



Marino José Pereira Machado

Comparação nas simulações térmicas simplificada e detalhada de um edifício multizona no âmbito do RSECE

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia







Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Marino José Pereira Machado

Comparação nas simulações térmicas  
simplificada e detalhada de um edifício  
multizona no âmbito do RSECE

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Luís Barreiros Martins

dezembro de 2014

## DECLARAÇÃO

Nome: Marino José Pereira Machado

Endereço electrónico: a51131@mail.alunos.uminho.pt Telefone: 253418056 / 911115135

Número do Bilhete de Identidade: 12976839

Título dissertação □/tese □:

Comparação nas simulações térmicas simplificada e datalhada de um edifício multizona no âmbito do RSECE

Orientador:

Luis Barreiros Martins

Ano de conclusão: 2014

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respectiva, deve constar uma das seguintes declarações:

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 19/12/2014

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha fantástica família, Mãe, Pai e irmão, por todo o apoio prestado, pelo amor e apoio incondicional e pela força que sempre me deram confiando no meu sucesso futuro.

Agradeço ao Professor Luís Martins pela orientação e ajuda prestada, e pelo tempo que dispensou para que este projeto se desenvolvesse da melhor maneira.

Agradeço ao António Alves por toda a sua preciosa ajuda, por todos os conhecimentos transmitidos e por todo o tempo que disponibilizou, conciliando muitas vezes o seu emprego e a sua vida pessoal com a ajuda que me foi dando ao longo do trabalho.

Agradeço ao Joni Gomes pela ajuda prestada numa fase inicial do projeto, por todo o conhecimento transmitido e pelos conselhos dados.

Agradeço ao Gabinete de Arquitetura da respetiva obra em estudo, assim como ao seu cliente, por terem disponibilizado a mesma e deixassem que fosse objeto de estudo.

Agradeço a todos os meus amigos que estiveram ligados comigo nesta longa batalha, sem exceção.



## RESUMO

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) de 2006 transpôs para Portugal a Diretiva Europeia 2002/91/CE que é relativa ao desempenho energético dos edifícios e com isto vem de certa forma exigir o cálculo dos consumos de energia quer por parte de edifícios residenciais quer edifícios de serviços. Neste contexto, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) inflige que, para novos pequenos edifícios ou frações autónomas de serviços com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW, as simulações térmicas dinâmicas detalhadas dos edifícios realizadas no âmbito do SCE sejam executadas utilizando *softwares* acreditados pela norma *ANSI/ASHRAE 140-2004*.

O estudo começa com uma revisão bibliográfica sobre a regulamentação térmica de edifícios de acordo com o SCE de 2006 e análise das principais características de alguns programas de simulação existentes de modo a seleccionar o programa de simulação dinâmica multizona a utilizar no caso de estudo, para subsequente comparação com o programa de simulação unizona *STE* do *LNEG*. Assim, elegeram-se o programa de simulação multizona *Cypeterm*, devido à sua facilidade de modelação e pelo facto de ser utilizado como motor de cálculo o *EnergyPlus* de modo a realizar a simulação dinâmica do edifício. Foram ainda avaliadas as principais diferenças e semelhanças entre os resultados alcançados pelos dois programas.

Depois de obtermos os resultados verificou-se que para além da obrigatoriedade regulamentar, a simulação dinâmica multizona é mais útil e eficaz que a simulação unizona, principalmente no dimensionamento do equipamento de climatização do edifício e na análise térmica de cada espaço.



## **ABSTRACT**

The National Energy Certification System and Indoor Air Quality in Buildings (SCE) of 2006 transposed to Portugal the European Directive 2002/91/EC that is on the energy performance of buildings and it goes some way to require the calculation of consumption power either by residential buildings or by office buildings. In this context, Regulation of Climate Energy Systems in Buildings (RSECE) inflicts that for new buildings or building small fractions of services with HVAC systems with installed power of 25 kW, the dynamic thermal simulations detailed buildings undertaken under SCE are implemented using software accredited by *ANSI/ASHRAE 140-2004*.

The study begins with a literature review on energy efficiency and HVAC systems according with SCE of 2006 and analysis of main technical features of some existing simulation tools in order to select the dynamic multizone simulation program using the case study, for comparison with the simulation program unizone STE by LNEG. Due to the literature review, was selected the Cypeterm multizone simulation program, due to this flexibility of modeling and technical use as calculation engine of the EnergyPlus to perform dynamic simulation of the building. Were evaluated the main differences and similarities between the results obtained by the two programs.

After obtain the results was verified that in addition to the regulatory requirement, the dynamic simulation multizone is more useful and effective than simulation unizona mainly in the design of the building HVAC equipment and thermal analysis of each space.



# ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABELAS.....	xx
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Motivação .....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Estrutura do Trabalho .....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
2.1. Introdução .....	7
2.2. Regulamentação Térmica de Edifícios em Portugal .....	8
2.2.1. Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade de Ar Interior nos Edifícios - SCE.....	9
2.2.1.1. Objetivos e âmbito de aplicação do SCE .....	9
2.2.1.2. Organização e funcionamento do SCE .....	10
2.2.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) .....	10
2.2.2.1. Objetivos do RSECE.....	11
2.2.3. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) .....	12

2.2.3.1.	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) .....	13
2.2.3.2.	Objetivo e âmbito de aplicação do RCCTE .....	13
2.3.	Sistemas de Climatização .....	14
2.3.1.	Introdução .....	14
2.3.2.	Sistemas do tipo “Tudo-ar” .....	15
2.3.2.1.	Sistemas com Percurso Simples .....	16
2.3.2.1.1.	Sistema de Volume de Ar Constante (VAC) Unizona ou Zona Simples .....	16
2.3.2.1.2.	Sistema de Volume de Ar Constante (VAC) Unizona ou Reaquecimento Terminal .....	17
2.3.2.1.3.	Sistema de Volume de Ar Variável (VAV) Unizona sem Reaquecimento Terminal .....	18
2.3.2.1.4.	Sistema de Volume de Ar Variável (VAC) Unizona com Reaquecimento Terminal .....	20
2.3.2.2.	Sistemas com Percurso Duplo .....	21
2.3.2.2.1.	Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) .....	21
2.3.2.2.2.	Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) e com Reaquecimento .....	22
2.3.2.2.3.	Sistema com Volume de Ar Variável (VAV) – Sistema Multizona .....	23
2.3.3.	Sistemas Tudo Água.....	24
2.3.3.1.	Sistema de distribuição de água a 2 tubos.....	25
2.3.3.2.	Sistema de distribuição de água a 3 tubos.....	26
2.3.3.3.	Sistema de distribuição de água a 4 tubos.....	26
2.3.4.	Sistemas Água-Ar (Sistemas Mistos).....	27
2.3.5.	Sistemas de Expansão Direta de um Fluido Refrigerante .....	27

2.4. Métodos de Cálculo de Cargas Térmicas .....	35
2.4.1. Método da Diferença de Temperatura Diferencial (TETD/TA) .....	36
2.4.2. Método das Funções de Transferência (TFM) .....	37
2.4.3. Método da Diferença de Temperatura (CLTD/SCL/CLF) .....	37
2.4.4. Método do Balanço Energético (HBM) .....	38
2.4.5. Método das Séries Temporais Radioativas (RTS) .....	39
2.5. Simulação Dinâmica – Norma ASHRAE 140-2004 .....	40
2.6. Programas de Simulação Dinâmica Detalhada .....	42
2.6.1. RCCTE-STE .....	42
2.6.1.1. Introdução .....	42
2.6.1.2. Funcionamento do Software .....	45
2.6.1.3. Limitações do Programa .....	47
2.6.2. CYPETERM .....	48
2.6.2.1. Introdução .....	48
2.6.2.2. Regulamento .....	48
2.6.2.3. Dados Climáticos .....	48
2.6.2.4. Funcionamento .....	49
2.6.3. EnergyPlus .....	51
2.6.4. TRACE 700 .....	52
2.6.4.1. Funcionamento do Programa .....	53
2.6.4.2. Metodologia de Cálculo do TRACE 700 .....	54
2.6.5. DesignBuilder .....	56
2.6.6. TRNSYS .....	57
2.6.7. Carrier HAP .....	58
2.6.7.1. Interface do HAP .....	59
2.6.7.2. Análise Energética .....	60

2.6.7.3.	Cálculos de Carga .....	60
2.6.8.	VisualDOE4.1 .....	61
2.6.9.	DOE2.1e .....	64
2.6.10.	ESP-r .....	65
2.6.11.	Comparação entre Programas .....	67
3.	CASO DE ESTUDO .....	69
3.1.	Caracterização do Edifício .....	69
3.2.	Zona Climática .....	71
3.3.	Enquadramento Regulamentar .....	72
3.4.	Caracterização dos elementos da envolvente .....	74
3.4.1.	Pavimentos em contacto com o terreno .....	74
3.4.1.1.	Laje .....	74
3.4.2.	Muros em contacto com o terreno .....	75
3.4.2.1.	Parede_Exterior_Cave .....	76
3.4.3.	Elementos opacos das fachadas .....	76
3.4.3.1.	Parede_Exterior .....	77
3.4.4.	Compartimentação Interior .....	78
3.4.4.1.	Parede_Interior_1 .....	78
3.4.4.2.	Parede_Interior_2 .....	79
3.4.4.3.	Parede_Interior_3 .....	79
3.4.4.4.	Parede_Interior_4 .....	80
3.4.4.5.	Parede_Interior_5 .....	81
3.4.4.6.	Parede_Interior_6 .....	81
3.4.5.	Coberturas .....	82
3.4.5.1.	Cobertura .....	83
3.4.6.	Envidraçados .....	83

3.4.7. Inércia Térmica .....	86
3.4.8. Pontes Térmicas .....	86
3.5. Sistema de Climatização .....	88
3.6. Águas Quentes Sanitárias (AQS) .....	91
3.7. Caracterização dos espaços – análise nominal.....	91
3.7.1. Ocupação .....	92
3.7.2. Caudais mínimos de ar novo.....	92
3.7.3. Potência de equipamentos .....	92
3.7.4. Potência de iluminação.....	92
4. SIMULAÇÃO.....	93
4.1. Introdução .....	93
4.2. Simulação RCCTE-STE .....	93
4.2.1. Caracterização do Edifício.....	94
4.2.2. Caracterização da Fração Autónoma.....	94
4.2.3. Soluções de construção.....	95
4.2.4. Caracterização do espaço útil .....	95
4.2.5. Ocupação .....	96
4.2.6. Iluminação .....	96
4.2.7. Equipamento .....	96
4.2.8. Ventilação .....	96
4.2.9. Temperatura de referência de Aquecimento e Arrefecimento.....	97
4.2.10. Climatização .....	98
4.2.11. AQS.....	98
4.2.12. Outros consumos .....	98
4.2.13. Base de dados climáticos.....	99
4.2.14. Resultados .....	99

4.3. Simulação Cypeterm/EnergyPlus.....	101
4.3.1. Descrição do Edifício .....	101
4.3.2. Elementos .....	101
4.3.3. Compartimentos .....	103
4.3.4. Fração Autónoma .....	104
4.3.5. Climatização .....	105
4.3.6. Base de dados climáticos .....	106
4.3.7. Resultados.....	107
4.4. Comparação de resultados .....	111
4.4.1. IEE.....	111
4.4.2. Necessidades Energéticas .....	117
4.5. Análise de Resultados.....	118
5. CONCLUSÕES .....	121
6. BIBLIOGRAFIA .....	125
ANEXO A – LISTAGENS DO SOLTERM .....	129
ANEXO B – INÉRCIA TÉRMICA.....	137
ANEXO C – CAUDAL MINIMO DE AR NOVO .....	139
ANEXO D – PERFIS NOMINAIS .....	141
ANEXO E – SOLUÇÕES DE CONSTRUÇÃO (STE) .....	145
ANEXO F – CARGAS TÉRMICAS .....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Diagrama de princípio de funcionamento de um sistema de climatização “tudo ar” de uma só zona (reproduzido de Carapito, 2011).....	17
Figura 2.2 - Diagrama de instalação do tipo “tudo ar” com baterias de reaquecimento (reproduzido de Carapito, 2011).....	18
Figura 2.3 - Diagrama de instalação do tipo VAV (reproduzido de Carapito, 2011).....	19
Figura 2.4 - Diagrama de instalação do tipo “tudo ar” com baterias de reaquecimento (reproduzido de Carapito, 2011).....	20
Figura 2.5 - Diagrama de instalação do sistema de Volume de Ar Constante com percurso duplo .....	22
Figura 2.6 - Diagrama de instalação de um sistema de percurso duplo de Volume de Ar Constante (VAC) e com Reaquecimento. ....	23
Figura 2.7 - Diagrama de instalação de um sistema de Volume de Ar Variável (VAV) – Sistema Multizona. ....	24
Figura 2.8 - Unidade de janela (vistas exterior e interior) .....	28
Figura 2.9 - O interior de uma unidade de janela .....	29
Figura 2.10 - Esquema e sistema <i>Split</i> . ....	30
Figura 2.11 - <i>Split Cassete</i> .....	30
Figura 2.12 - Exemplo de aplicação .....	31
Figura 2.13 - Unidade interna para controlo remoto do sistema <i>Split parede</i> .....	31
Figura 2.14 - Esquema de funcionamento de um aparelho <i>Split parede</i> .....	32
Figura 2.15 - Exemplo de <i>Split dutado</i> . ....	32
Figura 2.16 - Exemplo de um <i>Split teto</i> . ....	33

Figura 2.17 - Sistema de Climatização <i>Multi-Split</i> .....	33
Figura 2.18 - <i>Multi-Split</i> .....	33
Figura 2.19 - Exemplo de um modelo VRV. ....	34
Figura 2.20 - Aplicação VRV num edifício. ....	35
Figura 2.21 - Circuito analogia reo-elétrica do funcionamento do programa RCCTE-STE .....	43
Figura 2.22 - Introdução das primeiras informações no programa RCCTE-STE. ....	45
Figura 2.23 - Introdução das propriedades relativas à envolvente da fração no programa RCCTE-STE.....	46
Figura 2.24 - Ambiente de trabalho do Cypeterm (reproduzido de Top Informática, 2012). ....	49
Figura 2.25 - Módulo de climatização no programa <i>Cypeterm</i> (reproduzido de Top Informática, 2012).....	50
Figura 2.26 - Esquema geral de funcionamento do <i>EnergyPlus</i> (reproduzido de Cartas, 2011) .....	52
Figura 2.27 - Exemplo de gráfico de outputs do <i>DesignBuilder</i> (reproduzido de Rodrigues, 2012).....	56
Figura 2.28 - Interface do <i>TRNSYS</i> (reproduzido de Rodrigues, 2012).....	57
Figura 2.29 - O <i>TRNSYS3D</i> permite a criação do modelo do edifício, enquanto o <i>TRNBuild</i> define propriedades mais específicas dos materiais de construção assim como ganhos diversos (reproduzido de Rodrigues, 2012).....	58
Figura 2.30 - Interface do HAP (reproduzido de Rodrigues, 2012). ....	59
Figura 2.31 - Interface do <i>Building Wizard</i> (reproduzido de Rodrigues, 2012).....	60
Figura 2.32 - <i>VisualDOE</i> – Interface gráfica.....	62

Figura 2.33 - <i>VisualDOE</i> – Introdução do sistema de AVAC. ....	62
Figura 2.34 - Estrutura do DOE2.1E (reproduzido de Martins, 2008) .....	64
Figura 2.35 - Diagrama estrutural do ESP-r (reproduzido de Ferreira, 2006). ....	66
Figura 3.1 - Adega Croft, Quinta do Panascal - Casa Nova.....	69
Figura 3.2 - Planta do rés-do-chão.....	70
Figura 3.3 - Orientação da Adega de acordo com a planta. ....	70
Figura 3.4 - Pavimento do edifício. ....	74
Figura 3.5 - Pormenor da Laje.....	74
Figura 3.6 - Parede exterior em contacto com o terreno. ....	75
Figura 3.7 - Pormenor do muro em contacto com o terreno – Parede_Exterior_Cave...	76
Figura 3.8 - Parede exterior do edifício. ....	77
Figura 3.9 - Pormenor da Parede_Exterior.....	77
Figura 3.10 - Paredes Interiores do edifício. ....	78
Figura 3.11 - Pormenor da parede interior – Parede_Interior_1.....	78
Figura 3.12 - Pormenor da parede interior – Parede_Interior_2.....	79
Figura 3.13 - Pormenor da parede interior – Parede_Interior_3.....	80
Figura 3.14 - Pormenor da parede interior – Parede_Interior_4.....	80
Figura 3.15 - Pormenor da parede interior – Parede_Interior_5.....	81
Figura 3.16 - Pormenor da parede interior – Parede_Interior_6.....	82
Figura 3.17 - Cobertura do edifício.....	82
Figura 3.18 - Pormenor da cobertura – Cobertura.....	83
Figura 3.19 - Envidraçados exteriores (Ve) do edifício.....	83
Figura 3.20 - Sistema de Climatização instalado no edifício.....	88

