Balanço energético às superfícies exteriores;
- Condução de energia através das paredes;
- Balanço energético às superfícies interiores;
- Balanço energético ao ar.

O balanço energético às superfícies exteriores pode ser traduzido pela seguinte equação:

$$q''_{\text{asol}} + q''_{\text{LWR}} + q''_{\text{conv}} - q''_{\text{k0}} = 0 \quad (1)$$

Em que:

$q''_{\text{asol}}$  = Fluxo de radiação absorvida (direta e difusa) ( $q/A$ ),  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{LWR}}$  = Fluxo de radiação de longo comprimento de onda resultante das trocas entre a superfície exterior e a atmosfera  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{conv}}$  = Fluxo de energia resultante das trocas da convecção entre a superfície e o ar,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{k0}}$  = Fluxo de energia resultante da condução através da parede,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

O balanço energético às superfícies interiores pode ser traduzido pela seguinte equação:

$$q''_{\text{LWX}} + q''_{\text{SW}} + q''_{\text{LWS}} + q''_{\text{ki}} + q''_{\text{sol}} + q''_{\text{conv}} = 0 \quad (2)$$

Em que:

$q''_{\text{LWX}}$  = Fluxo de energia resultante das trocas de radiação de longo comprimento de onda entre a superfície e a zona,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{SW}}$  = Fluxo de energia resultante das trocas de calor de pequeno comprimento de onda entre a iluminação e as superfícies da zona,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{LWS}}$  = Fluxo de energia resultante das trocas de calor de longo comprimento de onda entre os equipamentos e as superfícies da zona,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{ki}}$  = Fluxo de energia resultante da condução através da parede,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{sol}}$  = Fluxo de energia resultante da absorção de radiação solar pela superfície,  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

$q''_{\text{conv}}$  = Fluxo de energia transmitido por convecção ao interior da zona,  $\text{W}/\text{m}^2$ .

No que diz respeito ao balanço energético referente ao ar interior da zona, apresenta-se em seguida a equação representativa do processo.

$$q_{\text{conv}} + q_{\text{CE}} + q_{\text{IV}} + q_{\text{sys}} = 0 \quad (3)$$

Em que:

$q_{conv}$  = Transferência de calor por convecção das superfícies para o ar, W;

$q_{CE}$  = Fração convetiva das cargas internas do espaço, W;

$q_{IV}$  = Cargas térmicas sensíveis resultantes das ventilações e das infiltrações de ar, W;

$q_{sys}$  = Transferência de calor do e para o sistema de AVAC, W.

Este método admite que se defina pelo menos uma zona com uma determinada temperatura de conforto definida (zona térmica). Esta zona é conotada com quatro paredes, uma cobertura e um pavimento, que tanto podem ser interiores como exteriores, incluindo o efeito de inércia térmica dos elementos construtivos. O processo de balanço energético para esta zona genérica envolve análises de 24 horas por dia às temperaturas interiores e exteriores, às superfícies da zona e ao sistema de AVAC. No que diz respeito às cargas internas, é fundamental especificar as parcelas sensíveis e latentes com o tipo de geração.



# CASO DE ESTUDO DE UM EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS

## 3.1 Caraterização do Edifício

### 3.1.1 Identificação do Edifício

### 3.1.2 Descrição geral do Edifício

### 3.1.3 Zonamento Climático

### 3.1.4 Caraterização dos elementos da envolvente do edifício

### 3.1.5 Sistemas de Iluminação

### 3.1.6 Sistemas de Climatização

### 3.1.7 Ventilação

### 3.1.8 Necessidades de Aquecimento (AQS)

- 3.1.9 Equipamentos, ocupantes e horários
- 3.1.10 Consumo energético dos elevadores
- 3.2 Metodologia aplicada na simulação dinâmica
  - 3.2.1 Introdução
  - 3.2.2 Dados climáticos
  - 3.2.3 Geometria do Modelo
  - 3.2.4 Dados de entrada no modelo dinâmica

### 3 CASO DE ESTUDO DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Neste capítulo, no ponto 3.1 apresenta-se a caracterização e descrição do edifício: identificação do edifício; descrição geral; zonamento climático, caracterização das envolventes opacas e não opacas; sistemas de iluminação; climatização e ocupação.

No ponto 3.2, será descrito o procedimento para a realização da simulação dinâmica do edifício.

#### 3.1 Caracterização do Edifício

##### 3.1.1 Identificação do Edifício

O Edifício Administrativo de uma empresa (figura 20) encontra-se localizado num Polo Industrial, cuja sua identificação é:

- Morada: Rua R. Arroteia, 4466-952 São Mamede de Infesta
- Tipologia: Edifício de serviços
- Coordenadas GPS: 41.19641 Norte, 8.629003 Oeste;



Figura 20 – Edifício de estudo

### 3.1.2 Descrição geral do Edifício

O edifício de estudo localizado no Polo industrial da Arroteia, situado em Leça do Balio, concelho de Matosinhos, a uma altitude de 82 metros relativamente ao mar e uma distância à costa de 6,8 km (figura 21).

Trata-se de um edifício de profundidade cerca de 36 metros de comprimento, que se entende no sentido Norte-Sul, apresentando a fachada principal orientada a este, com iluminação Nascente-Poente. A figura 22, mostra a orientação do edifício, e a sua respetiva rotação do edifício em relação a norte.

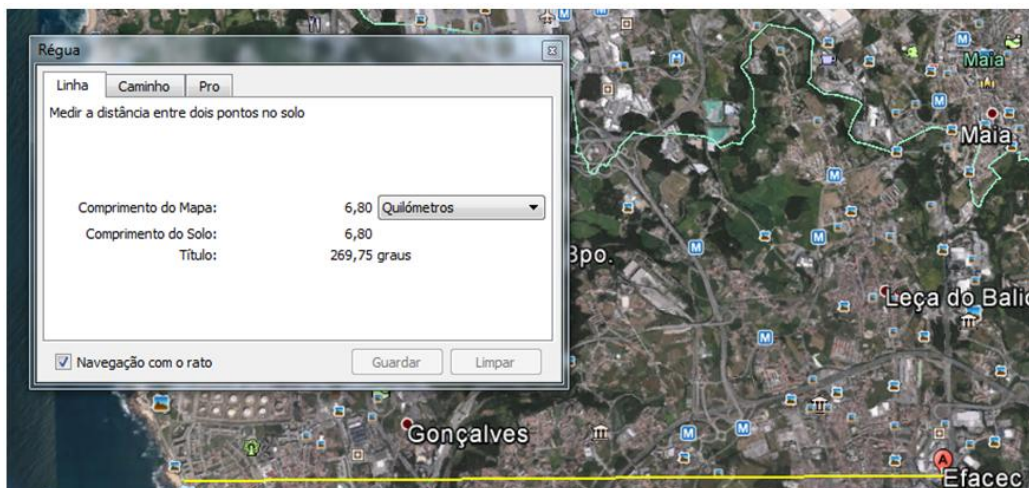


Figura 21 – Distância do edifício à costa

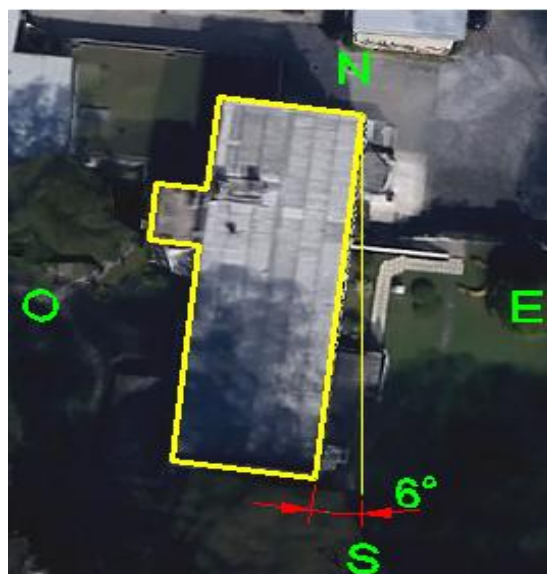


Figura 22 – Orientação do Edifício

O ano de construção do edifício é 1984, tendo sido alvo de uma remodelação durante o ano de 2010 a nível de acabamentos/revestimentos, introdução de ar novo nos espaços destinados a gabinetes e salas de reunião e, alteração do sistema de iluminação interior.



Figura 23 – Alguns exemplos de espaços do edifício: a) Sala de espera; b) Escadas c)Sala de café; d)Sala de informática; e)Corredor; f) Auditório

O edifício apresenta a envolvente exterior do edifício de cor clara, desenvolvendo-se por quatro pisos com a integração vertical a ser realizada com recurso a escadas e meios de elevação mecânica (elevadores). A entrada do edifício (piso 1) faz-se a partir de uma guarda-vento abrigado por uma marquise, que se abre para um amplo átrio que se liga ao *hall* de escada e elevadores.

No anexo A, encontram-se definidas as áreas úteis e volumes de cada espaço, para os vários pisos do edifício.

A figura 24, é uma representação em planta do piso 1, em que este possui uma área útil (soma das áreas, medidas em planta de todos os compartimentos) aproximada de 436 m<sup>2</sup>, utilizada para circulações internas, posto de transformação, instalações sanitárias, gabinetes de escritórios, uma sala de espera, reprografia, arrumos interiores e um espaço destinado ao *Datacenter*.

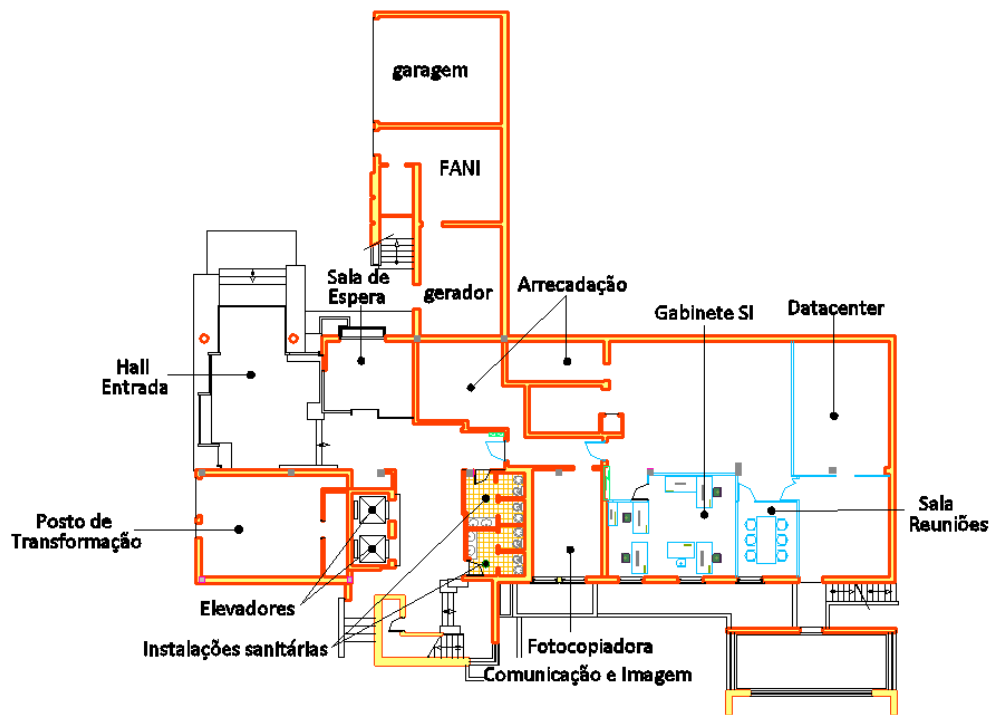


Figura 24 – Identificação dos espaços- piso 1

O piso 2 tem uma área de 451 m<sup>2</sup> e é constituído essencialmente por espaços como: gabinetes, sala de reuniões, instalações sanitárias, auditório, corredor para circulação interna e caixa de elevadores (ver figura 25).

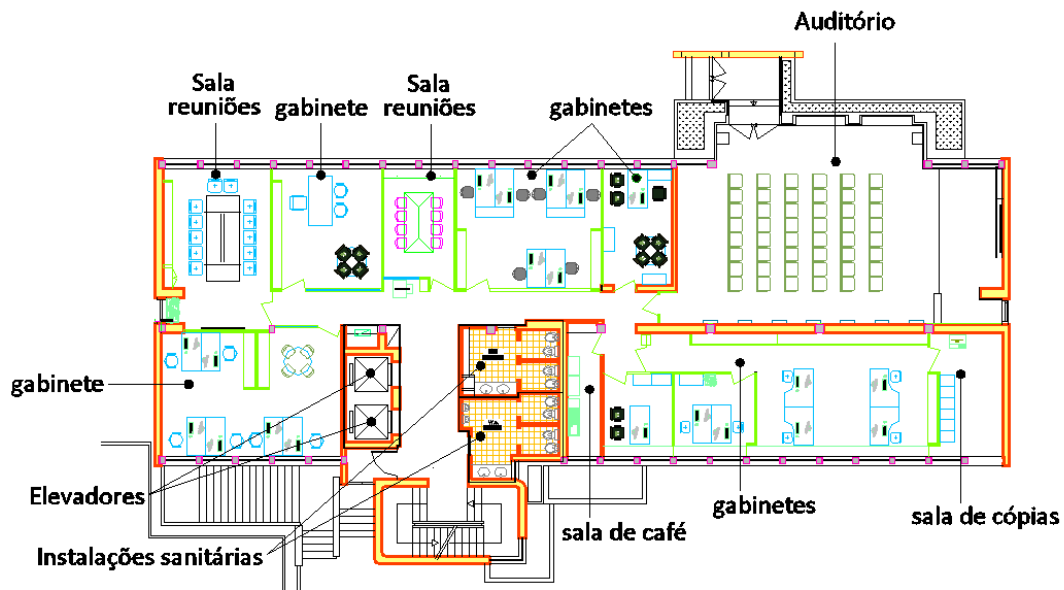


Figura 25 – Identificação dos espaços- piso 2

Nos pisos 3 e piso 4, as áreas são aproximadamente iguais, cerca de 430 m<sup>2</sup>. Estes pisos são constituídos por espaços do tipo gabinetes, sala de reuniões, instalações sanitárias, bares, corredores para circulação interna e caixa de elevadores (figuras 26 e 27).

Em todos os andares existem instalações sanitárias, que se localizam junto ao *hall* de escadas e elevadores.

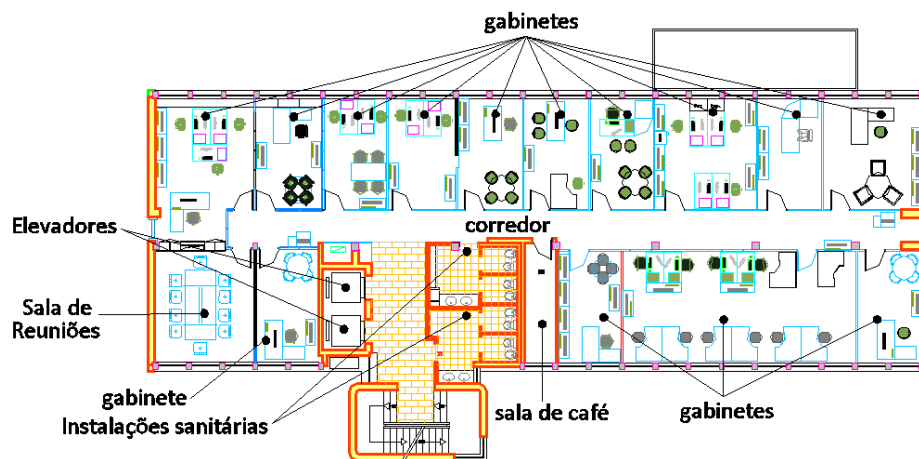


Figura 26 – Identificação dos espaços- piso 3

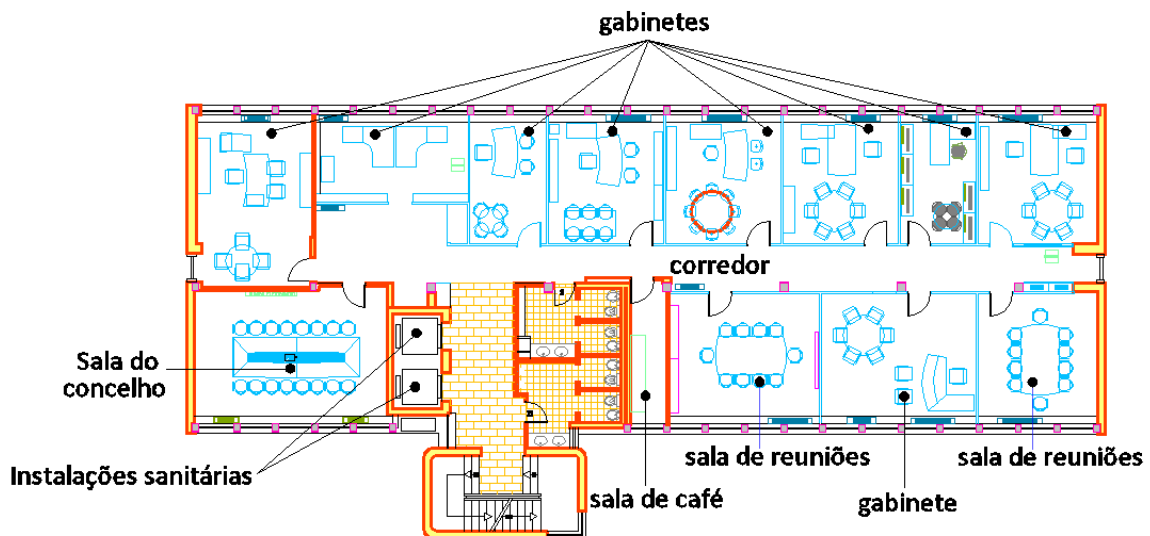


Figura 27 – Identificação dos espaços- piso 4

A área útil total do edifício é aproximadamente 1750 m<sup>2</sup>. O pé direito dos quatro pisos é de 2,7 m. Existe um teto falso em cada piso, localizado na zona de corredores em que o pé direito é de 2,4 m (como é possível observar na figura 28).

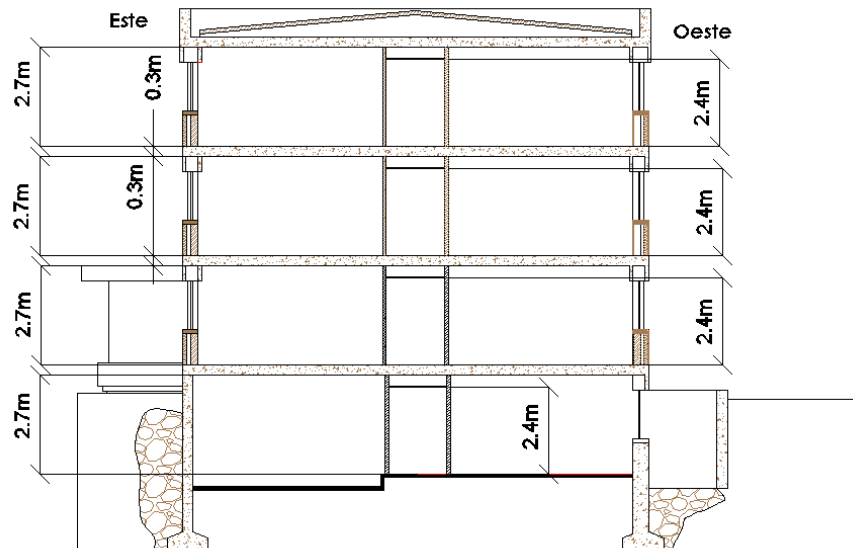


Figura 28 – Representação em corte- Pé direito de cada piso

Na tabela 2 estão identificadas as áreas dos envidraçados presentes no edifício, assim como as áreas das paredes da envolvente exterior de cada fachada para as diferentes orientações.

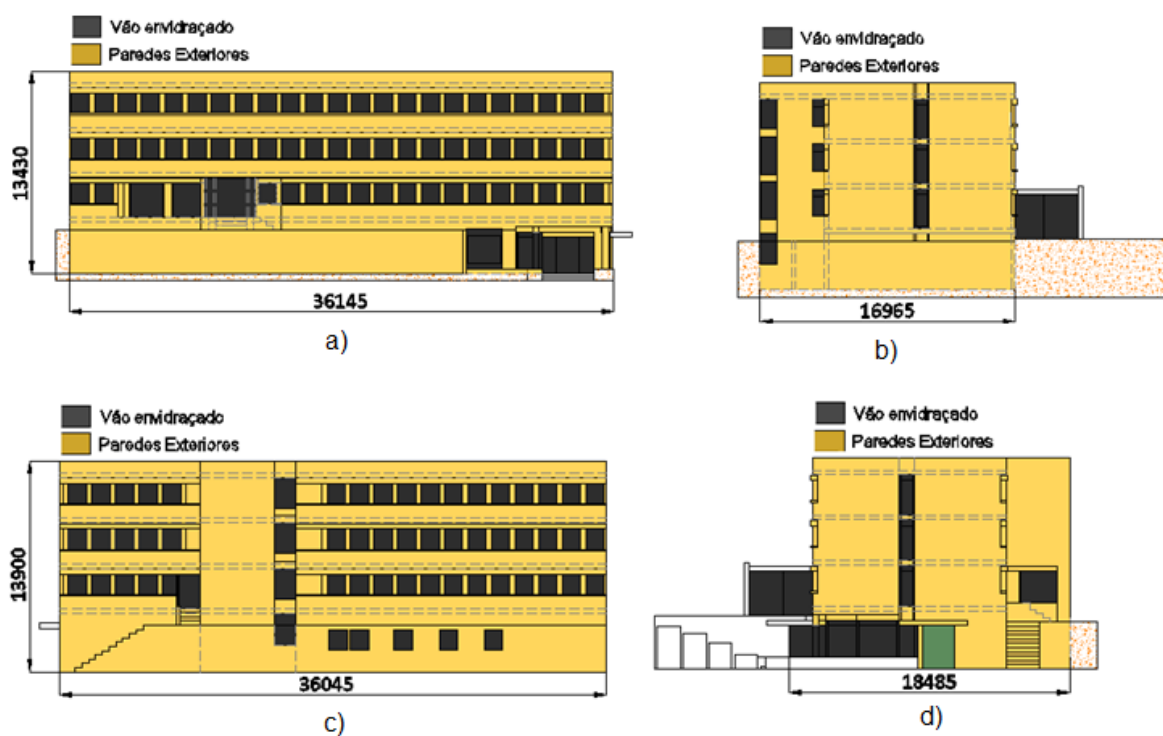


Figura 29 – Identificação de envidraçados e paredes exteriores: a) Fachada Este; b) Fachada Sul; c) Fachada Oeste; d) Fachada Norte

A tabela 2, apresenta os valores da área da parede exterior, área envidraçada e a respetiva percentagem de área envidraçada segundo a orientação de cada fachada. A área maior de envidraçados encontra-se na fachada este, ou seja, na fachada principal.

Tabela 2 – Percentagem de área envidraçada por orientação de fachada.

	Norte	Sul	Oeste	Este
Área parede exterior, $A_{\text{pext}}(\text{m}^2)$	195,2	211,0	395,0	345,6
Área envidraçada, $A_{\text{env}}(\text{m}^2)$	45,0	21,9	104,8	139,1
$A_{\text{env}} / A_{\text{pext}} (\%)$	23,0	10,4	26,5	40,0

### 3.1.3 Zonamento Climático

O zonamento climático do País baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei nº 68/2008 de 14 de Abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009, de 3 de abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de Agosto, e está

detalhado na Tabela 01 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. Como o edifício se situa em Matosinhos, isto faz corresponder ao NUT III - Grande Porto.

➤ Estação de aquecimento

Os valores de referência e declives para ajustes em altitude, para a estação de aquecimento, estão tabelados por NUTS III na Tabela 04 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, como é possível visualizar na tabela 3.

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		$G_{Sul}$ kWh/m <sup>2</sup> por mês
	REF m	REF meses	$a$ mês/km	REF °C	$a$ °C/km	REF °C	$a$ °C/km	
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	9,0	-6	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	7,8	-6	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130

Tabela 3 – Extrato da Tabela 04 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013

$GD$  é o número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento, que para o NUTS III do "Grande Porto" toma o valor de referência ( $GD_{REF}$ ) de 1250 °C e declive para ajustes em altitude,  $a=1600$  °C/km. Aplicando a equação seguinte, obtém-se:

$$GD = GD_{REF} + a(z - z_{REF})$$

$$GD = 1250 + 1600(0,082 - 0,094) = 1231^{\circ}C$$

Quanto à duração da estação de aquecimento, (M):

$$M = M_{REF} + a(z - z_{REF})$$

$$M = 6,2 + 2(0,082 - 0,094) = 6,2 \text{ meses}$$

Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento:

$$\theta_{ext,i} = \theta_{ext,REF} + a(z - z_{REF})$$

$$\theta_{ext,i} = 9,9 - 7(0,082 - 0,094) = 10,0^{\circ}C$$

➤ Estação arrefecimento

Os valores de referência, para a estação de arrefecimento, estão tabelados por NUTS III na Tabela 05 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, como é possível observar na tabela 4.

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		$I_{sol}$								
		REF	$a$	kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro								
		°C	°C/km	0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Tabela 4 – Extrato da Tabela 05 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013

#### Temperatura exterior média

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,REF} + a(z - z_{REF})$$

$$\theta_{ext,v} = 20,9 + 0(0,082 - 0,094) = 20,9 \text{ °C}$$

Definidos os parâmetros climáticos, procede-se à determinação das zonas climáticas de Verão e de Inverno. A partir do número de graus-dias (*GD*), na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento, obtêm-se as zonas climáticas de inverno através da Tabela 02 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, de acordo com a tabela 5:

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	11	12	13

Tabela 5 – Extrato da Tabela 02 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013

As zonas climáticas de Verão são definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ( $\theta_{ext,v}$ ), conforme se verifica na Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, (ver tabela 6)

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

Tabela 6– Tabela 03 do Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013

O edifício em estudo localiza-se numa zona  $I_1$ , pois  $GD \leq 1300$  e numa zona  $V_2$ , visto que  $20,9^{\circ}\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$ . Na tabela 7, é possível visualizar os dados climáticos relativos ao edifício.

Tabela 7 – Dados climáticos

Nuts III	Grande Porto
Concelho	Matosinhos
Zona Climática Inverno	$I_1$
Nº Graus-Dia, °C. Dias	1231
Duração Estação de aquecimento, meses	6,2
Temperatura média Inverno, °C	10,0
Zona Climática Verão	$V_2$

### 3.1.4 Caracterização dos elementos da envolvente do edifício







#### ➤ Envolvente Opaca

A caracterização térmica da envolvente do edifício, nomeadamente dos parâmetros construtivos (coeficiente de transmissão térmica da envolvente) foi realizada com base na publicação “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos de Envolvente de Edifícios do LNEC e RECS”. Pretende-se descrever as características construtivas do edifício, atendendo ao seu ano de construção, bem como as suas características geométricas. Considerou-se que a sua tipologia construtiva não possui isolamento térmico.

Descreveram-se as propriedades dos elementos constituintes, relativos às paredes exteriores, paredes interiores, pavimentos e coberturas.

A definição das envoltantes do edifício, foram definidas de acordo com o código de cores na Tabela 8, segundo os padrões de representação do RECS. A definição dos tipos de envoltantes e respetiva constituição é de grande importância para possibilitar o cálculo dos coeficientes de transferência de calor.

Tabela 8 – Código de cores para a definição das envoltantes

Envoltante exterior	
Envoltante interior com requisitos de exterior	
Envoltante interior com requisitos de interior	
Envoltante sem requisitos	
Em planta identificar pavimento (com a respetiva cor)	
Em planta identificar cobertura (com a respetiva cor)	

As figuras 30, 31, 32 e 33 ilustram a definição das envoltantes relativamente aos diferentes pisos, sendo as imagens da esquerda ao nível do chão e as da direita ao nível do teto.

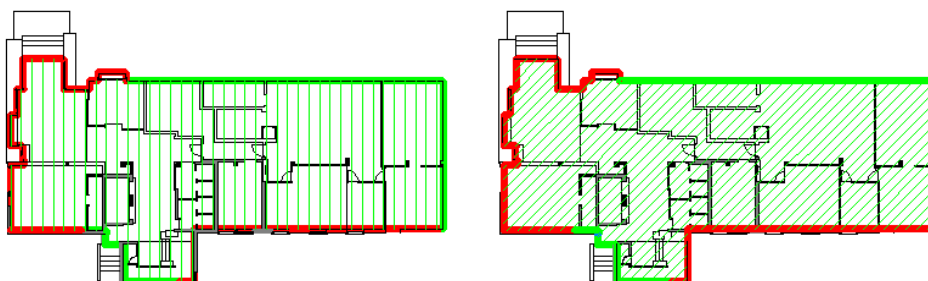


Figura 30 – Definição das envoltantes - piso 1

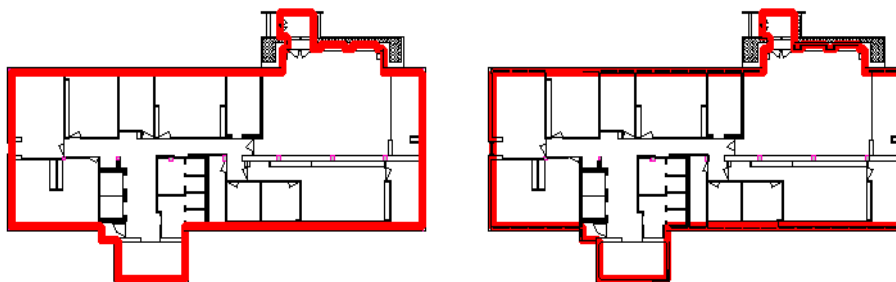


Figura 31 – Definição das envoltantes - piso 2

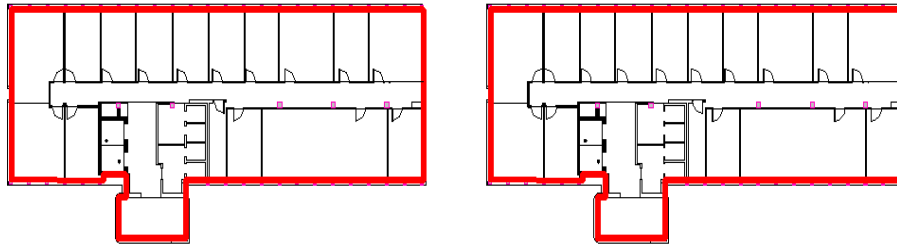


Figura 32 – Definição das envolventes- piso 3

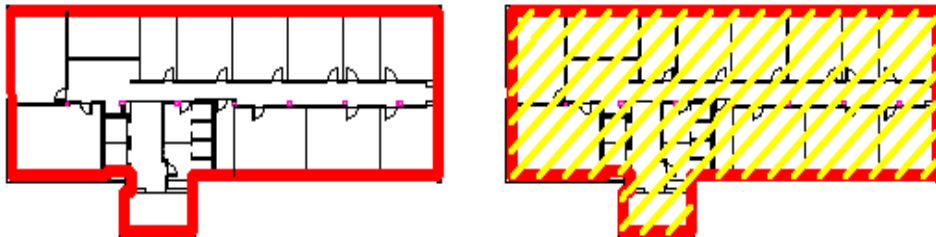


Figura 33 – Definição das envolventes- piso 4

Na figura 34 está representado um corte transversal que, tem como objetivo caracterizar algumas envolventes do edifício, nomeadamente: pavimento do piso 1, cobertura do edifício e as paredes exteriores.