Figura 3.21 - Aquapack MI-450 (reproduzido da biblioteca de equipamentos do <i>Cype</i> ). .....	89
Figura 3.22 - Hydronic CTB2 (reproduzido da biblioteca de equipamentos do <i>Cype</i> ). .	90
Figura 3.23 - Instalação do sistema de climatização.....	90
Figura 4.1 - Caracterização do espaço útil do edifício.....	95
Figura 4.2 - Caudal de ar novo nominal do edifício. ....	97
Figura 4.3 - Sistema de Climatização da Adega.....	98
Figura 4.4 - Síntese resultados IEE e Potências da Adega, no STE. ....	99
Figura 4.5 - Síntese resultados IEE da Adega, no STE.....	99
Figura 4.6 - Resumo resultados IEE da Adega, no STE. ....	100
Figura 4.7 - Resultados Temperaturas do ar e Necessidades de Energia da Adega, no STE.....	100
Figura 4.8 - Temperatura do ar (semana3).....	100
Figura 4.9 - Temperatura do ar (semana30). ....	100
Figura 4.10 - Descrição da parede.....	102
Figura 4.11 - Descrição do material.....	102
Figura 4.12 - Vista 3D da Adega. ....	103
Figura 4.13 - Vista 3D do sistema de climatização da Adega.....	106
Figura 4.14 - Necessidade térmica de aquecimento da Adega.....	109
Figura 4.15 - Necessidade térmica de arrefecimento da Adega. ....	111
Figura 4.16 - Classes energéticas para edifícios de serviços.....	115
Figura 4.17 - Comparação entre os resultados obtidos sobre as necessidades térmicas de aquecimento.....	117

Figura 4.18 - Comparação entre os resultados obtidos sobre as necessidades térmicas de arrefecimento..... 117

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Sistemas Tudo-Ar mais usados. ....	16
<b>Tabela 3.1</b> - Zona Climática, Quadro III.4, Quadro III.5, Quadro III.6, Quadro III.7 do RCCTE. ....	71
<b>Tabela 3.2</b> - Zona Climática, Quadro III.1 do RCCTE. ....	71
<b>Tabela 3.3</b> - Zona Climática, faixas costeiras. ....	72
<b>Tabela 3.4</b> - Zona Climática, Anexo III, Quadro III.8, Quadro III.9, Artigo 15, ponto 2 do RCCTE. ....	72
<b>Tabela 3.5</b> - Características do pavimento em contacto com o solo – Laje. ....	75
<b>Tabela 3.6</b> - Características do Ve01. ....	84
<b>Tabela 3.7</b> - Características do Ve02. ....	85
<b>Tabela 3.8</b> - Características do Ve03. ....	85
<b>Tabela 3.9</b> - Perdas térmicas lineares. ....	87
<b>Tabela 3.10</b> - Características da unidade produtora água fria/quente. ....	88
<b>Tabela 3.11</b> - Características das unidades terminais. ....	89
<b>Tabela 4.1</b> - Necessidade térmica de aquecimento da Adega. ....	108
<b>Tabela 4.2</b> - Necessidade térmica de arrefecimento da Adega. ....	110
<b>Tabela 4.3</b> - Dados provenientes do RCCTE, com ventilação natural. ....	114
<b>Tabela 4.4</b> - Consumos anuais. ....	114
<b>Tabela 4.5</b> - Resultado do IEE e classe energética para os dois programas. ....	116
<b>Tabela 4.6</b> - Comparação do quadro resumo do IEE dos dois programas. ....	116

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\tau$	Coeficiente de redução de perdas térmicas para espaços não aquecidos	
$\theta_{\text{atm}}$	Valor médio da temperatura do ar exterior	
A	Área	[m <sup>2</sup> ]
A <sub>p</sub>	Área útil de pavimento	[m <sup>2</sup> ]
e	Espessura	[m]
GD	Graus dias de aquecimento	[°C.dia]
G <sub>sul</sub>	Energia solar média mensal incidente a Sul	[kWh/(m <sup>2</sup> .mês)]
HR	Humidade relativa	[%]
M <sub>AQS</sub>	Consumo médio diário de referência AQS	[l]
M <sub>si</sub>	Massa superficial útil do elemento	[kg/m <sup>2</sup> ]
N <sub>ic</sub>	Necessidades nominais de energia útil de aquecimento	[kWh/m <sup>2</sup> ]
N <sub>vc</sub>	Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento	[kWh/m <sup>2</sup> ]
N <sub>ac</sub>	Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias	[kWh/m <sup>2</sup> ]
t <sub>c</sub>	Necessidades nominais globais de energia primária	[kWh/m <sup>2</sup> ]
R <sub>se</sub>	Resistência térmica superficial exterior	[m <sup>2</sup> .°C/W]
R <sub>si</sub>	Resistência térmica superficial interior	[m <sup>2</sup> .°C/W]
S <sub>i</sub>	Área da superfície interior do elemento i	[m <sup>2</sup> ]
T <sub>e</sub>	Temperatura no exterior do espaço	[°C]

Ti	Temperatura no interior do espaço	[°C]
U	Coeficiente de transmissão térmica	[W/m <sup>2</sup> .°C]
λ	Condutibilidade térmica	[W/m.°C]

## LISTA DE ABREVIATURAS

AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BDL	<i>Building Description Language</i>
BESTEST	<i>Building Energy Simulation Test</i>
BLAST	Building Loads Analysis and System Thermodynamics
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CE	Certificado Energético
CEN	Comité Européen de Normalisation
CLTD/SCL/CLF	<i>Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load Factor / Cooling Load Factor</i>
CTF	Conduction Transfer Functions
DCR	Declarações de Conformidade Regulamentar
DOE	Department of Energy
EPW	EnergyPlus Weather file
ESO	EnergyPlus Output file
ESP-r	<i>Environmental System Performance Research</i>
GEE	Gás de efeito estufa
HAP	Hourly Analysis Program
HBM	Heat Balance Method
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning

IDF	Input Data File
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEE	Indicador de Eficiência Energética
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação
ISO	International Organization for Standardization
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
OMS	Organização Mundial de Saúde
PWF	Precalculated Weighting Factors
QAI	Qualidade do Ar Interior
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios
RTS	<i>Radiant Time Series</i>
SCE	Sistema de Certificação Energética
STE	Simulação Térmica de Edifícios
TETD/TA	<i>Total Equivalent Temperature Differential / Time Averaging</i>
TFM	<i>Transfer Function Method</i>
TRACE	<i>Trane Air Conditioning Economics</i>
TRNSYS	<i>TRaNsient SYstem Simulation</i>
UC	Unidade Climatizadora
URE	Utilização Racional de Energia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

VAC	Volume de Ar Constante
VAV	Volume de Ar Variável
VRV	Volume de Refrigerante Variável
XML	<i>Extensible Markup Language</i>



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

Em dezembro de 2013 entrou em vigor o novo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), revogando assim respetivamente o RCCTE e o RSECE. No entanto, o presente trabalho tem como objetivo a comparação e análise nas simulações térmicas simplificada e detalhada de um edifício multizona no âmbito do RSECE, de acordo com a legislação publicada em 2006: Decreto-Lei n.º 78/2006, Decreto-Lei n.º 79/2006 e Decreto-Lei n.º 80/2006

A atividade humana contribui gradualmente para o aquecimento global. Em particular, os edifícios são responsáveis por aproximadamente metade das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) que contribuem para esse aquecimento. A climatização e a iluminação, efetuadas quase sempre a partir de combustíveis fósseis são as fontes de maior emissão de CO<sub>2</sub>, que têm vindo a aumentar desde a revolução industrial. Através da eficiência energética poderemos ajudar na preservação do nosso habitat, com medidas de combate aos desperdícios de energia e consequentemente de redução dos impactes ambientais.

Protocolo de Quioto, em que Portugal está inserido, serviu para que os países assumissem responsabilidades quanto ao controlo de gases de efeito de estufa. Neste contexto, impôs-se um consenso sobre a importância de melhorar o desempenho energético dos edifícios e de reduzir o consumo de energia e as correspondentes emissões de CO<sub>2</sub> nos mesmos. Desta forma, surge a Diretiva n.º 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro referente ao desempenho energético dos edifícios, onde são implementados alguns propósitos, tais como:

- Inspeção periódica dos consumos reais nos edifícios de maior dimensão, caldeiras e instalações de ar condicionado existentes nos edifícios e verificação da instalação de aquecimento assim que as caldeiras ultrapassarem os 15 anos;

- Certificação energética dos edifícios;
- Enquadramento geral para o cálculo do desempenho energético nos edifícios;
- Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e também dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação.

Esta diretiva foi transposta para Portugal através do Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE) e devido, não só ao aumento da procura de sistemas de climatização mas também à falta de requisitos mínimos de renovação do ar em edifícios e a pouca ou nenhuma manutenção e controlo de conformidade e desempenho das instalações existentes, institui-se a correção do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em edifícios (RSECE) publicado através do Decreto-Lei nº. 79/2006 de 4 de Abril, a qual tinha um quadruplo objetivo:

- Definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas (requisitos exigências) nos diferentes espaços dos edifícios, em consonância com as respetivas funções;
- Melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização mas em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes;
- Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efetivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projeto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;
- Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

## 1.2. Motivação

A geometria e a configuração do edifício, as propriedades físicas dos materiais, o clima, envolvente, a ocupação e a sua utilização são variáveis a ter em conta no cálculo das diversas e complexas trocas de calor existentes nos edifícios. Devido a essa complexidade e à necessidade da sua simulação, o aparecimento de programas que permitem a sua modelação foi inevitável.

Hoje em dia existe uma grande diversidade de programas utilizados na indústria da climatização, o que em muito contribuiu o desenvolvimento efetuado por algumas instituições como é o caso da *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)*, do Governo dos Estados Unidos e também laboratórios de pesquisa independentes. *EnergyPlus*, *BLAST* e *DOE-2* são alguns dos programas de simulação energética desenvolvidos por estas instituições, os quais permitem a simulação não só de sistemas térmicos simples mas também de sistemas de climatização em edifícios com elevado grau de complexidade.

O RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) impõe assim, para os edifícios com área útil superior a 1000 m<sup>2</sup> ou potência instalada superior a 25 kW para climatização, a sua simulação térmica dinâmica e multizona utilizando programas acreditados pela norma *ANSI/ASHRAE 140-2004*.

Hoje em dia, uma grande parte das entidades portuguesas ainda não efetua corretamente as simulações térmicas detalhadas, não só devido a fatores de custo e complexidade, mas também pelo facto de até agora só terem sido aplicadas no projeto de grandes edifícios novos. Prevê-se no entanto que o futuro traga melhorias, pois existe obrigatoriedade de todos os grandes edifícios existentes passarem a cumprir o RSECE num prazo máximo de 6 anos e de todos os edifícios novos estarem sujeitos a uma auditoria após 3 anos de funcionamento, a qual colocará novas exigências em termos da qualidade das simulações.

Uma grande parte das modelações térmicas de edifícios executadas têm recorrido ao programa de simulação dinâmica simplificada (unizona) *RCCTE-STE* do LNEG, assim o objetivo será avaliar as suas limitações, comparando os resultados deste programa com os obtidos recorrendo a um programa de simulação dinâmica detalhada (multizona).

### 1.3. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo efetuar a simulação dinâmica em condições reais de um edifício industrial com dois programas diferentes, o *Cypeterm* disponibilizado pela Top-Informática e o *RCCTE-STE* do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Com este trabalho pretende-se também adquirir conhecimentos avançados na utilização de programas de simulação energética detalhada de grandes edifícios.

Deste modo, o trabalho procurou orientar-se nos seguintes interesses:

- Efetuar uma revisão bibliográfica aos *softwares* autorizados para o RSECE (os multizona, e.g. *TRNSYS*, *TRACE 700*, *EnergyPlus*, *DOE2.2/eQuest*, *Carrier\_HAP*, etc. e o unizona STE-LNEG), avaliando as suas metodologias de cálculo e identificando as principais vantagens e inconvenientes de cada um;
- Aplicar o *software* escolhido (multizona) à simulação térmica de um grande edifício (área útil superior a 1000m<sup>2</sup> ou potência instalada superior a 25kW), comparando-o com a utilização do software de simulação simplificada *RCCTE-STE* do LNEG (ex-INETI);
- Analisar as diferenças na modelação, método de cálculo e introdução de variáveis, entre cada um dos programas na simulação do edifício, fazendo uma análise comparativa aos resultados obtidos com os dois programas.

### 1.4. Estrutura do Trabalho

De modo a serem atingidos os objetivos enunciados no ponto anterior, o edifício em estudo será analisado ao detalhe, tanto do ponto de vista térmico como do ponto de vista energético. Assim sendo, a estrutura para a organização do trabalho é composta por cinco capítulos:

O primeiro capítulo contém o enquadramento geral do trabalho, as motivações, objetivos e, por último, a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica em que se faz uma abordagem à regulamentação térmica de edifícios em Portugal, descrevendo os vários regulamentos que se encontram em vigor atualmente. É feita também uma breve caracterização dos sistemas de climatização existentes, classificando-os quanto ao fluido térmico a ser utilizado. São apresentados alguns dos métodos de cálculo de cargas térmicas utilizados nos programas de simulação dinâmica detalhada, procedendo-se à descrição de algumas ferramentas de simulação existentes e mais adequadas ao projeto, revelando as principais características de cada uma.

O caso de estudo é descrito no capítulo 3, descrevendo o edifício e caracterizando todos os aspetos fundamentais para os decorrentes estudos.

No capítulo 4 efetua-se a simulação dinâmica do edifício usando o *Cypeterm*, que utiliza como motor de cálculo o *EnergyPlus*, e com recurso ao programa de simulação simplificada (unizona) *RCCTE-STE*, procura-se destacar as capacidades, características e diferenças entre os programas.

O trabalho termina, capítulo 5, com a apresentação das principais conclusões da dissertação e sugestões para possíveis melhorias futuras.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Introdução

A simulação dinâmica de edifícios vem sendo utilizada desde meados da década de 70 do século passado até ao presente. O uso de métodos dinâmicos usados através de programas de simulação é cada vez mais recorrente, pois cada vez mais existe uma grande preocupação com o consumo energético neste sector. Estes programas possuem ferramentas de verificação importantíssimas que permitem reproduzir, com grande aproximação, as situações reais e obter os correspondentes dados de estudo, permitindo assim a determinação das cargas térmicas existentes num edifício.

Os programas informáticos de simulação têm um papel muito importante pois permitem ao auditor obter resultados em tempo útil.

Em relação à auditoria energética, a grande vantagem da simulação dinâmica é que esta permite o teste de diversas soluções alternativas para a melhoria da eficiência de um edifício e uma preciosa comparação entre elas, servindo de suporte à decisão pela opção mais vantajosa. Enquanto numa auditoria energética o técnico responsável tem de ter em conta uma variedade de fatores na determinação das cargas térmicas (iluminação, ventilação natural, utilização de equipamentos diversos e níveis de ocupação, etc) numa elevada quantidade de espaços diferenciados, estes programas contêm equações de transferência de calor e massa associadas a um conjunto de algoritmos e de dados de base que possibilitam obter resultados mediante a implementação computacional de diversos parâmetros e características tais como os materiais e soluções construtivas do edifício, a sua arquitetura e envolvente, a orientação geográfica e os níveis de iluminação, equipamentos e ocupação. Possibilitam ainda determinar os consumos dos sistemas existentes ao nível da climatização, assim como o consumo global de um edifício, tornando-se assim numa ferramenta bastante útil na fase de projeto.

A determinação do IEE (Indicador de Eficiência Energética) e o dimensionamento de sistemas de climatização são os principais objetivos da simulação térmica dinâmica, no âmbito do RSECE. Esta simulação tem de ser feita com um programa acreditado pela norma *ASHRAE 140-2004*.

O objetivo deste capítulo é fazer uma revisão bibliográfica da regulamentação térmica de edifícios em Portugal, dos métodos de cálculo de cargas térmicas em programas, dos tipos de sistemas de climatização e a descrição de alguns programas de simulação dinâmica detalhada.

## **2.2. Regulamentação Térmica de Edifícios em Portugal**

A 16 de Dezembro de 2002 a Comissão Europeia elaborou a diretiva 2002/91/CE com o objetivo de se atingir uma melhoria significativa no desempenho energético dos edifícios. Esta diretiva visa implantar procedimentos mínimos de desempenho energético relativamente aos edifícios novos e existentes.

Em Portugal a implementação da diretiva comunitária 2002/91/CE foi efetuada pela publicação, em 3 de Julho de 2006, da revisão da regulamentação térmica dos edifícios, através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE), do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). A partir de 1 de Janeiro de 2009, todos os edifícios existentes e novos ficaram sujeitos a esta regulamentação.

O SCE tem como objetivo a continuação regulamentar das exigências e disposições contidas no RSECE e no RCCTE, que genericamente consistem na melhoria do desempenho energético dos edifícios, na utilização de energias renováveis e na garantia da qualidade do ar no interior dos edifícios. Neste âmbito, o SCE verifica o cumprimento dos regulamentos mencionados e certifica o desempenho energético e a qualidade do ar interior do edifício, identificando igualmente as medidas corretivas de melhoria de desempenho nos edifícios ou nos equipamentos energéticos, na área do AVAC, em termos de consumo e qualidade do ar interior.

De realçar que apenas o RSECE impõe a obrigatoriedade de auditoria a edifícios existentes, enquanto o RCCTE apenas se aplica a edifícios novos de habitação.

### **2.2.1. Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade de Ar Interior nos Edifícios – SCE**

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) resulta da transposição para direito nacional da Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios e tem como entidade gestora a ADENE.

Esta 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, da 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.

É um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que se pretende venha a proporcionar economias significativas de energia para o país em geral e para os utilizadores dos edifícios, em particular. Juntamente com os diplomas que vieram rever a regulamentação técnica aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação (RCCTE, D.L. 80/2006) e aos edifícios de serviços (RSECE, D.L. 79/2006), o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efetiva destes regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior, aos imóveis já construídos.

#### **2.2.1.1. Objetivos e âmbito de aplicação do SCE**

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios tem como propósito assegurar a aplicação regulamentar nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e ainda às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE).

Tem também como finalidade certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios e identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos

edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

#### **2.2.1.2. Organização e funcionamento do SCE**

A supervisão do SCE relativamente à certificação e eficiência energética e à qualidade do ar interior é da responsabilidade da Direcção-Geral de Geologia e Energia e ao Instituto do Ambiente.

A gestão do SCE cabe à agência para a Energia (ADENE), à qual compete assegurar o funcionamento regular do sistema no que respeita à supervisão dos peritos qualificados e de emissão dos respetivos certificados; aprovar o modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios, ouvidas as entidades de supervisão e as associações sectoriais; criar uma bolsa de peritos qualificados do SCE e manter informação atualizada sobre a mesma no seu sítio da Internet; facultar, *online*, o acesso a toda a informação relativa aos processos de certificação aos peritos que os acompanham.

#### **2.2.2. Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE)**

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) surgiu como sequência da criação do SCE devido à tomada de consciência do impacto energético e consequentemente económico dos edifícios, nomeadamente de serviços, e veio definir um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização, os quais, para além dos aspetos relacionados com a envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrange também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, impondo a realização de auditorias energéticas periódicas aos edifícios de serviços.

Neste regulamento, a qualidade do ar interior surge também com requisitos relativamente aos caudais mínimos do ar interior por tipo de atividade e a concentrações máximas dos principais poluentes (edifícios existentes).

### 2.2.2.1. Objetivos do RSECE

O RSECE tem como objetivo definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios, em consonância com as respetivas funções. Para isso, deve recorrer às orientações e à prática da comunidade internacional, de acordo com o estado da arte dos conhecimentos sobre o conforto térmico e a qualidade do ar interior, na sequência dos valores guia da Organização Mundial de Saúde (OMS) e das normas nacionais e internacionais [*International Organization for Standardization (ISO)*, *Comité Européen de Normalisation (CEN)*].

Deve também melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização como em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios que se irão construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes. Este objetivo impõe a adoção de métodos detalhados de previsão de consumos energéticos na fase de projeto, o que constitui uma alteração importante na forma como vêm sendo elaborados os respetivos projetos.

Um terceiro objetivo prende-se com a imposição de regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efetivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, tanto a nível do projeto como a nível da sua instalação e durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada. Implica que se ampliem, ao nível do projeto, os requisitos técnicos aplicáveis aos sistemas a conceber. Os projetistas devem favorecer sistemas centralizados como forma de tirar partido de economias de escala, quer a nível de um edifício com várias frações autónomas, quer a nível de grupos de edifícios, com recurso a redes urbanas de calor e de frio, sempre que possível, e a soluções energeticamente mais eficientes, incluindo as que recorram a sistemas baseados em energias renováveis, mesmo que de custo inicial mais elevado, se tiverem viabilidade económica traduzida por um período de retorno aceitável.

O último objetivo implica monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios. Finalmente, e a nível do próprio projeto, têm de ser previstas as condições e componentes necessárias para uma manutenção e monitorização adequadas.

### **2.2.3. Tipos de edifícios abrangidos pelo RSECE**

Quase todos os edifícios estão abrangidos pelo SCE, exceções feitas aos edifícios utilizados como lugar de culto, edifícios industriais e agrícolas destinados a atividades de produção, garagens, armazéns não climatizados, edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados, infraestruturas militares e edifícios relativos a forças de segurança.

Aos edifícios em que se aplica o SCE, este verifica a correta aplicação do regulamento a que o edifício está sujeito (RCCTE ou RSECE) de acordo com a sua tipologia (habitação ou serviços).

Os edifícios abrangidos pelo RSECE são:

- ✓ Edifícios de habitação (novos ou grandes reabilitações), com sistemas de climatização com potência superior a 25 kW (RCCTE também exigido em separado).
- ✓ Grandes edifícios de serviços (novos ou grandes reabilitações), com áreas úteis superiores a 1000 m<sup>2</sup>, com exceção de centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas cobertas aquecidas em que o limite é de 500 m<sup>2</sup>.
- ✓ Pequenos edifícios de serviços (novos ou grandes reabilitações), com sistemas de climatização superior ou igual a 25 kW, com área útil inferior a 1000 m<sup>2</sup> (ou 500 m<sup>2</sup> nos casos dos centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas cobertas aquecidas).
- ✓ Os novos sistemas de climatização com mais de 25 kW de potência instalada, aplicados em qualquer tipologia de edifício (novos, grandes reabilitações e existentes) ficam abrangidos pelo RSECE.
- ✓ Ampliação dos edifícios existentes em que a intervenção não atinja o limite definido para ser considerada uma grande intervenção de reabilitação.

### **2.2.3.1. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) estabelece requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos.

Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de energia primária. Esta legislação impõe a instalação de painéis solares térmicos e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável.

### **2.2.3.2. Objetivo e âmbito de aplicação do RCCTE**

O RCCTE estabelece as regras a observar no projeto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que as exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento e de ventilação, para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia. Tem também como propósito a minimização de situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

O presente regulamento aplica-se a cada uma das frações autónomas de todos os novos edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviço com área útil inferior ou igual a 1000 m<sup>2</sup> e sem sistemas mecânicos de climatização ou com sistemas de climatização de potência inferior ou igual a 25 kW; grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias das duas tipologias de edifícios referidas anteriormente; ampliações de edifícios existentes, das duas tipologias atrás referidas, exclusivamente na nova área construída.

## **2.3. Sistemas de Climatização**

### **2.3.1. Introdução**

A energia constitui uma das necessidades básicas da humanidade, sendo utilizada para as mais diversificadas funções como, por exemplo, o aquecimento e arrefecimento do ambiente interior e a preparação de AQS. Com o aumento da exigência por parte dos consumidores em relação ao conforto térmico no interior das suas habitações, surge a necessidade de produzir equipamentos de climatização e preparação de AQS capazes de dar resposta a essa exigência e, ao mesmo tempo, que consumam a menor energia possível.

A Diretiva relativa ao Desempenho Energético de Edifícios (EPBD), introduzida em 2002, foi substituída pela diretiva 2010/31/EU de 19 de Maio de 2010, é uma diretiva da Comissão Europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios, e impõe que em 2020 todos os novos edifícios com mais de 250 m<sup>2</sup> sejam “edifícios com necessidades de energia quase nulas”, em que se entende por “consumo de energia” o consumo de energia não renovável e/ou produzida longe do edifício em questão.

Os sistemas existentes podem ser divididos em centralizados e individuais, tendo em conta a área a climatizar e o local onde se produz inicialmente o calor ou o frio.

Um sistema centralizado tem por objetivo servir a totalidade (ou a maior parte) do edifício, pelo que o circuito primário encontra-se perfeitamente localizado na chamada zona técnica e cujo acesso é restrito ao pessoal técnico. A climatização dos locais pode ser feita por um fluido diferente ou não do que circula no circuito primário. Um sistema individual é na realidade um aparelho ou um conjunto de aparelhos diferentes que servem de forma individual cada espaço do edifício

Os sistemas também podem ser classificados quanto ao fluido térmico utilizado (refrigerante secundário). Esta classificação é utilizada em sistemas centralizados.

Os sistemas podem ser:

### 2.3.2. Sistemas do tipo “Tudo-ar”

Os sistemas tudo-ar consistem numa técnica de climatização em que a remoção da carga térmica das diferentes zonas dum edifício é efetuada apenas pela distribuição de ar que foi tratado nos equipamentos dos sistemas individuais ou nos sistemas centralizados.

Nos locais técnicos centralizados existem normalmente unidades produtoras de água gelada e de água quente ("Chillers/Bomba de calor" e Caldeiras) que asseguram a produção primária de frio e de calor, utilizando fluídos frigorigéneo e água, necessária nos equipamentos de tratamento de ar (UTA.'s). O ar depois de tratado é distribuído até aos locais condicionados onde, ao ser insuflado no ambiente pelos dispositivos terminais (grelhas ou difusores) deve "varrer" adequadamente a zona ocupada para que o efeito da carga térmica em jogo seja realmente anulado de uma forma correta. Na prática existem poucos sistemas verdadeiramente do tipo tudo-ar.

Nesta classe dos sistemas tudo-ar é possível ainda definir os seguintes grupos relativamente ao modo como é feita a distribuição de ar:

- Sistemas com percurso simples.
- Sistemas com percurso duplo.

Nos sistemas com percurso simples, a distribuição do ar frio ou quente é feito apenas por uma conduta até ao local a climatizar e as baterias principais, de aquecimento e de arrefecimento, existentes na unidade de tratamento de ar (UTA) estão montadas em série. A temperatura do escoamento de ar que chega a cada um dos locais é idêntica em todos.

Nos sistemas com percurso duplo, o aquecimento e o arrefecimento do ar processa-se em simultâneo, respetivamente, nas baterias de aquecimento e de arrefecimento montadas em paralelo.

Dentro destes dois grupos de sistemas existem sistemas com características particulares bem diferentes, tais como poderem servir uma ou mais que uma zona, permitirem tirar partido da variação de caudal de ar e possuírem reaquecimento terminal ou não. Na Tabela 2.1, apresentam-se então os Sistemas Tudo-Ar mais comuns.

De seguida faz-se uma análise detalhada sobre alguns destes sistemas.

**Tabela 2.1** - Sistemas Tudo-Ar mais usados.

<b>Sistemas com Percurso Simples</b>	<b>Sistemas com Percurso Duplo (Multizona)</b>
Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) Unizona ou Zona Simples	Sistema com Volume de Ar constante
Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) Unizona ou Reaquecimento Terminal	Sistema com Volume de Ar Constante Unizona e Reaquecimento Terminal
Sistema com Volume de Ar Variável (VAV)	Sistema com Volume de Ar Variável – Sistema Multizona
Sistema com Volume de Ar Variável (VAV) com Reaquecimento	

### **2.3.2.1. Sistemas com Percurso Simples**

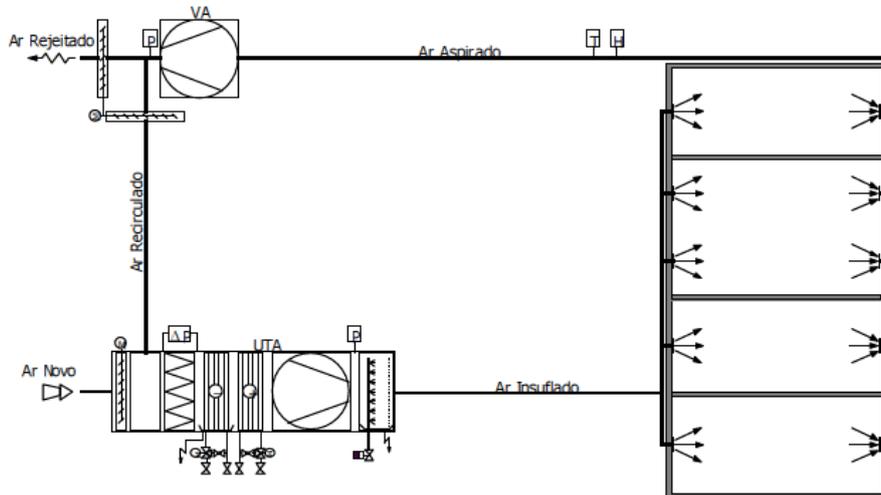
#### **2.3.2.1.1. Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) Unizona ou Zona Simples**

Este tipo de sistema Tudo Ar é o mais simples e aplica-se só a uma zona térmica como por exemplo um local de grande dimensão. Poderá também servir satisfatoriamente um conjunto de salas distintas desde que não haja uma diferença significativa na evolução temporal das cargas térmicas de cada uma dessas salas. Caso a zona térmica a climatizar englobe várias salas, o ar tratado na unidade de tratamento de ar é distribuído a todas essas salas nas mesmas condições de temperatura e humidade.

Quando se refere a um edifício com várias divisões o caudal de ar insuflado em cada uma delas deverá ser proporcional às respetivas cargas térmicas quer de aquecimento ou de arrefecimento.

O sistema de controlo geralmente atua sobre as baterias de aquecimento ou de arrefecimento da UTA em função da temperatura do ar na conduta de retorno, que é onde se obtém a temperatura média das divisões climatizadas.

Se existir controlo da humidade relativa do ar, o sistema de controlo também irá atuar sobre um humidificador (para humidificar) ou sobre a bateria de arrefecimento (para desumidificar) em função da humidade relativa do ar na conduta de retorno. Na Figura 2.1 está ilustrado o princípio de funcionamento deste sistema.



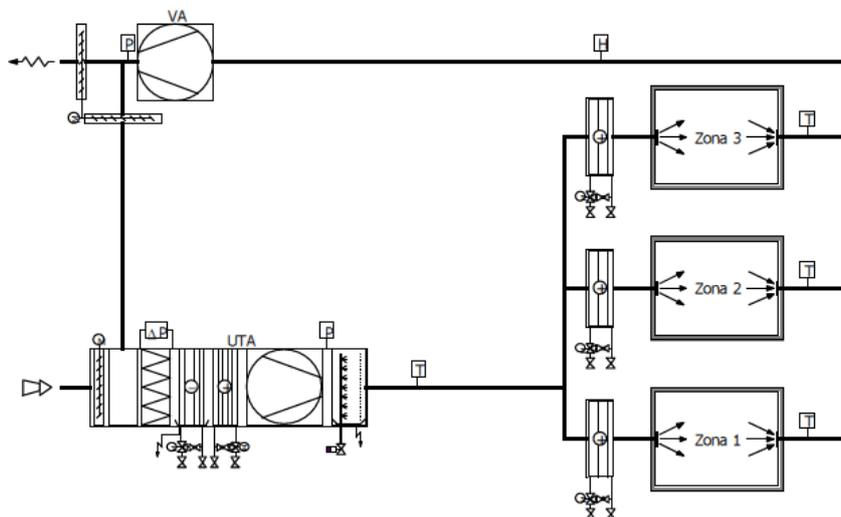
**Figura 2.1** - Diagrama de princípio de funcionamento de um sistema de climatização “tudo ar” de uma só zona (reproduzido de Carapito, 2011).