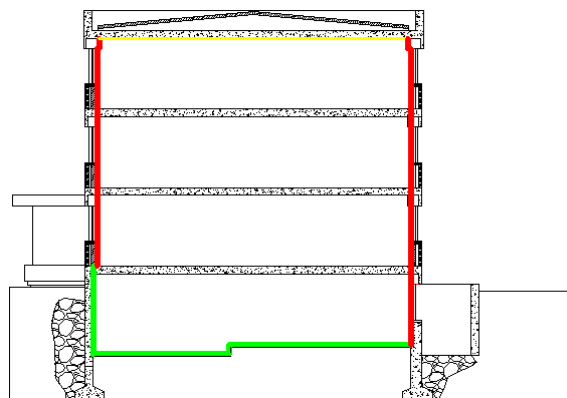


Figura 34 – Definição das envolventes - corte transversal

➤ Paredes Exteriores – “PE1”

As paredes exteriores dos pisos 2, 3 e 4, existentes nas várias fachadas são constituídas por: um reboco de argamassa não tradicional de espessura de 20 mm, tijolo furado de espessura 110 mm, uma caixa-de-ar não ventilada de 90 mm, tijolo furado de

200 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 20 mm, como é possível observar na figura 39.

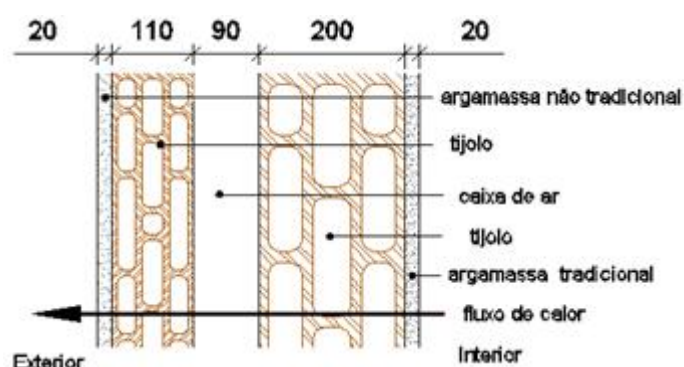


Figura 35 – Pormenor das paredes da envolvente exterior – PE1

Nas tabelas 9 até à tabela 17, estão representados os valores das propriedades térmicas dos diferentes constituintes, assim como os valores dos coeficientes de transmissão térmica para as respetivas soluções construtivas.

Tabela 9 – Características das paredes da envolvente exterior – PE1

Parede da envolvente exterior- PE1	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial exterior		-	-	0,04
Argamassa e reboco não tradicional	0,020	0,8	0,025		
Tijolo furado	0,110	0,407	0,270		
Resistência de ar não ventilado	0,090	0,5	0,18		
Tijolo furado	0,200	0,385	0,520		
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,115		
Resistência superficial interior	-	-	0,130		
Resistência térmica total				1,180	

### ➤ Paredes Exteriores – “PE2”

As paredes exteriores do piso 1, estão em contato diretamente com o solo, são constituídas por: uma camada exterior de reboco de argamassa não tradicional de 20

mm, betão armado de 300 mm e de uma camada interior de reboco de argamassa tradicional de 10 mm, como é possível visualizar na figura 36.

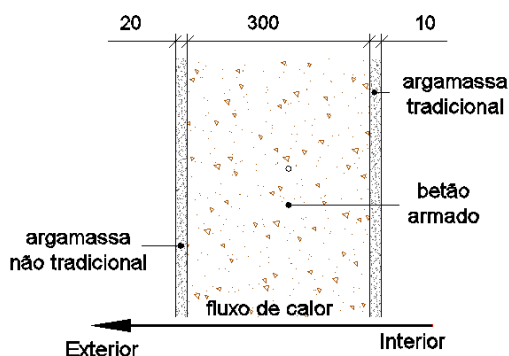


Figura 36 – Pormenor das paredes da envolvente exterior – PE2

Tabela 10 – Características das paredes da envolvente exterior – PE2

Parede da envolvente exterior- PE2	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial exterior	-	-	0,040	<b>2,83</b>
	Argamassa e reboco não tradicional	0,020	0,8	0,025	
	Betão armado	0,300	2,000	0,150	
	Argamassa tradicional	0,01	1,3	0,008	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				0,353	

### ➤ Paredes Exteriores – “PE3”

As paredes exteriores na zona dos gabinetes dos pisos 2, 3 e 4, existentes nas várias fachadas são constituídas por: um reboco de argamassa não tradicional de espessura de 20 mm, tijolo furado de espessura 110 mm, uma caixa-de-ar de 90 mm, tijolo furado de 200 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 20 mm e placa de aglomerado de 10 mm no interior da parede, como é possível observar na figura 37.

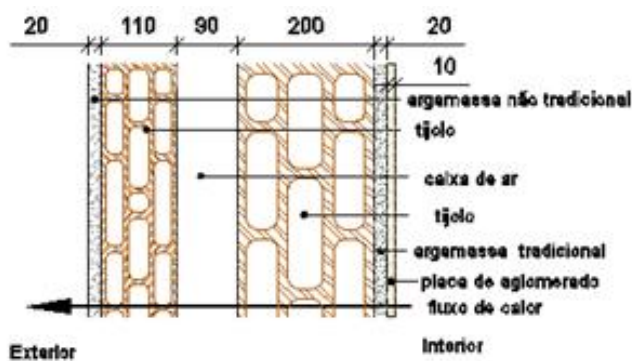


Figura 37 – Pormenor das paredes da envolvente exterior – PE3

Tabela 11 – Características das paredes da envolvente exterior – PE3

	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
Parede da envolvente exterior – PE3	Resistência superficial exterior	-	-	0,04	<b>0,84</b>
	Argamassa e reboco não tradicional	0,020	0,8	0,025	
	Tijolo furado	0,110	0,407	0,270	
	Resistência de ar não ventilado	0,090	0,5	0,18	
	Tijolo furado	0,200	0,385	0,520	
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,115	
	Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				1,188	

### ➤ Paredes Interiores – “PI 1”

As paredes interiores dos pisos 1, são constituídas por: um reboco de argamassa tradicional de espessura de 10 mm, betão armado de 300 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 10 mm, como é possível visualizar na figura 38.

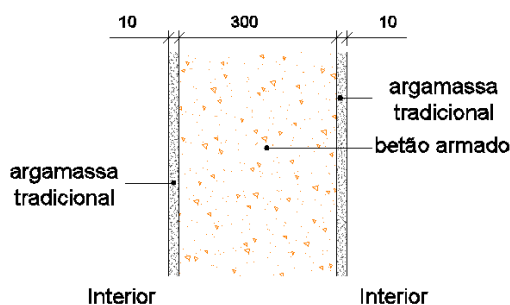


Figura 38 – Pormenor das paredes da envolvente interior – PI1

Tabela 12 – Características das paredes da envolvente interior – PI1

Parede da envolvente interior- PI1	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	<b>2,35</b>
	Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	
	Laje Betão armado	0,300	2,000	0,150	
	Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				0,425	

➤ Paredes Interiores- “PI2”

As paredes interiores dos pisos 1, relativas às salas de espera são constituídas por: aglomerado de madeira de espessura 10 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 10 mm, betão armado de 300 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 10 mm e aglomerado de madeira de espessura 10 mm, como é possível observar na figura 39.

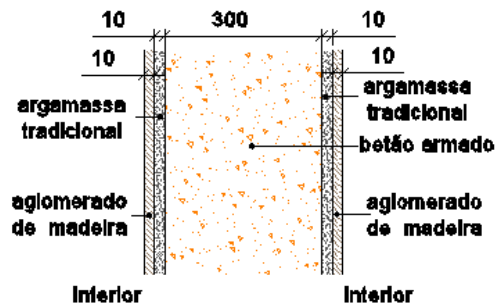


Figura 39 – Pormenor das paredes da envolvente interior – PI2

Tabela 13 – Características das paredes da envolvente interior – PI2

Parede da envolvente interior- PI2	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	-	0,130
Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007		
Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008		
Laje Betão armado	0,300	2,000	0,150		
Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,008		
Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007		
Resistência superficial interior	-	-	-	0,130	
Resistência térmica total				0,44	

➤ Paredes Interiores – “PI3”

As paredes interiores da casa de banho, relativas às salas de espera são constituídas por: aglomerado de madeira de espessura 10 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 10 mm, betão armado de 300 mm, reboco de argamassa tradicional de espessura de 10 mm e aglomerado de madeira de espessura 10 mm, azulejo de espessura de 8 mm, como é possível observar na imagem da figura 40.

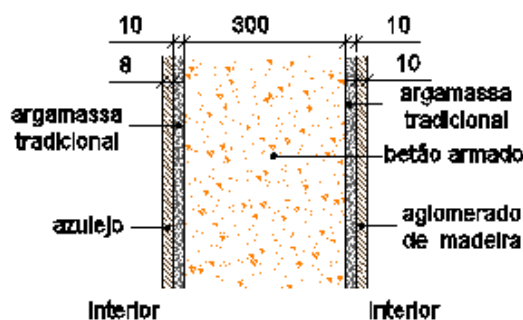


Figura 40 – Pormenor das paredes da envolvente interior – PI3

Tabela 14 – Características das paredes da envolvente interior – PI2

Parede da envolvente interior- PI3	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	<b>2,40</b>
	Azulejo	0,008	1,300	0,006	
	Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	
	Laje Betão armado	0,300	2,000	0,150	
	Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	
	Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				0,42	

➤ Paredes Interiores – “PI4”

As paredes interiores dos gabinetes são constituídas por: aglomerado de madeira de espessura 10 mm, lâ de rocha de espessura de 10 mm e de aglomerado de madeira de espessura de 10 mm, como é possível visualizar na figura 41.

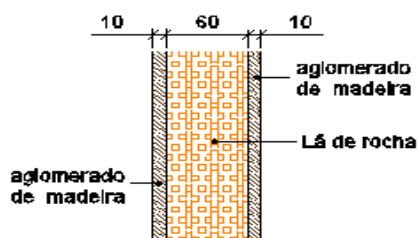


Figura 41 – Pormenor das paredes da envolvente interior – PI4

Tabela 15 – Características das paredes da envolvente interior – PI4

Parede da envolvente interior- PI4	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	<b>0,56</b>
	Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007	
	Lã de rocha	0,060	0,040	1,500	
	Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				1,774	

➤ Cobertura – “COB 1”

A cobertura do edifício é constituída por: betão celular de espessura de 100 mm, betão armado de espessura de 300 mm e reboco de argamassa tradicional de espessura de 20 mm.

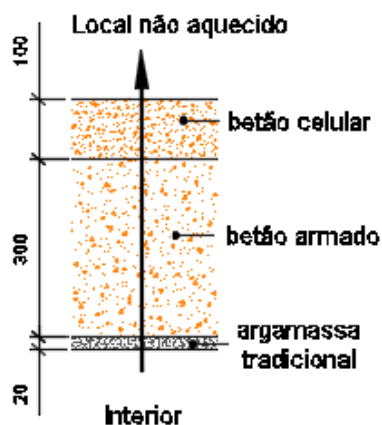


Figura 42 – Pormenor da cobertura da envolvente exterior – COB 1

Tabela 16 – Características da cobertura da envolvente exterior – COB1

Cobertura da envolvente exterior- COB1	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,100	<b>1,36</b>
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	
	Laje Betão armado	0,3	2,000	0,150	
	Betão Celular	0,1	0,270	0,370	
	Resistência superficial Local Não Aquecido	-	-	0,100	
Resistência térmica total				0,736	

➤ Pavimento – “PAV 1”

Os pavimentos dos vários pisos do edifício são constituídos por: alcatifa e argamassa de espessura de 10 mm, laje de betão armado espessura de 300 mm, e argamassa de espessura de 20 mm, como é possível ver na figura 43.

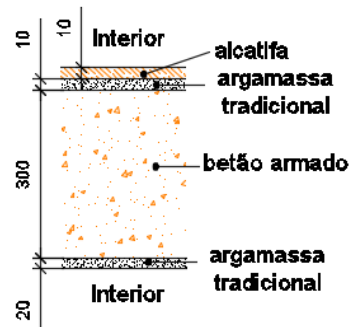


Figura 43 – Pormenor do pavimento da envolvente interior – PAV1

Tabela 17 – Características do pavimento da envolvente interior – PAV1

Pavimento da envolvente interior- PAV1	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/ W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,100	<b>1,85</b>
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	
	Laje Betão armado	0,300	2,000	0,150	
	Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	
	Alcatifa	0,010	0,060	0,167	
	Resistência superficial Local Não Aquecido	-	-	0,100	
Resistência térmica total				0,540	

➤ Pavimento – “PAV2”

Os tetos falsos dos corredores dos vários pisos são constituídos por: alcatifa e argamassa tradicional de espessura 10 mm, laje de betão armado de espessura 300 mm, argamassa tradicional de espessura 20 mm, caixa-de-ar não ventilada de espessura de 300 mm e aglomerado de madeira de 20 mm, como é possível visualizar na figura 44.

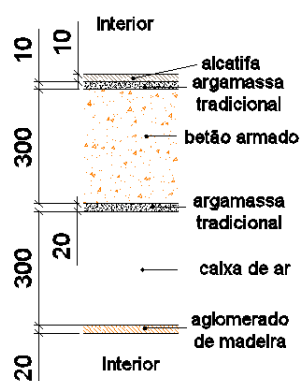


Figura 44 – Pormenor do pavimento da envolvente interior – PAV2

Tabela 18 – Características do pavimento da envolvente interior – PAV2

Pavimento da envolvente interior - PAV2	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,100	<b>1,19</b>
	Placa de aglomerado	0,020	1,400	0,143	
	Resistência de ar não ventilado	-	-	0,160	
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	
	Laje Betão armado	0,300	2,000	0,150	
	Argamassa e reboco tradicional	0,010	1,300	0,008	
	Alcatifa	0,010	0,060	0,167	
	Resistência superficial interior	-	-	0,100	
Resistência térmica total				0,843	

➤ Envolvente Não Opaca

A envolvente não opaca é constituída pelos vãos envidraçados. Tem como função permitir a entrada de luz e/ou a ventilação dos espaços. As principais características dos vidros, essenciais para o bom ou mau dimensionamento dos vãos envidraçados são: coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ), fator solar ( $FS$ ) e transmitância a luz visível ( $T_{vis}$ ). Estes fatores condicionam o desempenho energético de uma construção na sua utilização.

Recorreu-se ao programa *Window 7.4*, para o cálculo das propriedades térmicas e ópticas dos envidraçados do edifício em estudo que, que dependem das características do vidro e da caixilharia utilizada. Este programa possui uma vasta biblioteca com vários tipos de vãos envidraçados para diferentes soluções comerciais. Para o caso de estudo, optou-se pelos vãos envidraçados comercializados pela *Saint – Gobain*, de modo que estes tenham características mais próximas dos envidraçados presentes no edifício.

A figura 45 exemplifica o cálculo do vão envidraçado “VE2\_38OE”, da solução construtiva vidro mais caixilho, em que as dimensões são de 1500 x 1280 mm. O valor de coeficiente de transmissão térmica, fator solar e transmitância a luz visível, corresponde respetivamente aos valores indicados na imagem por “U-factor”, “SHGC” e “VT”.

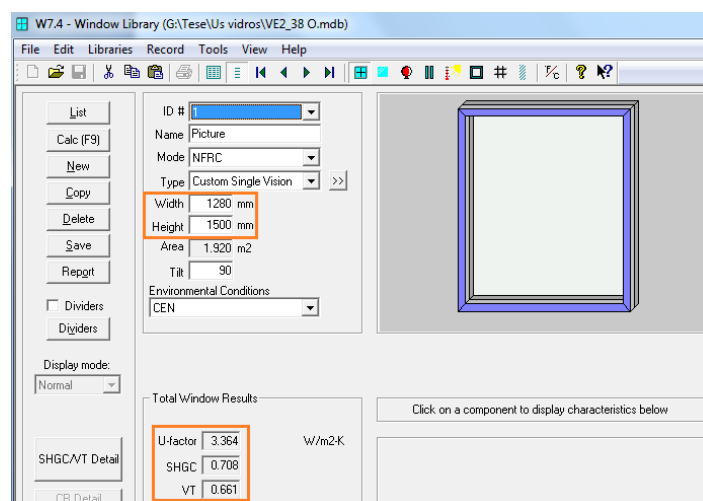


Figura 45 – Exemplo de cálculo Vão envidraçado – VE2\_38O

No caso da figura 46, é possível visualizar o cálculo das propriedades térmicas do envidraçado constituído por um vidro duplo 6 mm da marca *Saint-Gobain Glass*, modelo *PLANICLEAR*, com uma caixa-de-ar de 10 mm.

ID	Name	Mode	Thick	Flip	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tir	E1	E2	Cond	Comment
11172	PLANICLEAR 6mm.SGG		6.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000	
1	Air		10.0												
11172	PLANICLEAR 6mm.SGG		6.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000	

Ufactor	SC	SHGC	Rel. Ht. Gain	Tvis	Keff	Layer 1 Keff	Gap 1 Keff	Layer 2 Keff
W/m2-K			W/m2		W/m-K	W/m-K	W/m-K	W/m-K
2.905	0.903	0.786	586	0.815	1.1252	1.0000	0.0611	1.0000

Figura 46 – Exemplo cálculo envidraçado – VE2\_2E

De seguida enumerou-se os diferentes tipos de envidraçados presentes no edifício e as respetivas características:

- VE1\_1E - Porta de acesso ao edifício, localizado no piso 1 virada a este, é constituída por um vidro simples colorido na massa, espessura de 12 mm com pala para sombreamento (ver figura 47). As propriedades térmicas do vidro são:  $g=0,569$ ,  $U=5,541 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{vis}=0,265$ ;



Figura 47 – Vão envidraçado – VE1\_1E

- VE1\_3N, VE1\_4N, e VE1\_5N, - Janelas fixas orientadas a norte, sem caixilho, com vidro simples colorido na massa, espessura 6 mm. No caso do envidraçado

VE1\_5N com pala para sombreamento (ver figura 48). As propriedades térmicas do vidro são:  $g=0,687$ ,  $U=5,731 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,491$ ;



Figura 48 – Vão envidraçado – VE1\_3N, VE1\_4N e VE1\_5N

- VE1\_60, VE1\_7S - Vãos envidraçados, orientados a oeste e a sul, respetivamente, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela fixa com vidro duplo incolor 4 mm + 4 mm e lâmina de ar 6 mm (ver figura 49). O muro em frente, a uma distância de 600 mm, permite o sombreamento no envidraçado. As propriedades térmicas do vão envidraçado são:
  - VE1\_60,  $g=0,711$ ,  $U=3,246 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,689$
  - VE1\_7S,  $g=0,709$ ,  $U=3,319 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,672$ .

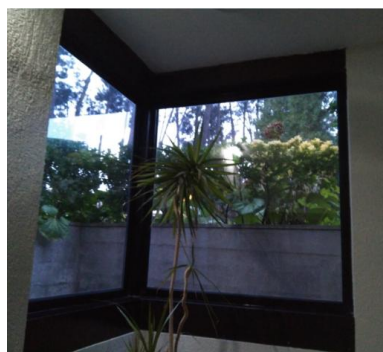


Figura 49 – Vãos envidraçados – VE1\_60 e VE1\_7S

- VE1\_80, VE1\_90, VE1\_10, VE1\_110 e VE1\_120 - Vãos envidraçados orientados a oeste, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janelas oscilo-batentes com vidros duplos incolores com 6 mm + 6 mm com lâminas de ar 10 mm (ver figura 50). Possuem dispositivos de sombreamento: persianas de

réguas plásticas no exterior e um muro a uma distância 1,5 m, tapando as janelas. As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,626$ ,  $U=2,982$   $W/m^2 \cdot ^\circ C$  e  $T_{vis}=0,596$ ;



Figura 50 – Vãos envidraçados – VE1\_80, VE1\_90, VE1\_110 e VE1\_120

- VE1\_13E- Vão envidraçado, constituído por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela fixa com vidro duplo incolor 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm, sem qualquer dispositivo de oclusão noturna e de sombreamento (ver figura 51). As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,626$ ,  $U=2,982$   $W/m^2 \cdot ^\circ C$  e  $T_{vis}= 0,596$ ;

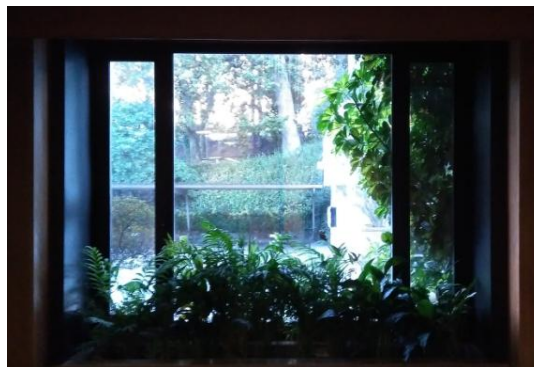


Figura 51 – Vão envidraçado – VE1\_13E

- VE2\_420 – Porta traseira, localizado no piso 1 virado a oeste, é constituída por um vidro simples incolor, espessura de 12 mm com pala de sombreamento (ver

figura 52). As propriedades térmicas do vidro são:  $g=0,803$ ,  $U=5,541 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,866$ .



Figura 52 – Vão envidraçado – VE2\_420

- VE2\_39S e VE3\_37S e VE4\_37S - Vãos envidraçados virados a sul, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janelas oscilo-batentes com vidros duplos incolores 6 mm + 6 mm e lâminas de ar 10 mm, sem qualquer dispositivo de oclusão noturna e sombreamento (ver figura 53). As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,626$ ,  $U=2,982 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,596$ .



Figura 53 – Vãos envidraçados – VE2\_39S, VE3\_27S e VE4\_27S

- VE2\_40S e VE2\_41O - Vãos envidraçados, orientados a sul e oeste, respetivamente, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela fixa com vidro duplo 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm, sem qualquer tipo dispositivo de oclusão noturna e de sombreamento (ver figura 54).

As propriedades térmicas do vão envidraçado são:

- VE2\_40S,  $g=0,708$ ,  $U=3,364\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,662$
- VE2\_41O,  $g=0,710$ ,  $U=3,251\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,688$



Figura 54 – Vão envidraçado – VE2\_40S e VE2\_41O

- VE2\_38O - Vão envidraçado virado a oeste, constituído por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela oscilo-batente com vidro duplo incolor 6 mm + 6 mm e lâminas de ar 10 mm, sem qualquer dispositivo de proteção (ver figura 55). As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,626$ ,  $U=2,982\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,596$ ;



Figura 55 – Vão envidraçado – VE1\_380

- VE2\_270 a VE2\_370, VE3\_250 a VE3\_340 e VE4\_250 a VE4\_340 - Vãos envidraçados orientados a oeste, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janelas oscilo-batentes com vidros duplos incolores 6 mm + 6 mm e lâminas de ar 10 mm (ver figura 56). Possuem dispositivos de proteção solar exterior do tipo persianas de réguas plásticas. As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,626$ ,  $U=2,982\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,596$ ;



Figura 56 – Vãos envidraçados – VE2\_270 a VE2\_370, VE3\_250 a VE3\_340 e VE4\_270 a VE4\_340

- VE2\_26S, VE2\_48N, VE3\_24S, VE3\_46N e VE4\_24S, VE3\_46N - Vãos envidraçados orientados a norte e a sul nos pisos 2,3 e 4, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela fixa com vidro duplo 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm, sem qualquer dispositivo de oclusão noturna e sombreamento (ver

figura 57). As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,665$ ,  $U=2,986\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,659$ ;



Figura 57 – Vãos envidraçados: VE2\_26S, VE2\_48N, VE3\_24S, VE3\_46N e VE4\_24S, VE3\_46N

- VE2\_15E – Vão envidraçado orientado a norte, pertencente ao auditório, é constituído por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela oscilobatente com vidro incolor duplo 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm, com dispositivos de proteção solar exterior e interior do tipo persianas exteriores e *black out* de cor clara, respetivamente (ver figura 58). As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,708$ ,  $U=3,364\text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,661$ ;

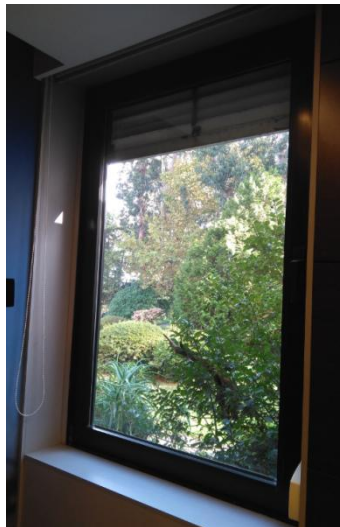


Figura 58 – Vão envidraçado – VE2\_15E

- VE2\_19S – Vão envidraçado orientado a sul, pertencente ao auditório, é constituído por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela fixa com vidro duplo incolor com 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm (ver figura 59).

Existe um muro orientado a este, provocando sombreamento. As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,713$ ,  $U=3,137 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,714$ .

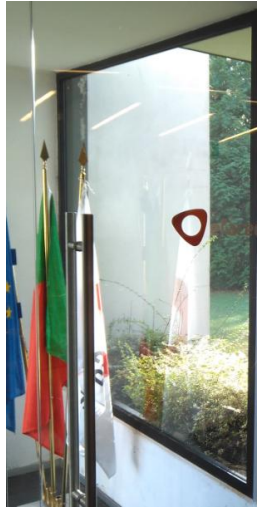


Figura 59 – Vão envidraçado – VE2\_19N

- VE2\_20E – Vão envidraçado orientado a este, pertencente ao auditório, é constituído por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela oscilobatente com vidro duplo 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm (ver figura 60). As propriedades térmicas do vão envidraçado são:  $g=0,623$ ,  $U=3,194 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{vis}}=0,548$ ;



Figura 60 – Vão envidraçado – VE2\_20E

- VE2\_21E e VE2\_23E -Vãos envidraçados orientados a este, pertencentes ao auditório, são constituído por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico,

janela fixa com vidro duplo 6 mm + 6mm e lâmina de ar 10 mm. Estes envidraçados possuem pala de sombreamento e *black out* interiores (ver figura 61). As propriedades térmicas dos vãos envidraçados são:  $g=0,665$ ,  $U=2,986$   $W/m^2 \cdot ^\circ C$  e  $T_{vis}=0,659$ .



Figura 61 – Vão envidraçado VE2\_21E e VE2\_23E.

- VE3\_40N e VE4\_40N - Vãos envidraçados, constituídos por uma caixilharia em alumínio, sem corte térmico, janela fixa com vidro duplo 6 mm + 6 mm e lâmina de ar 10 mm, sem qualquer dispositivo de oclusão noturna e sombreamento (ver figura 62). As propriedades térmicas dos vãos envidraçados são:  $g=0,665$ ,  $U=2,986$   $W/m^2 \cdot ^\circ C$  e  $T_{vis}=0,659$ .

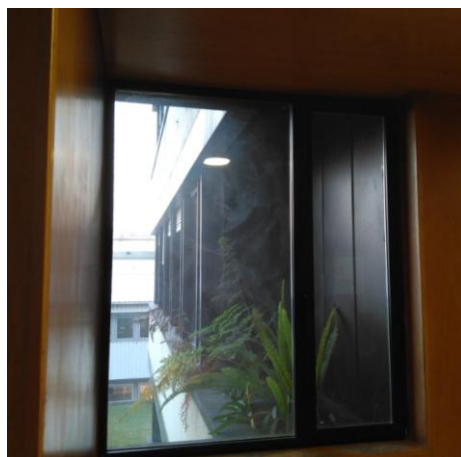


Figura 62 – Vão envidraçado – VE3\_40N e VE3\_40S.

### 3.1.5 Sistemas de Iluminação

#### ➤ Iluminação interior

Realizou-se um levantamento dos sistemas de iluminação em cada espaço, tendo em conta as seguintes características:

- Tipo de luminárias;
- Potência e tipo de lâmpada e respectivas quantidades;
- Tipo de balastro (caso exista).

No anexo B, é possível visualizar as características das luminárias presentes no edifício.

A figura 63, apresenta os diferentes tipos de luminárias interiores presentes no edifício.

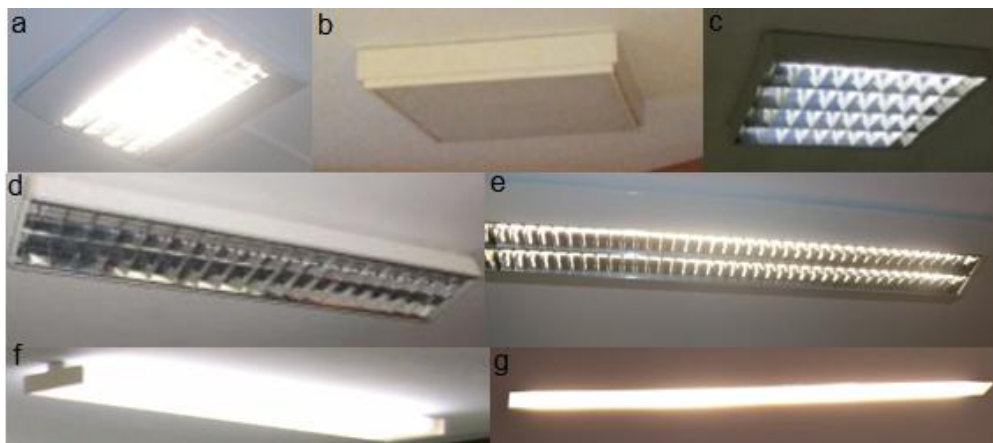


Figura 63 – Lâmpadas fluorescentes tubulares

Legenda:

- a- Armadura com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 18 W, com balastro ferromagnético;
- b- Armadura com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 18 W, com balastro ferromagnético;
- c- Armadura com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 24 W, com balastro eletrónico;
- d- Armadura com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T5 35 W, com balastro eletrónico;
- e- Armadura com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 58 W, com balastro ferromagnético;

f- Armadura com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 58 W, com balastro ferromagnético;

g- Armadura com 1 lâmpadas fluorescente tubulares T8 58 W, com balastro ferromagnético.

Na figura 64, é possível visualizar vários exemplos de lâmpadas fluorescentes compactas.



Figura 64 – Lâmpadas fluorescentes compactas

Legenda:

a – Foco com duas lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 11 W;

b – Foco com duas fluorescentes compactas (CFL) de 13 W;

c – Foco com duas fluorescentes compactas (CFL) de 24 W;

d – Foco com uma fluorescente compacta (CFL) de 1 lâmpadas 11 W;

Nas figuras 64 e 65, é possível observar vários exemplos de lâmpadas de halogéneo e *led*, respetivamente.

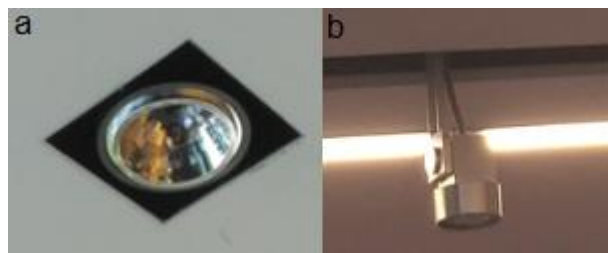


Figura 65 – Exemplos Lâmpadas de halogéneo

Legenda:

a- Foco de halogéneo de 50 W;

b- Foco de halogéneo de 50 W;

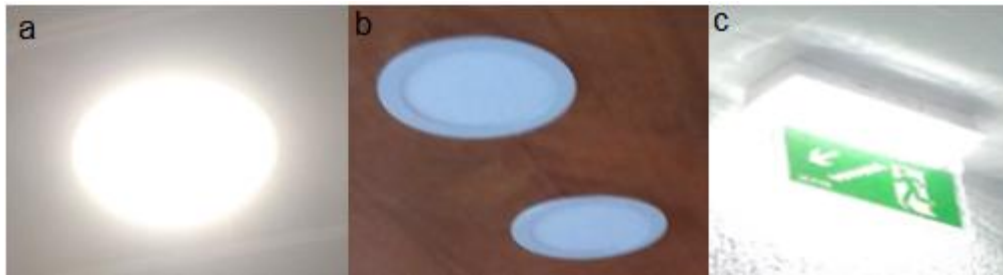


Figura 66 – Exemplos de Lâmpadas led

Legenda:

- a- Foco com uma lâmpada *led* 12 W;
- b- Foco com uma lâmpada *led* 24 W;
- c- Foco com uma lâmpada *led* 18 W;

A iluminação interior do edifício contempla a iluminação dos gabinetes, circulações internas, átrio e instalações sanitárias, sendo obtida através da combinação de luz natural difundida através dos envidraçados e luz artificial a partir das luminárias existentes.