A vantagem deste tipo de sistema consiste na sua simplicidade, e requer um espaço disponível menor que os sistemas com percurso duplo. O Caudal de insuflação é sempre constante durante todo o ano, independentemente da estação e obtém-se uma distribuição do ar na zona térmica sempre constante e independente do regime de funcionamento do sistema. As desvantagens deste sistema residem no facto de não haver diferenciação no controlo da temperatura dos diferentes espaços, o que limita a sua aplicação e também o elevado consumo de energia associado ao funcionamento dos ventiladores

#### **2.3.2.1.2. Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) Unizona ou Reaquecimento Terminal**

No caso de se estar perante um edifício muito compartimentado com cargas térmicas distintas em cada compartimento, o controlo da temperatura de cada um pode ser conseguido complementando o sistema anterior com baterias de reaquecimento terminal instaladas na conduta de insuflação de ar junto de cada compartimento. Este reaquecimento pode ser feito com água quente, vapor ou eletricidade e é controlado pelo termostato de cada compartimento.

Ao controlar-se as cargas térmicas em cada divisão, vai-se alterar a humidade relativa do ar. Ou seja, a humidade relativa será diferente de divisão para divisão. No caso de se pretender controlar este parâmetro, deve ser adicionado ao sistema um conjunto de humidificadores terminais cujo desempenho é controlado pelos humidostatos.



**Figura 2.2** - Diagrama de instalação do tipo "tudo ar" com baterias de reaquecimento (reproduzido de Carapito, 2011).

Este sistema permite o controlo da temperatura e humidade relativa em cada zona condicionada e exige menos espaço disponível para o traçado de condutas uma vez que se trata de um percurso simples. Uma desvantagem do sistema será o facto de durante o período de arrefecimento tem de se fornecer energia ao sistema para arrefecer e desumidificar o ar na bateria para depois voltar a fornecer energia para o reaquecimento terminal.

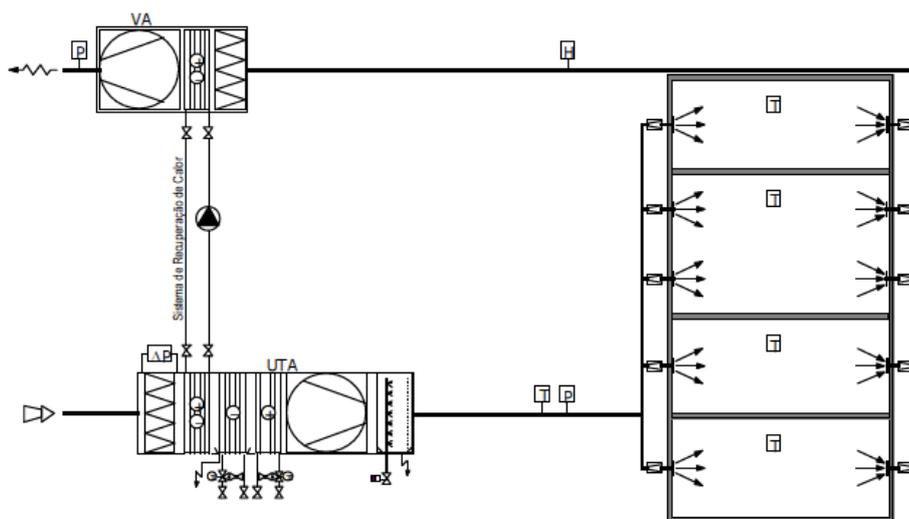
### **2.3.2.1.3. Sistema com Volume de Ar Variável (VAV) sem Reaquecimento Terminal**

Este tipo de sistema é aplicado nos locais de um edifício onde é necessário o arrefecimento durante todo o ano. Neste sistema o ar é tratado e insuflado a temperatura constante para todos as divisões. No final de cada ramificação é instalada uma unidade terminal de volume de ar variável, difusores. Esta unidade irá fazer variar o caudal de insuflação em função da carga térmica em cada divisão de modo a controlar a temperatura nesse local. Ou seja, os difusores

apenas permitem entrar no compartimento o ar necessário para que misturado com o ar presente dê a temperatura pretendida.

No Verão, acontece normalmente que a temperatura exterior seja superior à interior. Neste período processa-se ao arrefecimento e eventual desumidificação na bateria de arrefecimento de modo que a temperatura de insuflação seja sempre constante. No Inverno, a temperatura de insuflação é controlada através da mistura de ar novo e ar de recirculação.

Além do controlo da temperatura dos diferentes locais deve existir o controlo da pressão estática na conduta de distribuição. Este controlo pode ser conseguido através da regulação automática de um registo instalado a jusante do ventilador ou então fazendo variar a velocidade de rotação do ventilador e garantirá uma pressão estática constante a montante de cada unidade terminal de VAV impedindo que a restrição de escoamento imposta pela ação do controlo termostático de algumas zonas interfira no funcionamento das restantes unidades terminais.



**Figura 2.3** - Diagrama de instalação do tipo VAV (reproduzido de Carapito, 2011).

A principal vantagem deste sistema consiste na economia de energia alcançada com a redução do consumo energético envolvido na movimentação do ar devido ao facto de se distribuir apenas a quantidade de ar necessária em cada instante para obter as condições interiores.

Uma desvantagem será que, quando a carga térmica assume valores baixos, a distribuição do ar no ambiente pode tornar-se deficiente e a ventilação pode não ser assegurada devido ao caudal insuflado ser baixo. O campo de aplicação é limitado a espaços interiores dos edifícios

caracterizados por pequenas necessidades de arrefecimento durante todo o ano, o que pode ser considerada também uma desvantagem.

#### 2.3.2.1.4. Sistema com Volume de Ar Variável (VAV) com Reaquecimento

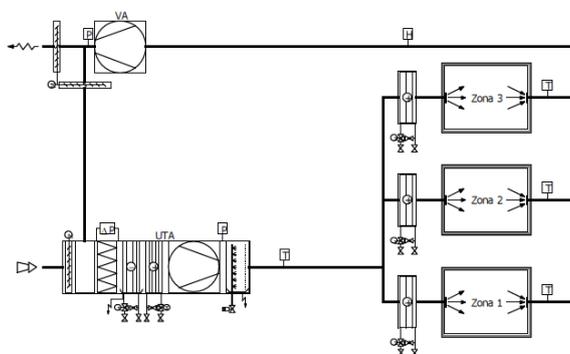
##### Terminal

Estes sistemas, instalados junto das unidades terminais de variação de caudal permitem satisfazer as necessidades de aquecimento e de arrefecimento de um local e admitem uma maior variação da carga térmica relativamente à versão anterior. Com este sistema, para além da variação do caudal de insuflação também é possível variar a temperatura de insuflação. O processo de reaquecimento é feito com água quente, vapor ou eletricidade. É um processo sensível e é controlado pelo mesmo termóstato de ambiente que também controla a variação de caudal do ar de insuflação.

No Verão, quando a carga térmica é máxima, o caudal de ar de insuflação assume o valor máximo e a temperatura o valor mínimo. Quando a carga térmica diminui, o termóstato impõe a diminuição do ar insuflado e a temperatura de insuflação permaneça constante até que o caudal atinge o valor mínimo.

A partir desta situação se as necessidades de arrefecimento do local continuarem a baixar, o caudal de ar mantém-se no mínimo, a bateria de reaquecimento entra em funcionamento e eleva progressivamente a temperatura de insuflação.

No Inverno, quando um local tem necessidade de aquecimento, o caudal deve manter-se no mínimo e o funcionamento da bateria de reaquecimento é controlado pelo termóstato do ambiente do local em questão.



**Figura 2.4** - Diagrama de instalação do tipo "tudo ar" com baterias de reaquecimento (reproduzido de Carapito, 2011).

Para que seja garantido o seu bom funcionamento, o caudal mínimo regulado nestas unidades VAV não deve ser inferior a 40% do seu caudal máximo.

### **2.3.2.2. Sistemas com Percurso Duplo**

Neste sistema o aquecimento e o arrefecimento do ar processam-se em simultâneo, nas baterias de aquecimento ou arrefecimento, respetivamente, montadas em paralelo. Ou seja, estes sistemas são constituídos por duas condutas de distribuição de ar, transportando uma ar quente e outra ar frio, desde a unidade de tratamento de ar até às caixas de mistura situadas junto de cada local. Na unidade de tratamento do ar, as baterias de aquecimento e arrefecimento estão também dispostas em paralelo.

Ao contrário dos sistemas de percurso simples em que o ar tratado era distribuído a várias zonas desde que as mesmas não apresentassem grandes diferenças térmicas, nos sistemas de percurso duplo, permite-se a distribuição de ar a locais com diferentes condições ambientais.

Os sistemas com percurso duplo mais usuais são:

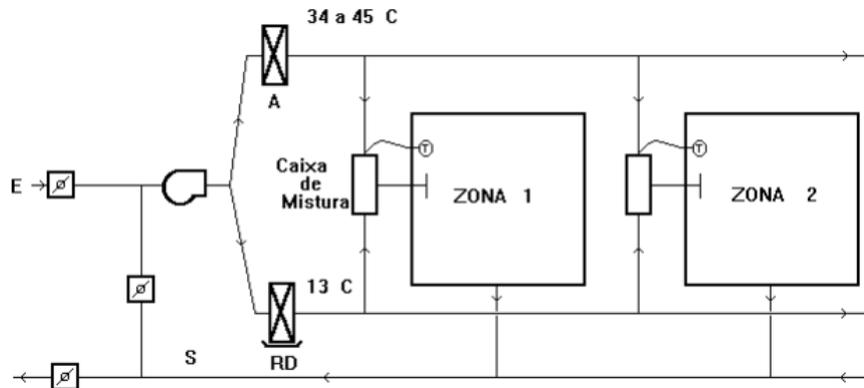
- Sistema com Volume de Ar Constante (VAC);
- Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) e com Reaquecimento;
- Sistema com Volume de Ar Variável (VAV) – Sistema Multizona;

#### **2.3.2.2.1. Sistema com Volume de Ar Constante (VAC)**

O sistema é dito de volume de ar constante porque o caudal de insuflação em cada local é sempre constante embora as percentagens de ar quente e ar frio variem.

Para definir o caudal a insuflar em cada divisão deve-se primeiro calcular o caudal de insuflação nas condições extremas de arrefecimento e de aquecimento. Deste modo, conhecendo as temperaturas do ar nas condutas de ar quente e ar frio, a temperatura interior de cada zona e as componentes sensíveis da carga térmica de aquecimento e de arrefecimento nas condições extremas de projeto é possível calcular os caudais de ar, que deveriam ser utilizados perante estas duas situações. Como os valores dos caudais não são necessariamente

iguais e o sistema é do tipo volume constante deve-se adotar o maior dos valores calculados para o caudal de insuflação.

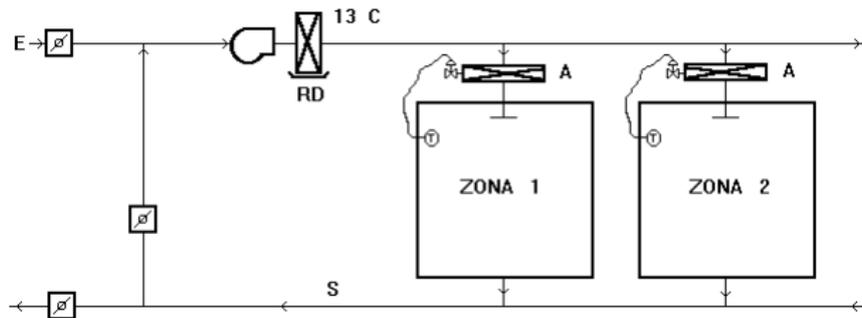


**Figura 2.5** - Diagrama de instalação do sistema de Volume de Ar Constante com percurso duplo.

Este sistema permite satisfazer simultaneamente as necessidades de arrefecimento e de aquecimento das diferentes zonas de um edifício com o controlo individual da temperatura. Tem como desvantagens o facto de exigir um espaço considerável para as condutas, ser um sistema relativamente caro e não ser um sistema eficiente do ponto de vista da utilização racional de energia.

#### **2.3.2.2.2. Sistema com Volume de Ar Constante (VAC) e com Reaquecimento**

Este sistema funciona de forma idêntica ao anterior. Em ambos o escoamento de ar insuflado em cada zona resulta da mistura de escoamentos de ar quente e ar frio produzidos na unidade de tratamento de ar. A principal diferença está na localização onde é feita essa mistura. Enquanto no sistema anterior as caixas de mistura se encontram localizadas junto de cada divisão, neste sistema a zona de mistura está localizada na unidade de tratamento do ar.



**Figura 2.6** - Diagrama de instalação de um sistema de percurso duplo de Volume de Ar Constante (VAC) e com Reaquecimento.

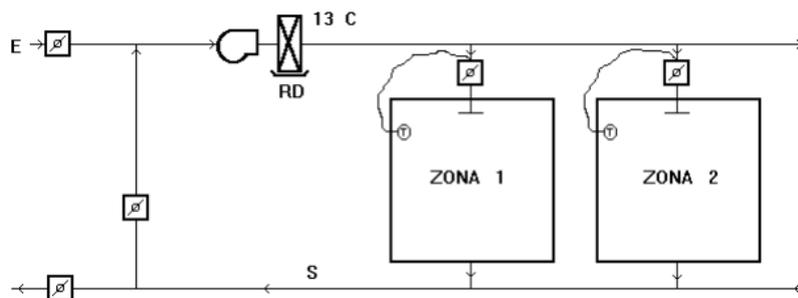
Apresenta como vantagem o custo não ser tão elevado em relação ao sistema anterior desde que o número de zonas não seja elevado e o percurso das condutas não seja demasiado longo; Poderá, em alguns casos, exigir um menor espaço para a passagem das condutas uma vez que a unidade que da unidade de tratamento do ar apenas parte uma conduta para cada zona.

Tem a desvantagem de estar limitado a um número de zonas reduzido e de dimensão também reduzida; Exigir um espaço considerável perto da unidade de tratamento de ar onde é feita a mistura para as diferentes zonas; Poderá surgir problemas de controlo da humidade.

### **2.3.2.2.3. Sistema com Volume de Ar Variável (VAV) – Sistema Multizona**

Este sistema é idêntico ao anterior com a diferença de o caudal de ar misturado nas caixas de mistura de cada zona poder ser variável em função das necessidades de arrefecimento ou de aquecimento, embora a temperatura de insuflação se mantenha constante.

Estes sistemas são utilizados principalmente nos locais onde há flutuações importantes das cargas térmicas internas. No caso de a temperatura aumentar devido à iluminação ou à própria atividade humana, o caudal a insuflar no local também aumenta, caso contrário é reduzido ao mínimo. Para o efeito, cada local dispõe de um termóstato de ambiente que ordena a abertura ou fecho de um regulador do caudal de ar, em função da temperatura ambiente, até ao limite mínimo necessário. A regulação do caudal de ar faz-se ao nível do ventilador por meio de um detetor de pressão localizado na rede de condutas.



**Figura 2.7** - Diagrama de instalação de um sistema de Volume de Ar Variável (VAV) – Sistema Multizona.

A principal vantagem deste sistema provém da diminuição proporcional do consumo de energia térmica, frigorífica e elétrica do ventilador, quando o caudal de ar baixa. Não é recomendável o seu funcionamento com ar reciclado. Isto é, uma vez que este tipo de sistema pode ser utilizado em qualquer divisão independentemente da sua localização a Sul ou a Norte, com efeito, ao admitir-se ar reciclado, nas cargas mais elevadas a Sul, a percentagem de ar novo é significativamente reduzida ou mesmo inferior ao mínimo indispensável a Norte.

### 2.3.3. Sistemas Tudo Água

Estes sistemas consistem numa técnica de climatização em que se distribui pelos equipamentos terminais existentes em cada ambiente unicamente água fria ou água quente em função das necessidades de arrefecimento ou de aquecimento. A produção da água quente é assegurada pela caldeira ou bomba de calor (unidades produtoras de água quente) enquanto a água fria ou gelada é produzida no chiller (unidade produtora de água fria). Estes equipamentos estão normalmente localizados num espaço técnico.