A iluminação artificial é garantida essencialmente por intermédio de lâmpadas fluorescentes tubulares, fluorescentes compactas, halogéneo e led. A potência total de iluminação instalada no presente edifício é de 30,3 kW. No que se refere a representação percentual de cada tecnologia e potência total relativa ao tipo de luminária, estas encontram-se representadas no gráfico da figura seguinte.

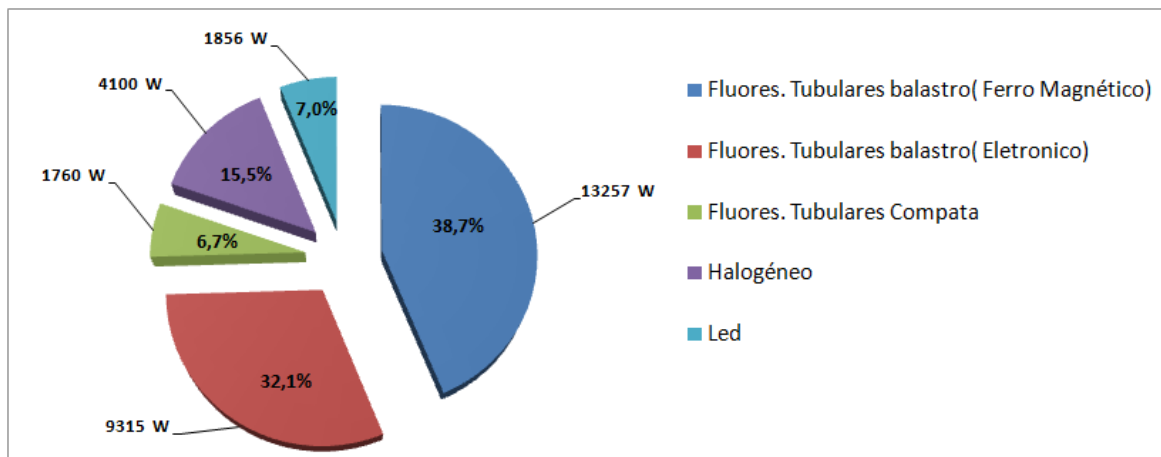


Figura 67 - Distribuição de iluminação por tipo de tecnologia (potência instalada)

Na tabela 19, estão definidas as quantidades de luminárias e a potência total instalada em iluminação interior.

Tabela 19 – Caracterização da iluminação interior

Tipo de Lâmpada	Tipo Luminária	Tipo de Balastro	Quant.	Potência [W]	Potência total, [kW]	
Fluorescentes tubulares	Armadura 4 lâmpadas T8	Ferro	18	4x18=72	10,2	
	Armadura 2 lâmpadas T8		2	2x36=72		
	Armadura 1 lâmpada T8		1	1x58=58		
	Fluorescentes compactas	Armaduras 2 lâmpadas T8	Magnético	75	2x58=116	8,5
		Armadura 4 lâmpadas T5		8	4x24=96	
		Armadura 1 lâmpadas T5	Eletrónico	102	1x35=35	
	Halogéneo	Armadura 2 lâmpadas T5	-	59	2x35=70	4,1
Focos 2 lâmpadas 11 W		-	16	2x11=22		
Focos 2 lâmpadas 13 W		-	32	2x13=26		
Led	Focos 2 lâmpadas 24 W	-	12	2x24=48	1,9	
	Foco 1 lâmpada 50 W	-	82	1x50		
	Focos 1 lâmpadas 10 W	-	3	10		
	Focos 2 lâmpadas 10 W	-	24	20		
	Focos 1 lâmpadas 12 W	-	19	24		
	Focos 1 lâmpada 18 W	-	48	18		
	Foco 1 lâmpada 19 W	-	2	19		
	Foco 1 lâmpadas 24 W	-	9	24		

O sistema de iluminação existente resulta nas seguintes potências/densidade de iluminação por espaço, indicadas nas tabelas 20, 21, 22 e 23.

Tabela 20 – Potências/densidade de iluminação por espaço relativas ao piso 1

Espaços	Potência por espaço [W]	Área [m <sup>2</sup> ]	Densidade de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
P1_HALL	806	102,49	7,9
P1_PT	290	45,80	6,3
P1_SALA1	144	19,38	7,4
P1_SALA2	376	33,09	11,4
P1_ELEVA1	11	4,32	2,5
P1_ELEVA2	11	4,32	2,5
P1_WC1	184	22,25	8,3
P1_ESCADAS	78	21,27	3,7
P1_SALA3	464	22,05	21,0
P1_SALA4	768	36,18	21,2
P1_SALA5	232	13,23	17,5
P1_SALA6	2088	89,12	23,4
P1_SALA7	348	35,69	9,7
P1_SALA8	192	13,83	13,9
P1_SALA9	696	28,81	24,2

Tabela 21 – Potências/densidade de iluminação por espaço relativas ao piso 2

Espaços	Potência por espaço [W]	Área [m <sup>2</sup> ]	Densidade de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
P2_Sala1	576	35,70	16,1
P2_Sala2	490	45,01	10,9
P2_Sala3	420	25,79	16,3
P2_Corredor1	234	48,99	4,8
P2_Eleva1	11	4,32	2,5
P2_Eleva2	11	4,32	2,5
P2_WC1	300	29,30	10,2
P2_Sala4	36	3,55	10,1
P2_Sala5	280	15,96	17,5
P2_Sala6	420	34,07	12,3
P2_Sala7	280	16,87	16,6
P2_Sala8	52	10,12	5,1
P2_Sala9	280	11,71	23,9
P2_Sala10	280	13,24	21,1
P2_Sala11	1120	50,94	22,0
P2_Sala12	140	18,47	7,6
P2_Sala13	3408	125,37	27,2
P2_Escadas	78	21,27	3,7

Tabela 22 – Potências/densidade de iluminação por espaço relativas ao piso 3

Espaços	Potência por espaço [W]	Área [m <sup>2</sup> ]	Densidade de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
P3_Sala1	280	33,47	8,4
P3_Sala2	280	27,80	10,1
P3_Sala3	140	17,33	8,1
P3_Sala4	140	17,22	8,1
P3_Eleva1	11	4,32	2,5
P3_Eleva2	11	4,32	2,5
P3_Corredor1	320	65,62	4,9
P3_WC1	300	29,30	10,2
P3_Sala5	140	16,47	8,5
P3_Sala6	140	17,54	8,0
P3_Sala7	140	16,98	8,2
P3_Sala8	140	16,95	8,3
P3_Sala9	140	16,35	8,6
P3_Sala10	280	26,22	10,7
P3_Sala11	140	16,70	8,4
P3_Sala12	280	27,04	10,4
P3_Sala13	52	10,12	5,1
P3_Sala14	140	18,12	7,7
P3_Sala15	630	65,37	9,6
P3_Sala16	140	19,45	7,2
P3_Escadas	104	21,27	4,9

Tabela 23 – Potências/densidade de iluminação por espaço relativas ao piso 4

Espaços	Potência por espaço [W]	Área [m <sup>2</sup> ]	Densidade de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
P4_Sala1	50,76	35,70	1,4
P4_Sala2	900	45,01	20,0
P4_Sala3	464	23,66	19,6
P4_Sala4	232	17,54	13,2
P4_Eleva1	11	4,32	2,5
P4_Eleva2	11	4,32	2,5
P4_Corredor1	460	73,53	6,3
P4_WC1	300	29,30	10,2
P4_Sala5	696	24,82	28,0
P4_Sala6	696	25,44	27,4
P4_Sala7	210	26,22	8,0
P4_Sala8	232	16,70	13,9
P4_Sala9	210	27,04	7,8
P4_Sala10	348	10,12	34,4
P4_Sala11	576	35,17	16,4
P4_Sala12	928	37,29	24,9
P4_Sala13	464	30,49	15,2
P4_Escadas	104	21,27	4,9

### ➤ Iluminação Exterior

A iluminação exterior do edifício é composta por lâmpadas de iodetos metálicos e vapor de sódio tendo instalados 3,4 kW (ver figura 68). Na tabela 24, estão representadas as quantidades de luminárias e a potência total instalada em iluminação exterior.

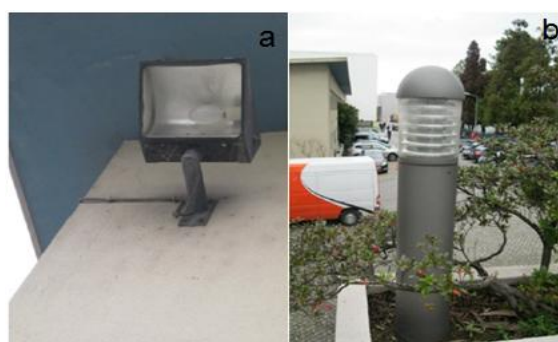


Figura 68 - Iluminação exterior: a) lâmpadas de vapor de sódio; b) Iodetos metálicos

Tabela 24 – Caracterização da iluminação exterior

Tipo de Lâmpada	Tipo Luminária	Quantidade	Potência [W]	Potencia total, [kW]
Vapor de sódio	Postes SON	9	250	2,250
Iodetos Metálicos	Postes HPI	3	250	1,150
	Postes HPI	1	400	

A representação percentual de cada tecnologia e a potência total relativa ao tipo de luminária presente na iluminação exterior, encontram-se representadas no gráfico da figura 69.

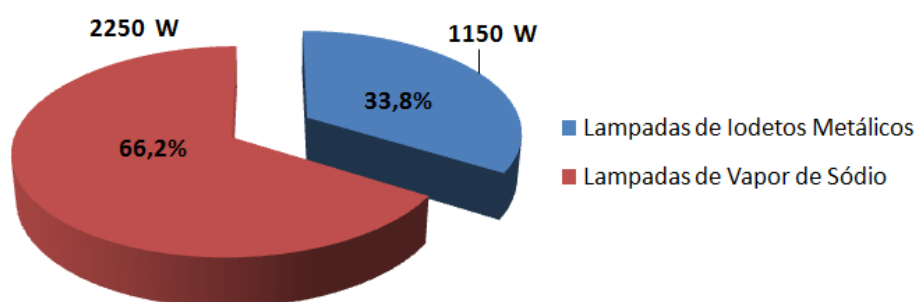


Figura 69 -Distribuição de iluminação exterior (potencia instalada).

### 3.1.6 Sistemas de AVAC

Realizou-se um levantamento de todos os sistemas de AVAC presentes no edifício, utilizados para os diferentes espaços, como é possível observar figuras 70, 71, 72 e 73. No anexo C, é possível observar os equipamentos presentes em cada espaço do edifício. Foram também pesquisadas as respectivas características técnicas dos diferentes equipamentos de climatização, que podem ser consultadas no anexo D.

#### ➤ Identificação de zonas térmicas

Existem diferentes zonas de climatização e ventilação no edifício. Para ser mais fácil a compreensão, o edifício em estudo foi dividido em 8 zonas térmicas distintas:

- Zona 1: corresponde aos corredores do edifício que não possuem qualquer sistema de climatização ou ventilação;
- Zona 2: diz respeito à climatização do *datacenter* localizado no piso 1. O sistema de climatização é constituído por dois *chillers* que produzem água fria, destinada às unidades “In Row”, localizadas nos corredores dos bastidores do *datacenter*. A climatização deste espaço segue o princípio de utilização de corredores frios, para onde se encontram viradas as frentes dos bastidores e, corredores quentes para onde se encontram viradas as traseiras dos bastidores. O objetivo neste tipo de espaço, é assegurar a existência de um caudal frio com capacidade suficiente para arrefecer os equipamentos. Os equipamentos instalados em bastidores, arrefecem na horizontal e da frente para trás. Assim, é necessário assegurar a existência de ar frio na frente do bastidor e, em simultâneo, recolher o ar quente da traseira dos bastidores. A forma mais eficaz de assegurar a recolha do ar no corredor quente, proveniente das descargas dos servidores, é arrefecer e devolver este ar já climatizado às frentes dos bastidores e entregar no corredor frio, utilizando para tal, equipamentos de refrigeração com formatos semelhantes aos servidores, instalados nas fileiras dos bastidores.
- Zona 3: é climatizada por intermédio de um sistema “Multi-Split”, constituído por duas unidades: unidade interior (evaporador) e unidade exterior (condensador). Neste caso a unidade exterior está ligada 3 unidades interiores. Nesta zona, não há admissão de ar novo, apenas recirculação de ar;
- Zona 4: corresponde às instalações sanitárias que não possuem qualquer sistema de climatização. Apenas existe extração de ar;
- Zona 5: é climatizada por unidades do tipo VRV, constituído por duas unidades: unidade interior (evaporador) e unidade exterior (condensador). Neste caso a unidade exterior está ligada a 10 unidades interiores. A admissão de ar novo e extração de ar é realizada nesta zona através de um permutador de fluxos cruzados;
- Zona 6: corresponde ao auditório que, é climatizado por um equipamento do tipo “Multi-Split”, constituído por unidade exterior e 5 unidades interiores. A admissão de ar novo e extração de ar é realizada nesta zona através de um permutador de fluxos cruzados;

- Zona 7: diz respeito à climatização dos gabinetes do piso 3 e à sala de conselho de administração do piso 4, climatizada por unidades do tipo VRV, constituído por duas unidades: unidade interior (evaporador) e unidade exterior (condensador). Nesta zona não há admissão de ar novo e nem extração de ar;
- Zona 8: corresponde aos gabinetes e salas de reuniões do piso 4. O aquecimento é realizado por resistências elétricas, enquanto o arrefecimento é realizado por ventiloconvectores que, recebem água fria produzida pelo um *chiller*. Não existe qualquer tipo de ventilação.

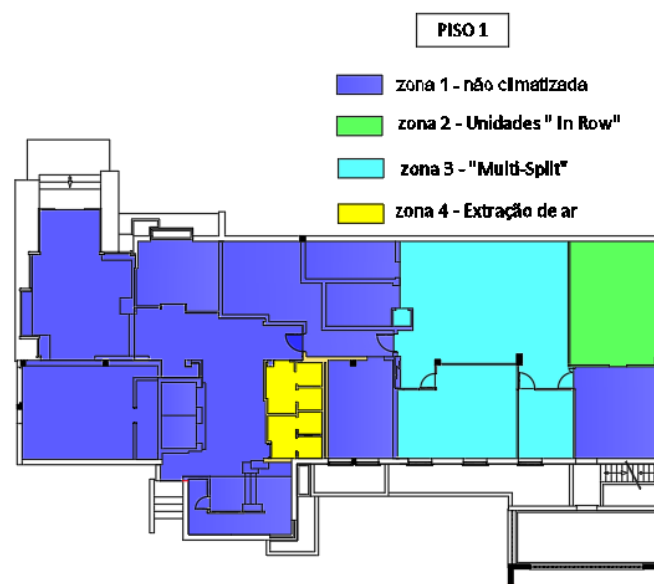


Figura 70 – Ilustração do zonamento térmico – Piso 1



Figura 71 – Ilustração do zonamento térmico – Piso 2

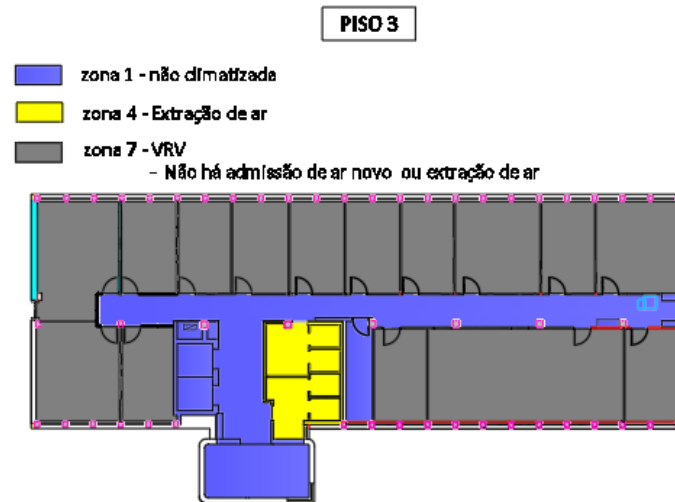


Figura 72 – Ilustração do zonamento térmico – Piso 3

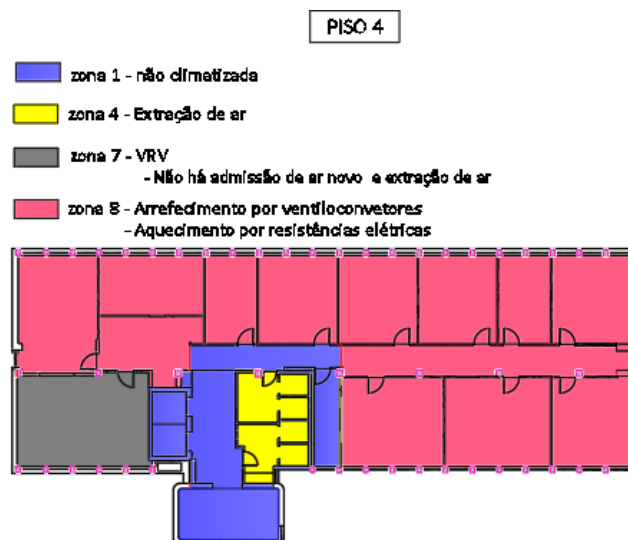


Figura 73 – Ilustração do zonamento térmico – Piso 4

### ➤ Equipamentos

#### ✓ Unidades de Expansão Direta

A climatização das salas dos pisos 1 (“P1\_sala 4”, “P1\_sala 6” e “P1\_sala 8”), salas do piso 2 e 3 do edifício, bem como as salas de reuniões do conselho de administração (“P4\_sala2”) localizadas no piso 4 é efetuada em parte por unidades de expansão direta do tipo VRV, tendo estes a capacidade de produzir frio e calor. Nas figuras 74 e 75 ilustram equipamentos e das unidades exteriores reversíveis do tipo VRV e *Multi-Split* e das unidades interiores: cassete 4 vias e mural, respetivamente.



Figura 74 -Imagem exemplificativa das unidades exteriores reversíveis do tipo VRV e Multi-Split



Figura 75 -Imagem exemplificativa das unidades interiores: cassete 4 vias e mural.

A tabela 25 apresenta um resumo das principais características dos equipamentos de climatização instalados neste edifício.

Tabela 25 – Características unidades reversíveis de climatização

Zona Térmica	Sala do concelho	Piso 3	Piso 2
Localização	Cobertura	Cobertura	Cobertura
Tipo	VRV	VRV	VRV
Marca	<i>Daikin</i>	Mitsubishi	Mitsubishi
Modelo	RXYSQ4P7V3B1	PUHY/P400Y6MA	PUHY/P400Y6MA
Arrefecimento nominal	Potência [kW]	11,2	45,0
	Consumo [kW]	3,55	13,11
	COP	3,15	3,43
Aquecimento nominal	Potência [kW]	12,5	50,0
	Consumo [kW]	3,70	12,82
	COP	3,41	3,90
Fluído frigorífero	R410A	R410A	R410A

Zona Térmica	Piso1	Auditório	Auditório
Localização	Cobertura	Parede	Parede
Tipo	Multi-Split	Multi-Split	Multi-Split
Marca	Mitsubishi	LG	LG
Modelo	MXZ-5A100VA	MU3M21	MU4M25
Arrefecimento nominal	Potência [kW]	10,0	7,0
	Consumo [kW]	2,935	1,7
	COP	3,23	4,21
Aquecimento nominal	Potência [kW]	12	8,4
	Consumo [kW]	2,835	1,8
	COP	4,00	4,69
Fluído frigorífero	R410A	R410A	R410A

✓ *Chillers*

Como já foi dito anteriormente, o *datacenter* localizado no piso 1, é climatizado por intermédio de dois *chillers* de condensação a ar, localizados na parte posterior do edifício. Estes destinam-se a fornecer água fria às unidades “*In Row*” localizadas nos corredores dos bastidores do *datacenter*. A produção e distribuição térmica de água arrefecida está prevista que um *chiller* tenha capacidade de produção de 100% e existe uma segunda unidade na eventualidade de um dos *chillers* avariar, ou que seja necessário interromper, para se realizar operações de manutenção, o outro *chiller* começará a funcionar e ficará encarregue de providenciar água arrefecida para as unidades “*In Row*”.

Existe um outro *chiller* (HCF) localizado no exterior do edifício, que tem a função de produzir água fria destinada aos ventiloinvetores instalados nos gabinetes do piso 4. Na figura 76 é possível observar as várias unidades *chiller* presentes no exterior do edifício. A tabela 26 apresenta as principais características destas duas unidades.



Figura 76 – Unidades *Chiller*.

Tabela 26- Características técnicas dos equipamentos de produção de frio.

Designação	<i>Datacenter</i>	Piso 4
Tipo	Chiller	Chiller
Fim	Água gelada	Água gelada
Marca	York	HCF
Modelo	YLCA-4061-380t	PLCA 20 D
Potência consumida [kW]	18,2	24,4
Potência térmica arrefecimento [kW]	39,6	61,6
EER	3	2,5
Número de escalões	1	2
Fluido Refrigerante	R410A	R22
Quantidade	2	1
Ano de construção	2010	1997

A água fria produzida pelo *Chiller* HCF é enviada para as unidades terminais, com recurso a uma bomba de circulação, com as características apresentadas na tabela 27.

Tabela 27 – Características técnicas da bomba de circulação – Chiller Piso 4.

Identificação do circuito	Primário <i>Chiller</i> Piso 4
Designação	---
Marca	Efacec
Modelo	---
Quantidade	1
Caudal [l/s]	---
Potência [kW]	2.6

#### ✓ Ventiloinventores

A maioria dos gabinetes localizados no piso 4 encontram-se ainda equipados com ventiloinventores, sendo estes alimentados pelo *Chiller* HCF. Indicam-se na tabela 28 as principais características destas unidades.



Figura 77 –Exemplos de ventiloinventores

Tabela 28 – Características técnicas dos ventiloinventores

Marca	<i>Daikin</i>	<i>Daikin</i>
Modelo	FWV 47AJVE	FWV 67AJVE
Potência Unitária [W]	69	104
Potência de arrefecimento [kW]	4,33	4,77
Potência de aquecimento [kW]	3,15	3,65
Caudal de ar (m <sup>3</sup> /h)	706	785
Caudal de água fria (l/h)	745	820
Caudal de água quente (l/h)	745	820
Quantidade	7	7

### ➤ Ventilação

A ventilação no edifício apenas é realizada no piso 2 e nas instalações sanitárias. No caso do piso 2, a admissão de ar e extração do ar dos espaços existentes (gabinetes, salas de reuniões, auditório) é garantida a partir um permutador de fluxos cruzados. Este permite também a recuperação de calor sensível do ar de extração para a insuflação.

No caso das instalações sanitárias, há apenas extração de ar.

A tabela 29 indica as principais características destes equipamentos.

Tabela 29 – Principais características dos ventiladores

Localização	Arrumo 60	Cobertura	Sala de Café (Piso2)	
Finalidade	Extração		Insuflação/Extração	
Marca	S&P	Efaflu	S&P	S&P
Modelo	HRB/4-350	VAC 454/6	CADB D 05	CADB D 08
Potência de Ventilação [kW]	0,175	0,12	0,15	0,355
Caudal [m <sup>3</sup> /h]	-	-	-	-
Recuperador	Não	Não	Sim	Sim
Eficiência do recuperador [%]			55	57,5

### 3.1.7 Necessidades de Aquecimento (AQS)

As águas quentes sanitárias são aquecidas por intermédio de termoacumuladores elétricos, com uma capacidade de 80 litros, potência 1500 W, existentes em cada um dos pisos do edifício. A temperatura de consumo de AQS ronda os 45°C, acima desta temperatura deverá haver cuidados para evitar queimaduras. No caso de temperatura de água fria, como não é conhecida a temperatura desta, podem utilizar-se os 15° como valor de referência.

Para determinar o consumo diário de água quente por ocupante, recorreu-se à norma 94002:2005.

Tabela 30 – Necessidades de AQS

Tipo de Edifício	Consumo diário de referência a 60°C
Moradia unifamiliar	30 l/pessoa (40l/pessoa)
Edifício Multifamiliar	22l/pessoa
Hospital ou Clínica	55/pessoa
Hotel ****	70l/pessoa
Hotel ***	55/pessoa
Hotel/Residencial **	40l/pessoa
Residencial/Pensão	35/Pensão
Campismo	40l/pessoa
Lar de idosos ou estudante	55/pessoa
Escola (refeições)	3l/pessoa
Quartel	20l/pessoa
Fábrica ou oficina	15l/pessoa
Escritório	3l/pessoa
Ginásio	20 a 25l/ pessoa
Lavandarias	3 a 5 l/kg de roupa

Tendo em conta a informação da tabela 30, considerou-se o tipo de edifício de escritório, em que o consumo diário de referência é de 3l / pessoa.

Para determinar o consumo de energia devido ao uso de AQS e, contribuição de sistemas de energia solar térmica, recorreu-se à aplicação O SCE.ER. Este *software* implementa metodologias oficiais do contexto do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios que, são previstas nas Portarias RECS e REH.

No presente caso de estudo, as necessidades devem ser estimadas conforme os consumos verificados ou previstos para o edifício. Foram estimados e introduzidos os valores de consumo de água (litros) quente ao longo do dia, tendo em conta o número de pessoas, como é possível ver na figura 78. Relativamente ao consumo de AQS ao fim de semana, considerou-se que este é nulo.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
hora	<b>Consumo: segunda a sexta-feira (litros)</b>											
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
12	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
13	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
14	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
16	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total =	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225

Figura 78 – Consumo de AQS (litros) de durante a semana

As necessidades de energia para o AQS surgem na tabela 31, utilizando aplicação SCE.ER.

Tabela 31 – Consumo de energia útil de AQS

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Consumo de energia útil, kWh	181	157	173	157	181	173	165	181	165	173	173	165	2044

O valor anual estimado para o consumo de energia de AQS é de 2044 kWh.

### 3.1.8 Equipamentos, ocupantes e horários

Realizou-se um levantamento dos equipamentos elétricos no edifício, podendo estes ser de escritório,  *vending* e secador de mãos de ar quente, presentes nas instalações sanitárias (figura 79).

Os equipamentos de escritórios são constituídos essencialmente por computadores pessoais com monitores TFT/CRT, computadores portáteis, impressoras, máquinas fotocopiadoras, aparelhos de  *fax*,  *scanners* e equipamento multimédia. Foram ainda

identificados vários equipamentos de aquecimento ambiente com recurso a resistências móveis.

No caso dos equipamentos de *catering* estes consistem frigoríficos, máquinas de café, de bebidas e *snacks*.



Figura 79- Imagens exemplificativas dos equipamentos elétricos presentes no edifício

Os valores de consumo médio de energia devido aos equipamentos elétricos presentes nos edifícios, foram obtidos recorrendo ao manual *ASHRAE Handbook o Fundamentals* (ver figuras 32, 33, 34 e 35) [21].

Tabela 32 – Os valores de consumo de energia para computadores e vídeo projetor

**Table 8 Recommended Heat Gain from Typical Computer Equipment**

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Desktop computer <sup>a</sup>	Manufacturer A (model A); 2.8 GHz processor, 1 GB RAM	480	73
	Manufacturer A (model B); 2.6 GHz processor, 2 GB RAM	480	49
	Manufacturer B (model A); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	77
	Manufacturer B (model B); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	48
	Manufacturer A (model C); 2.3 GHz processor, 3 GB RAM	1200	97
Laptop computer <sup>b</sup>	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 430 mm screen	130	36
	Manufacturer 1; 1.8 GHz processor, 1 GB RAM, 430 mm screen	90	23
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 355 mm screen	90	31
	Manufacturer 2; 2.13 GHz processor, 1 GB RAM, 355 mm screen, tablet PC	90	29
	Manufacturer 2; 366 MHz processor, 130 MB RAM, 355 mm screen)	70	22
	Manufacturer 3; 900 MHz processor, 256 MB RAM (265 mm screen)	50	12
Flat-panel monitor <sup>c</sup>	Manufacturer X (model A); 760 mm screen	383	90
	Manufacturer X (model B); 560 mm screen	360	36
	Manufacturer Y (model A); 480 mm screen	288	28
	Manufacturer Y (model B); 430 mm screen	240	27
	Manufacturer Z (model A); 430 mm screen	240	29
	Manufacturer Z (model C); 380 mm screen	240	19

Tabela 33 – Os valores de consumo de energia para impressoras e fotocopiadoras

**Table 9 Recommended Heat Gain from Typical Laser Printers and Copiers**

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Laser printer, typical desktop, small-office type <sup>a</sup>	Printing speed up to 10 pages per minute	430	137
	Printing speed up to 35 pages per minute	890	74
	Printing speed up to 19 pages per minute	508	88
	Printing speed up to 17 pages per minute	508	98
	Printing speed up to 19 pages per minute	635	110
	Printing speed up to 24 page per minute	1344	130
Multifunction (copy, print, scan) <sup>b</sup>	Small, desktop type	600	30
	Medium, desktop type	40	15
Scanner <sup>b</sup>	Small, desktop type	700	135
	Small, desktop type	19	16
Copy machine <sup>c</sup>	Large, multiuser, office type	1750	800 (idle 260 W)
		1440	550 (idle 135 W)
		1850	1060 (idle 305 W)
Fax machine	Medium	936	90
	Small	40	20
Plotter	Manufacturer A	400	250
	Manufacturer B	456	140

Tabela 34 – Os valores de consumo de energia para máquinas café expresso, frigoríficos

Table 5A Recommended Rates of Radiant and Convective Heat Gain from Unhooded Electric Appliances During Idle (Ready-to-Cook) Conditions

Appliance	Energy Rate, W		Rate of Heat Gain, W				Usage Factor $F_u$	Radiation Factor $F_r$
	Rated	Standby	Sensible Radiant	Sensible Convective	Latent	Total		
Cabinet: hot serving (large), insulated*	1993	352	117	234	0	352	0.18	0.33
Cabinet: hot serving (large), uninsulated	1993	1026	205	821	0	1026	0.51	0.2
Cabinet: proofing (large)*	5099	410	352	0	59	410	0.08	0.86
Cabinet: proofing (small-15 shelf)	4191	1143	0	264	879	1143	0.27	0
Coffee brewing urn	3810	352	59	88	205	352	0.08	0.17
Drawer warmers, 2-drawer (moist holding)*	1202	147	0	0	59	59	0.12	0
Egg cooker	3194	205	88	117	0	205	0.06	0.43
Espresso machine*	2403	352	117	234	0	352	0.15	0.33
Food warmer: steam table (2-well-type)	1495	1026	88	176	762	1026	0.69	0.08
Freezer (small)	791	322	147	176	0	322	0.41	0.45
Hot dog roller*	996	703	264	440	0	703	0.71	0.38
Hot plate: single burner, high speed	1114	879	264	615	0	879	0.79	0.3
Hot-food case (dry holding)*	9115	733	264	469	0	733	0.08	0.36
Hot-food case (moist holding)*	9115	967	264	528	176	967	0.11	0.27
Microwave oven: commercial (heavy duty)	3194	0	0	0	0	0	0	0
Oven: countertop conveyORIZED bake/finishing*	6008	3693	645	3048	0	3693	0.61	0.17
Panini*	1700	938	352	586	0	938	0.55	0.38
Popcorn popper*	586	59	29	29	0	59	0.1	0.5
Rapid-cook oven (quartz-halogen)*	12 016	0	0	0	0	0	0	0
Rapid-cook oven (microwave/convection)*	7297	1202	293	909	0	293	0.16	0.24
Reach-in refrigerator*	1407	352	88	264	0	352	0.25	0.25
Refrigerated prep table*	586	264	176	88	0	264	0.45	0.67
Steamer (bun)	1495	205	176	29	0	205	0.14	0.86
Toaster: 4-slice pop up (large): cooking	1788	879	59	410	293	762	0.49	0.07
Toaster: contact (vertical)	3312	1553	791	762	0	1553	0.47	0.51
Toaster: conveyor (large)	9613	3019	879	2139	0	3019	0.31	0.29
Toaster: small conveyor	1700	1084	117	967	0	1084	0.64	0.11
Waffle iron	909	352	234	117	0	352	0.39	0.67

Source: Swierczyzna et al. (2008, 2009).

Tabela 35 – Os valores de consumo de energia para máquinas de *snack* e de água**Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations****Table 10 Recommended Heat Gain from Miscellaneous Office Equipment**

Equipment	Maximum Input Rating, W	Recommended Rate of Heat Gain, W
<b>Mail-processing equipment</b>		
Folding machine	125	80
Inserting machine, 3600 to 6800 pieces/h	600 to 3300	390 to 2150
Labeling machine, 1500 to 30 000 pieces/h	600 to 6600	390 to 4300
Postage meter	230	150
<b>Vending machines</b>		
Cigarette	72	72
Cold food/beverage	1150 to 1920	575 to 960
Hot beverage	1,725	862
Snack	240 to 275	240 to 275
<b>Other</b>		
Bar code printer	440	370
Cash registers	60	48
Check processing workstation, 12 pockets	4800	2470
Coffee maker, 10 cups	1500	1050 sens., 450 latent
Microfiche reader	85	85
Microfilm reader	520	520
Microfilm reader/printer	1150	1150
Microwave oven, 28 L.	600	400
Paper shredder	250 to 3000	200 to 2420
Water cooler, 30 l/h	700	350

Tabela 36 – Equipamentos elétricos instalados

Equipamento	Quant. [un.]	Potência média de consumo [W]	Potência total média de consumo [KW]
PC portáteis	27	36	0,972
Torre Desktop	37	97	3,589
Monitor TFT	37	29	1,073
Fotocopiadora	4	550	2,200
Impressora Jato tinta	9	137	1,233
Máquina de água	3	350	1,050
Frigorífico pequeno	3	322	0,966
Micro-ondas	1	400	0,400
Máquina de <i>vending</i>	1	767	0,767
Máquina de café	2	352	0,704
			Total=12,95

A potência total média de consumo dos equipamentos de escritório, *catering* e de uso geral no desenvolvimento da atividade do edifício é de 12,95kW, como é possível ver na tabela 36.

➤ Consumos de equipamentos do *Datacenter*

O *datacenter* é o local destinado para armazenar os servidores e outros componentes de armazenamento de dados da empresa. A potência total destes equipamentos é de 18 kW. Estes consomem energia 24 horas por dia, durante 365 dias do ano. Foi fornecido o diagrama de cargas (figura 80), relativo ao consumo de energia elétrica do *datacenter*, num período de uma semana. Pode-se constatar que o consumo é praticamente constante ao longo do tempo. O consumo anual estimado é de 18 (kW) x 24 (h) x 365 (d)  $\approx$  158 MWh.

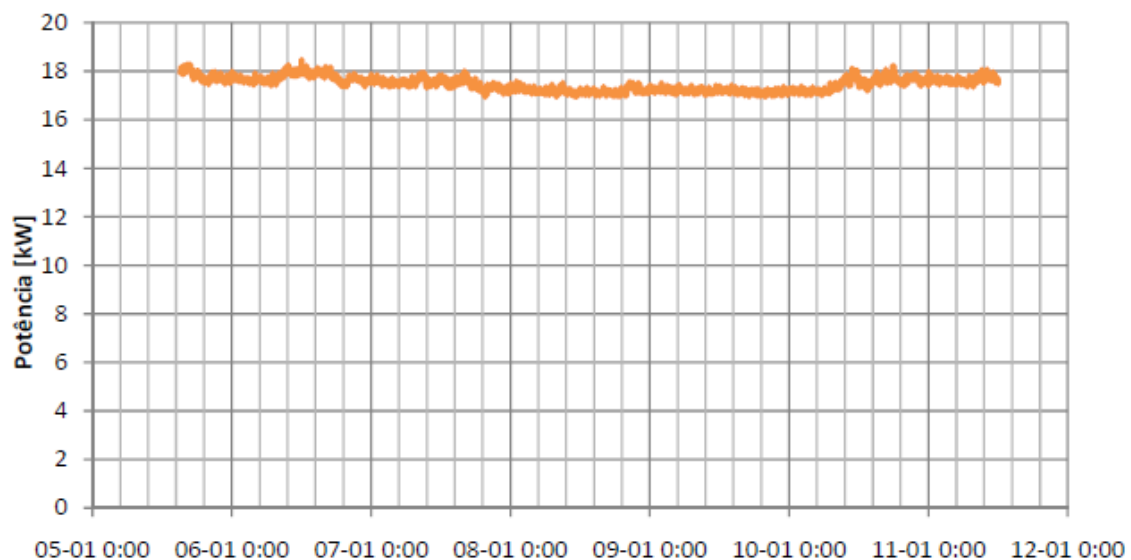


Figura 80- Diagrama de carga dos equipamentos elétricos do Datacenter

➤ Ocupantes

Para o caso em estudo foi realizado um levantamento da ocupação de cada espaço. O nível de ocupação pode ser definido de três formas diferentes: número total de pessoas no espaço; relação entre pessoa/m<sup>2</sup>; m<sup>2</sup>/pessoa. No caso de espaços em que a ocupação é passageira (casas de banho, corredores, escadas, arrecadação, sala de espera) classificou-se como nula.

O nível de atividade foi definido de acordo com a tabela 37 segundo as normas [1] sendo que para este caso, é considerado como trabalho de gabinete sentado, cujos

valores de calor libertado por cada pessoa, são 70 W para calor sensível e 45 W calor latente. No anexo E estão definidas as taxas de ocupação para cada espaço do edifício.

Tabela 37 – Valores de calor sensível e latente para diferentes atividades de trabalho

**Table 1 Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity**

Degree of Activity		Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant <sup>b</sup>	
		Adult Male	Adjusted, M/F <sup>a</sup>			Low V	High V
		Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant <sup>c</sup>	145	160	80	80		
Light bench work	Factory	235	220	80	140		
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h; light machine work	Factory	295	295	110	185		
Bowling <sup>d</sup>	Bowling alley	440	425	170	255		
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285		
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315		

### ➤ Horários

O edifício em estudo apresenta o seguinte horário de funcionamento geral: Segunda a Sexta 09h:00 às 18h:00. Houve a necessidade de criar horários de funcionamento para os ocupantes, equipamentos e iluminação (tabela 38), visto que a ocupação do edifício é variável ao longo do dia, os equipamentos e iluminação não são utilizados 24 horas. É difícil determinar precisamente os horários de funcionamento, assim como, o valor percentual das cargas em utilização. Como tal, tentou efetuar-se um estudo o mais aproximado da realidade possível, de modo a obter resultados fidedignos nas simulações dinâmicas.

Tabela 38 – Definição Horários

Espaço		Horários	Dias	Datas
<i>Hall</i>	Iluminação	50%(7h-21h)	Segunda a Sexta	1JAN-31DEZ
		0%(24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
De Entrada	Iluminação	10%-50% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		5%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10%-50% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Equipamentos	10%-30%(9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO

		5%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10%-30% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Ocupação	10%-30%(9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		5%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10%-30% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
Datacenter	Iluminação	10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		10% (24h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Equipamentos	100% (24h)	Segunda a Domingo	1JAN-31DEZ
	Iluminação	10-30% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		5%-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10-30% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5%-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
Auditório	Equipamentos	10-20% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		5%-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10-20% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5%-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Ocupação	10-20% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		5%-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		10-20% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5%-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Iluminação	0% -80% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		0% -10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		0% -80% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		0% -10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
Gabinetes	Equipamentos	20%-80% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		5% -10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		20-80% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		5% -10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Ocupação	0%-90% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1JAN-14AGO
		0-10%(9h-18h)	Segunda a Sexta	14AGO-31AGO
		0%-90% (9h-18h)	Segunda a Sexta	1SET-23DEZ
		0%-10% (9h-18h)	Segunda a Sexta	24 DEZ-31DEZ
		0% (24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
Corredores, escadas	Iluminação	50%(7h-21h)	Segunda a Sexta	1JAN-31DEZ
		0%(24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
Casas de Banho	Iluminação	30%-80% (8h-20h)	Segunda a Sexta	1JAN-31DEZ

		0%(24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
Sala de Café	Iluminação	80%(8h-20h)	Segunda a Sexta	1JAN-31DEZ
		0%(24h)	Sábado e Domingo	1JAN-31DEZ
	Equipamentos	100%(24h)	Segunda a Sexta	1JAN-31DEZ
Iluminação exterior	Iluminação	100%(18h-8h)	Segunda a Sexta	1JAN-31DEZ

### 3.1.9 Consumo energético dos elevadores

O consumo estimado de energia dos elevadores foi obtido, a partir da norma ISO/DIS 25745-1 (ver tabela 39).

A energia usada pela instalação dos elevadores por ano (kWh/ano), é dada pela seguinte expressão:

$$E_{\text{elevador}} = k_1 \times \frac{k_2 \times H \times F}{v \times 3600} \times P + E_{\text{standby}}$$

Onde:

Tabela 39 – Parâmetros de consumo energia dos elevadores

$E_{\text{standby}}$	1577	Energia de standby gasta por ano, kWh/ano
$K_1$	1,6	Fator para controlo de tensão (ACVV)
$K_2$	0,5	Fator distância de viagem média, para > 2
H	12	Distância máxima de viagem, metros
F	24000	Viagens por ano
L	400	Lotação da cabine, 400kg
v	1	Velocidade nominal, m/s
$g_n$	9,81	Aceleração da gravidade, $m/s^2$
$\eta_s$	0,85	Eficiência do eixo/ suspensão
$\eta_g$	0,75	Eficiência da caixa para engrenagem sem-fim
$\eta_m$	0,75	Eficiência para motor normal
$P_1$	1	Fator de balanceamento
$P_0$	4,1	$P_0 = \frac{0,5 \times L \times v \times g_n}{1000 \times \eta_s \times \eta_g \times \eta_m}$
P	2,1	$P = P_1 \times P_0$ , Potência especificada, kW

Obteve-se para o caso de estudo o seguinte valor de consumo de energia:

$$E_{\text{elevador}} = 1,6 \times \frac{0,5 \times 12 \times 24000}{1 \times 3600} \times 2,1 + 1577 = 1839 \text{ kWh/ano}$$

## 3.2 Metodologia aplicada na simulação dinâmica

### 3.2.1 Introdução

Como já foi dito anteriormente, o programa utilizado para efetuar a simulação dinâmica foi o *EnergyPlus*. Trata-se de uma ferramenta de análise energética que, permite determinar o consumo de energia produzido pelos equipamentos de climatização, elétricos e iluminação.

A elaboração de uma simulação dinâmica realiza-se em diferentes etapas, desde o levantamento das áreas até obtenção e análise dos resultados a partir do *EnergyPlus*.

Numa fase inicial, determinaram-se as áreas uteis e pé direito do edifício, a partir de um ficheiro do programa *Autocad*. Esta informação permitiu a construção do modelo geométrico 3D do edifício no programa *Sketchup*, que funciona de forma articulada com o *EnergyPlus*, utilizado através do *plug-in OpenStudio*. De seguida foram definidas as propriedades dos materiais constituintes e, os parâmetros que definem tanto o ambiente exterior (ficheiro climático, localização geográfica, orientação, etc.) como o interior (sombreamento, ocupação, iluminação, infiltração, temperaturas de conforto térmico, etc.).


Em conjunto com estes parâmetros foi utilizado um ficheiro climático representativo do clima local, que pode ser obtido no *website* do *EnergyPlus*.

Os dados resultantes da simulação dinâmica são bastante abrangentes, sendo possível obter desde a temperatura interior de cada uma das zonas, à radiação solar que passa pelos vãos envidraçados e o consumo de energia devido aos equipamentos elétricos. A resolução temporal dos resultados é definida pelo utilizador, podendo variar entre um minuto e um ano.

### 3.2.2 Dados climáticos

Os dados climáticos utilizados para a certificação do Edifício foram obtidos através da aplicação “CLIMA-SCE”, disponibilizada pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Os dados incluem informação horária de várias grandezas, relevantes para o comportamento térmico do edifício, tais como: a temperatura exterior de bolbo

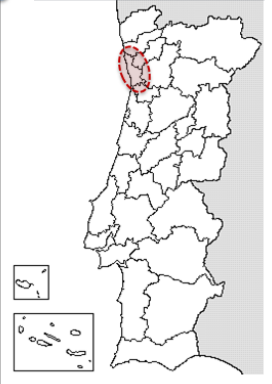
seco e bolbo húmido, a humidade relativa exterior, a radiação solar direta e a radiação solar difusa, obtidos com base em dados dos últimos 30 anos. A partir da aplicação “CLIMA-SCE”, podem obter-se dois tipos de ficheiros: DDY (*Design Conditions Design Day Data*) e EPW (*EnergyPlus Weather Data File*) que são necessários para a simulação. Estes contêm informação dos seguintes parâmetros climáticos: temperatura (°C); humidade relativa (%), radiação solar ( $W/m^2$ ), nebulosidade total e opaca, iluminância, resultantes da média dos valores de um período de medições durante alguns anos. Os dois ficheiros foram introduzidos no *Openstudio*, como se pode ver nas figuras 81 e 82.

Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica 

versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

Matosinhos



preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

**Zona climática**

NUTS 3: Grande Porto

Latitude: 41,3 °N (nominal)

Longitude: 8,6 °W (nominal)

Altitude: 94 m (referência)

**Local específico**

Município: Matosinhos

Altitude: 82 m

Altitude da área específica onde está implantado o edifício.

**Dados climáticos**

Referência: Neste local

**Estação de aquecimento**

Período: 6,2 meses

T média: 9,9 °C / 10,0 °C

Graus-dia: 1250 / 1231 °C

**Estação de arrefecimento**

T média: 20,9 °C / 20,9 °C

**Zonas de verão e inverno**

V 2 I 1

Figura 81 – Dados climáticos do município de Matosinhos

Edifício\_EFACEC\_V78\_FB.osm

File Preferences Components & Measures Help

Weather File & Design Days Life Cycle Costs Utility Bills

**Weather File** Change Weather File

Name: Matosinhos

Latitude: 41.26

Longitude: -8.57

Elevation: 82

Time Zone: 0

Download weather files at [www.energyplus.gov](http://www.energyplus.gov)

**Measure Tags (Optional):**

ASHRAE Climate Zone: 3B

CEC Climate Zone:

**Design Days** Import From DDY

Select Year by:

Calendar Year 2000

First Day of Year Sunday

Daylight Savings Time:  off

**Starts**

Define by Day of The Week And Month First Sunday January

Define by Date 01-01-2000

**Ends**

Define by Day of The Week And Month First Sunday January

Define by Date 01-01-2000

**Design Days**

Date Temperature Humidity Pressure Wind Precipitation Solar Custom

Design Day Name	All	Day Of Month	Month	Day Type	Daylight Saving Time Indicator
		Apply to Selected	Apply to Selected	Apply to Selected	
PORTO Ann Clg -4% Conds DB=>MWB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
PORTO Ann Clg -4% Conds DP=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
PORTO Ann Clg -4% Conds Enth=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>
PORTO Ann Clg -4% Conds WB=>MDB	<input type="checkbox"/>	21	8	SummerDesignDay	<input type="checkbox"/>

Figura 82 – Definição dos ficheiros *Design Conditions Design Day Data* e *EnergyPlus Weather Data File*

### 3.2.3 Geometria do Modelo

Na definição das áreas de cada espaço do modelo foram consideradas as linhas exteriores das paredes exteriores e as linhas centrais das paredes interiores, (figuras 83, 84, 85 e 86).

É importante referir que o *EnergyPlus* não atribui espessura aos elementos da envolvente exterior e interior. As diferentes soluções construtivas são representadas por planos, em que a espessura atribuída aos materiais que os constituem, serve apenas para o cálculo do seu coeficiente de transmissão térmica.

Com o intuito de criar um modelo de estudo computacional, houve necessidade de simplificar alguns contornos complexos que, não acrescentam riqueza à simulação.

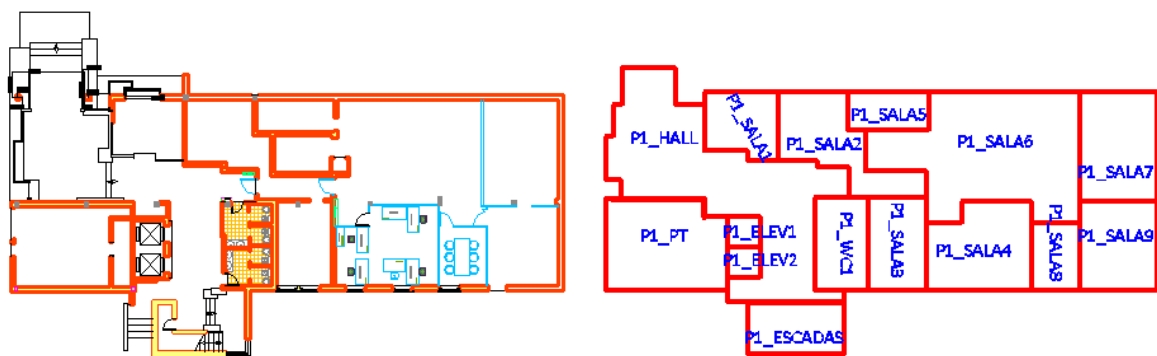


Figura 83 – Definição das áreas do modelo – Piso 1

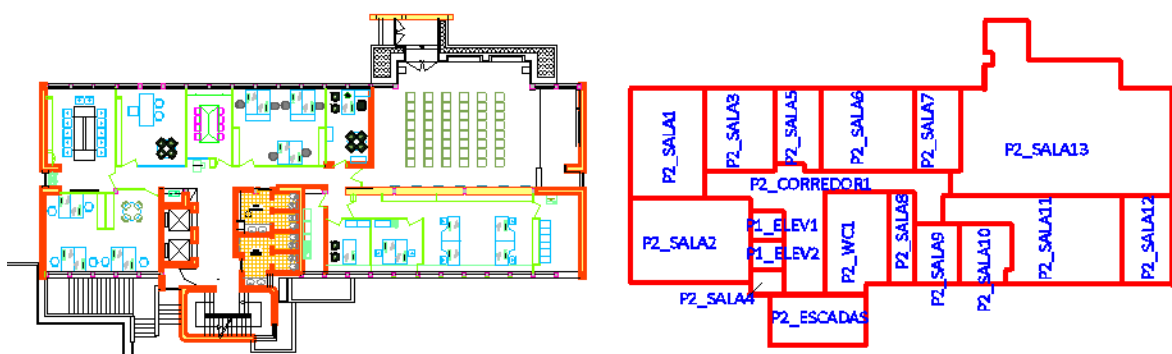


Figura 84 – Definição das áreas do modelo – Piso 2

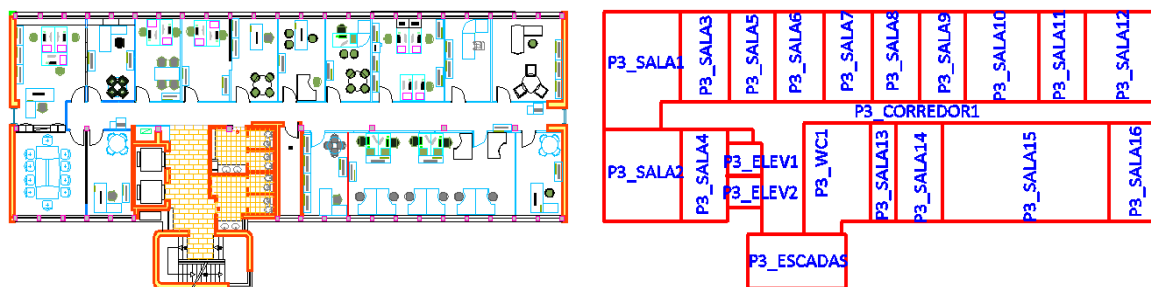


Figura 85 – Definição das áreas do modelo – Piso 3

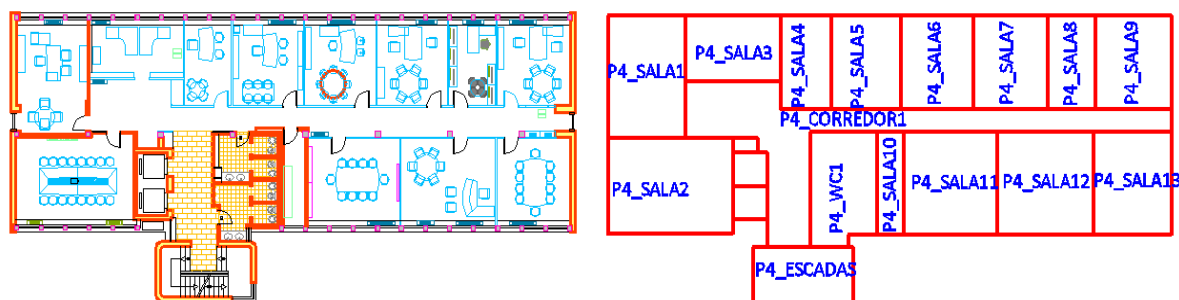


Figura 86 – Definição das áreas do modelo – Piso 4

Para contabilizar o efeito deste ajuste no valor total da área útil do edifício, calculou-se a percentagem de erro associada (ver Tabela 40). Contabilizando as considerações acima descritas, o modelo tem uma área útil 1489,0 m<sup>2</sup>, enquanto a área de projeto de arquitetura tem 1314,7 m<sup>2</sup>, obtendo-se um erro de 13,2%. No entanto, considerou-se que um erro de 13,2% não é desprezível, mas que se aceita, pois trata-se um edifício de grandes dimensões e, ao simplificar acarreta sempre algum erro.

Tabela 40 – Erro associado à área do modelo

Área Projeto de Arquitetura Original [m <sup>2</sup> ]	Área do Modelo [m <sup>2</sup> ]	Erro (%)
1314,7	1489,0	13,2

Para a construção dos blocos 3D, procedeu-se à extrusão das áreas úteis, em que a altura do bloco é definida de acordo com a figura 87. Esta não é afetada pela espessura da parede ou do chão. Um bloco pode ser aglomerado a outros blocos, dividido por partições internas que dão origem a zonas e, ainda, copiado, movido ou modificado, permitindo uma rápida construção do modelo geométrico.

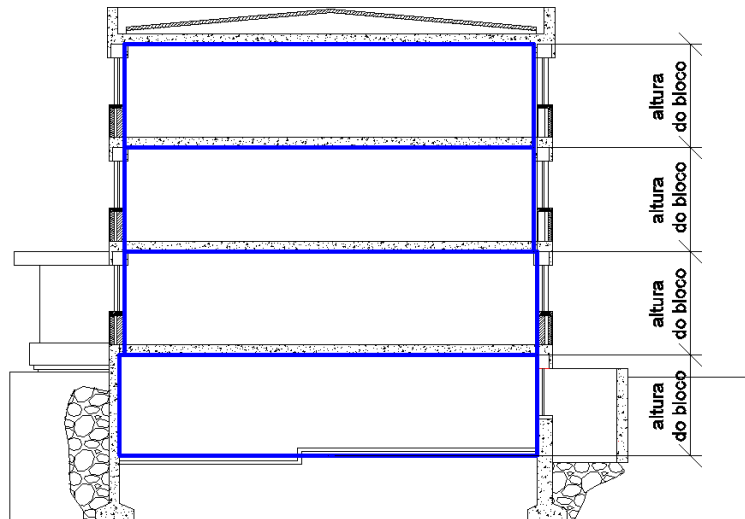


Figura 87 – Definição da altura de cada espaço

Na Figura 88 são representadas duas vistas 3D da geometria exterior do edifício, em que as superfícies exteriores e interiores podem ter códigos de diferentes cores. O *OpenStudio* permitiu definir um código de cores para as superfícies interiores e exteriores do edifício. A nível de superfícies exteriores optou-se pela cor:

- Amarela, que indica que as superfícies exteriores estão sujeitas à ação solar e do vento;
- Castanho, que indica vãos de porta;
- Azul claro, que indica vãos de envidraçados;
- Roxo, que indica superfície de sombreamento (sem propriedades térmicas).

A nível de superfícies interiores optou-se pela cor:

- Amarelo claro que indica que a superfície está em contacto com o solo;
- Verde que indica que se trata de uma parede de interior;

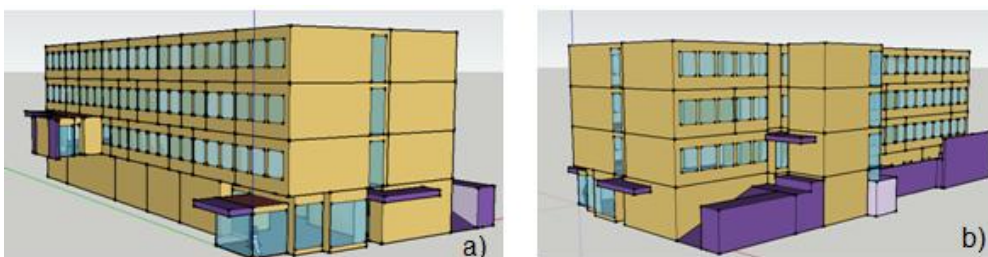


Figura 88 – Modelo 3D: a) vista nordeste; b) vista noroeste

### 3.2.4 Dados de entrada no modelo dinâmica

#### ➤ Definição de zonas térmicas

Uma zona térmica não constitui necessariamente um compartimento individualizado, um gabinete ou uma sala de reuniões, mas sim um espaço, ou um conjunto de espaços, sujeito a condições de controlo térmico semelhante. Foram consideradas zonas térmicas correspondentes aos compartimentos interiores do edifício para os vários pisos (ver Figura 89).

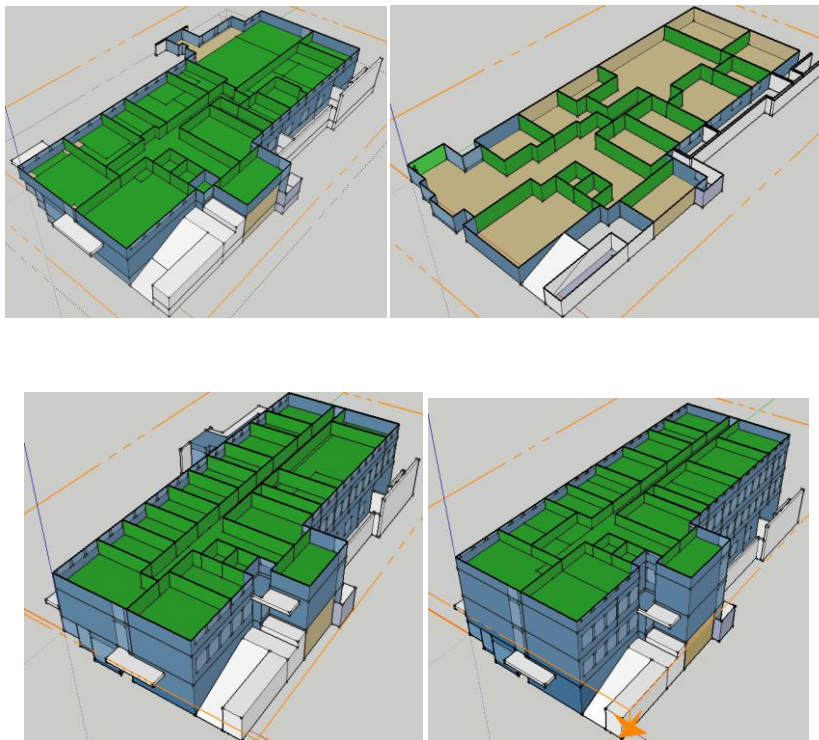


Figura 89 – Divisão das zonas térmicas do edifício

#### ➤ Definição das soluções construtivas da envolvente opaca

Tendo em conta o que foi dito anteriormente acerca das soluções construtivas, referido nos pontos 3.1.4, foram definidas no *Openstudio* as propriedades térmicas dos materiais constituintes da envolvente opaca e não opaca, assim como, as soluções construtivas. Na figura 90, é possível visualizar um exemplo de definição de um material constituinte e de uma solução construtiva para a envolvente exterior, respetivamente.

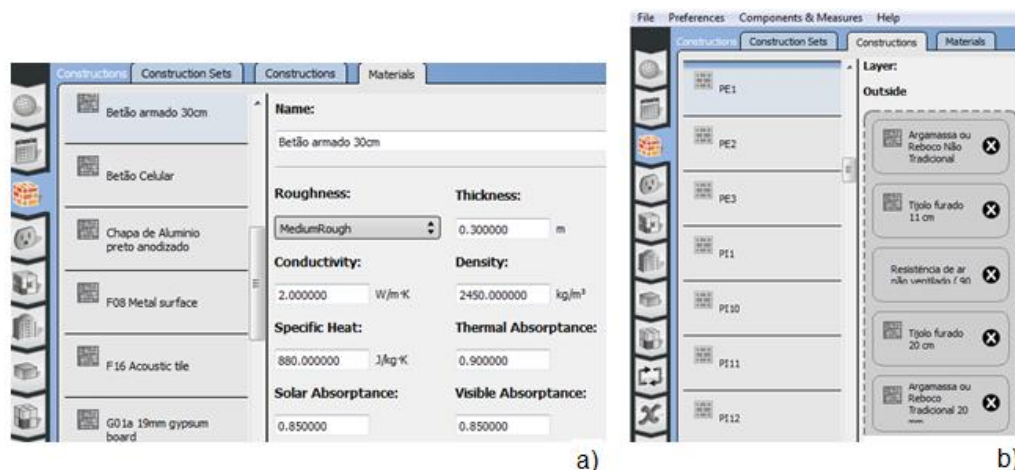


Figura 90 – a) Exemplo da definição das propriedades térmicas do betão armado; b) Exemplo da definição de uma solução construtiva – PE1

Após a definição de todas as soluções construtivas, procedeu-se à sua aplicação em todas as superfícies da envolvente opaca do modelo em estudo, como se pode observar a figura 91.