Os ventilo-convetores são as unidades terminais, mais usuais, para anular o efeito das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento. Trata-se de pequenas unidades de tratamento de ar instaladas nos próprios locais que condicionam. São constituídos por um ventilador e respetivo motor, filtro e uma ou duas baterias. Podem ser colocados no teto, na posição horizontal – tipo teto, ou montados na vertical apoiados no chão junto da parede e normalmente sob a janela – tipo bancada.

Estes equipamentos filtram o ar, aquecem-no ou arrefecem-no e distribuem-no pelo ambiente. Além disso, juntamente com o arrefecimento do ar podem processar a desumidificação. O aquecimento e o arrefecimento podem ser realizados numa só bateria ou em duas baterias separadas utilizando água. Contudo, o aquecimento pode ainda ser assegurado por uma bateria de resistências elétricas.

A circulação da água, quer fria ou quente, é feita em circuito fechado em que o retomo é direto ou invertido. Os sistemas de retorno invertido os circuitos hidráulicos de cada unidade terminal ficam mais próximos de uma situação de equilíbrio entre si ao contrário dos sistemas de retorno direto.

Este tipo de sistema de distribuição de água quente ou fria é também classificado como circuitos de dois, três ou quatro tubos relativamente ao tipo da configuração da alimentação e do retorno da água quente e fria nos ventilo-convetores.

No entanto, existem outros sistemas que conseguem assegurar as mesmas funções em simultâneo, aquecimento e arrefecimento, ou apenas uma delas, tratam-se dos radiadores, convetores, tetos arrefecidos e pavimentos aquecidos e/ou arrefecidos.

Contudo uma questão pode ser levantada quanto à renovação do ar nos espaços uma vez que nos sistemas tudo água não existe um circuito de distribuição de ar pelos espaços. Ora, nestes sistemas a renovação do ar processa-se unicamente de forma natural através das janelas ou de entradas de ar junto das unidades terminais.

A principal vantagem dos sistemas tudo água consiste no reduzido espaço que o circuito de tubagem de distribuição de água aos diferentes locais ocupa.

#### **2.3.3.1. Sistema de distribuição de água a 2 tubos**

Neste sistema os ventiloconvetores são alimentados nas estações de aquecimento e arrefecimento por água quente e fria, respetivamente. A distribuição e retomo da água quente ou fria são processadas consoante a necessidade de aquecimento ou arrefecimento, daí a designação do sistema a dois tubos.

Outra característica deste sistema consiste em que os ventiloconvetores funcionam com uma bateria comum onde passa a água quente ou a água fria. A temperatura da água é controlada através da variação do caudal que passa na bateria.

Contudo, este sistema de distribuição de água a dois tubos apenas pode ser usado nos locais que necessitem só de frio ou só de calor. Além disso, nas estações intermédias mostra-se inadequado por não suprimir em simultâneo as cargas térmicas de arrefecimento de alguns locais e as cargas térmicas de aquecimento de outros locais.

### **2.3.3.2. Sistema de distribuição de água a 3 tubos**

Neste tipo de instalação, a bateria de cada um dos ventiloconvetores pode ser alimentada por água quente e por água fria em qualquer instante. Deste modo as necessidades de aquecimento ou arrefecimento de um determinado local são satisfeitas independentemente das necessidades dos outros locais.

Neste sistema o circuito apresenta duas idas, água quente e água fria e um único retorno comum à água quente e água fria, daí a designação de sistema de distribuição de água a três tubos.

### **2.3.3.3. Sistema de distribuição de água a 4 tubos**

Este sistema também permite satisfazer as necessidades de aquecimento e arrefecimento em simultâneo em diferentes locais; trata-se de um melhoramento do sistema de distribuição de água a três tubos.

Os ventiloconvetores são alimentados por uma tubagem de água quente e outra de água fria e podem ter duas baterias. Desta forma evitam-se as perdas por mistura, existentes nos sistemas a dois ou três tubos. A quantidade de água quente ou fria que deve passar no ventiloconvetor é feita de acordo com o sinal detetado pelo termóstato ambiente, por válvulas modulantes de duas ou três vias.

Este tipo de instalação apresenta um custo inicial mais elevado no entanto permite melhorar a eficiência energética do sistema e conseqüentemente reduzir os custos de exploração relativamente aos sistemas a três tubos.

#### **2.3.4. Sistemas Água-Ar (Sistemas Mistos)**

Com estes sistemas a climatização dos ambientes é feita utilizando em simultâneo a distribuição de água e de ar. O ar que se introduz mecanicamente nos locais é designado por ar primário e é constituído normalmente apenas por ar novo que foi tratado na unidade de tratamento do ar. Este ar primário irá assegurar as necessidades mínimas de ventilação e o controlo da humidade relativa dos diferentes locais.

Estes sistemas são ditos de água-ar porque além de ser insuflado ar primário é também utilizada água nas unidades terminais instaladas em cada um dos locais. O caudal de água quente ou fria que circula nas baterias destas unidades terminais pode ser regulado por válvulas termostáticas em função do sinal detetado por cada termóstato de ambiente. As unidades terminais mais usuais são os ventilosconventores, painéis radiantes ou unidades de indução. O circuito de distribuição da água quente e fria pode ser efetuado a dois, três ou quatro tubos.

O ar primário que alimenta cada um dos locais pode entrar diretamente no ambiente, através de grelhas ou difusores, ou então ser canalizado diretamente para as unidades terminais onde se mistura com o ar recirculado para depois ser então introduzido no ambiente.

#### **2.3.5. Sistemas de Expansão Direta de um Fluido Refrigerante**

O aquecimento e o arrefecimento do ar podem também ser obtidos através do contacto com a superfície de baterias alimentadas diretamente por um fluido refrigerante.

Estes sistemas são designados por sistemas de expansão direta de um fluido refrigerante em que os elementos principais que compõem o ciclo frigorífico são o evaporador, o compressor e o dispositivo de expansão.

Os processos de arrefecimento e aquecimento funcionam alternadamente. No entanto, para que isso ocorra o sistema terá de possuir uma válvula de inversão do circuito do fluido refrigerante. Caso contrário, o sistema só consegue operar em arrefecimento ou em aquecimento.

Estes aparelhos que utilizam a transformação de fluidos refrigerantes podem ser do tipo monobloco ou separados:

- Aparelho monobloco: unidades de janela;
- Aparelhos separados: split e multi-split;
- Volume de Refrigerante Variável (VRF).

As unidades de janela (Figura 2.8), são equipamentos mais simples, muito utilizados e também são os mais baratos. São ideais para a climatização de ar de locais pequenos e além disso não ocupam espaço interno (útil). Estes aparelhos integram uma máquina de compressão de um fluido refrigerante e constituem o sistema de arrefecimento e/ou aquecimento do ar. No entanto, apresentam pequena capacidade, um maior nível sonoro e custo energético e são esteticamente desagradáveis.

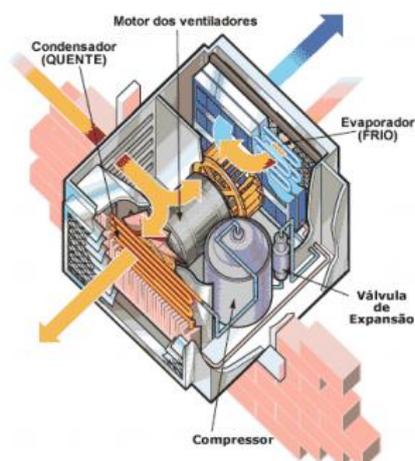


**Figura 2.8** - Unidade de janela (vistas exterior e interior)

Estas unidades são fabricadas em tamanhos suficientemente pequenos para que encaixem numa janela padrão. Apesar do seu reduzido tamanho, são constituídas por (Figura 2.9):

- Um compressor;
- Uma válvula de expansão;
- Um condensador (do lado de fora);
- Um evaporador (do lado de dentro);
- Dois ventiladores;

- Uma unidade de controlo.



**Figura 2.9** - O interior de uma unidade de janela

Tem-se notado um acentuado crescimento na utilização dos equipamentos separados. No caso de um espaço ou de uma residência com poucas divisões ou divisões pequenas a melhor solução será a utilização dos equipamentos *Split*; se o espaço ou a casa tiver uma grande área e se desejar que a temperatura seja controlada em toda a residência por um aparelho central, então a solução mais adequada será recorrer a um aparelho *Multi-Split*.

*Split* é um sistema constituído por dois equipamentos, um interior (a unidade evaporadora), a colocar na divisão que se pretende climatizar, e outro exterior (a unidade condensadora), a colocar na parte de fora da parede, interligados através de tubulações em cobre. Dependendo da capacidade do sistema, é definida a distância e desnível máximos entre estas unidades. Na unidade interna há necessidade de um ponto de dreno para o escoamento da água formada pela condensação da unidade contida no ambiente interno.

O *split* é um sistema que proporciona maior conforto uma vez que a maior parte do ruído ocorre na unidade externa (devido ao compressor), a qual pode ser instalada a uma distância de até 30 m do ambiente climatizado. Além disso possui controlo remoto sem fio o que permite a operação à distância, garantindo uma maior comodidade ao usuário. Na Figura 2.10 define-se cada um dos componentes.



**Figura 2.10** - Esquema e sistema *Split*.

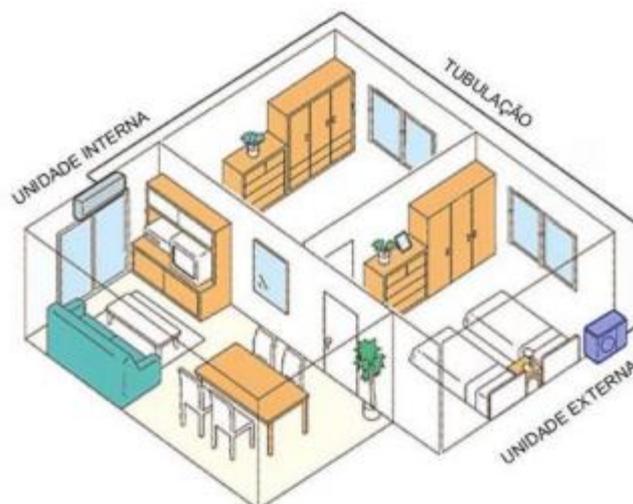
A unidade interna do aparelho *Split* pode ser colocada no teto ou na parede, consoante as necessidades e ocupação do espaço a climatizar. Distinguem-se os aparelhos:

- a) *Split cassette*: o aparelho é embutido no teto, no centro do ambiente. Trata-se de um sistema ideal para escritórios, consultórios, salas residenciais, etc. É discreto e harmonioso em qualquer ambiente, já que apenas a sua grelha fica visível no ambiente; além disso é bastante versátil, pois possui quatro saídas de insuflamento, tomada de ar externo e também a possibilidade de descarga de ar para uma sala adjacente (Figura 2.11).



**Figura 2.11** - *Split Cassete*

b) *Split parede*: é o aparelho mais comum e mais utilizado nas habitações privadas pela sua fácil instalação (Figura 2.12).



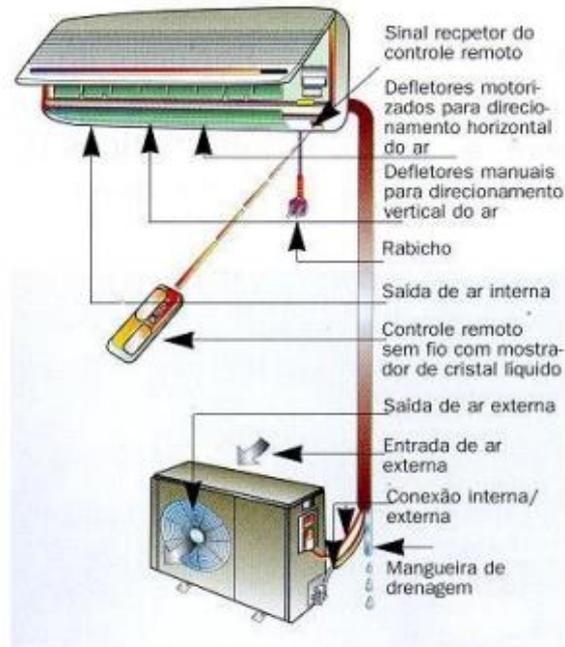
**Figura 2.12** - Exemplo de aplicação

Este aparelho é instalado na parede com aproximadamente 10 cm de distância ao teto. A sua localização deve situar-se por cima das portas de entrada da habitação, tal como recomendado pelos fabricantes, de modo a garantir o máximo conforto no interior da habitação e limitar as perdas de energia para o espaço exterior. Possui um design plano e pequena espessura, o que lhe permite ser aplicado nos espaços interiores das habitações sem grande impacto visual (Figura 2.13).



**Figura 2.13** - Unidade interna para controlo remoto do sistema *Split parede*.

Na Figura 2.14, esquematiza-se o funcionamento deste tipo de aparelho.



**Figura 2.14** - Esquema de funcionamento de um aparelho *Split parede*.

c) *Split dutado*: é um sistema normalmente indicado para ambientes com uma carga térmica elevada, como escritórios, consultórios e salas comerciais em geral. Além de atender vários ambientes ao mesmo tempo, com baixo custo, é discreto, fica embutido no teto e facilita a distribuição do ar climatizado. Contudo, a instalação deste tipo de aparelhos exige um espaço razoável entre o teto e o forro, o nível de ruído é superior aos outros modelos *Split* e além disso, estes aparelhos exigem operações de manutenção e limpeza mais frequentes (Figura 2.15).



**Figura 2.15** - Exemplo de *Split dutado*.

- d) *Split teto*: este aparelho possui saída de ar pelos seus quatro lados possibilitando a sua instalação em qualquer lugar do teto (Figura 2.16).



**Figura 2.16** - Exemplo de um *Split teto*.

*Multi-Split* é um sistema de climatização bastante mais dispendioso que o sistema Split. No entanto, é o sistema adequado para controlar a temperatura em todas as divisões a partir de uma unidade central (Figuras 2.17 e 2.18).



**Figura 2.17** - Sistema de Climatização *Multi-Split*.



**Figura 2.18** - *Multi-Split*.

Volume de refrigerante variável (VRF): É um modelo desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte. Possui um sistema *Multi-Split* com apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas operando individualmente por ambiente (podendo chegar a 64 máquinas) (Figura 2.19).



**Figura 2.19** - Exemplo de um modelo VRF.

O agente refrigerante, é o responsável pela captura térmica e intercâmbio do ar ambiente com o meio externo. O sistema de refrigeração chamado ciclo de refrigeração é composto por diversos componentes, os quais proporcionam uma condição de funcionamento que permite o retorno desse fluido refrigerante para a condição inicial no ciclo.

O grande diferencial nesse sistema VRF é simplesmente uma combinação de tecnologia eletrônica com sistemas de controle microprocessados, aliado à combinação de múltiplas unidades internas num ciclo de refrigeração.

A sua instalação é muito simples, resultando numa economia de tempo e mão-de-obra, além de manter a arquitetura sem alterar as características do empreendimento, produzindo um baixo nível de ruído e baixo consumo elétrico.

Além de ser versátil e flexível, possui expansão modular e de grande facilidade de adaptação em estruturas já existentes.

Pode-se dizer que esse sistema, é atualmente o mais moderno e versátil do mercado. A sua aplicabilidade atende a especificações de um sistema de água gelada (Water Chiller), tanto na capacidade de condicionar amplos ambientes quanto na possibilidade de dimensionamento

levando-se em consideração a simultaneidade de carga térmica ao longo do dia. Atende também às necessidades de adaptação e versatilidade do sistema tipo Split, que já domina o mercado da climatização há alguns anos.



**Figura 2.20** - Aplicação VRF num edifício.

## 2.4. Métodos de cálculo de cargas térmicas

Os métodos mais comuns de cálculo da carga térmica de edifícios são os métodos dos fatores de resposta térmica e os métodos que utilizam funções de transferência para a condução (CTF – Conduction Transfer Functions). Baseado no trabalho de Churchill (1959), Stephenson (1967) e Mitalas (1968) desenvolveram o método de cálculo de carga térmica através dos fatores de resposta térmica. Entretanto, as séries de valores dos fatores de resposta térmica das paredes são potencialmente muito longas. Mitalas & Stephenson (1971) desenvolveram então o método das CTF's. Pode-se dizer que o método da CTF recomendado pela ASHRAE é a ferramenta mais moderna disponível atualmente para a análise térmica hora a hora de edifícios. Este método é particularmente bem adaptável para o uso com computadores, uma vez que é possível descrever o ganho interno de calor através das paredes utilizando poucos coeficientes e com boa precisão. Assim sendo, os programas atualmente utilizados com maior frequência para a simulação energética de edifícios e de sistemas de AVAC, como o *BLAST* (Hittle, 1979), *HVACSIM* (Park et al, 1986), *TRNSYS* (Klein et al, 1994) e *EnergyPlus* (Strand et al, 1999) adotam o método das CTF's para avaliar a carga térmica através da estrutura de edifícios (Wang & Chen, 2001).