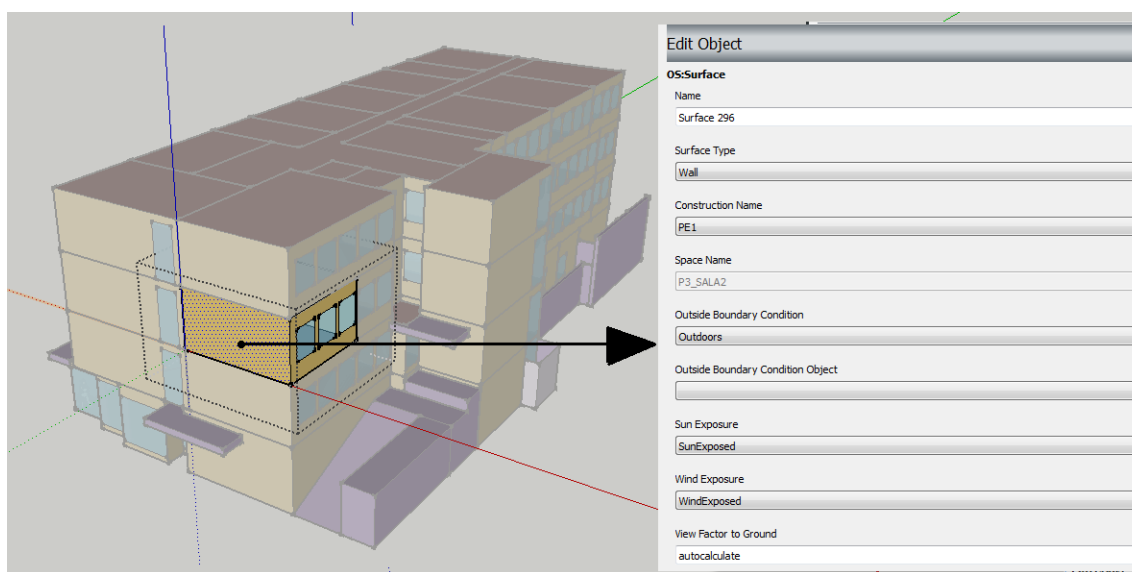


Figura 91 – Exemplo da aplicação da respetiva solução construtiva

### ➤ Envolvente não opaca

Para o caso da definição dos materiais constituintes da envolvente não opaca no interface *Openstudio*, é necessário determinar para cada caso, os parâmetros relativos às propriedades ópticas dos vãos envidraçados (figura 92), nomeadamente a

transmitância solar, transmitância à radiação solar no espectro visível, refletância à radiação solar e luz visível, obtidos a partir do programa *Window 7*.

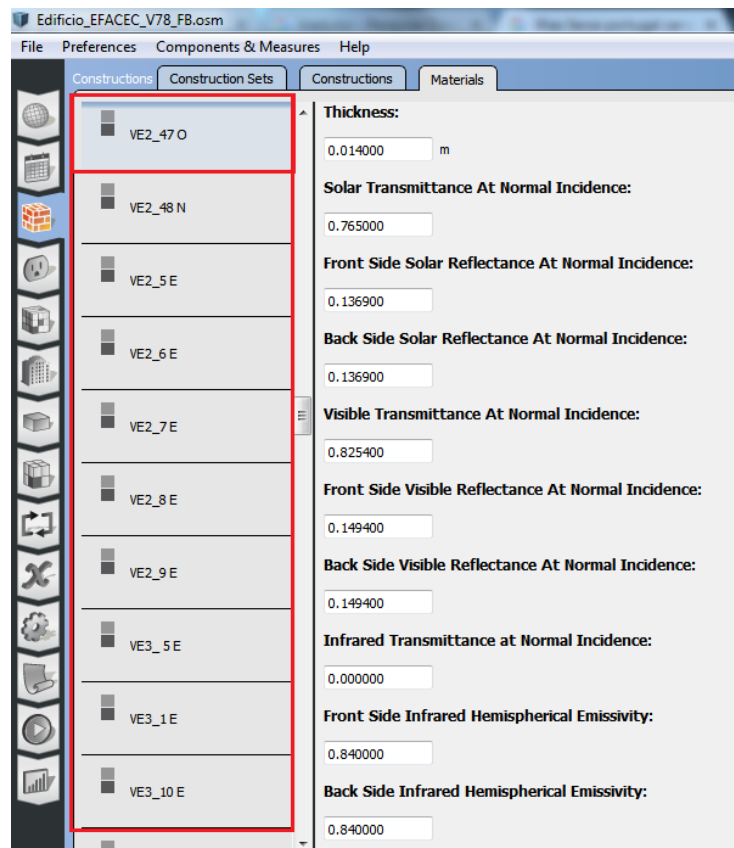


Figura 92 – Exemplo da definição das propriedades ópticas de um vão envidraçado no *Openstudio*

Foram atribuídos a todos os vãos envidraçados do modelo a respetiva solução construtiva não opaca, conforme o representado na figura 93.

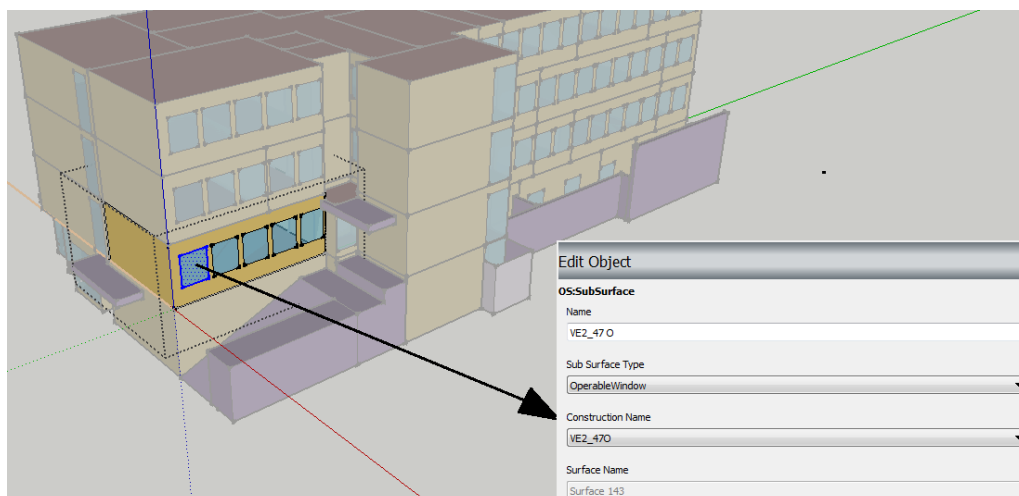


Figura 93 – Exemplo da aplicação da respetiva solução de vão envidraçado

➤ Iluminação

Para cada espaço é necessário saber quais são as luminárias instaladas e respetiva potência total existente. A iluminação, quanto ao tipo de montagem, pode ser de vários tipos, como se pode verificar na figura 94. Para o presente caso de estudo, verifica-se que as luminárias, quanto ao tipo de montagem podem ser: montagem à superfície (figura 95), montagem do tipo encastrado (figura 96) e montagem em suspensão (figura 97).

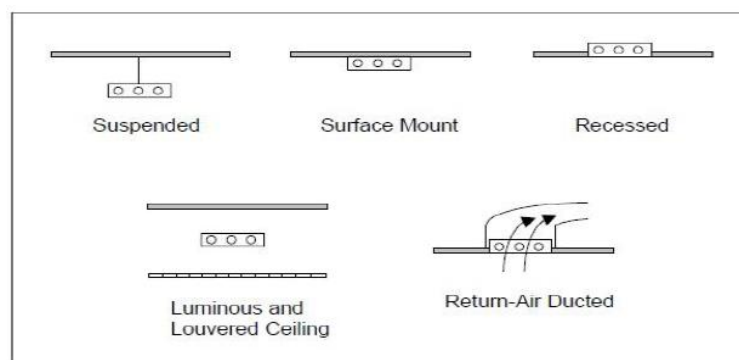


Figura 94 – Tipos de montagem de iluminação [22]



Figura 95 – Exemplos de Montagem de iluminação à superfície



Figura 96 – Exemplos de Montagem de iluminação do tipo encastrado

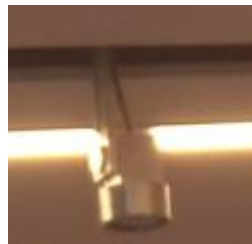


Figura 97 – Exemplos de Montagem de iluminação do tipo suspenso

Para a caracterização da iluminação no *Openstudio* é preciso conhecer o valor dos seguintes parâmetros: *fraction radiant* e *fraction visible* (figura 98).

*Fraction radiant* é a fração de calor emitido pela iluminação que entra na zona como uma onda de radiação. *Fraction visible* trata-se da fração de calor emitido pela iluminação que, entra na zona como uma onda de radiação visível. Os valores que se apresentam nas seguintes figuras, foram retirados do manual de ajuda do programa de simulação (*Input/Output Reference*).

Analisando a tabela, podemos obter os valores da fração radiante e visível do tipo de montagem à superfície que são 0,72 e 0,18 respetivamente. No caso de o tipo de montagem ser encastrado, os valores da fração radiante e visível são 0,37 e 0,18 respetivamente. No caso, do tipo de montagem ser em suspensão os valores da fração radiante e visível são 0,42 e 0,18 respetivamente.

Field Name	Luminaire Configuration, Fluorescent Lighting				
	Suspended	Surface mount	Recessed	Luminous and louvered ceiling	Return-air ducted
Return Fraction Air	0.0	0.0	0.0	0.0	0.54
Fraction Radiant	0.42	0.72	0.37	0.37	0.18
Fraction Visible	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
$f_{convected}$	0.40	0.10	0.45	0.45	0.10

Figura 98 – Características do tipo iluminação [23]

Na definição das lâmpadas fluorescentes com balastros (figura 99), teve-se em conta a informação fornecida do *website* da ADENE [22], ou seja, os valores para o conjunto “lâmpada + balastro” de:

1. Balastros Electromagnéticos (também conhecidos por Ferromagnéticos ou Convencionais): **+ 30%** que a potência da lâmpada;
2. Balastros Eletrónicos: **10%** que a potência da lâmpada.

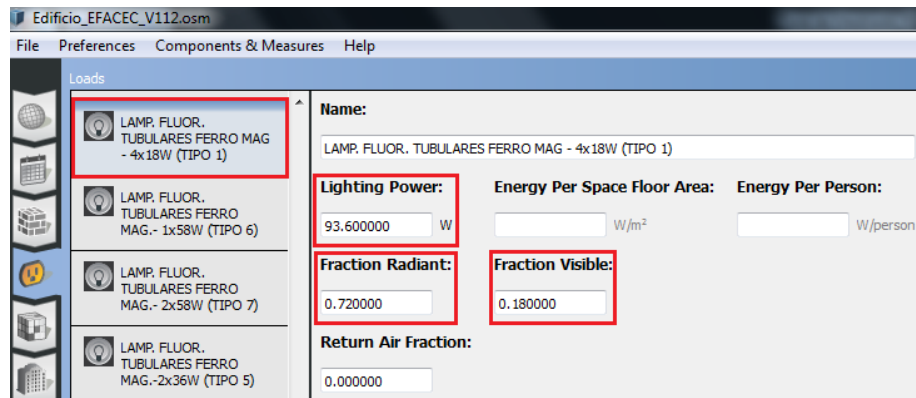


Figura 99 – Exemplo de definição de iluminaria com lâmpadas fluorescentes com balastro ferro - magnético

### ➤ Ocupação

Nesta secção foi introduzida informação relativa ao número de ocupantes (ver figura 100) assim como contabilizados os ganhos térmicos por ocupação do espaço. Foi assim definido:

- ✓ Número de ocupantes: depende do espaço
- ✓ Fração radiante: 0.3
- ✓ Taxa de geração de Dióxido de Carbono: 0.000038 L/sW

Estes valores assumidos foram baseados no *EnergyPlus Input Output Reference*.

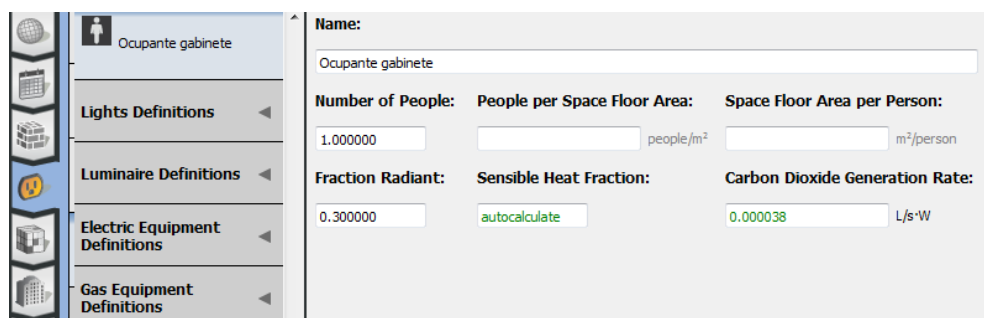


Figura 100 – Exemplo de definição da carga térmica devido a ocupação

Por outro lado, foi definido no *Openstudio* o calor total libertado (sensível + latente) por cada ocupante, para o meio ambiente que o rodeia, tendo em conta a sua atividade física. Como já foi dito anteriormente, para este caso de estudo a atividade é trabalho de gabinete, sendo o seu respetivo valor de 115 W/pessoa. A figura 101 ilustra a definição da atividade física no *Openstudio*, relativa a cada ocupante.

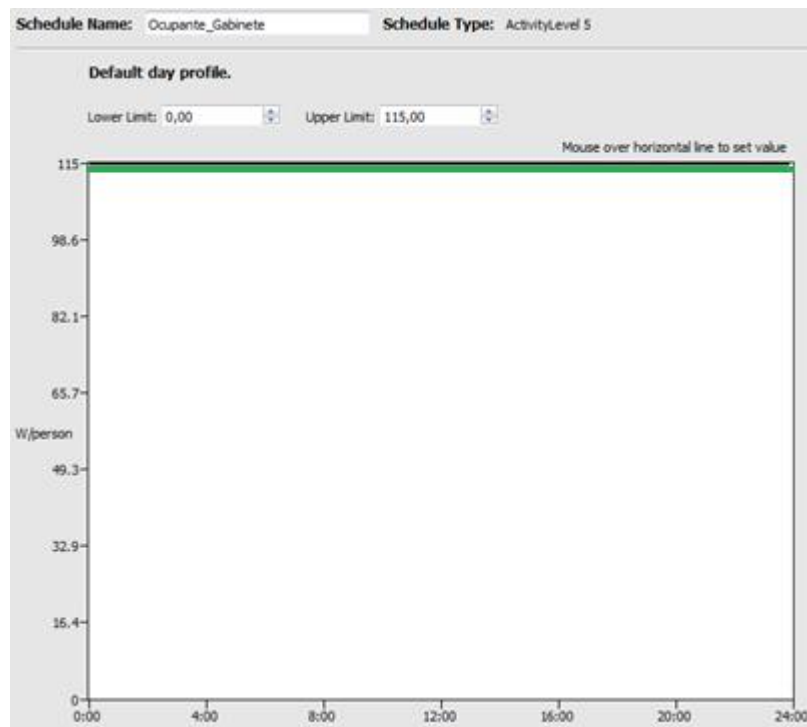


Figura 101 – Exemplo de definição da atividade física de cada ocupante

### ➤ Equipamentos Elétricos

Tendo em conta o que foi abordado no ponto 3.1.7, foram definidos no *Openstudio* todos os consumos devidos aos equipamentos elétricos, cujos valores da potência de consumo médio foram introduzidos de acordo com a tabela (ver capítulo anterior). Grande parte do equipamento elétrico utilizado neste projeto é equipamento informático pelo que segundo o manual *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, foi considerada uma fração radiante de valor 0,4. A figura 102 ilustra um exemplo da definição de um equipamento elétrico (computador pessoal).

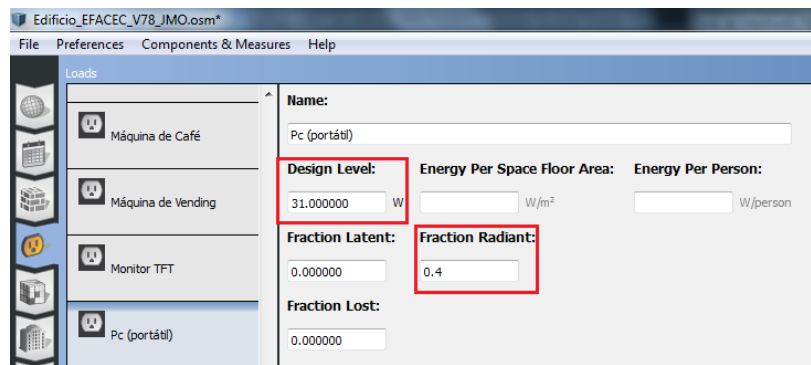


Figura 102 – Exemplo da definição do equipamento elétrico

### ➤ Sistemas AVAC

O sistema AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) permite climatizar o edifício e manter a temperatura interior do edifício dentro dos limites de conforto térmico. Para este caso de estudo, foram utilizados alguns *templates* do módulo “HVAC Systems” do *Openstudio*. Tendo em contas as características dos equipamentos de climatização, definidas no ponto 3.1.6, estas foram utilizadas para definição dos mesmos no *Openstudio*.

Depois de definidos os sistemas AVAC, é necessário adicionar a zona térmica onde estes vão funcionar.

De seguida será explicado o procedimento para a criação de cada um dos sistemas de climatização no *Openstudio*, presentes no edifício, nomeadamente:

#### ✓ VRV

Foram criados os sistemas de VRV presentes no edifício, sendo as suas zonas térmicas os gabinetes do piso 2, piso 3 e a sala do concelho. Na figura 103, é possível visualizar a título de exemplo, a definição de um VRV, sendo necessário criar uma unidade exterior com várias unidades interiores, em que cada uma está associada a uma zona térmica.

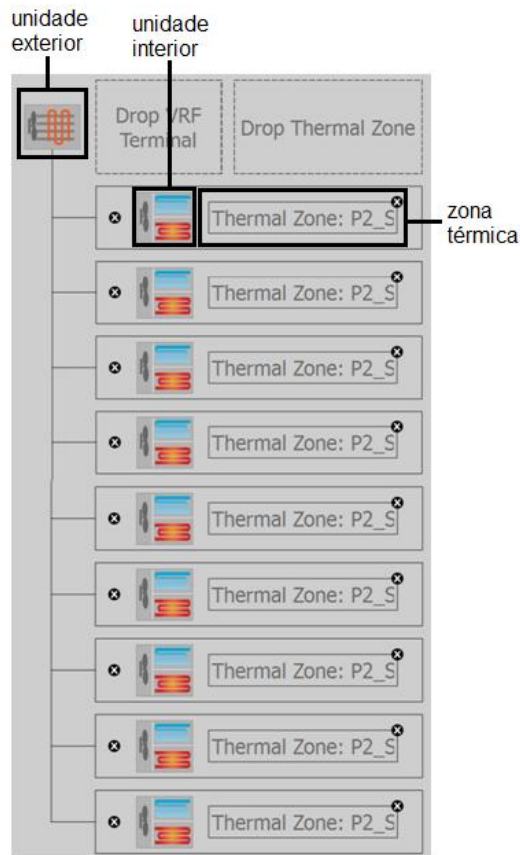


Figura 103 – Exemplo da definição de um VRV

No caso da figura 104, esta representa a definição de alguns parâmetros essenciais, tais como a potência de arrefecimento e aquecimento, COP, horários e temperaturas de funcionamento, de uma unidade exterior “PUHY/P400YGN-A” de um VRV relativamente ao modo arrefecimento e aquecimento.

<p>Availability Schedule Disponibilidade_Inverno_Verão</p> <p>Rated Total Cooling Capacity <input checked="" type="radio"/> Hard Sized 45000 W <input type="radio"/> Autosized Autosize</p> <p>Rated Cooling COP 3.43</p> <p>Minimum Outdoor Temperature in Cooling Mode -5 C</p> <p>Maximum Outdoor Temperature in Cooling Mode 43 C</p>	<p>Rated Total Heating Capacity <input checked="" type="radio"/> Hard Sized 43000 W <input type="radio"/> Autosized Autosize</p> <p>Rated Total Heating Capacity Sizing Ratio 1</p> <p>Rated Heating COP 3.9</p> <p>Minimum Outdoor Temperature in Heating Mode -20 C</p> <p>Maximum Outdoor Temperature in Heating Mode 30 C</p>
a)	b)

Figura 104 – Definição das características da unidade exterior “PUHY/P400YGN-A”: a) Arrefecimento; b) Aquecimento

No caso da unidade interior “PKFY-P20VGM-E”, são definidos nas imagens da figura 105 parâmetros como: caudal do ar durante o arrefecimento e aquecimento e respetivo horário de funcionamento; eficiência do ventilador e respetivo motor; potências de arrefecimento e aquecimento.

OS:ZoneHVAC:TerminalUnit:VariableRefrigerantFlow		OS:Fan:OnOff	
Name	Unidade Interior_P2 Sala1	Name	VRF Zone Terminal Fan
Terminal Unit Availability schedule	Disponibilidade_Inverno_Verão	Availability Schedule Name	Always On Discrete 13
Terminal Unit Air Inlet Node	{3ef2fa97-8501-4e83-8237-9189331d4174}	Fan Efficiency	0.6
Terminal Unit Air Outlet Node	{401fe5eb-537d-47b9-8c5a-1a699f3c6a6b}	Pressure Rise	20 Pa
Supply Air Flow Rate During Cooling Operation	<input checked="" type="radio"/> Hard Sized 0.16 m <sup>3</sup> /s <input type="radio"/> Autosized Autosize	Maximum Flow Rate	<input type="radio"/> Hard Sized m <sup>3</sup> /s <input checked="" type="radio"/> Autosized Autosize
Supply Air Flow Rate When No Cooling is Needed	<input checked="" type="radio"/> Hard Sized 0.16 m <sup>3</sup> /s <input type="radio"/> Autosized Autosize	Motor Efficiency	0.8
		Motor In Airstream Fraction	1

a) b)

OS:Coil:Cooling:DX:VariableRefrigerantFlow		OS:Coil:Heating:DX:VariableRefrigerantFlow	
Name	VRF Zone Terminal Cooling Coil	Name	VRF Zone Terminal Heating Coil
Availability Schedule	Disponibilidade_Verão	Availability Schedule	Disponibilidade_Inverno
Rated Total Cooling Capacity	<input checked="" type="radio"/> Hard Sized 2000 W <input type="radio"/> Autosized Autosize	Rated Total Heating Capacity	<input checked="" type="radio"/> Hard Sized 2500 W <input type="radio"/> Autosized Autosize
Rated Sensible Heat Ratio	<input type="radio"/> Hard Sized <input checked="" type="radio"/> Autosized Autosize	Rated Air Flow Rate	<input type="radio"/> Hard Sized m <sup>3</sup> /s <input checked="" type="radio"/> Autosized Autosize
Rated Air Flow Rate	<input type="radio"/> Hard Sized m <sup>3</sup> /s <input checked="" type="radio"/> Autosized Autosize		

c) d)

Figura 105 – Definição das características da unidade interior “PKFY-P20VGM-E”: a) Caudais de ar; b) ventilador; c) arrefecimento; d) aquecimento

No *Openstudio* foi necessário definir para cada um dos tipos de equipamento, os horários de funcionamento dos mesmos.

No caso dos equipamentos de climatização, VRV e “Multi-Split” foi preciso estabelecer os períodos do ano em que estes funcionam, em modo aquecimento e arrefecimento, assim como, definir um horário e temperaturas a partir das quais os equipamentos entram em funcionamento, simulando o efeito de termostato. Assim os períodos compreendidos entre 1 de Janeiro a 30 de Abril e, 1 de Outubro a 31 de Dezembro, os equipamentos estão em modo de aquecimento entre as 8:00 e 17:00 horas à temperatura de 20 °C em modo aquecimento. Nos restantes horários provavelmente estarão desligados a não ser que a temperatura baixe dos 9 °C (ver figura 106).

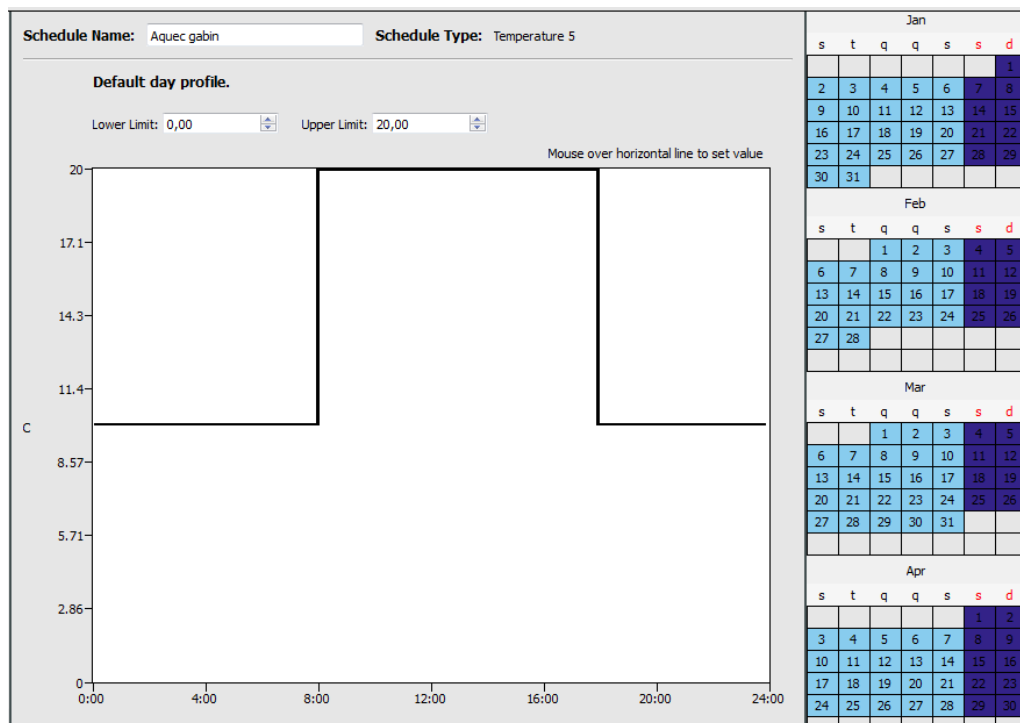


Figura 106 – Temperatura de aquecimento durante a semana

Ao fim de semana o sistema estará desligado durante o ano inteiro.

Por outro lado, definiu-se que o VRV funciona em modo de arrefecimento durante os períodos compreendidos entre 1 Maio a 30 Setembro, de acordo com a imagem da figura 107. A imagem ilustra que o sistema de climatização está em funcionamento entre as 8:00 e 17:00 horas à temperatura de 22 °C em modo arrefecimento.

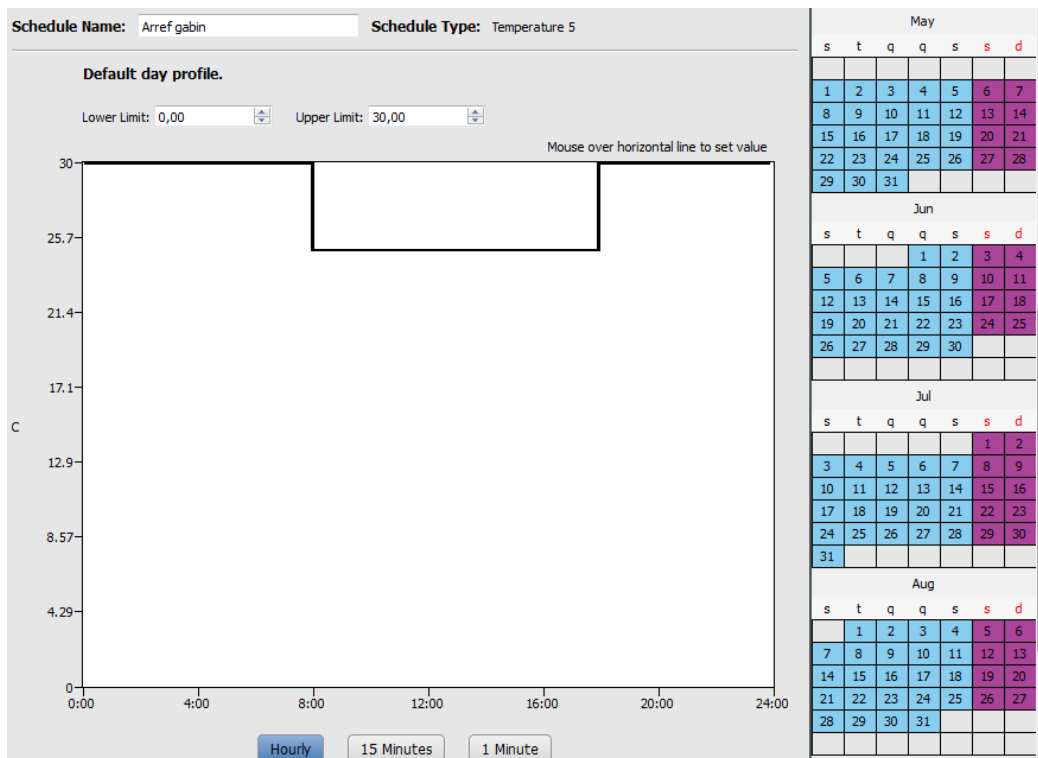


Figura 107 – Temperaturas de arrefecimento durante a semana

### ✓ Multi-Split

Existem 3 unidades *Multi-Split* no edifício que foram modeladas no *Openstudio*, cujas respetivas zonas térmicas são: os gabinetes do piso 1 e auditório. O procedimento de criação de um *Multi-Split* é semelhante ao VRV.

### ✓ Chillers/ventiloconvectores

O ar ambiente do *datacenter* e os gabinetes do piso 3 é arrefecido por intermédio de unidades “in row” e ventiloconvectores, em que estes equipamentos recebem água fria produzida por *chillers* de condensação de ar. A temperatura da água no *chiller* varia entre 7 e os 12 °C.

Foi necessário no *Openstudio* definir um horário e temperaturas de funcionamento para cada um dos *chillers*. No caso dos *chillers* que produzem água fria

para as unidades “in row” localizadas no *datacenter* estes operam o ano inteiro quando a temperatura está acima dos 7 °C (ver figura 108) e garantem que este local está à temperatura de 25 °C (ver figura 109).