Baseado no conceito do balanço de calor, o método CTF é também conhecido por método das funções de transferência, *TFM (Transfer Function Method)*. Ele foi introduzido primeiramente em 1972 no *ASHRAE Handbook of Fundamentals*. Este método baseado em cálculos computacionais dá-se em duas etapas, inicialmente determinando o ganho de calor de todas as fontes e depois convertendo este ganho de calor em carga térmica. Desenvolvido como um método de cálculo hora a hora orientado para simular o gasto anual de energia de edifícios, as características deste método o tornam adequado para a aplicação computacional.

Além do método CTF, existem dois outros métodos que também se baseiam no balanço de calor: o método *CLTD/SCL/CLF* e o método *TETD/TA*. O primeiro é uma simplificação do método CTF e apareceu em 1977 no *ASHRAE Handbook of Fundamentals*; o segundo parte de uma simplificação das técnicas de balanço de calor e apareceu na edição de 1967 da mesma obra.

No entanto, após esta publicação estes métodos ainda não eram satisfatórios e em 1996 a *ASHRAE* lançou outro projeto de investigação de forma a substituir os três métodos de cálculos anteriores pelo Método do balanço energético (HBM) e pelo Método das séries radioativas (RTS).

No presente, estes métodos fazem parte de *ASHRAE – Handbook – Fundamentals - SI Units* de 2009, embora os restantes ainda sejam utilizados regularmente.

#### **2.4.1. Método da Diferença de Temperatura Diferencial (TETD/TA)**

No método TETD/TA - *Total Equivalent Temperature Differential / Time Averaging*, tenta-se introduzir o efeito da radiação solar incidente, nomeadamente o processo de absorção de radiação pela superfície e as trocas de energia no domínio da radiação infravermelha devido às diferenças de temperatura entre o ar exterior e a temperatura aparente do céu.

Este método pode ser considerado um dos antecessores do método das funções de transferência, sendo destinado a cálculos manuais. Este pretende ser um método relativamente simples de conversão de ganhos internos em cargas térmicas, porém o processo de cálculo através da média temporal pode tornar-se pouco rigoroso e sujeito a erros. (Gomes, 2012).

### **2.4.2. Método das Funções de Transferência (TFM)**

O método de função de transferência – TFM, embora semelhante, à primeira vista, ao método TETD, aplica uma série de fatores relacionado ao peso, ou coeficiente da função de transferência por convecção (CTF) para as várias superfícies exteriores opacas e para diferenças entre a temperatura “sol-ar” e a temperatura interna para determinar o ganho de calor com a reflexão apropriada da inércia térmica de tais superfícies.

O ganho de calor solar através do vidro e varias formas de ganho de calor interno são calculados diretamente para a carga horaria de interesse. O TFM aplica a segunda serie de fatores relacionados ao peso, ou coeficientes da função de transferência no ambiente (RTF), para valores de ganho de calor e resistência ao arrefecimento de todos os elementos que têm componentes radiantes, para contabilizar o efeito de conservação térmica quando se converte ganho de calor em resistência ao arrefecimento.

Ambas as séries de cálculos consideram dados de várias horas anteriores bem como do momento presente. Os coeficientes RTF relacionam especificamente o espaço geométrico, configuração, massa, e outras características do espaço a fim de refletir variações de peso no efeito de conservação térmica numa base temporal melhor que a média.

O livro *ASHRAE Handbook-Fundamentals*, de 1997 lista relatos de vários trabalhos experimentais que têm validado a aplicabilidade do TFM. Enquanto o TFM é cientificamente apropriado e tecnicamente tende para a análise específica da carga térmica, a sua complexibilidade requer o uso computacional para a efetiva aplicação num ambiente de edificações (Hagel, 2005).

### **2.4.3. Método da Diferença de Temperatura (CLTD/SCL/CLF)**

O método da diferença de temperatura (CLTD/SCL/CLF - *Cooling Load Temperature Diference/ Solar Cooling Load Factor/ Cooling Load Factor*) considera a falha de tempo associado aos ganhos internos por condução através de superfícies exteriores opacas assim como o atraso de tempo na conversão de ganhos térmicos por radiação em cargas térmicas do espaço.

Este método possibilita o cálculo manual das cargas térmicas de um espaço, através do uso de coeficientes multiplicativos.

- **CLF** - Estes fatores pretendem servir como ajuste aos ganhos internos através de cargas internas no espaço, nomeadamente ocupação, iluminação, etc.
- **CLTD** - Estes fatores procuram servir como ajuste aos ganhos internos por condução através da envolvente opaca e envidraçada;
- **SCL** - Estes fatores têm como objetivo apresentar os ganhos internos por transmissão a partir da envolvente envidraçada (Alves, 2011).

#### **2.4.4. Método do Balanço Energético (HBM)**

O HBM (*Heat Balance Method*) tem como base um balanço energético aplicado entre as superfícies interiores e exteriores da envolvente opaca e envidraçada e o ar interior da zona. (ASHRAE, 2009).

Este método assegura que todo fluxo de energia em cada zona é balanceado e envolve a solução de um conjunto de equações de balanço de energia para o ar no interior das zonas, superfícies internas e externas das paredes, tetos e chãos. Segundo McQuison, Parker e Spitler (2005) essas equações de balanço de energia são combinadas com equações para transferência de calor por condução transiente pelas paredes e tetos, além de algoritmos ou dados climáticos com temperatura de bulbo seco do ar externo, temperatura de bulbo húmido, radiação solar e assim por diante (Lopes, 2013).

O HBM admite algumas aproximações, tais como:

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

Este método pode ainda ser dividido em quatro processos distintos, sendo eles:

- Balanço de energia nas superfícies externas;
- Balanço de energia nas superfícies internas;

- Condução de energia através das paredes;
- Balanço energético ao ar.

Assim, o HBM admite que se defina pelo menos uma zona térmica, ou seja, uma zona com uma determinada temperatura de conforto definida. Esta zona diz respeito a quatro paredes, uma cobertura e um pavimento, e envolve análises de 24 horas por dia às temperaturas interiores e exteriores às superfícies da zona e ao sistema de AVAC (Alves, 2011).

#### **2.4.5. Método das Séries Temporais Radioativas (RTS)**

O RTS (*Radiant Time Series*) é uma simplificação que deriva do HBM mas que não envolve a resolução do balanço de calor. Este método substitui o TETD/TA, TFM, e o CLTD/SCL/CLF de modo eficaz.

No RTS, os ganhos de calor por condução são calculados para cada tipo de parede e de cobertura recorrendo a 24 fatores de resposta. A formulação desses fatores de resposta leva a uma solução transiente para o fluxo de calor por condução unidimensional.

O cálculo das trocas de calor no interior das divisões é feito tendo em consideração as trocas de calor por convecção entre as superfícies e o ar e posteriormente as trocas de calor por radiação entre as diferentes superfícies. Este cálculo é muito complexo uma vez que implica calcular a distribuição de temperatura nas paredes e em objetos, o que depende das trocas de calor nas superfícies e da quantidade de material sólido associado.

Neste método os cálculos das cargas térmicas (ocupantes, iluminação e ocupantes) são efetuados separando as trocas por convecção (imediatas), das trocas por radiação que inserem um atraso no tempo, pois o seu efeito não se faz sentir imediatamente no ar, por causa das transferências através de outras superfícies.

Este converte a fração radioativa dos ganhos térmicos em carga térmica a ser tratada a partir de fatores ponderativos que funcionam como fatores de resposta que determinam a carga térmica a ser inserida no espaço baseando-se no ganho térmico do instante analisado e nos anteriores.

Os fatores de resposta utilizados são de dois tipos, sendo eles, um para ganhos internos através da transmissão de radiação solar e outro para todos os tipos de ganhos internos (Gomes, 2012)

## **2.5. Simulação Dinâmica - Norma ASHRAE 140-2004**

A simulação dinâmica é um método de análise computacional do perfil e consumos energéticos do edifício. O anexo VIII do RSECE define os aspetos que este tipo o modelo computacional deve incluir, nomeadamente as características da envolvente do edifício, o ficheiro climático de acordo com a zona, sistemas de climatização, ventilação iluminação etc.

Esta fase do processo de certificação energética pressupõe a existência prévia de um levantamento de campo exaustivo do ponto de vista da envolvente, iluminação, equipamentos, sistemas de climatização e tratamento de ar, ocupação, horários de funcionamento bem como de algumas medições nomeadamente de ar novo e eficiências de equipamentos de climatização entre outros.

A simulação dinâmica do edifício pode ser de modo sucinto decomposta em duas partes: simulação real e simulação nominal. A simulação em condições reais tem como objetivo a calibração do modelo computacional através da comparação entre os consumos energéticos reais, discriminados em faturas ou obtidos através de contagens no local, com os consumos obtidos numericamente, validando o modelo sempre que a diferença entre eles seja inferior a mais ou menos 10%. Isto implica que haja uma parametrização do modelo computacional do edifício com todas as informações obtidas nos levantamentos, devendo o levantamento ser o mais exaustivo possível de modo a que se consiga obter um modelo realista.

Após garantida a validade do modelo computacional, procede-se à simulação em condições nominais, em que se mantém parte das características reais do edifício, nomeadamente: envolvente, iluminação e sistemas de climatização, substituindo todos os horários, ocupação, densidades de equipamento, temperaturas de conforto e caudais de ar novo pelos impostos pelo regulamento para cada tipologia de espaço.

Nesta fase é necessário proceder à escolha do programa que de acordo com a legislação tem de estar acreditado pela norma ASHRAE 140-2004.

A norma ASHRAE 140-2004 teve como antecessora a ANSI/ASHRAE 140-2001 que utiliza a metodologia BESTEST. Esta metodologia resultou de um projeto desenvolvido pela International Energy Agency (IEA) cujo objetivo era desenvolver um procedimento de verificação analítica, empírica e de comparação entre programas de simulação dinâmica. (Judkoff & Neymark, 1995)

Esta norma introduziu um programa rigoroso de testes e validação dos vários programas, de forma a avaliar o rigor de cada um, através da identificação de diferenças nos resultados obtidos através dos diferentes algoritmos envolvidos, limitações e erros de código.

Como resultado deste programa de testes e validação de resultados, surgiu uma lista de programas acreditados tais como: *Blast*, *DOE-2*, *ESP*, *TRNSYS*, *CLIM2000* e *EnergyPlus*.

Os primeiros testes pretendiam averiguar o impacto da inércia térmica de um edifício e abrangiam casos simples e casos mais complexos, os simples tinham como objetivo analisar a livre evolução da temperatura dentro de uma zona, já os mais complexos pretendia, servir como diagnóstico de diferenças mais específicas nos algoritmos dentro de cada programa (EnergyPlus Testing with ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 (BESTEST), 2004).

A metodologia BESTEST teve uma revisão, a HVAC BESTEST, que tinha como objetivo analisar o tratamento dado pelos programas de simulação dinâmica de edifícios às cargas térmicas das zonas tendo em consideração sistemas de climatização e de ventilação mecânica, e a sensibilidade a temperaturas interiores e exteriores.

Esta metodologia verificou o comportamento dos programas para uma serie de casos concretos em que o sistema de climatização e tratamento de ar era relativamente simples e fácil de parametrizar.

No caso real de um sistema de climatização e tratamento de ar mais complexo e difícil de parametrizar computacionalmente, não é certo que se consiga obter resultados semelhantes.

Após a elaboração da lista inicial, programas como o *TRACE 700*, *HAP 4.31* e *VisulDOE4.1* foram acreditados no âmbito da presente norma (TRANE, 2006).

## **2.6. Programas de Simulação Dinâmica Detalhada**

A simulação dinâmica detalhada permite uma análise multizona do desempenho energético do edifício, ou seja, permite que sejam consideradas e simuladas simultaneamente múltiplas zonas do edifício. Os aspetos deste tipo de modelo vão desde as características da envolvente do edifício até às condições climáticas exteriores e interiores, passando pelos sistemas de climatização, ventilação, iluminação, AQS, sistemas solares passivos e proteções solares. O resultado é a desagregação dos dados de consumo, temperatura dos espaços numa base horária, perfis de necessidade de aquecimento e arrefecimento (Magalhães, 2011).

É possível, dependendo do programa utilizado, atingir dados de consumos desagregados, temperatura dos espaços numa base horária, perfis de necessidade de aquecimento e arrefecimento também numa base horária, etc.

No âmbito do RSECE, este é o tipo de simulação que se tem de utilizar para grandes edifícios de serviços na determinação dos consumos globais específicos de energia e no dimensionamento de sistemas de climatização.

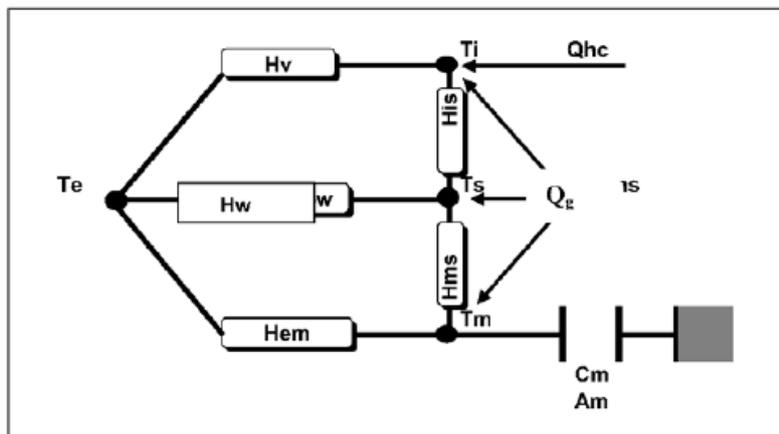
### **2.6.1. RCCTE-STE**

#### **2.6.1.1. Introdução**

O *RCCTE-STE* é um programa de aplicação do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 80/2006. de 4 de Abril) e do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º 79/2006. de 4 de Abril).

Foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI) para verificação do RCCTE e RSECE e baseia-se numa simulação horária anual de um espaço monozona e calcula as necessidades de aquecimento e de arrefecimento necessárias para manter os espaços à temperatura de referência definida pelo RSECE, para as estações de aquecimento e arrefecimento. Este método efetua um balanço dinâmico do espaço contabilizando, em cada hora, o balanço entre as perdas e os ganhos térmicos, pelos vãos envidraçados e pela envolvente opaca, bem como os ganhos internos.

O modelo *RCCTE - STE* tem por base um circuito de analogia reo-elétrica (resistências e capacitâncias) de acordo com o diagrama da Figura 2.21:



**Figura 2.21** - Circuito analogia reo-elétrica do funcionamento do programa RCCTE-STE.

Este *software* integra uma base interna de dados climáticos para todos os concelhos de Portugal em conformidade com a divisão climática do país para efeitos de aplicação do RCCTE e RSECE (Continente e Regiões Autónomas).

Temperaturas:

- $T_i$  – temperaturas de referência para o Inverno e para o Verão;
- $T_e$  – temperatura do exterior;
- $T_s$  – temperaturas médias nas superfícies interiores da envolvente;
- $T_m$  – temperatura média da massa térmica dos elementos do espaço.

Resistências:

- $H_v$  – trocas de ar;
- $H_w$  – condução do calor através dos vãos envidraçados;
- $H_{em}$  – condução do calor através da envolvente opaca;
- $H_{ms}$  – transferência de calor entre a massa de armazenamento térmico e a superfície;
- $H_{is}$  – troca radioativa e convectiva entre as superfícies da envolvente exterior.

Este método contabiliza, hora a hora, o balanço dinâmico do espaço entre as perdas e os ganhos térmicos, pelos vãos envidraçados e pela envolvente opaca, bem como os ganhos internos e ventilação, e tem em conta a energia armazenada na massa térmica em cada momento, concentrada no nó **Tm**:

$$Q_{hc} = Q_v + Q_w + Q_{em} + Q_g \quad (\text{W}) \quad (1)$$

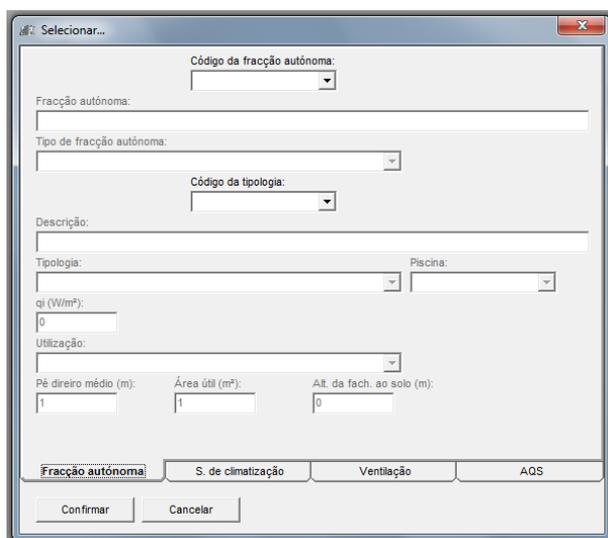
O diagrama representa as diferentes componentes do balanço térmico, através de fluxos e resistências térmicas e os termos da expressão apresentam o seguinte significado:

- $Q_{hc}$  - energia necessária para climatização (aquecimento e arrefecimento resultante do balanço horário do espaço);
- $Q_v$  - ganhos ou perdas de calor correspondentes à renovação do ar, calculada a partir da taxa de renovação nominal aplicável e admitindo-se regime permanente (resistência Hv);
- $Q_w$  - ganho ou perda de calor correspondente às trocas de calor por condução através dos vãos envidraçados, calculada conforme o modelo do RCCTE - Anexos IV e V, admitindo-se regime permanente (resistência Hw); Estudo sobre Eficiência Energética de um edifício à luz do novo RSECE;
- $Q_{em}$  - ganho ou perda de calor correspondente às trocas de calor por condução através da envolvente opaca, sem ter em conta o efeito da radiação solar incidente, admitindo-se regime permanente (resistência Hem);
- $Q_g$  - ganhos internos totais instantâneos (ocupação, equipamentos e da iluminação), ganhos solares através dos envidraçados, e ganhos solares através da envolvente opaca, tendo em conta o efeito da inércia térmica do espaço. Os ganhos através da envolvente opaca exterior resultam do efeito combinado da temperatura do ar exterior e da radiação solar incidente tendo sido aplicado o conceito de temperatura ar-sol correspondente a cada uma das orientações da envolvente exterior (paredes e coberturas). Relativamente aos ganhos internos, o regulamento, estabelece padrões

de referência para cada uma das tipologias no que diz respeito aos ocupantes, iluminação e equipamentos (RSECE, Anexo XV).

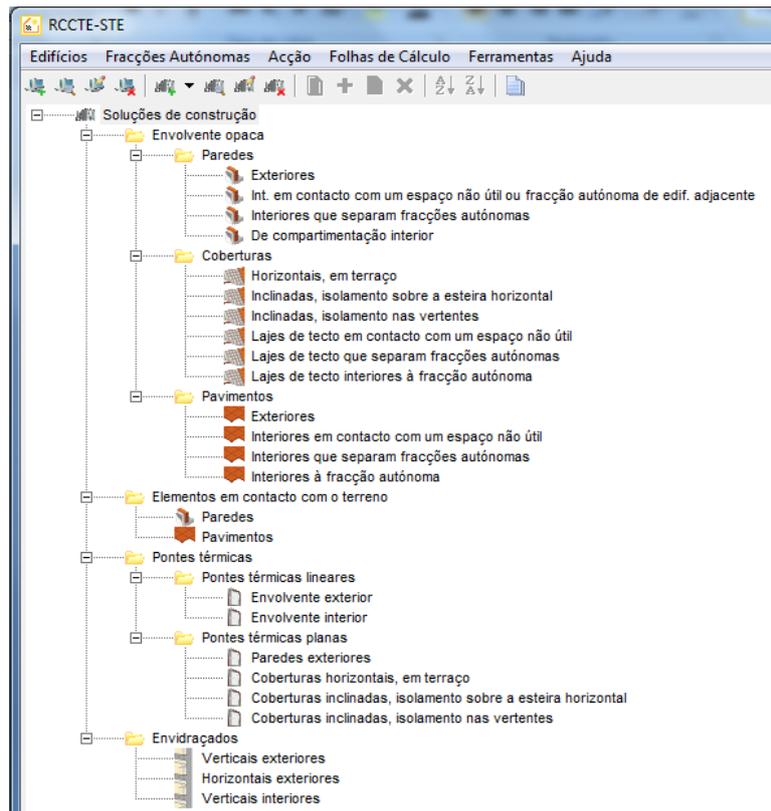
### 2.6.1.2. Funcionamento do Software

O primeiro passo no funcionamento do *RCCTE-STE* é introduzir informações relativas ao tipo de fração incluindo a sua tipologia, o tipo de sistema de climatização, a localização geográfica, a produção de AQS e a descrição do processo de ventilação (Figura 2.22).



**Figura 2.22** - Introdução das primeiras informações no programa RCCTE-STE.

De seguida, são introduzidas as propriedades dos elementos que compõem toda a envolvente da fração assim como as informações sobre a caracterização geométrica, como podemos observar na Figura 2.23.



**Figura 2.23** - Introdução das propriedades relativas à envoltente da fração no programa *RCCTE-STE*.

A introdução de todos os dados considera:

- Introdução de áreas;
- Introdução de coeficientes de transmissão térmica associados aos vários elementos da envoltente;
- Introdução de perdas associadas às pontes térmicas;
- Fatores solares e sombreamentos dos vãos envidraçados;
- Elementos caracterizadores da ventilação associada à fração autónoma;
- Definição de equipamentos, e respetivas eficiências, para aquecimento, arrefecimento e produção de AQS.

Após a introdução de todos os dados, o *software* efetua o cálculo de verificação de RCCTE. Obtêm-se as fichas exigidas pelo regulamento, da conformidade regulamentar da fração, e um conjunto de quadros que reúne toda a informação inserida e demonstra de que forma é que a mesma foi utilizada.

Numa última fase, a simulação térmica de edifícios, o utilizador introduz os perfis das cargas térmicas e os consumos das AQS e outros equipamentos.

Posto isto, verifica-se o RSECE e obtém-se como output o cálculo do IEE e as necessidades térmicas do edifício, aquecimento e arrefecimento, ao longo de todo o ano.

### **2.6.1.3. Limitações do Programa**

Este programa mesmo sendo de fácil introdução de dados, apresenta algumas limitações que podem condicionar o utilizador na aplicação de alguns casos.

Assim, quando deparados com estas situações, devemos recorrer a programas de simulação detalhada de forma a ultrapassar estas limitações, tais como:

- Carga térmica (aquecimento e arrefecimento): impacto de geometrias complexas, variação caudal do ar novo com a ocupação, efeito iluminação natural;
- Central térmica: consumos horários de eletricidade e AQS, carga térmica das bombas de circulação ou impacto energético da utilização de velocidade variável, centrais térmicas complexas ou com recuperação de energia, como sejam a cogeração ou depósitos de acumulação de energia térmica, curvas de eficiência dos equipamentos, controlo dos equipamentos;
- Simulação e tarifários de energia: análises de viabilidade económica.
- Sistemas de climatização: impacto da utilização de sistemas de arrefecimento gratuito e outros sistemas, impactos dos ventiladores na carga térmica, bem como o impacto energético da utilização de velocidade variável;
- Consumos iluminação e equipamentos: consideração de consumos horários de alguns equipamentos (ex.: cozinhas, garagens, lavandarias);

## **2.6.2. CYPETERM**

### **2.6.2.1. Introdução**

O *Cypeterm* é um programa informático desenvolvido em Portugal especificamente para dar resposta ao projeto de verificação das características de comportamento térmico dos edifícios de acordo com o estipulado pelo Decreto-Lei nº80/2006, Nota Técnica NT-SCE-01 (Despacho nº 11020/2009).

Este programa efetua o cálculo com base na modelação tridimensional dos edifícios de forma gráfica. Fornece ainda as listagens e desenhos segundo o RCCTE e indicações da ADENE que poderão ser impressos diretamente, exportados para ficheiros ou utilizados para o preenchimento de declarações de conformidade regulamentar (DCR) e certificados energéticos (CE).

O *Cypeterm* tem como objetivo o cálculo e verificação de edifícios de modo a garantir condições de conforto térmico, isto sem necessidades excessivas de energia e com minimização das condensações superficiais no interior dos elementos da envolvente, tal como preconiza o regulamento (Faria, 2011).

### **2.6.2.2. Regulamento**

A referência principal do programa é o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Decreto-Lei n.º 80/2006).

Existem porém também outras publicações nas quais o programa obtém informação necessária para o dimensionamento, tais como a “Coeficientes de Transmissão Térmica em Edifícios” do LNEG e Nota Técnica NT-SCE-01 (Despacho n.º 11020/2009).

### **2.6.2.3. Dados Climáticos**

O programa distingue as regiões do país por distritos e dentro destes encontram-se municípios. Os municípios têm associados dados climáticos conforme o regulamento.

#### 2.6.2.4. Funcionamento

Todos os elementos utilizados na obra, entre eles coberturas, paredes e pavimentos estão parametrizados no programa e podem ser ajustados de acordo com as necessidades do utilizador.

De uma forma geral o utilizador começa sempre por, após ter inserido as máscaras correspondentes às plantas do edifício, definir as paredes exteriores e interiores, introduzir os pavimentos e coberturas e por fim os envidraçados, tudo isto graficamente.

De seguida procede-se à descrição dos compartimentos que essencialmente se distinguem entre zonas úteis e não úteis, premindo sobre os espaços delimitados pelas paredes. Depois de definidos os compartimentos torna-se necessário agrupa-los em frações autónomas. Neste ponto definem-se dados de equipamentos e a contribuição de energias renováveis e de ventilação. Na Figura 2.24 podem ser visualizados os menus do programa.

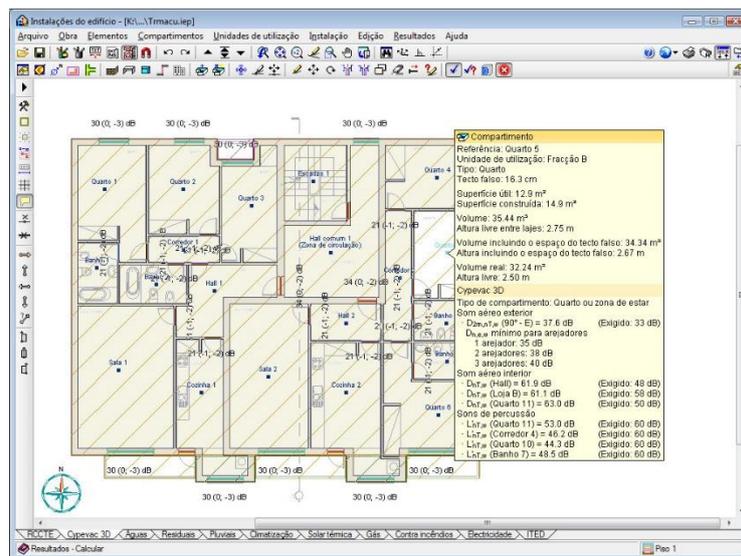


Figura 2.24 - Ambiente de trabalho do Cypeterm (reproduzido de Top Informática, 2014).

O programa tem dois grupos principais, desenvolvido para a realização do projeto de climatização do edifício:

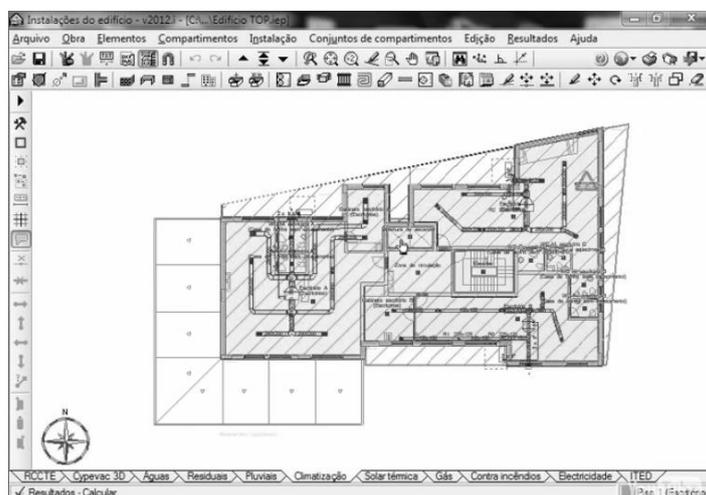
Cargas térmicas: Trata-se de um programa que visa o cálculo automático das cargas térmicas.

A introdução de dados neste módulo envolve:

- Definição do tipo e dados de projeto;

- Definição da localização da obra;
- Definição das plantas;
- Introdução das paredes (interiores e exteriores) e muros;
- Introdução das aberturas (janelas, portas e claraboias);
- Introdução das lajes (térreas ou ventiladas, entre pisos, cobertura plana ou inclinada);
- Definição da utilização de cada compartimento (quarto, local não climatizado, etc.);
- Criação de agrupamentos de compartimentos que correspondem a frações.

**Climatização:** Permite a introdução e definição de equipamentos (bombas de calor, fancoils, caldeiras, etc.), de tubagens, condutas, difusores e radiadores entre outros. O programa dimensiona o sistema completo utilizando equipamentos de casa comerciais. Na figura seguinte podemos ver a introdução dos equipamentos de climatização no programa.



**Figura 2.25** - Módulo de climatização no programa *Cypeterm* (reproduzido de Top Informática, 2014).

O *Cypeterm* permite ainda obter listagens de medição e descrição dos elementos utilizados no cálculo, de dados para preenchimento da DCR, do resumo da classe energética e do relatório-síntese, no caso dos edifícios existentes. Todas estas listagens permitem ao utilizador verificar rapidamente o cálculo efetuado, conhecer medições para obra e reduzir o tempo de preenchimento da DCR na ADENE. Permite também a exportação em formato XML (*Extensible Markup Language*) e a obtenção do relatório de peritagem.

### 2.6.3. EnergyPlus

O *EnergyPlus* (E+) é um programa de simulação energética de edifícios que combina as funcionalidades dos seus antecessores *Blast* (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) e *DOE-2*, concebidos pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos no fim da década de 70. É um programa que fundamentalmente serve como motor de simulação em que os ficheiros de entrada e de saída são simples ficheiros de texto. Desenvolveu-se à medida que crescia a perceção da necessidade de ter um programa que assegurasse soluções integradas que incluíssem não só o cálculo de cargas térmicas mas também um estudo mais detalhado do impacto dos sistemas de climatização e ventilação nos consumos energéticos totais de um edifício.

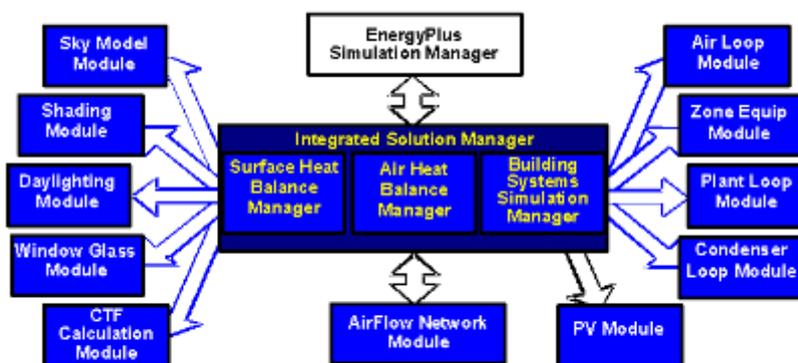
Sendo este programa um motor de simulação de aspeto pouco interativo ele pode ser usado em conjunto com uma interface gráfica que facilite a parametrização do modelo (ex. geometria, envolvente, ocupação, iluminação, etc.). Um dos exemplos de um programa para visualizar/parametrizar os dados de entrada do E+ é o *DesignBuilder*. O *DesignBuilder* facilita ao utilizador a criação e parametrização do modelo 3D, embora apresente limitações muito significativas do ponto de vista da parametrização do sistema de AVAC, disponibilizando poucas soluções para sistemas de produção térmica e ventilação e que muitas vezes se tornam pouco realistas. Neste sentido caso o utilizador pretenda parametrizar o seu sistema de AVAC de forma rigorosa, impõem-se que o faça ao nível do próprio E+ e não no *DesignBuilder*.