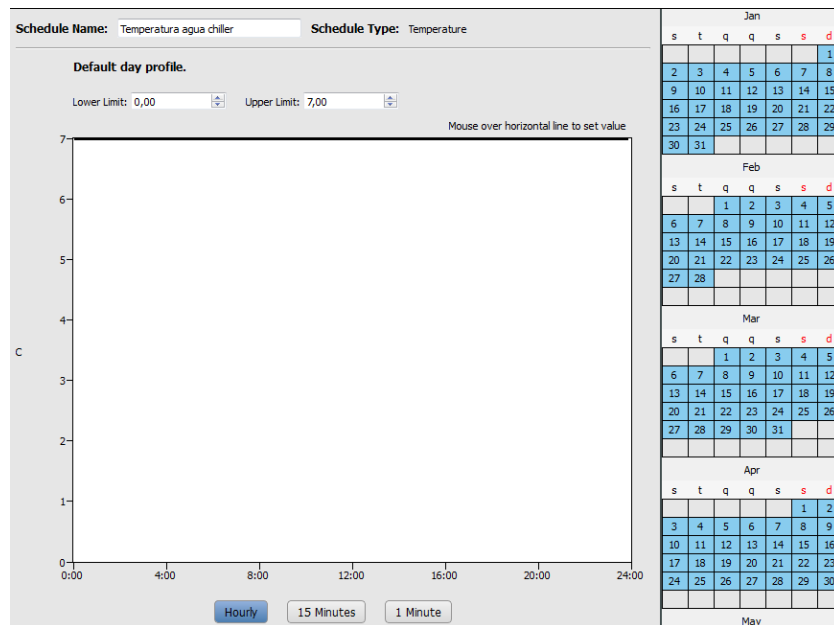


Figura 108 – Temperatura de funcionamento chiller

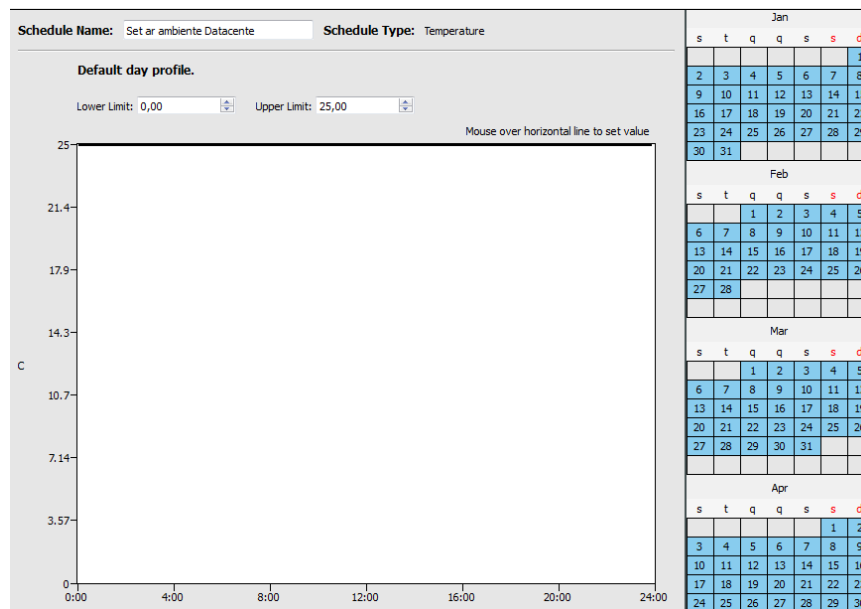


Figura 109 – Temperaturas ar ambiente *datacenter*

A figura 110 exemplifica a definição de um *chiller* no *Openstudio* e, alguns dos parâmetros necessários para a sua caracterização, nomeadamente: a potência de

arrefecimento, COP, temperatura de referência de água arrefecida e temperatura de referência do fluido à entrada do condensador.

OS:Chiller:Electric:EIR	
Name	YLCA-40_Datacenter
Reference Capacity	<input checked="" type="radio"/> Hard Sized 39600 W <input type="radio"/> Autosized Autosize
Reference COP	3
Reference Leaving Chilled Water Temperature	7 C
Reference Entering Condenser Fluid Temperature	30 C

Figura 110 – Definição do Chiller

A figura 111, ilustra o circuito de água fria para o arrefecimento do *datacenter*, criado no *Openstudio*. Existem dois *chillers* em paralelo que, só operam em simultâneo caso haja necessidade. A bomba de circulação permite que água fria seja enviada para o ventiloinvetor. O *setpoint manager* é capaz ter acesso aos dados de qualquer nó no sistema de climatização e, usar esses valores para calcular um ponto de ajuste de temperatura. As pontes de ajustes são usados por controladores como ações de controle.

No caso da figura 112, só existe um *chiller* que gera água fria para os vários ventiloinvetores existentes nos gabinetes e salas de reuniões do piso 3.

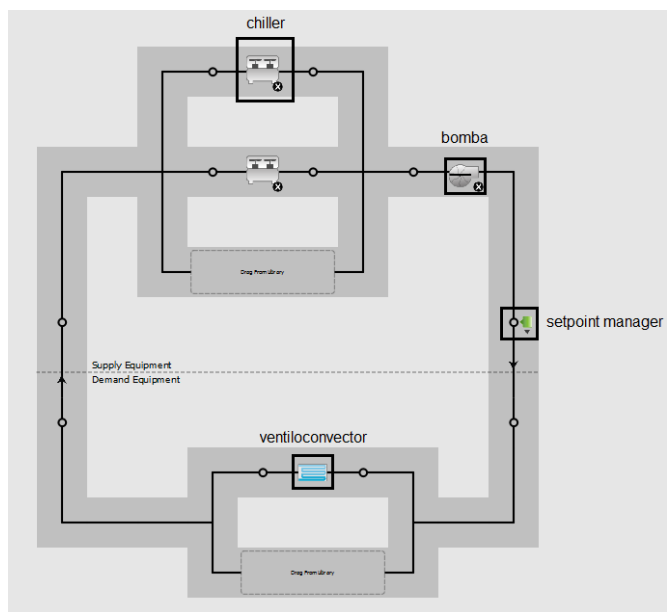


Figura 111 – Circuito água fria *Datacenter*

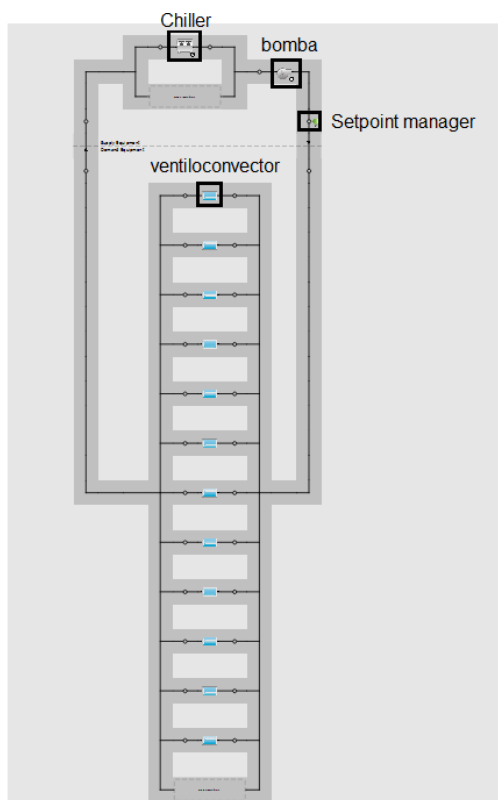


Figura 112 – Circuito água fria – Piso 3

✓ Resistências elétricas

O aquecimento dos gabinetes do piso 3 é feito por através resistências elétricas, cujo valor é de 1500 W. No *Openstudio*, estas foram associadas às respectivas zonas térmicas e um horário de funcionamento.

✓ Ventilação

Tendo em conta o que foi dito no ponto 3.1.7, foi o modelado no *Openstudio* o sistema de ventilação presente no piso 2. A figura 113 ilustra o circuito de ventilação modelado no *Openstudio*, constituído por: recuperador de fluxos cruzados, ventiladores de extração e ventilação, zona térmica associada, difusor e *setpointmanager*.

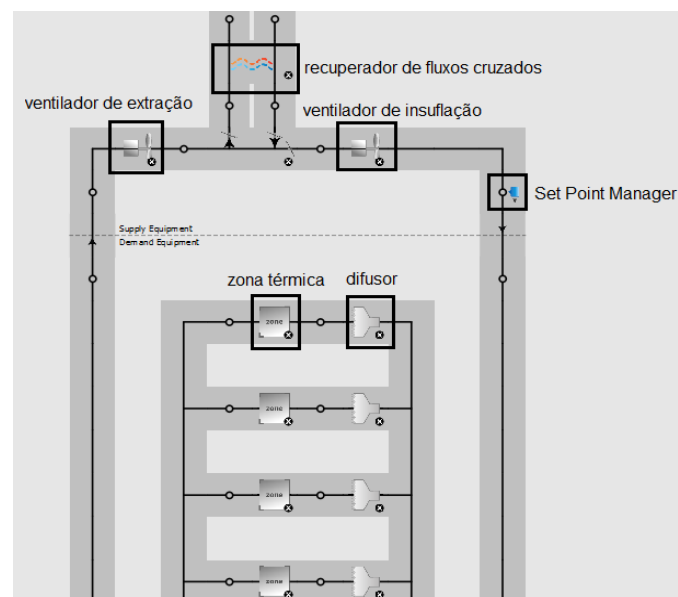


Figura 113 – Sistema de ventilação piso 2

No caso da figura 114, estão definidos os parâmetros de definição relativos ao recuperador fluxo cruzados, ventilador de extração e difusor.

The figure displays three screenshots of software configuration panels for HVAC equipment:

- a) OS:HeatExchanger:AirToAir:SensibleAndLatent:** Configuration for a cross-flow heat exchanger. Name: Recuperador Fluxos Cruzados. Nominal Supply Air Flow Rate: 0.0833 m³/s (Hard Sized). Sensible Effectiveness at 100% Heating Air Flow: 0.449. Latent Effectiveness at 100% Heating Air Flow: 0.449. Sensible Effectiveness at 75% Heating Air Flow: 0.81. Latent Effectiveness at 75% Heating Air Flow: 0.73. Sensible Effectiveness at 100% Cooling Air Flow: 0.76. Latent Effectiveness at 100% Cooling Air Flow: 0.68. Sensible Effectiveness at 75% Cooling Air Flow: 0.81. Latent Effectiveness at 75% Cooling Air Flow: 0.73. Nominal Electric Power: 1001 W.
- b) OS:Fan:ConstantVolume:** Configuration for a constant volume fan. Name: Extração. Availability Schedule Name: Disponibilidade\_Extração. Fan Efficiency: 0.7. Pressure Rise: 130 Pa. Maximum Flow Rate: 0.0833 m³/s (Hard Sized). Motor Efficiency: 0.9. Motor In Airstream Fraction: 1.0.
- c) OS:AirTerminal:SingleDuct:Uncontrolled:** Configuration for a single duct uncontrolled air terminal. Name: Diffuser P2\_Sala 1. Maximum Air Flow Rate: 0.007374 m³/s (Hard Sized).

Figura 114 – Definição das características Equipamentos: a) Recuperador Fluxos Cruzados; b) ventilador de extração; c) Difusor



# RESULTADOS



## 4 RESULTADOS

O consumo anual energético de eletricidade relativo ao ano 2016 foi de 424 MWh. Na tabela 41 é possível visualizar o consumo mensal e anual do ano referido.

Tabela 41 – Consumos Reais do Edifício

Consumo energético (MWh)	
Janeiro	44,7
Fevereiro	33,8
Março	38,9
Abril	33,7
Maio	33,7
Junho	32,8
Julho	36,5
Agosto	31,5
Setembro	32,9
Outubro	30,3
Novembro	34,8
Dezembro	40,5
<b>Total</b>	<b>424,3</b>

Com o intuito de validar o modelo de simulação, foi necessário calibrá-lo, de modo que o consumo anual obtido pela simulação dinâmica fosse o mais próximo do valor real (424,3 MWh). Para tal, houve necessidade de reajustar os horários de funcionamento dos equipamentos de climatização, elétricos e iluminação, presentes na simulação, (tabela 38). Posto isto, o consumo anual de energia obtido através da simulação foi de 424,6 MWh.

A tabela 42 apresenta os consumos de energia elétrica do edifício por tipo de utilidade.

Tabela 42 – Consumos de energia do Edifício

	Consumo total (MWh)
Aquecimento	4,3
Arrefecimento	115,3
Iluminação Interior	43,7
Iluminação Exterior	16,1
Equipamento Interior	46,5
<i>Datacenter</i>	<b>157,7</b>
Ventiladores	25,0
Bombas	12,0
AQS	2,0
Elevadores	1,8
Total	<b>424,6</b>

Analisando o gráfico da figura 115, pode concluir-se que os principais consumidores de energia elétrica do edifício são os equipamentos do *datacenter* (37,1%). No que diz respeito à climatização, esta representa 28,2% do consumo total, sendo este resultado uma soma de energia consumida para o aquecimento do ambiente (1,0%) e o arrefecimento do ambiente (27,2%). A iluminação representa 14,1% do consumo global, sendo o consumo da iluminação interior e exterior 10,3% e 3,8%, respetivamente. No caso da ventilação, esta contribui 5,9% para o consumo total do edifício, enquanto as bombas 2,8%. Os consumos das AQS e assim como dos elevadores são inferiores a 1% do consumo total.

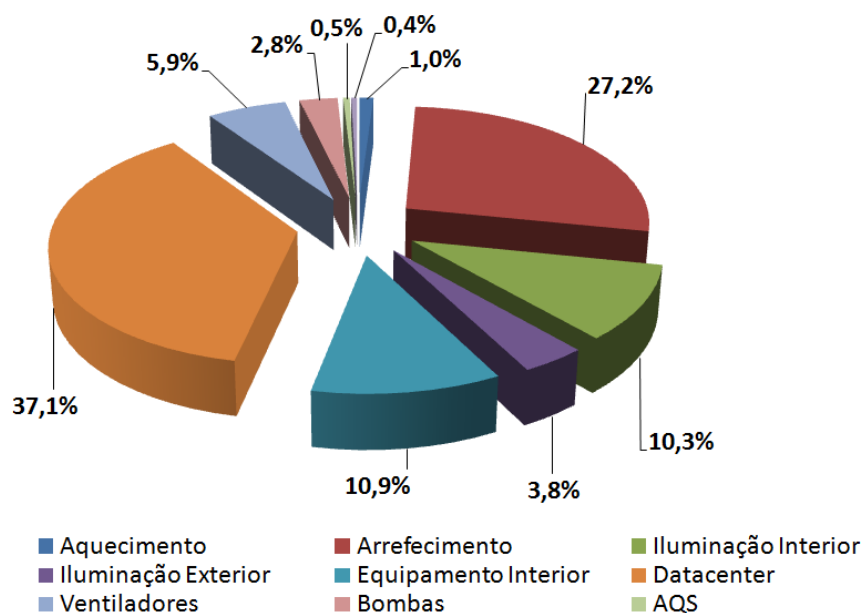


Figura 115 – Consumo total de Energia

#### 4.1 Medidas de melhoria de eficiência energética

Foram estudadas melhorias que promovam a eficiência energética. Para tal é necessário tomar medidas que:

- Reduzam de consumos de energia para o aquecimento, arrefecimento e iluminação do edifício;

- Utilizem energias de fontes renováveis e que permitam investimentos rentáveis. As melhorias propostas são descritas de seguida:

##### 1. Introdução de isolamento térmico nas paredes da envolvente exterior (M1)

O isolamento térmico dificulta a dissipação de calor e permite manter a temperatura ambiente, dispensando a utilização de ar condicionado ou aquecedor. As paredes e a cobertura da envolvente exterior permitem a transferência de energia para o exterior do edifício, dependendo das características térmicas dos materiais constituintes. Trata-se de um edifício antigo, em que os valores dos coeficientes de transmissão térmica são mais elevados do que os valores atuais de referência. Posto isto, a introdução do isolamento térmico das paredes permite reduzir coeficiente de transferência de calor e, conseqüentemente, as transferências de calor com o exterior.

Para este edifício, propõe-se a solução com isolamento de parede exterior EPS, (poliestireno expandido). Este material é uma espuma rígida e resistente, que pode ser usada numa ampla gama de aplicações, devido ao seu baixo peso. Neste caso, usou-se “isopor GENDERKA EPS 100”, que possui características apresentadas na tabela 43:

Tabela 43- Características do material de isolamento, EPS

$\lambda$ (W/m.°C)	0,037
Densidade, kg/m <sup>3</sup>	16
Resistência à compressão, kPa	100
Condutibilidade Térmica, W/m.°C	0,037

Consultando a tabela 44, os valores do coeficiente de transmissão térmica superficial de referência para a zona climática I1 são de 0,70 e 0,50, para elementos opacos verticais exteriores e opacos horizontais exteriores respetivamente.

Determinou-se o valor de espessura de EPS a introduzir nas paredes da envolvente exterior “PE1”, “PE2”, “PE3”, assim como na cobertura “COB1”, de modo que o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial cumpra com os valores de referência definidos na legislação. As tabelas 45, 46, 47 e 48 representam as características de cada elemento constituinte, assim como, o valor respetivo U de cada solução construtiva.

Tabela 44 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para edifícios de comércio e serviços (Portaria n.º 349-D/2013)

	Zona Climática		
	Portugal Continental		
Zona corrente da envolvente	I1	I2	I3
Elementos opacos verticais exteriores ou interiores	0,70	0,60	0,50
Elementos opacos horizontais exteriores ou interiores	0,50	0,45	0,40
Vãos envidraçados exteriores (portas e janelas)	4,30	3,30	3,30

Tabela 45 – Características da cobertura da envolvente exterior com isolamento – PE1

Parede da envolvente exterior- PE1	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial exterior	-	-	0,04	<b>0,44</b>
	Argamassa e reboco não tradicional	0,020	0,8	0,025	
	<b>EPS- Poliestireno expandido e moldado</b>	<b>0,040</b>	<b>0,037</b>	<b>1,081</b>	
	Tijolo furado	0,110	0,407	0,270	
	Resistência de ar não ventilado	0,090	0,5	0,18	
	Tijolo furado	0,200	0,385	0,520	
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,115	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				2,261	

Tabela 46 – Características da cobertura da envolvente exterior com isolamento– PE2

Parede da envolvente exterior- PE2	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial exterior	-	-	0,040	<b>0,70</b>
	Argamassa e reboco não tradicional	0,020	0,8	0,025	
	<b>EPS- Poliestireno expandido e moldado</b>	<b>0,040</b>	<b>0,037</b>	<b>1,081</b>	
	Betão armado	0,300	2,000	0,150	
	Argamassa tradicional	0,01	1,3	0,008	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
	Resistência térmica total				

Tabela 47 – Características da cobertura da envolvente exterior com isolamento – PE3

Parede da envolvente exterior- PE3	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial exterior	-	-	0,04	<b>0,44</b>
	Argamassa e reboco não tradicional	0,020	0,8	0,025	
	<b>EPS- Poliestireno expandido e moldado</b>	<b>0,040</b>	<b>0,037</b>	<b>1,081</b>	
	Tijolo furado	0,110	0,407	0,270	
	Resistência de ar não ventilado	0,090	0,5	0,18	
	Tijolo furado	0,200	0,385	0,520	
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,115	
	Placa de aglomerado	0,010	1,400	0,007	
	Resistência superficial interior	-	-	0,130	
Resistência térmica total				2,269	

Tabela 48 – Características da cobertura da envolvente exterior com isolamento– COB1

Cobertura da envolvente exterior- COB1	Constituição	e (m)	$\lambda$ (W/m.°C)	R (m <sup>2</sup> °C/W)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Resistência superficial interior	-	-	0,100	<b>0,50</b>
	Argamassa e reboco tradicional	0,020	1,300	0,015	
	Laje Betão armado	0,3	2,000	0,150	
	<b>EPS- Poliestireno expandido e moldado</b>	<b>0,040</b>	<b>0,037</b>	<b>1,081</b>	
	Betão Celular	0,1	0,270	0,370	
	Resistência superficial Local Não Aquecido	-	-	0,100	
	Resistência térmica total				

Após consultas a empresas de construção, foi considerado que o preço de colocação de isolamento nas fachadas e coberturas, é de 30 e 15 €/m<sup>2</sup>, respetivamente.

## 2. Substituição de todas as lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas *leds* (M2).

A substituição de todas as lâmpadas fluorescentes tubulares presentes no edifício por lâmpadas do tipo *led* (figura 116) permite poupança de energia, garantindo o mesmo fluxo luminoso. As características técnicas das mesmas seguem na tabela seguinte:



Figura 116 – Lâmpada Led 22 W – Philips

Tabela 49 – Características lâmpadas led Philips

Volts, V	230
Tipo	T8/G13
Potência, W	22
Luminosidade, lm	1950
Duração	30000h
Preço, €	9

## 3. Aplicação de janela dupla (figura 117) com o espaço de caixa-de-ar existente entre as duas caixilharias de 15 cm (M3), em que será introduzido um caixilho igual ao existente.



Figura 117 – Exemplo de Janela Dupla

Esta melhoria permite melhorar os requisitos da envolvente exterior, de modo a reduzir as perdas de energia para o exterior. Os vãos envidraçados que podem ter janela dupla são os que estão orientados a este e a oeste, como é possível visualizar na figura 118.



Figura 118 – Vãos envidraçado com janela Dupla: a)Fachada Este; b)Fachada Oeste

Considerou-se que os vãos envidraçados interiores e exteriores são iguais e estão separados por uma caixa-de-ar de 15 cm. Tanto os envidraçados exteriores e interiores são constituídos por: um vidro duplo de espessura 6 mm e uma caixa de 10 mm.

Foram consultadas várias empresas de construção e obteve-se o melhor preço do envidraçado de 250 €/m<sup>2</sup>.

➤ Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma janela dupla

De acordo com a norma ISO 10077-1, o cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma janela dupla pode ser feito de acordo com a seguinte expressão:

$$U_W = \frac{1}{\frac{1}{U_{Wi}} - R_{se} + R_s + \frac{1}{U_{We}} - R_{si}}$$

Em que:

$U_W$  é o coeficiente de transmissão térmica da janela dupla sem dispositivo de proteção solar / oclusão noturna na caixa-de-ar;

$U_{Wi}$  é o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado interior;

$R_s$  é a resistência térmica da caixa-de-ar;

$U_{We}$  - Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado exterior;

$R_{se}$  é a Resistência térmica superficial exterior;

$R_{si}$  é a Resistência térmica superficial interior;

Caso existam dispositivos de proteção solar/occlusão noturna, o coeficiente a considerar no cálculo da transmissão térmica deve ser o médio dia-noite ( $U_{wdn}$ ) corresponde à média dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com a proteção aberta metade do dia e fechada durante o resto do dia, em que adicionalmente se deve considerar a resistência térmica concedida por esse dispositivo  $\Delta R$ .

Considerando o contributo do sistema proteção solar / oclusão noturna de  $\Delta R=0,12 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ , o valor de  $U_n$  é dado pela seguinte expressão:

$$U_n = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + 0,12}$$

O valor de  $U_{wdn}$  é dado pela seguinte expressão:

$$U_{wdn} = \frac{U_n + U_w}{2}$$

O valor do coeficiente de transmissão térmica da janela dupla sem dispositivo de proteção solar:

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{2,982} - 0,04 + 0,18 + \frac{1}{2,982} - 0,13} = 1,46 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

O valor do coeficiente de transmissão térmica da janela dupla com contributo do sistema proteção solar:

$$U_n = \frac{1}{\frac{1}{1,46} + 0,12} = 1,24 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Finalmente, o valor de  $U_{wdn}$

$$U_{wdn} = \frac{1,46 + 1,24}{2} = 1,35 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

#### 4. Climatização dos gabinetes do piso 4 do edifício por sistemas VRV (M4).

O arrefecimento dos gabinetes piso 4 é realizado pelo sistema *chiller* e ventiloconvetor, enquanto o aquecimento é efetuado por resistências elétricas. Pretende-se substituir este sistema de climatização por VRV, de modo obter maior desempenho energético.

As características da unidade exterior e unidade interior são mencionadas nas figuras 119 e 120, respetivamente.



Figura 119 – Características da unidade exterior (PUHY/P400Y6MA)



Figura 120 – Características da unidade interior PEFY – P25VMA -E /2,8 kW

## 5. Substituição dos projetores exteriores por projetores *led* (M5).

A sugestão de melhoria consiste na substituição da iluminação exterior do edifício, atualmente constituída por lâmpadas de iodetos metálicos e vapor de sódio, por projetores *led* (ver figura 121). A quantidade de projetores que se pretende colocar no exterior do edifício é treze.



Figura 121 – Foco Projetor LED

Na tabela 50 são fornecidos os dados técnicos relativos ao projetor *led*, a introduzir no exterior do edifício.

Tabela 50- Dados técnicos sobre Foco Projetor LED “SMD Frost”

Volts, V	220-240V
Potência, W	50
Luminosidade, lm	4060
Duração	30000h
Preço, €	37,56

## 6. Aplicação de redutores de caudal nas torneiras das instalações sanitárias

Os redutores de caudal nas torneiras das casas de banho permitem baixar o consumo AQS. Segundo a fonte [23] os reguladores para torneira de “ORFESA” reduzem 80% do caudal. Na figura 122 são evidenciadas as características técnicas de vários reguladores de caudal.



	ECONOMIZADORES DE ÁGUA	PREÇO (€)	CARACTERÍSTICAS		RESULTADOS					QUALIDADE GLOBAL (%)
		Março 2013 (entre...€...)	Redução ou caudal anunciado	Caudal medido (l/min)	Rótulo	Eficiência	Estabilidade da temperatura no duche	Embalagem	Instalação	
<b>LIMITADORES PARA TORNEIRA</b>										
★	<b>HIHIPPO</b> Ecotap HP-185 (timer control)	6,95	87%	4,8	☐	☒	n.a.	☐	☒	<b>74</b>
○	<b>ORFESA</b> AQ Control Start-Stop M24- H/F22, Ref° ES-093.2.00	6,95	80%	4,8	☐	☒	n.a.	☐	☒	<b>73</b>
	<b>PLASTISAN</b> Ref° 26801	2,59	8,3l/min	6,3	☐	+	n.a.	☐	☒	<b>61</b>
	<b>TYBER</b> Prelator Monobloco Economizador, Ref° 21050301006	3,30 - 3,79	65%	8,3	-	-	n.a.	☐	☒	<b>38</b>
	<b>CORNAT</b> (CONMETALL) TECW307101	9,25 - 16,90	50%, 7l/min	9,2	☐	-	n.a.	☒	☒	<b>28</b>
	<b>ORFESA</b> AQ Control Emulsor de poupança M24, Ref° ES-100.2.00	2,05 - 2,09	50%	15	☐	●	n.a.	+	☒	<b>10</b>

Figura 122 – Caraterísticas técnicas do regulador Caudal “Orfesa”

Os consumos de AQS foram atualizados considerando a melhoria citada (ver figura 123) de modo a determinar as necessidades de AQS (ver tabela 51). Considerou-se que no fim-de-semana o consumo de AQS é nulo.

Definição de um consumo de água quente genérico

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>Consumo: segunda a sexta-feira (litros)</b>												
hora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total =	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Figura 123 – Consumo de AQS durante a semana.

As necessidades de energia para o AQS surgem na tabela seguinte:

Tabela 51- Consumo de energia devido AQS

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Consumo de energia útil,kWh	36	31	35	31	36	35	33	36	33	35	35	33	<b>409</b>

### 7. Climatização do ar ambiente do *Datacenter* através de uma UTA (M7)

Esta melhoria consiste em instalar uma unidade de tratamento de ar (figura 124), de modo a introduzir ar exterior a uma temperatura mais baixa do que a temperatura da sala, diminuindo o número horas de funcionamento do *chiller*. As características técnicas da UTA são definidas na tabela 52.



Figura 124 – Unidade de Tratamento de ar “TROX TECHNIK”

Tabela 52- Dados técnicos dada UTA

Potência frigorífica, kW	48,12
Caudal de água fria, m <sup>3</sup> /h	8,275
Caudal de ar novo, m <sup>3</sup> /s	2
Preço, €	15000

Foi modelado no *Openstudio* uma UTA para arrefecimento do espaço, de acordo com a figura 125, em que o princípio de funcionamento será o seguinte:

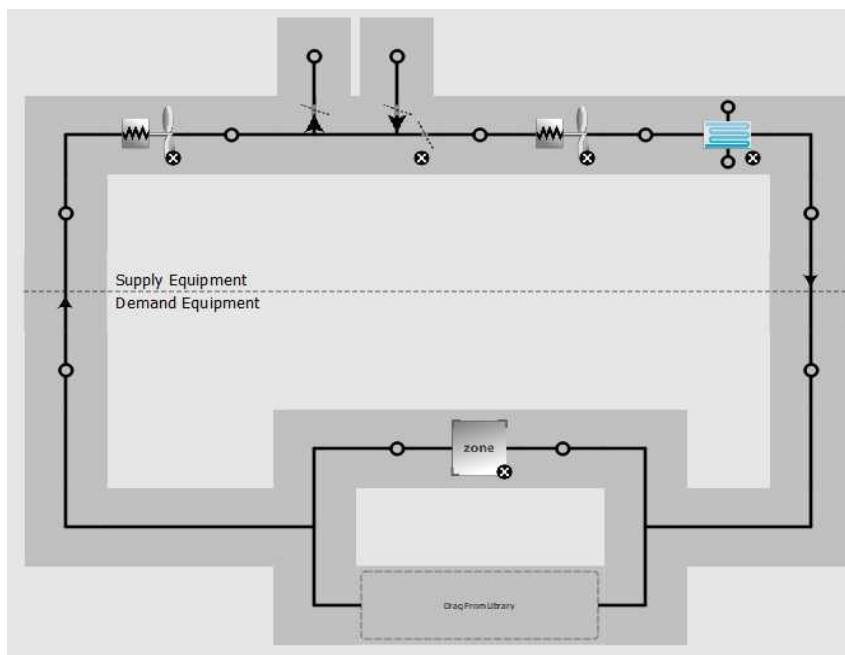


Figura 125 – Modelação de uma UTA para arrefecimento do *datacenter*

-Se a sala do *datacenter* estiver a uma temperatura inferior à temperatura definida pelo controlador *setpointmanager* (25 °C) os equipamentos (*chiller* e UTA) estarão desligados;

-Se eventualmente a sala do *datacenter* estiver a uma temperatura superior à temperatura definida pelo *setpointmanager* (25 °C) e a temperatura do ar exterior for menor do que a temperatura da sala a UTA entrará em funcionamento;

-No caso da sala do *datacenter* estiver a uma temperatura superior à temperatura definida pelo *setpointmanager* (25 °C) e a temperatura do ar exterior for maior do que a temperatura da sala, o *chiller* entrará em funcionamento de modo a produzir água fria destinada ao ventiloconvetor.

## 8. Instalação de Painéis fotovoltaicos (M8)

Tendo em conta a área disponível na cobertura do edifício, propõe-se introduzir o máximo número de painéis fotovoltaicos, sendo este 142, cuja inclinação é de 34° orientados a sul - oeste, como é possível ver na figura 126. As respetivas características técnicas são apresentadas no anexo G.

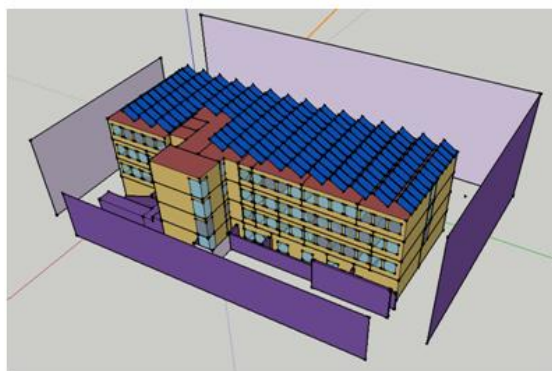


Figura 126 – Instalação de Painéis Fotovoltaicos

De modo a obter o valor de produção de energia elétrica pelos painéis fotovoltaicos, realizou-se uma simulação dinâmica de acordo com a figura 126, onde foi necessário modelar todos os painéis fotovoltaicos com as respetivas dimensões e inclinações, assim como, introduzir a sua potência máxima e o módulo de eficiência. Os valores de energia elétrica obtidos, após simulação dinâmica, são representados na figura 127. Os painéis fotovoltaicos produzem 253,920 GJ=70,5 MWh de eletricidade. Este valor representa o valor de melhoria de consumo.

Electric Loads Satisfied

	Electricity [GJ]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	253.920	16.78
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-5.08	-0.3
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	248.842	16.44
Electricity Coming From Utility	1269.193	83.87
Surplus Electricity Going To Utility	4.704	0.31
Net Electricity From Utility	1264.489	83.56
Total On-Site and Utility Electric Sources	1513.331	100.00
Total Electricity End Uses	1513.331	100.00

Figura 127 – Cargas Eléctricas Obtidas no *Openstudio*

Após consulta a várias empresas instaladoras, foi considerado o valor de 0,75 €/Wp para o investimento da instalação do sistema de produção de energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos.

#### 9. Introdução de Painéis Solares térmicos (M9)

A colocação de painéis de solares na cobertura permite a redução das necessidades de AQS. Teve-se em conta o espaço ocupado pelos painéis fotovoltaicos. Foram considerados 2 coletores do modelo “Vulcano FKT – 2W”, com orientação de 0º em azimute, com uma inclinação de 34° virado a sul. O armazenamento central num depósito com uma capacidade de 300 l. O circuito primário em circulação forçada, com recurso a uma bomba de potência de 30 W, gerando um caudal de 50 litro/m<sup>2</sup> por hora.



Figura 128 - Coletores do Modelo “Vulcano FKT-2W”

Tabela 53- Dados técnicos

Dimensões, mm	2017 x 1175 x 87
Área total, m <sup>2</sup>	2,55
Área de abertura, m <sup>2</sup>	2,43
Capacidade do depósito, l	300
Caudal nominal, l/h	50
Fator de eficiência	0,802
Coefficiente de perdas linear, W/ (m <sup>2</sup> K)	3,833
Coefficiente de perdas secundário, W/(m <sup>2</sup> K)	0,015

De acordo com o referido no ponto 3.1.8 relativamente às necessidades de AQS, através da ferramenta SCE.ER, obteve-se a energia de origem solar, gerado pelos painéis solares térmicos, conforme se pode verificar na tabela 54.

Tabela 54- Energia solar útil obtida pelos painéis

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Energia solar (útil), kWh	117	136	165	148	177	173	165	180	164	160	140	83	<b>1808</b>

#### 4.1.1 Impacto das Melhorias de Eficiência de Energética simuladas

Na tabela 55 são apresentados os resultados obtidos após simulação dinâmica, relativamente a cada uma das melhorias de eficiência energética mencionadas, nomeadamente:

1. Consumos anuais – Relativos aos consumos energéticos dos sistemas de AVAC, iluminação, equipamentos, elevadores, AQS e Pontes térmicas Lineares;
2. Consumo Energia Primária,  $C_{EP}$  – Representa o valor do consumo de energia primária, ou seja, a energia contida nos combustíveis brutos, energia solar, a energia eólica e outras formas de energia até à obtenção da energia final, como por exemplo a eletricidade. Este é calculado pela seguinte expressão:

$$C_{EP} = \sum_i (E_{s,i} \times F_{pu,i}) \quad [kWh_{EP}/ano]$$

Onde:

$E_{s,i}$  - Consumo de energia por fonte de energia  $i$  para os usos do tipo S (consumos relativos aos equipamentos cujo desempenho energético o SCE pretende regulamentar), [kWh/ano];

$F_{pu,i}$  – 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 (n.º

15793- D/2013), [kWhEP/kWh]. Para o caso em estudo, a fonte de energia final ser a eletricidade  $F_{pu,i} = 2,5kWh_{EP}/kWh$ ;

3. Emissão de CO<sub>2</sub>, relativas ao consumo de energia nos edifícios. Este é determinado pela seguinte expressão:

$$\text{Emissão}_{CO_2} = \sum_i (E_{s,i} \times F_{Cu,i}) \quad [\text{kgCO}_2/\text{ano}]$$

Onde:

$F_{cu,i}$  – O fator de conversão de energia primária para emissões de CO<sub>2</sub>. Para caso da fonte de energia ser eletricidade é  $F_{cu,i} = 0,144 \text{ [kgCO}_2/\text{kWh]}$ ;

4. Energia Poupada, traduz o ganho no consumo de energia após uma determinada melhoria de eficiência energética;
5. Investimento, representa o valor de capital financeiro aplicado para se obter uma determinada melhoria;
6. Receitas, valores (euros) gerados anualmente pela implementação de uma melhoria ao longo do período de duração da mesma;

$$\text{Receitas} = \text{Energia poupada} \times c$$

Onde:

$c$  - É o custo de energia elétrica (kWh)

O preço da energia elétrica varia conforme o horário de consumo. Observando a fatura energética do mês de Janeiro de 2018 (figura 129), podemos constatar que o consumo de eletricidade é cobrado à tarifa de super vazio, vazio normal, ponta e cheia, cujos respetivos valores são indicados na fatura.

Super Vazio (SV)	01/01/2018	31/01/2018	0,042400 €	23%
Vazio Normal (VN)	01/01/2018	31/01/2018	0,042700 €	23%
Ponta (P)	01/01/2018	31/01/2018	0,060000 €	23%
Cheia (C)	01/01/2018	31/01/2018	0,057000 €	23%
<b>Redes</b>				
Redes Super Vazio (SV)	01/01/2018	31/01/2018	0,017500 €	23%
Redes Vazio Normal (VN)	01/01/2018	31/01/2018	0,017700 €	23%
Redes Ponta (P)	01/01/2018	31/01/2018	0,033900 €	23%
Redes Cheia (C)	01/01/2018	31/01/2018	0,027900 €	23%
Potência Contratada	01/01/2018	31/01/2018	0,022400 €	31 23%
Potência Horas de Ponta	01/01/2018	31/01/2018	0,121800 €	31 23%

Figura 129 – Fatura energética

O período de horários de eletricidade (ver figura 130) é definido segundo a fonte [24].

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental	
Período de hora legal de Inverno	Período de hora legal de Verão
<b>De segunda-feira a sexta-feira</b>	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>Sábado</b>	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>Domingo</b>	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>De segunda-feira a sexta-feira</b>	
Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>Sábado</b>	
Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>Domingo</b>	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 130 – Períodos horários da eletricidade

Posto isto, determinou-se o custo da energia elétrica da seguinte forma:

$$\text{Super Vazio (4 horas)} = 0,0424 + 0,0175 = 0,0599 \text{ euros/kWh}$$

$$\text{Vazio (3 horas)} = 0,0427 + 0,0177 \text{ euros/kWh}$$

$$\text{Cheias (12 horas)} = 0,057 + 0,0279 = 0,0849 \text{ euros/kWh}$$

$$\text{Ponta (5 horas)} = 0,0600 + 0,0339 = 0,0939 \text{ euros/kWh}$$

Média ponderada do custo da energia elétrica:

$$c = \frac{0,0599 \times 4}{24} + \frac{0,0604 \times 3}{24} + \frac{0,0849 \times 12}{24} + \frac{0,0939 \times 5}{24} = 0,07955 \text{ euros/kWh}$$

7. Custos, valores anuais devido à implementação de uma melhoria ao longo do período de duração da mesma. Para este caso de estudo, considerou-se que há custos no caso de haver necessidade de substituição de equipamentos durante o período de análise económica de investimento. As melhorias propostas que acarretam custos são: a substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas pela *led* e substituição dos projetores exteriores por projetores *led*, em que estas têm uma duração de 30000 horas.

Na primeira melhoria mencionada considerou-se que as lâmpadas *led* funcionam:  $8\text{horas} \times 5\text{dias} \times 52\text{semanas} \times 20\text{anos} = 41600 \text{ horas}$ . Posto isto, será necessária substituir cada lâmpada led pelo menos uma vez durante os 20 anos.

No caso da segunda melhoria considerou-se que as lâmpadas *led* funcionam:  $14\text{horas} \times 7 \text{ dias} \times 52\text{semanas} \times 20\text{anos} = 101920 \text{ horas}$ . Será necessária substituir cada lâmpada led dos projetoes exteriores, pelo menos quatro vezes durante um período de 20 anos.

8. Payback, representa o número de anos que o investidor terá de esperar até se ressarcir de todos os investimentos efetuadas ao implementar uma melhoria. O valor deste é dado pela seguinte expressão:

$$PB = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Receitas} - \textit{Custos}} \quad [\textit{anos}]$$

9. Valor Atual Líquido (VAL), valor que uma determinada melhoria representa, numa dada altura no tempo considerando todos os parâmetros relativos ao custo temporal do dinheiro.

Onde:

Em termos de cálculo esta pode ser determinada utilizando a seguintes expressão:

$$VAL = -\textit{Investimento} + (\textit{Receitas} - \textit{Custos}) \left[ \frac{(1 + a)^n - 1}{a(1 + a)^n} \right] \quad [\textit{euros}]$$

Onde:

$a$ : Taxa de actualização do investimento, ou seja uma taxa de juro que considere as questões de inflação e custo de capital para o investimento feito. De uma outra forma, representa a remuneração mínima exigida pelo investidor. Tendo em conta a informação do banco Portugal, considerou-se um valor de 2%.

n: representa o número de anos de vida do projeto, sendo o valor assumido para o corrente estudo de 20 anos.

10. O rácio entre a energia poupada e euro investido permite ter uma perceção de quais as melhorias que permitem ter maiores ganhos nos consumos de energia para um investimento mais reduzido.

Tabela 55- Resultados obtidos

	Melhorias de Eficiência Energética (M1, M2, ..., M9)									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M1 a M9
1. Consumo anual, MWh	422,1	407,3	421,7	416,4	411,5	423,0	361,8	354,0	420,3	243,3
2. Consumo Energia Primária, MWh <sub>EP</sub>	1055,3	1018,3	1054,3	1039,6	1028,7	1057,3	904,5	885,0	1050,8	608,2
3. Emissão CO <sub>2</sub> , kgCO <sub>2</sub>	60787	58656	60728	59882	59258	60902	52103	50978	60526	35037
4. Energia Poupada, MWh	2,4	17,2	2,8	8,7	13,0	1,6	62,7	70,5	1,8	181,1
5. Investimento, €	41160	4320	25000	39917	488	111	15000	41310	2000	167306
6. Receitas, €/ano	194	1371	226	694	1038	130	4991	5619	144	14263
7. Custos, €/ano	-	216	-	-	97,6	-	-	-	-	313,7
8. PayBack, anos	212,3	3,7	110,7	57,5	0,5	0,9	3,0	7,4	13,9	12
9. VAL, €	-38744	14567	-21306	-28574	14888	2015	66612	50566	352	60779
10. Energia Poupada/euro investido	0,06	3,99	0,11	0,22	26,72	14,7	4,18	1,71	0,90	1,1

Legenda:

M<sub>1</sub> – Isolamento térmico nas paredes da envolvente exterior;

M<sub>2</sub> – Lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *led*;

M<sub>3</sub> – Janela dupla;

M<sub>4</sub> – Climatização dos gabinetes do piso 4 por sistemas VRV

M<sub>5</sub> – Projetores exteriores *led*;

M<sub>6</sub> – Redutores de caudal nas torneiras das instalações sanitárias;

M<sub>7</sub> – Climatização do *datacenter* através de um UTA

M<sub>8</sub> – Painéis Fotovoltaicos

M<sub>9</sub> – Painéis Solares Térmicos

Tendo como base os dados da tabela 55, elaborou-se o gráfico da figura 131 que, reflete os consumos energéticos anuais para cada uma das melhorias propostas. Quanto menor o consumo, maior o impacto da medida na sua redução, sendo que, no gráfico as medidas apresentam-se por ordem crescente desse mesmo impacto.

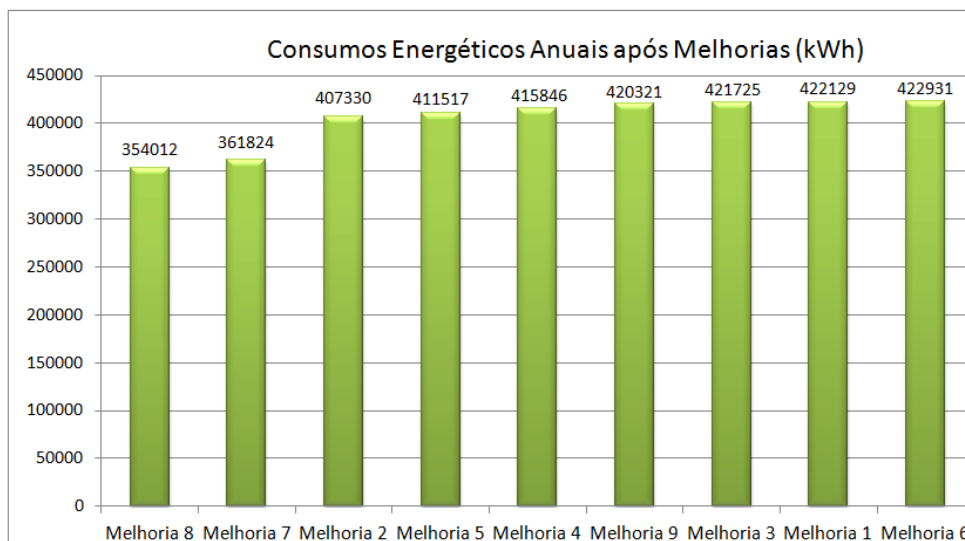


Figura 131 – Consumos Energéticos Anuais após Melhorias

Analisando os resultados obtidos da tabela 55, as melhorias propostas que permitem obter investimentos viáveis são:

- Substituição de todas as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *leds* (M2);
- Substituição dos projetores exteriores por projetores *led* (M5);
- Aplicação de redutores de caudal nas torneiras das instalações sanitárias (M6);
- Climatização do ar ambiente do *datacenter* através de uma UTA (M7);
- Instalação de painéis fotovoltaicos (M8);
- Introdução de painéis Solares térmicos (M9).

Opostamente, as seguintes melhorias não são vantajosas em termos económicos:

- Introdução de isolamento térmico nas paredes da envolvente exterior (M1);
- Aplicação de janela dupla nos envidraçados (M3);
- Climatização dos gabinetes do piso 4 do edifício por sistemas VRV (M4);

O gráfico da figura 132, representa por ordem crescente, de Payback e o respetivo valor de VAL para as melhorias que apresentam vantagens económicas. Estas devem ser implementadas por esta ordem, tendo em conta o melhor Payback.

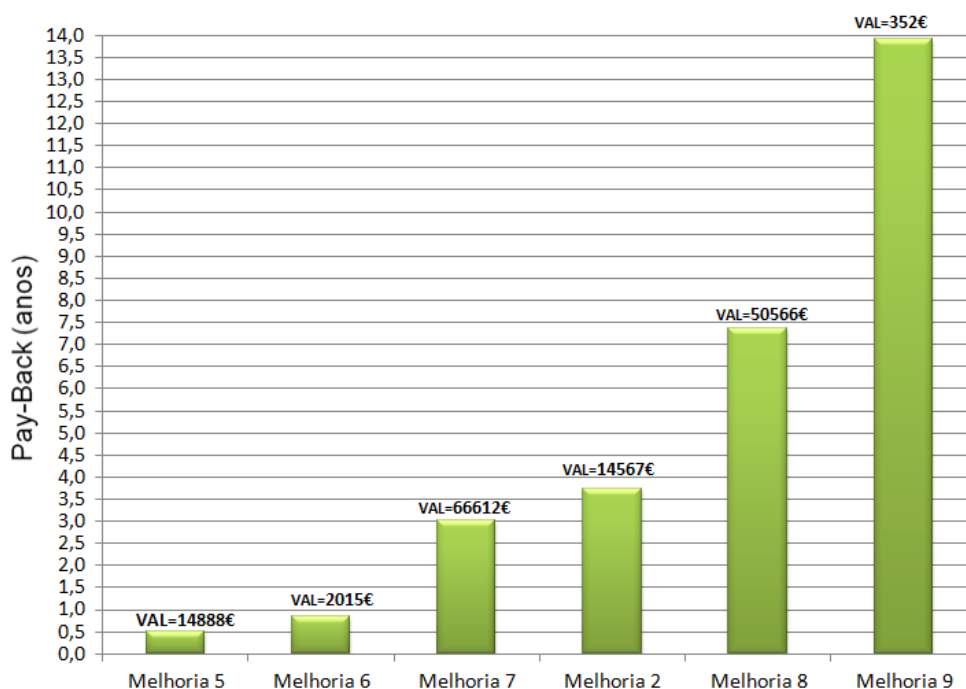


Figura 132 – Payback e VAL

Considerando em simultâneo as melhorias de eficiência energética que são vantajosas economicamente (2,5,6,7,8 e 9), obtiveram-se os resultados que são apresentados na tabela 56.

Tabela 56- Resultados obtidos

1. Consumo anuais, MWh	259,7
2. Consumo Ep, MWh <sub>EP</sub>	649,2
3. Emissão CO <sub>2</sub> , kgCO <sub>2</sub>	37397
4. Energia Poupada, MWh	164947
5. Investimento, €	63229
6. Receitas, €/ano	13293
7. Custos, €/ano	217
8. PayBack, anos	4,9
9. VAL, €	149001
10. Energia Poupada/euro investido	2,6

# CONCLUSÕES



## 5 CONCLUSÕES

A simulação dinâmica realizada permitiu obter um consumo anual de energia do edifício de 424,6 MWh. Foram propostas nove medidas de melhorias de eficiência energética, de modo a obter máxima redução de consumo energético e, conseqüentemente, a diminuição do consumo de energia primária, assim como, emissão de CO<sub>2</sub>. As diferentes medidas produzem diferentes reduções no consumo energético e requerem diferentes valores de investimento. Podemos concluir que:

- ✓ A melhoria que permitiu maior redução de consumo de energia é a melhoria 8, cujo seu consumo anual foi de 354,0 MWh que corresponde a uma redução de 16,6%, através de instalação de painéis fotovoltaicos;
  - ✓ A segunda melhoria que provocou também diminuição significativa do consumo foi a melhoria 7 cujo seu consumo anual foi de 361,8 MWh que corresponde a uma redução de (14,8%), com a introdução de uma UTA para climatização do ar ambiente do *datacenter*;
  - ✓ Opostamente a medida que permite menor redução de consumos foi a melhoria 6 (introdução de redutores de caudal nas torneiras das instalações sanitárias). No entanto, esta medida ainda assim deverá ser uma das primeiras a ser implementada, devido a ter um valor atrativo de Payback (1 ano), em que o seu investimento é reduzido. Para além deste motivo, devemos ter em consideração o facto de esta permitir poupança no consumo de água, fator ambiental de grande importância.
  - ✓ A segunda medida menos representativa em termos de redução de consumos, foi a melhoria 1 (Introdução de isolamento térmico na fachada exterior) com um consumo de 422,1 MWh.
- Em termos globais, se implementarmos todas as medidas atingiremos uma redução de 42,7% de consumo (243,3MWh). No caso de implementarmos apenas as medidas de melhoria que permitem resultados economicamente positivos alcançaremos um consumo 259,7MWh que corresponde uma redução de 38,8%.

Do ponto de vista de análise de investimento, as melhorias a serem implementadas primariamente devem ser as que permitem mais rapidamente ressarcir de todos os investimentos efetuados e, ao mesmo tempo, gerem valores de VAL positivos. Posto isto, podemos inferir que:

- ✓ A melhoria 5 (substituição das lâmpadas exteriores por lâmpadas *led*) e melhoria 6 (aplicação de redutores de caudal nas torneiras das instalações sanitárias) são vantajosas do ponto de vista de análise económica de investimento, pois apresentam *Payback* de 0,5 e 0,9 anos e os valores da VAL de 14888 e 66612 euros, respetivamente.
- ✓ A melhoria 7 (Climatização do ar ambiente do *datacenter* através de uma UTA (M7) permitiu obter a VAL mais elevada de todas as melhorias, sendo esta de 66612 euros;
- ✓ Contrariamente as melhorias 1 (aplicação de isolamento térmico na envolvente exterior), melhoria 3 (Aplicação de janela dupla) e melhoria 4 (Substituição do sistema de climatização existente por um sistema VRV) devem ser as últimas a serem implementadas, pois não proporcionam bons investimentos, pelo que os *PayBack* são de 212, 110 e 57 anos e os valores da VAL de -38744, -21306, -28574 euros, respetivamente. No entanto, no caso da melhoria 1, é importante ser implementada, visto permitiu que a temperatura interior no edifício, seja mais confortável, não havendo tanta necessidade recorrer aos sistemas de AVAC .

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 6 Bibliografia

- [1] “The 2017 Revision of World Population Prospects,” 2017. [Online]. Available: [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_KeyFindings.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf).
- [2] “These Will Be the World's 20 Largest Economies in 2030,” [Online]. Available: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-10/the-world-s-20-largest-economies-in-2030#media-4>.
- [3] “World Energy Consumption & Statistics,” [Online]. Available: <http://yearbook.enerdata.net/>.
- [4] “Desenvolvimento Sustentável,” [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio\\_Brundtland](https://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio_Brundtland).
- [5] “Construção Sustentável,” [Online]. Available: <https://pt.slideshare.net/construcaosustentavel/pedro-mateus-adene-12667151>.
- [6] “Tratado de Quioto,” [Online]. Available: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo\\_de\\_Quioto](http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quioto).
- [7] Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, 19 Maio 2010.
- [8] F. Passos, “Eficiência Energética e Certificação de Edifícios,” 29 Maio 2015. [Online]. Available: [http://www.ismai.pt/pt/eventos\\_/Documents/2015/DE-ADENE201505Apresenta%C3%A7%C3%A3oISMAI.pdf](http://www.ismai.pt/pt/eventos_/Documents/2015/DE-ADENE201505Apresenta%C3%A7%C3%A3oISMAI.pdf).
- [9] “Quadro relativo ao clima e à energia para 2030,” [Online]. Available: <http://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>.
- [10] “União da Energia Para Europa,” [Online]. Available: <http://www.consilium.europa.eu/pt/policies/energy-union/>.
- [11] Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, 25 de Outubro de 2012.
- [12] Decreto – Lei nº. 118/2013.
- [13] “SCE - Enquadramento Legal,” [Online]. Available: [http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce\\_rfragoso.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce_rfragoso.pdf).

- [14] “O PNAEE 2016 e PNAER 2013-2020: Estratégias para a Eficiência Energética,” [Online]. Available: [http://www.apenergia.pt/uploads/docs/Apresentacao\\_Pedro\\_Cabral\\_Final.pdf](http://www.apenergia.pt/uploads/docs/Apresentacao_Pedro_Cabral_Final.pdf).
- [15] “PNAEE 2016,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaee-2016-plano-nacional-de-acao-para-eficiencia-energetica-2016>.
- [16] “PNAER 2020,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/programa/pnaer-2020-plano-nacional-de-acao-para-energias>.
- [17] “Em direcção aos Edifícios de Balanço Energético Zero.,” [Online]. Available: [http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/20111013\\_hgoncalves](http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/20111013_hgoncalves).
- [18] “What is EnergyPlus?,” [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-2/getting-started/what-is-energyplus.html>.
- [19] “Getting Started with EnergyPlus,” [Online]. Available: [https://www.energyplus.net/sites/default/files/docs/site\\_v8.3.0](https://www.energyplus.net/sites/default/files/docs/site_v8.3.0).
- [20] “OpenStudio process flowchart (through Google SketchUp),” [Online]. Available: [https://www.branz.co.nz/cms\\_display.php?sn=158&st=1&pg=9706#inpu](https://www.branz.co.nz/cms_display.php?sn=158&st=1&pg=9706#inpu).
- [21] ASHRAE Handbook of Fundamentals, chapter 18 - Nonresidential cooling and heating, 2009.
- [22] “Perguntas e Respostas - SCE,” [Online]. Available: <http://www.adene.pt/sce/micro/faqs/sce>.
- [23] “Em teste,” julho/agosto 2013. [Online]. Available: <https://www.deco.proteste.pt>.
- [24] “Períodos de horários da electricidade,” [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorariosl>.
- [25] “What is EnergyPlus?,” [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-2/getting-started/what-is-energyplus.html>.

# ANEXOS

ANEXO A - Áreas/Volumes de cada espaço

ANEXO B - Caracterização das Luminárias

ANEXO C - Equipamentos de climatização

ANEXO D - Especificações técnicas

ANEXO E - Taxa de ocupação por espaço

ANEXO F - Potência média de consumo devidos aos equipamentos elétricos

ANEXO G - Painel Fotovoltaico – D6M360E4A 360W



## ANEXO A - Áreas/Volumes de cada espaço

Tabela 57 – Áreas e volumes de cada espaço – Piso 1

Espaços	Área por compartimento [m <sup>2</sup> ]	Área modelo [m <sup>2</sup> ]	Pé direito[m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
P1_HALL	96,97	102,49	3,4	339,41
P1_PT	39,49	45,80	3,4	138,22
P1_SALA1	17,04	19,38	3,4	57,94
P1_SALA2	28,86	33,09	3,4	98,11
P1_ELEVA1	3,61	4,32	3,4	12,27
P1_ELEVA2	3,61	4,32	3,4	12,27
P1_WC1	15,45	22,25	3,4	52,51
P1_ESCADAS	18,13	21,27	3,7	61,64
P1_SALA3	19,81	22,05	3,4	67,35
P1_SALA4	31,76	36,18	3,4	107,99
P1_SALA5	10,71	13,23	3,4	36,42
P1_SALA6	80,87	89,12	3,4	274,95
P1_SALA7	34,06	35,69	3,4	115,80
P1_SALA8	11,85	13,83	3,4	40,30
P1_SALA9	24,25	28,81	3,4	82,46
TOTAL	436,5	491,82	-	1497,6

Tabela 58 – Áreas e volumes de cada espaço – Piso 2

Espaços	Área por compartimento [m <sup>2</sup> ]	Área modelo [m <sup>2</sup> ]	Pé direito[m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
P2_Sala1	30,19	35,70	3,0	90,56
P2_Sala2	39,65	45,01	3,0	118,95
P2_Sala3	23,15	25,79	3,0	69,44
P2_Corredor1	47,04	48,99	3,0	141,11
P2_Eleva1	3,61	4,32	3,0	10,82
P2_Eleva2	3,61	4,32	3,0	10,82
P2_WC1	21,99	29,30	3,0	65,98
P2_Sala4	2,92	3,55	3,0	8,77
P2_Sala5	14,13	15,96	3,0	42,38
P2_Sala6	30,71	34,07	3,0	92,12
P2_Sala7	14,45	16,87	3,0	43,34
P2_Sala8	8,15	10,12	3,0	24,45
P2_Sala9	10,01	11,71	3,0	30,03
P2_Sala10	11,46	13,24	3,0	34,38
P2_Sala11	44,70	50,94	3,0	134,10
P2_Sala12	15,81	18,47	3,0	47,42
P2_Sala13	112,84	125,37	3,0	338,53
P2_Escadas	16,94	21,27	3,0	50,83
TOTAL	451,3	515,01	-	1075

Tabela 59 – Áreas e volumes de cada espaço – Piso 3

Espaços	Área por compartimento [m <sup>2</sup> ]	Área modelo [m <sup>2</sup> ]	Pé direito[m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
P3_SALA1	27,73	33,47	3,0	83,18
P3_SALA2	24,83	27,80	3,0	74,50
P3_SALA3	15,32	17,33	3,0	45,97
P3_SALA4	14,86	17,22	3,0	44,57
P3_ELEVA1	3,61	4,32	3,0	10,82
P3_ELEVA2	3,61	4,32	3,0	10,82
P3_CORREDOR1	70,60	65,62	3,0	211,80
P3_WC1	21,99	29,30	3,0	65,98
P3_SALA5	14,67	16,47	3,0	44,00
P3_SALA6	15,68	17,54	3,0	47,03
P3_SALA7	15,16	16,98	3,0	45,49
P3_SALA8	15,13	16,95	3,0	45,40
P3_SALA9	14,59	16,35	3,0	43,76
P3_SALA10	23,64	26,22	3,0	70,91
P3_SALA11	14,90	16,70	3,0	44,70
P3_SALA12	23,12	27,04	3,0	69,36
P3_SALA13	8,11	10,12	3,0	24,34
P3_SALA14	14,85	18,12	3,0	44,55
P3_SALA15	54,92	65,37	3,0	164,77
P3_SALA16	15,34	19,45	3,0	46,02
P3_ESCADAS	16,94	21,27	3,0	50,53
TOTAL	429,6	487,96	-	1018,9

Tabela 60 – Áreas e volumes de cada espaço – Piso 4

Espaços	Área por compartimento	Área modelo [m <sup>2</sup> ]	Pé direito[m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
P4_Sala1	30,70	35,70	3,0	92,09
P4_Sala2	39,34	45,01	3,0	118,03
P4_Sala3	20,60	23,66	3,0	61,80
P4_Sala4	15,13	17,54	3,0	45,38
P4_Eleva1	3,61	4,32	3,0	10,82
P4_Eleva2	3,61	4,32	3,0	10,82
P4_Corredor1	79,15	73,53	3,0	237,45
P4_WC1	21,99	29,30	3,0	65,98
P4_Sala5	22,86	24,82	3,0	68,59
P4_Sala6	22,94	25,44	3,0	68,83
P4_Sala7	22,77	26,22	3,0	68,31
P4_Sala8	15,13	16,70	3,0	45,39
P4_Sala9	23,69	27,04	3,0	71,08
P4_Sala10	8,08	10,12	3,0	24,23
P4_Sala11	30,14	35,17	3,0	90,41
P4_Sala12	30,99	37,29	3,0	92,97
P4_Sala13	24,06	30,49	3,0	72,17
P4_Escadas	16,94	21,27	3,0	50,83
TOTAL	431,7	487,9	-	1023,3

## ANEXO B - Caracterização das Luminárias

Tabela 61 – Caracterização das Luminárias

Tipo	Descrição	Quant.	Potência,W	% Balastro	Configuração armaduras	Potência total,W	Fração radiante	Fração radiante
1	Armadura com lâmpadas fluorescentes T8, com balastro ferro magnético	4	18	1,3	Superfície	93,6	0,72	0,18
2	Armadura com lâmpadas fluorescentes T5, com balastro eletrônico	4	24	1,1	Superfície	105,6	0,72	0,18
3	Armadura com lâmpada fluorescente T5, com balastro eletrônico	1	35	1,1	Superfície	38,5	0,72	0,18
4	Armadura com lâmpadas fluorescentes T5, com balastro eletrônico	2	35	1,1	Superfície	77	0,72	0,18
5	Armadura com lâmpadas fluorescentes T5, com balastro ferro magnético	2	36	1,1	Superfície	93,6	0,72	0,18
6	Armadura com lâmpada fluorescente T8, com balastro ferro magnético	1	58	1,3	Superfície	75,4	0,72	0,18
7	Armadura com lâmpadas fluorescentes T8, com balastro ferro magnético	2	58	1,3	Superfície	93,6	0,72	0,18
8	Foco com lâmpadas fluorescentes compatas	2	11	-	Encastrado	22	0,37	0,18
9	Foco com lâmpadas fluorescentes compatas	2	13	-	Encastrado	26	0,37	0,18

---

10	Foco com lâmpadas fluorescentes compatas	2	24	-	Encastrado	48	0,37	0,18
11	Foco com lâmpada fluorescente	1	50	-	Superfície	50	0,72	0,18
12	Foco com lâmpada led	1	10	-	Encastrado	10	0,37	0,18
13	Foco com lâmpadas leds	2	10	-	Encastrado	20	0,37	0,18
14	Foco com lâmpadas leds	2	11	-	Encastrado	22	0,37	0,18
15	Foco com lâmpada led	1	12	-	Encastrado	12	0,37	0,18
16	Foco com lâmpadas leds	2	13	-	Encastrado	26	0,37	0,18
17	Foco com lâmpada led	1	18	-	Encastrado	18	0,37	0,18
18	Foco com lâmpada led	1	19	-	Encastrado	10	0,37	0,18
19	Foco com lâmpada led	1	24	-	Encastrado	10	0,37	0,18

---

Tabela 62 – Potências/Densidade de iluminação - Piso 1

Espaço	Tipo de Iluminação / Potência / Quantidades																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	93,6W	105,6W	38,5W	77W	93,6W	75,4W	93,6W	22W	26W	48W	50W	10W	20W	22W	12W	26W	18W	10W	10W
P1_HALL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	29	2	9
P1_PT	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_ELEVA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_ELEVA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_WC1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_ESCADAS	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA6	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P1_SALA9	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 63 – Potências/Densidade de iluminação - Piso 2

Espaço	Tipo de Iluminação / Quantidades																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	93,6W	105,6W	38,5W	77W	93,6W	75,4W	93,6W	22W	26W	48W	50W	10W	20W	22W	12W	26W	18W	10W	10W
P2_SALA1	0	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA2	0	0	0	<b>7</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA3	0	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_CORREDOR1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>9</b>	0	<b>7</b>	0	0
P2_ELEVA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_ELEVA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_WC1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	<b>4</b>	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>	0	0
P2_SALA5	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA6	0	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA7	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA8	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA9	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA10	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA11	0	0	0	<b>16</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA12	0	0	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_SALA13	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>8</b>	0	<b>64</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
P2_ESCADAS	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 64 – Potências/Densidade de iluminação - Piso 3

Espaço	Tipo de Iluminação / Potência / Quantidades																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	93,6W	105,6W	38,5W	77W	93,6W	75,4W	93,6W	22W	26W	48W	50W	10W	20W	22W	12W	26W	18W	10W	10W
P3_SALA1	0	0	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA2	0	0	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA3	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA4	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_ELEVA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_ELEVA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_CORREDOR1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	<b>10</b>	0	<b>10</b>	0	0
P3_WC1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	<b>4</b>	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA5	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA6	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA7	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA8	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA9	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA10	0	0	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA11	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA12	0	0	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA13	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA14	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA15	0	0	<b>18</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_SALA16	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3_ESCADAS	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 65 – Potências/Densidade de iluminação - Piso 4

Espaço	Tipo de Iluminação / Potência / Quantidades																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	93,6W	105,6W	38,5W	77W	93,6W	75,4W	93,6W	22W	26W	48W	50W	10W	20W	22W	12W	26W	18W	10W	10W
P4_SALA1	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>18</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA3	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA4	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_ELEVA1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_ELEVA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_CORREDOR1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>23</b>	0	0	0	0	0	0
P4_WC1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	<b>4</b>	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA5	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA6	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA7	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA8	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA9	0	0	<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA10	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA11	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA12	0	0	0	0	0	0	<b>8</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_SALA13	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4_ESCADAS	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## ANEXO C - Equipamentos de climatização

Tabela 66 – Equipamentos de climatização - Piso 1

Equipamentos de AVAC					
Espaço	Marca	Unidade Interior		Unidade Exterior	
		Tipo	Modelo	Tipo	Modelo
P1_HALL	-	-	-	-	-
P1_PT	-	-	-	-	-
P1_SALA1	-	-	-	-	-
P1_SALA2	-	-	-	-	-
P1_ELEVA1	-	-	-	-	-
P1_ELEVA1	-	-	-	-	-
P1_WC1	-	-	-	-	-
P1_ESCADAS	-	-	-	-	-
P1_SALA3	-	-	-	-	-
P1_SALA4	Mitsubishi	Cassete 4 vias	SLZ-KA50VAL	Multi-Split	MXZ-5A100VA
P1_SALA5	-	-	-	-	-
P1_SALA6	Mitsubishi	Cassete 4 vias	SLZ-KA50VAL	Multi-Split	MXZ-5A100VA
P1_SALA7	York	Chiller	YLCA-4061TP-380T	Chiller	YLCA-4061TP-380T
P1_SALA8	Mitsubishi	Cassete 4 vias	SLZ-KA50VAL	Multi-Split	MXZ-5A100VA
P1_SALA9	-	-	-	-	-

Tabela 67 – Equipamentos de climatização - Piso 2

Equipamentos de AVAC					
Espaço	Marca	Unidade Interior		Unidade Exterior	
		Tipo	Modelo	Tipo	Modelo
P2_SALA1	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA2	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA3	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_CORREDOR1	-	-	-	-	-
P2_ELEVA1	-	-	-	-	-
P2_ELEVA2	-	-	-	-	-
P2_WC1	-	-	-	-	-
P2_SALA4	-	-	-	-	-
P2_SALA5	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA6	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA7	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA8	-	-	-	-	-
P2_SALA9	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA10	Mitsubishi	Mural	PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA11	Mitsubishi	Mural	3unid. PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA12	Mitsubishi	Mural	3unid. PKFY-P20VGM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P2_SALA13	LG	Mural	2unid. MA 12 AH NF11 3unid. MA 12 AH NF11	Multi-split	MU4M25 UE0
P2_ESCADAS	-	-	-	-	-

Tabela 68 – Equipamentos de climatização - Piso 3

Equipamentos de AVAC					
Espaço	Marca	Unidade Interior		Unidade Exterior	
		Tipo	Modelo	Tipo	Modelo
P3_SALA1	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA2	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA3	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA4	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_ELEVA1	-	-	-	-	-
P3_ELEVA2	-	-	-	-	-
P3_CORREDOR1	-	-	-	-	-
P3_WC1	-	-	-	-	-
P3_SALA5	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA6	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA7	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA8	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA9	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA10	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA11	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA12	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA13	-	-	-	-	-
P3_SALA14	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA15	Mitsubishi	Mural	3 unid. PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_SALA16	Mitsubishi	Mural	PKFY-P25VAM-E	VRV	PUHY/P400YGN-A
P3_ESCADAS	-	-	-	-	-

Tabela 69 – Equipamentos de climatização - Piso 4

Equipamentos de AVAC					
Espaço	Marca	Unidade Interior		Unidade Exterior	
		Tipo	Modelo	Tipo	Modelo
P4_SALA1	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 47AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA2	<i>Daikin</i>	Mural	2 unid. FXNQ40MAVE	VRV	RXY5Q4P7V3B1
P4_SALA3	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 47AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA4	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 47AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_ELEVA1	-	-	-	-	-
P4_ELEVA2	-	-	-	-	-
P4_CORREDOR1	-	-	FWV 47AJVE	-	-
P4_WC1	-	-	-	-	-
P4_SALA5	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA6	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA7	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 47AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA8	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA9	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA10	-	-	-	-	-
P4_SALA11	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA12	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE/ FWV 47AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_SALA13	<i>Daikin</i>	ventiloconvetor	FWV 67AJVE	<i>Chiller</i>	PLCA20D
P4_ESCADAS	-	-	-	-	-

## ANEXO D - Especificações técnicas

## Multi-split MXZ-5A100VA

## MXZ Specifications

Type		up to 2 indoor units	up to 3 indoor units	up to 4 indoor units	up to 5 indoor units			
Model Name		MXZ-2A52VA	MXZ-3A54VA	MXZ-4A71VA	MXZ-5A100VA			
Power Supply [V, Phase, Hz, Source]		230, Single, 50, Outdoor Power Supply						
Cooling	Capacity	Rated	5.2	5.4	7.1	8.0	10.0	
		Min. - Max.	1.1 - 6.0	2.9 - 6.8	3.7 - 8.8	3.7 - 9.2	3.7 - 11.0	
	Power Input	W	1,505	1,295	1,930	2,190	2,935	
	COP [In+Out]		3.31	3.87	3.44	3.45	3.23	
	Running Current	A	6.75	5.69	8.48	9.62	12.88	
	Sound Level [Outdoor]	Silent - High	dB(A)	45 - 49	43 - 46	45 - 48	44 - 46	46 - 51
Air Volume [Outdoor]		l/s	548	702	702	702	943	
Heating	Capacity	Rated	6.4	6.8	8.6	9.4	12.0	
		Min. - Max.	1.0 - 7.2	2.6 - 9.0	3.4 - 9.0	3.4 - 11.6	3.4 - 14.0	
	Power Input	W	1,705	1,455	1,950	1,930	2,835	
	COP [In+Out]		3.61	4.38	4.13	4.56	4.00	
	Running Current	A	7.64	6.39	8.56	8.48	12.45	
	Sound Level [Outdoor]	Silent - High	dB(A)	48 - 50	44 - 48	46 - 50	45 - 48	47 - 54
Air Volume [Outdoor]		l/s	555	687	775	730	988	
Outdoor	Dimensions	Height	mm	550	710	710	900	900
		Width	mm	800	840	840	900	900
		Depth	mm	285	330	330	320	320
	Weight	kg	40	57	58	67	68	
Ext. Piping	Diameter	Liquid (φ)	mm <sup>2</sup>	6.35 x 2	6.35 x 3	6.35 x 4	6.35 x 4	6.35 x 5
		Gas (φ)	mm <sup>2</sup>	9.52 x 2	9.52 x 3	9.52 x 3 + 12.7 x 1	9.52 x 3 + 12.7 x 1	9.52 x 4 + 12.7 x 1
	Max. Length	Total - Each	m	30 - 20	50 - 25	60 - 25	70 - 25	80 - 25
	Max. Height	m	15 / 10*	15 / 10*	15 / 10*	15 / 10*	15 / 10*	
Guaranteed Operating Range [Outdoor]	Cooling	°C	-10 ~ +43	-10 ~ +43	-10 ~ +43	-10 ~ +43	-10 ~ +43	
	Heating	°C	-10 ~ +24	-10 ~ +24	-10 ~ +24	-15 ~ +24	-15 ~ +24	

(NOTE) Running current and power input figures are for outdoor unit only.

\*If the outdoor unit is installed higher than the indoor unit, max. height is reduced to 10m.

(Rating Conditions) Cooling: Indoor 27°C, D.B./19°C, W.B.  
Outdoor 35°C, D.B.  
Heating: Indoor 20°C, D.B./15°C, W.B.  
Outdoor 7°C, D.B./6°C, W.B.

Figura 133 – Ficha técnica MXZ – 5A100VA

## PUHY/P400YGN-A

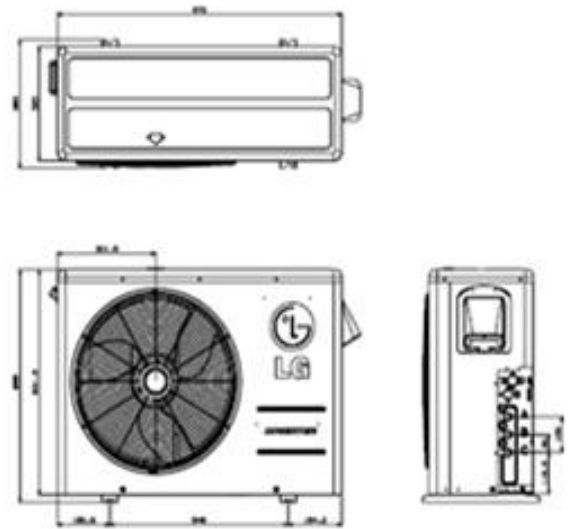
MODELO		PUHY-P350YJM-A	PUHY-P400YJM-A		
Valores Nominales	Capacidad	Frio	kCal/h <sup>(1)</sup>	35.000	40.000
			kW <sup>(2)</sup>	40,0	45,0
	Calor		kCal/h <sup>(2)</sup>	38.700	43.000
			kW <sup>(2)</sup>	45,0	50,0
	Consumo eléctrico	Frio	kW	11,01	13,11
		Calor	kW	11,19	12,82
	Intensidad	Frio	A	18,5 / 17,6 / 17,0	22,1 / 21,0 / 20,2
		Calor	A	18,8 / 17,9 / 17,2	21,6 / 20,5 / 19,8
	C.O.P.	Frio		3,63	3,43
		Calor		4,02	3,90
Conexiones líneas Refrigerantes	Líquido	ø mm	12,7	12,7	
	Gas	ø mm	28,58	28,58	
Unidades Interiores Conectables	Capacidad total	50 - 130 % de la capacidad de la unidad exterior			
	Modelos / Cantidad	P15 - P250 / 1 - 30	P15 - P250 / 1 - 34		
Acabado exterior	Chapa de acero galvanizada y pintada MUNSELL 5Y 8 / 1				
Nivel sonoro	dB(A)	60	61		
Dimensiones (ancho / fondo / alto)		1.220 / 760 / 1.710	1.220 / 760 / 1.710		
(Alto sin soportes)	mm	1.650	1.650		
Peso neto	Kg	250	250		
Ventilador	Caudal de aire	m <sup>3</sup> /min	210	210	
	Tipo / Cantidad	Helicoidal / 1			
	Potencia	kW	0,46 x 1	0,46 x 1	
	Presión estática	Pa	60 Pa		
Tipo Control	Control Inverter				
Compresor	Tipo / Cantidad	Inverter hermético scroll / 1			
	Potencia	kW	9,9	10,1	
Refrigerante / Precarga		R410A / 11,5 Kg			
Distancias Frigoríficas (Máx. Vert./Total)	m <sup>(3)</sup>	50 / 1.000			
Partes opcionales		50 / 1.000			

Distribuidor: CMY-Y102S/L-G2, CMY-Y202-G2  
Colector: CMY-Y104/108/1010-G

Figura 134 – Ficha técnica PUHY/P400YGN-A

## MU3M21

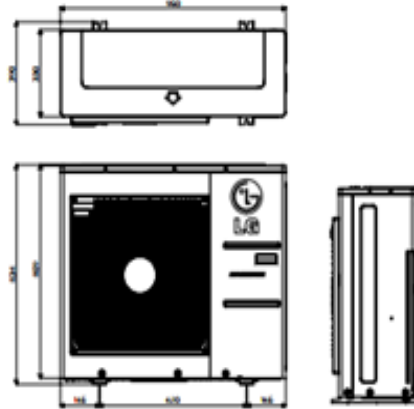
### MU3M19 / MU3M21



Unidade Exterior			MU3M19 UE2	MU3M21 UE2
Compressor	Tipo		Rotativo Duplo	Rotativo Duplo
Capacidade *	Aquecimento	Min/Nominal/Max kW	1.4 / 5.3 / 6.3	1.4 / 6.2 / 7.3
	Arefriamento	Min/Nominal/Max kW	1.4 / 6.3 / 7.3	1.5 / 7.0 / 7.8
Capacidade Baixa Temp.	Aquec. -7°C	Max kW	4.4	4.9
Consumo Nominal <sup>†</sup>	Aquecimento	Min/Nominal/Max kW	0.1 / 1.3 / 2.1	0.1 / 1.8 / 2.4
	Arefriamento	Min/Nominal/Max kW	0.2 / 1.5 / 2.6	0.2 / 1.7 / 2.7
Corrente Nominal	Aquecimento	Min/Nominal/Max A	0.6 / 6.0 / 9.0	0.6 / 6.6 / 10.3
	Arefriamento	Min/Nominal/Max A	0.8 / 7.0 / 11.5	0.9 / 7.4 / 11.8
EER			4.10	3.90
COP			4.10	4.11
SEER			6.10	6.10
SCOP			3.90	3.90
Pdesign (9-10°C)		kW	5.1	5.5
Classificação Energética	Aref./Aquec.		A++ / A	A++ / A
Consumo Anual de Energia	Aref./Aquec.	kWh	304 / 1.831	356 / 1.974
Caudal de Ar		Nom m <sup>3</sup> /min	50	50
Nível de Pressão Sonora	Aquecimento	Nom dBA	50	51
	Arefriamento	Nom dBA	52	53
Nível de Potência Sonora	Aquecimento	Max dBA	64	64
Dimensões	LxAxP	mm	670 x 655 x 300	670 x 655 x 300
Peso Líquido		kg	45.0	45.0
Fluido Refrigerante	Tipo		R410A	R410A
	Carga	g	1.700	1.800
	Carga Adicional	g/m	20	20
Limites de Operação	Aquecimento	Min-Max °C DB	+10 - 48	+10 - 48
	Arefriamento	Min-Max °C WB	+18 - 18	+18 - 18
Alimentação Eléctrica		ΦV/Hz	1 / 220-240 / 50	1 / 220-240 / 50
Cabo de Alimentação		No. x mm <sup>2</sup>	3C x 2.5	3C x 2.5
Cabo de Interligação		No. x mm <sup>2</sup>	4C x 0.75	4C x 0.75
Protecção Eléctrica		A	30	30
Comprimento Total Tubagem		m	50	50
Piping Length per Branch		Max m	25	25
Desnivel Tubagem	LI / UE	Max m	15	15
	LI-LI	Max m	7.5	7.5
Ligação de Tubagem	Líquido	mm(pol.) x No.	ø 6.35 (1/4) x 3	ø 6.35 (1/4) x 3
	Gas	mm(pol.) x No.	ø 9.52 (3/8) x 3	ø 9.52 (3/8) x 3

Figura 135 – Ficha técnica MU3M21

## MU4M25

**MU4M25 / MU4M27 / MU5M30**

(Unid: mm)



Unidade Exterior				MU4M25 U42	MU4M27 U42	MU5M30 U42
Compressor	Tipo			Rotativo Duplo	Rotativo Duplo	Rotativo Duplo
Capacidade *	Arefecimento	Min/Nominal/Max	kW	1,3 / 7,0 / 8,5	1,3 / 7,9 / 9,5	1,3 / 8,8 / 10,6
	Aquecimento	Min/Nominal/Max	kW	1,5 / 8,4 / 9,4	1,5 / 9,1 / 10,6	1,5 / 10,1 / 12,1
Capacidade Baixa Temp.	Aquec. -7°C	Max	kW	5,9	6,4	7,1
Consumo Nominal*	Arefecimento	Min/Nominal/Max	kW	0,4 / 1,7 / 2,6	0,4 / 2,0 / 3,0	0,4 / 2,2 / 3,4
	Aquecimento	Min/Nominal/Max	kW	0,5 / 1,8 / 3,0	0,5 / 2,0 / 3,6	0,5 / 2,2 / 3,7
Corrente Nominal	Arefecimento	Min/Nominal/Max	A	2,0 / 7,2 / 11,1	2,0 / 8,5 / 13,2	2,0 / 9,9 / 16,2
	Aquecimento	Min/Nominal/Max	A	2,2 / 8,1 / 12,8	2,2 / 9,1 / 15,8	2,2 / 9,8 / 16,5
EER				4,21	4,00	4,00
COP				4,69	4,52	4,60
SEER				6,10	6,10	6,10
SCOP				3,81	3,81	3,81
Pdesign (0-10°C)			kW	7,7	7,7	7,8
Classificação Energética	Aref./Aquec.			A++ / A	A++ / A	A++ / A
Consumo Anual de Energia	Aref./Aquec.	kWh		402 / 2.829	453 / 2.829	505 / 2.866
Caudal de Ar	Nom	m³/min		60	60	60
Nível de Pressão Sonora	Arefecimento	Nom	dBA	51	51	51
	Aquecimento	Nom	dBA	53	53	53
Nível de Potência Sonora	Arefecimento	Max	dBA	62	63	64
Dimensões	LxAxP	mm		950 x 834 x 330	950 x 834 x 330	950 x 834 x 330
Peso Líquido			kg	64,0	64,0	64,0
Fluido Refrigerante	Tipo			R410A	R410A	R410A
	Carga	g		3,200	3,200	3,200
	Carga Adicional	g/m		20	20	20

Figura 136 – Ficha técnica MU3M21

## Multi-Split RXY5Q4P7V3B1

**DAIKIN** • Outdoor Units • VRV HEAT PUMP • RXY5Q4-6P7V3B

### 1 Specifications

1-1 TECHNICAL SPECIFICATIONS				RXY5Q4P7V3B	RXY5Q5P7V3B	RXY5Q6P7V3B
Capacity	Cooling	kW	11.2	14.0	15.5	
	Heating	kW	12.5	16.0	18.0	
COP	Cooling		3.15	3.01	3.03	
	Heating		3.41	3.73	3.62	
Capacity range		HP	4	5	6	
PED category	Category I					
Max n° of indoor units to be connected			6	8	9	
Indoor index connection	Minimum		50	62.5	70	
	Maximum		130	162.5	182	
Casing	Colour	Daikin White				
	Material	Painted galvanised steel				
Dimensions	Packing	Height	mm	1,524		
		Width	mm	980	980	980
		Depth	mm	420	420	420
	Unit	Height	mm	1,345		
		Width	mm	900	900	900
		Depth	mm	320	320	320
Weight	Unit	kg	125	125	125	
	Packed Unit	kg	130	130	130	
Packing	Material		Carton			
			Wood			
			EPS			
	Weight	kg	8	8	8	
Heat Exchanger	Dimensions	Length	mm	857	857	857
		Nr of Rows		2	2	2
		Fin Pitch	mm	2	2	2
		Nr of Passes		10	10	10
		Face Area	m <sup>2</sup>	1.131	1.131	1.131
		Nr of Stages		60	60	60
	Tube type	Hi-XSS (8)				
Fin	Fin type	Non-symmetric waffle louvre				
	Treatment	Corrosion resistant				

Figura 137 – Ficha técnica RXY5Q4P7V3B1

## ANEXO E - Taxa de ocupação por espaço

Tabela 70 – Taxa de ocupação por espaço – Piso 1

Espaço	Área	Nº de Ocupantes	Calor Sensível,[W]	Calor Latente,[W]	Nºde Ocupantes/m <sup>2</sup>
P1_HALL	102,49	1	70	45	0,010
P1_PT	45,80	0	0	0	0
P1_SALA1	19,38	0	0	0	0
P1_SALA2	33,09	0	0	0	0
P1_ELEVA1	4,32	0	0	0	0
P1_ELEVA1	4,32	0	0	0	0
P1_WC1	22,25	0	0	0	0
P1_ESCADAS	21,27	0	0	0	0
P1_SALA3	22,05	0	0	0	0
P1_SALA4	36,18	4	280	180	0,111
P1_SALA5	13,23	0	0	0	0
P1_SALA6	89,12	0	0	0	0
P1_SALA7	35,69	0	0	0	0
P1_SALA8	13,83	0	0	0	0
P1_SALA9	28,81	0	0	0	0

Tabela 71 – Taxa de ocupação por espaço – Piso 2

Espaço	Área	Nº de Ocupantes	Calor Sensível,[W]	Calor Latente,[W]	Nºde Ocupantes/m <sup>2</sup>
P2_SALA1	35,70	0	0	0	0
P2_SALA2	45,01	6	420	270	0,133
P2_SALA3	25,79	0	0	0	0
P2_CORREDOR1	48,99	0	0	0	0
P2_ELEVA1	4,32	0	0	0	0
P2_ELEVA2	4,32	0	0	0	0
P2_WC1	29,30	0	0	0	0
P2_SALA4	3,55	0	0	0	0
P2_SALA5	15,96	0	0	0	0
P2_SALA6	34,07	6	420	270	0,176
P2_SALA7	16,87	1	70	45	0,059
P2_SALA8	10,12	0	0	0	0
P2_SALA9	11,71	1	70	45	0,085
P2_SALA10	13,24	2	140	90	0,151
P2_SALA11	50,94	4	280	180	0,079
P2_SALA12	18,47	0	0	0	0
P2_SALA13	125,37	20	1400	900	0,0160
P2_ESCADAS	21,27	0	0	0	0

Tabela 72 – Taxa de ocupação por espaço – Piso 3

Espaço	Área	Nº de Ocupantes	Calor		Nºde Ocupantes/m <sup>2</sup>
			Sensível,[W]	Latente,[W]	
P3_SALA1	33,47	3	210	135	0,090
P3_SALA2	27,80	0	0	0	0
P3_SALA3	17,33	0	0	0	0
P3_SALA4	17,22	1	70	45	0,058
P3_ELEVA1	4,32	0	0	0	0
P3_ELEVA2	4,32	0	0	0	0
P3_CORREDOR1	65,62	0	0	0	0
P3_WC1	29,30	0	0	0	0
P3_SALA5	16,47	2	140	90	0,121
P3_SALA6	17,54	2	140	90	0,114
P3_SALA7	16,98	1	70	45	0,059
P3_SALA8	16,95	1	70	45	0,059
P3_SALA9	16,35	1	70	45	0,061
P3_SALA10	26,22	4	280	180	0,153
P3_SALA11	16,70	4	280	180	0,060
P3_SALA12	27,04	1	70	45	0,037
P3_SALA13	10,12	0	0	0	0
P3_SALA14	18,12	1	70	45	0,055
P3_SALA15	65,37	10	700	450	0,153
P3_SALA16	19,45	1	70	45	0,051
P3_ESCADAS	21,27	0	0	0	0

Tabela 73 – Taxa de ocupação por espaço – Piso 4

Espaço	Área	Nº de Ocupantes	Calor		Nºde Ocupantes/m <sup>2</sup>
			Sensível,[W]	Latente,[W]	
P4_SALA1	35,70	1	70	45	0,028
P4_SALA2	45,01	0	0	0	0
P4_SALA3	23,66	2	140	90	0,085
P4_SALA4	17,54	1	70	45	0,057
P4_ELEVA1	4,32	0	0	0	0
P4_ELEVA2	4,32	0	0	0	0
P4_CORREDOR1	73,53	0	0	0	0
P4_WC1	29,30	0	0	0	0
P4_SALA5	24,82	1	70	45	0,040
P4_SALA6	25,44	1	70	45	0,039
P4_SALA7	26,22	1	70	45	0,038
P4_SALA8	16,70	1	70	45	0,060
P4_SALA9	27,04	1	70	45	0,037
P4_SALA10	10,12	0	0	0	0
P4_SALA11	35,17	0	0	0	0
P4_SALA12	37,29	1	70	45	0,027
P4_SALA13	30,49	0	0	0	0
P4_ESCADAS	21,27	0	0	0	0

## ANEXO F - Potência média de consumo devidos aos equipamentos elétricos

Tabela 74 – Potência média de consumo devido aos equipamentos elétricos – Piso 1

Espaços	Área por compartimento [m <sup>2</sup> ]	Equipamentos	Potência média de consumo [W]	Densidade da Potência [W/m <sup>2</sup> ]
P1_HALL	102,49	0	0	0
P1_PT	45,80	0	0	0
P1_SALA1	19,38	0	0	0
P1_SALA2	33,09	0	0	0
P1_ELEVA1	4,32	0	0	0
P1_ELEVA2	4,32	0	0	0
P1_WC1	22,25	2 Secadores de mão	4	0,18
P1_ESCADAS	21,27	0	0	0
P1_SALA3	22,05	1 Fotocopiadora	550	24,95
P1_SALA4	36,18	4 Pc Portáteis	144	3,90
P1_SALA5	13,23	0	0	0
P1_SALA6	89,12	0	0	0
P1_SALA7	35,69	0	0	0
P1_SALA8	13,83	0	0	0
P1_SALA9	28,81	0	0	0

Tabela 75 – Potência média de consumo devido aos equipamentos elétricos – Piso 2

Espaços	Área por compartimento [m <sup>2</sup> ]	Equipamentos	Potência média de total consumo [W]	Densidade da Potência [W/m <sup>2</sup> ]
P2_Sala1	35,70	0	0	0
P2_Sala2	45,01	6 torres + 6 monitores	756	16,79
P2_Sala3	25,79	0	0	0
P2_Corredor1	48,99	1 fotocopiadora	550	11,23
P2_Eleva1	4,32	0	0	0
P2_Eleva2	4,32	0	0	0
P2_WC1	29,30	2 secadores de mão	4	0,14
P2_Sala4	3,55	0	0	0
P2_Sala5	15,96	0	0	0
P2_Sala6	34,07	6 torres + 6 monitores	756	22,19
P2_Sala7	16,87	1 torre + 1 monitor	126	7,47
P2_Sala8	10,12	Máq. Café + Máq. Água + Máq.	1469	145
P2_Sala9	11,71	1 torre + 1 monitor	126	10,76
P2_Sala10	13,24	2 torres + 2 monitores	252	19,03
P2_Sala11	50,94	4 torres + 4 monitores	504	9,89
P2_Sala12	18,47	1 fotocopiadora + 1 frigorífico	872	47,22
P2_Sala13	125,37	0	0	0
P2_Escadas	21,27	0	0	0

Tabela 76 – Potência média de consumo devido aos equipamentos elétricos – Piso 3

Espaços	Área modelo [m <sup>2</sup> ]	Equipamentos	Potência total consumo [W]	Densidade da Potência [W/m <sup>2</sup> ]
P3_SALA1	33,47	3 Torres + 3 monitores	378	11,30
P3_SALA2	27,80	0	0	0
P3_SALA3	17,33	0	0	0
P3_SALA4	17,22	1 Torre + 1monitor	126	7,32
P3_ELEVA1	4,32	0	0	0
P3_ELEVA2	4,32	0	0	0
P3_CORREDOR1	65,62	2 Fotocopiadora	1100	16,76
P3_WC1	29,30	2 Secadores de mão	4	0,14
P3_SALA5	16,47	2 Torres + 2 monitores	252	15,29
P3_SALA6	17,54	2 Torres + 2 monitores	252	14,36
P3_SALA7	16,98	1 Pc Portátil	36	2,12
P3_SALA8	16,95	1 Pc Portátil	36	2,12
P3_SALA9	16,35	1 torre + 1monitor	126	7,07
P3_SALA10	26,22	4 torres + 4 monitores	504	19,22
P3_SALA11	16,70	1 Pc Portátil	36	2,16
P3_SALA12	27,04	1 Pc Portátil	36	1,33
P3_SALA13	10,12	1 Frigorifico + 1 Máq. Água	672	66,42
P3_SALA14	18,12	1 Pc Portátil	36	1,98
P3_SALA15	65,37	4 torres + 4 monitores + 6 Pc portatil	540	8,26
P3_SALA16	19,45	1 Pc Portátil	36	1,85
P3_ESCADAS	21,27	0	0	0

Tabela 77 – Potência média de consumo devido aos equipamentos elétricos – Piso 4

Espaços	Área modelo	Equipamentos	Potência total consumo [W]	Densidade da Potência [W/m <sup>2</sup> ]
P4_Sala1	35,70	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	4,85
P4_Sala2	45,01	0	0	0
P4_Sala3	23,66	2Pc Portáteis + 1 impressora	209	8,83
P4_Sala4	17,54	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	9,85
P4_Eleva1	4,32	0	0	0
P4_Eleva2	4,32	0	0	0
P4_Corredor1	73,53	0	0	0
P4_WC1	29,30	2 secadores de mão	4	0,14
P4_Sala5	24,82	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	6,97
P4_Sala6	25,44	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	6,80
P4_Sala7	26,22	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	6,60
P4_Sala8	16,70	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	10,36
P4_Sala9	27,04	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	6,40
P4_Sala10	10,12	1 Frigorifico + 1 Máq. Café + 1 Máq. Água	1024	101,18
P4_Sala11	35,17	0	0	0
P4_Sala12	37,29	1 Pc Portátil + 1 impressora	173	4,64
P4_Sala13	30,49	0	0	0
P4_Escadas	21,27	0	0	0

ANEXO G – Painel Fotovoltaico – D6M360E4A 360W



**D6M350E4A 350W**  
**D6M355E4A 355W**  
**D6M360E4A 360W**  
 Mono-Crystalline Photovoltaic Module

-  Positive power tolerance  
0~+4.99 watt
-  Withstand strong snow load 5400 Pa / wind load 2400
-  3.5% Excellent low light performance  
3.5% relative eff. reduction at low-irradiance (200W/m<sup>2</sup>)
-  100% EL inline inspection  
Better module reliability
-  Ammonia resistance  
According to IEC 62716 Ed. 1



**Reliability & Certification**  
 Product guarantee: 10-year  
 Linear Performance Warranty  
 - 1-year: 97% power output  
 then power degradation 0.7% per year till 25th year  
 - 25-year: 80.2% power output  
 - 10-year: 90.7% power output  
 IEC 61215 / IEC 61730, CE, MCS, UL1703, CEC  
 \* Please refer to NSP product warranty for details

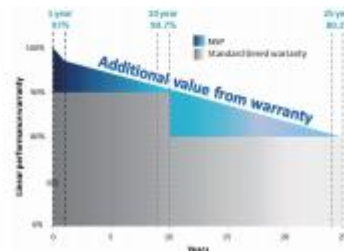


Figura 138 – Ficha técnica D6M360E4A 360W