Toda a informação criada através do *DesignBuilder* é compilada num ficheiro IDF, de extensão “idf” (Input Data File) reconhecido pelo E+ e passível de ser editado. Assim sendo os dados para simulação são inseridos através de dois ficheiros editados pelo utilizador, o já mencionado IDF, que pode ser criado integralmente no E+ ou com ajuda da interface gráfica do *DesignBuilder*, e o arquivo de dados climáticos de extensão “.epw” (Energy Plus Weather File).

O *EnergyPlus* foi escrito originalmente em linguagem FORTRAN 90, o que torna o código de programação mais objetivo e fácil de interpretar. Um dos pontos fortes do E+ é a integração de todos os aspetos relacionados com uma simulação energética de um edifício: cargas térmicas, centrais de produção de energia térmica e sistemas de ventilação e ar novo. O cálculo é feito de modo a que seja tido em conta o impacto dos sistemas na resposta térmica

do edifício em vez de calcular primeiro as cargas térmicas e depois aplicar as soluções de climatização ao processo.

A Figura 2.26 apresenta um esquema do modo como se interligam os diversos elementos numa simulação do *EnergyPlus* (Alves,2011).



**Figura 2.26** - Esquema geral de funcionamento do *EnergyPlus* (reproduzido de Alves,2011).

Aqui podem ser identificados os cinco “gestores” que organizam todo o funcionamento de uma simulação no *EnergyPlus*: gestor da simulação, gestor da solução integrada, gestor do balanço de energia da superfície, gestor do balanço de energia ao ar e gestor de simulação dos sistemas do edifício.

O programa realiza simulações integradas, o que significa que ao contrário dos programas que o precederam, *Blast* e *DOE-2*, o cálculo de cargas térmicas nas zonas bem como os sistemas de tratamento de ar e ventilação e as centrais de produção de energia térmica são calculados simultaneamente e a sua interação é tida em conta. O método de cálculo fundamental do programa baseia-se no balanço de energia no qual a temperatura do ar contido dentro dos espaços é considerada uniforme (Alves, 2011).

#### 2.6.4. Trace 700

O *TRACE 700* (*Trane Air Conditioning Economics*) é um programa de cálculo de carga térmica e de análise económico-energética, desenvolvido pelo grupo C.D.S., da empresa

“TRANE Company”. Ao contrário do *EnergyPlus*, este software não é gratuito, necessitando de uma licença paga para instalação. É um programa de interface amigável, sendo de fácil interação com o utilizador. A entrada de dados é feita através do “ProjectNavigator”, uma das três formas de visualizar o programa.

No TRACE 700 é possível inserir e alterar detalhes da construção e mudar o modelo em estudo a qualquer momento durante o projeto do sistema de climatização. É possível fazer a modelação do sistema com várias opções de equipamentos, também permite uma análise do custo energético e do tempo de retorno de investimento de cada modelo, ajudando a optar pela opção mais viável. Este modelo computacional possibilita criar até quatro opções de modelos diferentes para estudar o melhor resultado. No programa existem extensas bibliotecas com informações de materiais de construção, arranjos construtivos, cargas internas (pessoas e equipamentos), programação (Schedule) de funcionamento do edifício e equipamentos de climatização, bem como uma variedade de dados climáticos com inúmeras localidades. Apesar da diversidade de materiais existentes na biblioteca de elementos construtivos, eles são mais comuns nos Estados Unidos, sendo necessária a inserção de materiais adequados à realidade Portuguesa.

A biblioteca de dados climáticos do TRACE 700 é baseada nos dados de frequência acumulada de 2.5% da ASHRAE, o que significa que durante 219 horas das 8760 do ano, determinado dado climático ficou acima daquele especificado.

#### **2.6.4.1. Funcionamento do Programa**

Neste programa existem cinco fases fundamentais: *Load Phase*, *Design Phase*, *Air Side System simulations Phase*, *Equipment Simulation Phase* e *Economic Analysis Phase*. Estas, devem ser realizadas em conjunto de forma a obtermos uma análise energética e económica completa.

1. *Load Phase*, são realizados os cálculos das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento tendo por base a envolvente opaca e vãos envidraçados, horários de funcionamento, iluminação, equipamentos, orientação das zonas e a zona climática em que se encontra o edifício de forma a avaliar a eficácia do sistema projetado e os custos anuais associados.

2. ***Design Phase*** - são efetuados cálculos de cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento nas condições de projeto e a quantidade de ar exterior necessária, entrando com dados relativos ao sistema de climatização a utilizar e os dados mencionados na primeira fase.
3. ***Air Side System simulations Phase*** - analisa os ganhos térmicos do edifício e as perdas por atrito dos equipamentos de AVAC envolvidos para os fluxos de ar, no funcionamento geral do sistema de climatização e tratamento de ar.
4. ***Equipament Simulation Phase*** - é necessário entrar com dados referentes ao tipo de centrais de produção de energia térmica, bombas, etc..., de modo a obtermos as cargas dos equipamentos em consumo energético por fonte.
5. ***Economic Analysis Phase*** - permite comparar diversas alternativas e otimizar o sistema a ser implantado, introduzindo dados referentes aos custos de instalação, manutenção, períodos de amortização, entre outros.

#### **2.6.4.2. Metodologia de Cálculo do TRACE 700**

No *TRACE 700* é possível utilizar tanto o método CLTD/CLF como o TETD/TA, no entanto não utiliza dados tabelados para o método CLTD/CLF para o cálculo de carga térmica, como normalmente é feito quando se utiliza este método.

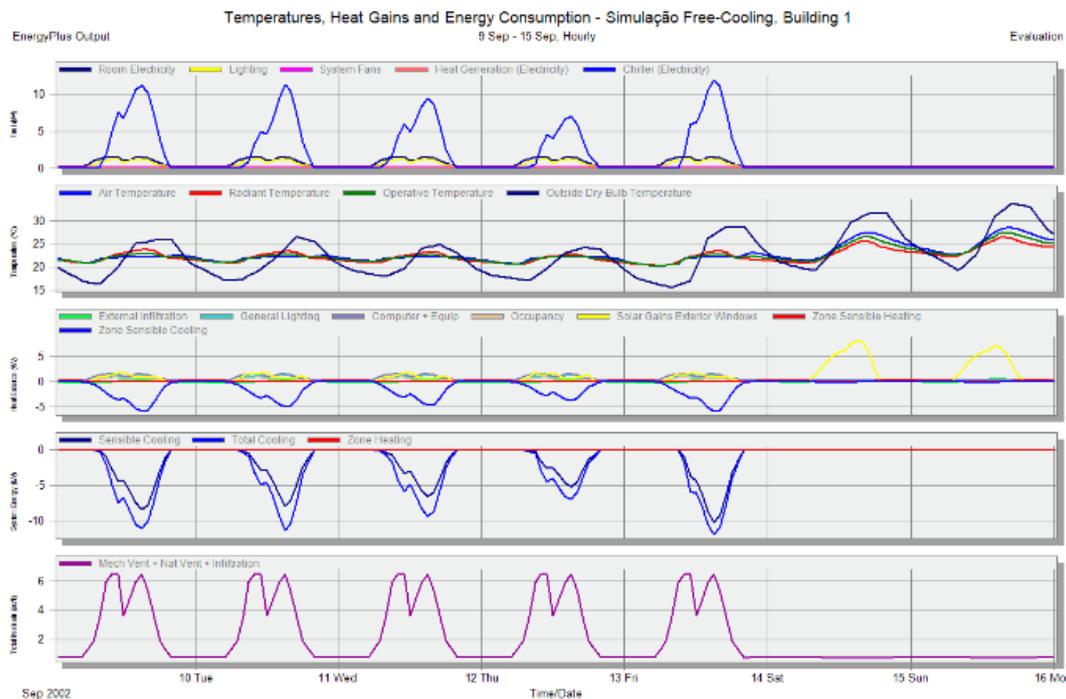
Normalmente o método CLTD/CLF é utilizado para cálculos manuais, utilizando casos construtivos tabelados. No *TRACE 700*, o método CLTD/CLF é realizado baseado nas equações utilizadas para gerar as tabelas deste método, ou seja, quando o programa se refere ao método CLTD/CLF, quer dizer que utilizou o método TFM para gerar os dados a aplicar na metodologia CLTD/CLF. O método TETD/TA apresenta alguns problemas, uma vez que não existem dados publicados a respeito de quantas horas são necessárias para fazer a média temporal da porção radiante do ganho de calor. Normalmente o método TFM (método exato das CLTD/CLF) utilizado pelo *TRACE 700* calcula cargas térmicas até 30% menores (principalmente cargas solares) do que aquelas calculadas pelo método TETD.

Existem seis opções de metodologia de cálculo de carga térmica no *TRACE 700*:

- Na opção TETD-TA1 faz-se inicialmente o cálculo do ganho de calor baseado nas funções de transferência; a carga térmica do espaço é então calculada utilizando o método da média temporal (TA - Time Averaging).
- A escolha da opção CLTD-CLF (ASHRAE TFM) utiliza funções de transferência para o cálculo do ganho de calor e da carga térmica.
- Na opção TETD-TA2 o ganho de calor é baseado no método aproximado de TETD's, o qual utiliza fatores lambda e delta para descreverem características de amplitude e atraso da envolvente. O cálculo da carga térmica finaliza-se com a técnica da média temporal, como esta opção é menos exata do que a TETD-TA1, recomenda-se que a opção TETD-TA2 seja utilizada apenas para fins de comparação, apesar de que esta simplificação faz dela uma opção mais rápida na sua fase de cálculo da carga térmica.
- O TETD-PO, realiza o cálculo do ganho de calor através do método aproximado das TETD's, mas para a finalização do cálculo da carga térmica utilizam-se os fatores de ponderação "Post Office RMRG", que foram anteriormente utilizados na versão original do TRACE 700.
- A alternativa RP359 é baseada no projeto de pesquisa 359 da ASHRAE; o ganho de calor é baseado no método das funções de transferência, enquanto a carga térmica é calculada com base nos coeficientes de transferência para cada espaço (fatores de ponderação) gerados para combinações específicas de componentes de edifícios. Este método utiliza o mesmo algoritmo do método CLTD/CLF, o que muda são os coeficientes para os espaços utilizados para o cálculo da carga térmica.
- Na última opção, CEC-DOE2, o método de cálculo de carga térmica duplica os fatores ponderadores pré-calculados (PWF – Precalculated Weighting Factors) do programa de análise energética DOE2.1c, os cálculos são baseados nos fatores da ASHRAE para construções leves, médias e pesada (Ribeiro, 2008).

## 2.6.5. DesignBuilder

O *DesignBuilder* é um *software* capaz de rapidamente modelar um edifício simulando ao mesmo tempo diferentes sistemas de climatização, com uma interface compreensiva a outro software (*EnergyPlus*), sendo no fundo uma extensão deste. Apresenta um modelador OpenGL que permite a construção de modelos de edifícios e a sua junção através de posicionamento, alongamento e corte de “blocos” no espaço 3D. Elementos 3D realistas fornecem um feedback visual da espessura real do elemento, volumes e áreas do espaço, não existindo limitações na geometria ou formas das superfícies.



**Figura 2.27** - Exemplo de gráfico de outputs do *DesignBuilder* (reproduzido de Rodrigues, 2012).

A inclusão de *templates* permite o carregamento rápido de várias situações padrão, com edifícios, atividades, sistemas de AVAC e iluminação que podem ser assim rapidamente inseridas no projeto em curso. Pode-se também adicionar *templates* personalizados se o utilizador trabalhar em edifícios semelhantes. Este facto, combinado com a facilidade em importar dados em qualquer fase do estudo, permite que mudanças globais possam ser feitas ao nível do edifício, bloco ou zona.

O utilizador pode também controlar o nível de detalhe em cada modelo do edifício, podendo ser usada em cada fase do processo de design ou de avaliação. Finalmente é possível mudar da edição do modelo para a performance ambiental com um único clique, com a informação a ser exibida sem a necessidade de executar módulos externos ou importar dados e qualquer simulação necessária para gerar os dados são iniciadas automaticamente.

### 2.6.6. TRNSYS

O *TRNSYS* (*TRaNsient SYstem Simulation program*) é um *software* extremamente flexível usado para simular o comportamento de sistemas transientes. Enquanto a grande maioria das simulações se concentram em avaliar o desempenho de sistemas de energia térmica e elétrica, o *TRNSYS* também pode ser usado para modelar outros sistemas dinâmicos, tais como o fluxo de tráfego ou mesmo de processos biológicos.

Este apresenta uma forma diferente de definir o que se vai estudar, tornando a simulação de um sistema detalhado mais simples, fazendo-o com tubos e ligações entre componentes que existem num sistema real, estando os dados extraídos de um desses componentes graficamente ligados aos dados de outro.

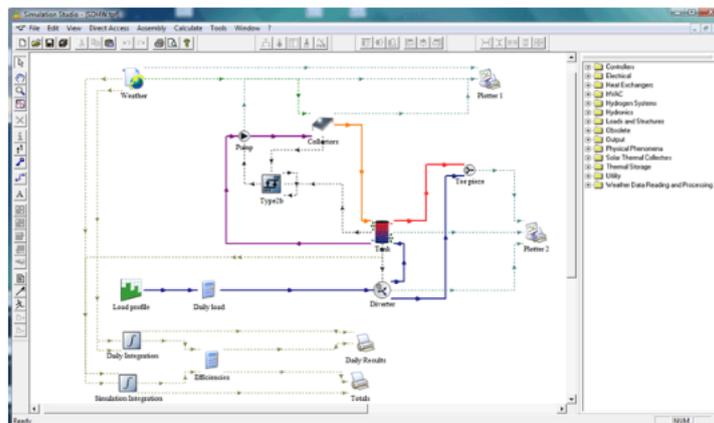
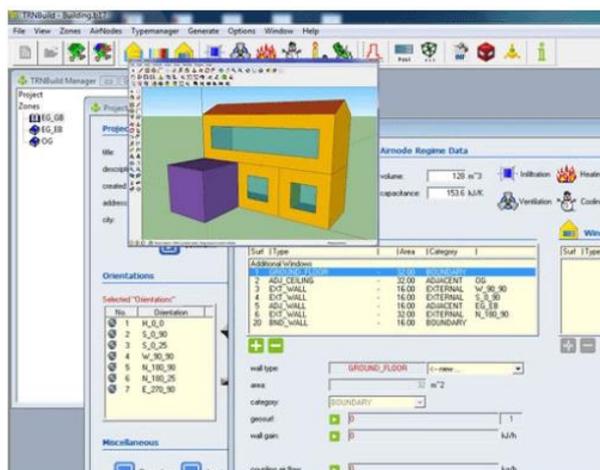


Figura 2.28 - Interface do *TRNSYS* (reproduzido de Rodrigues, 2012).

O utilizador pode ver o valor de qualquer variável do sistema numa plataforma online à medida que a simulação decorre (qualquer temperatura, fluxo de calor, cargas, etc.). Finalmente, a maneira de retirar os dados do *software* também são variados, havendo uma

grande flexibilidade ao integrar, imprimir e gerar relatórios de todos os outputs para cada componente.

O *TRNSYS* também permite ao utilizador desenhar edifícios com múltiplas zonas com o *TRNSYS3D*, que juntamente com o *TRNBuild*, é possível editar as paredes e as diferentes propriedades de cada camada desta, criar perfis de ventilação e infiltrações, adicionar ganhos, definir tetos e pisos radiantes e até posicionar ocupantes no edifício para calcular o conforto.



**Figura 2.29** - O *TRNSYS3D* permite a criação do modelo do edifício, enquanto o *TRNBuild* define propriedades mais específicas dos materiais de construção assim como ganhos diversos (reproduzido de Rodrigues, 2012).

### 2.6.7. Carrier HAP

O programa *HAP* (*Carrier Hourly Analysis Program*) combina duas ponderosas ferramentas num só pacote e oferece recursos versáteis para a conceção de sistemas de climatização de edifícios comerciais e capacidades avançadas de análise de energia de modo a comparar o consumo de energia e os custos operacionais de projetos alternativos. Dimensiona sistemas de ar condicionado, de aquecimento e de ventilação e simula ainda o desempenho energético de um edifício para o cálculo do consumo de energia e respetivo custo, ao longo de 8750 horas (hora a hora) por ano.

As aplicações possíveis para este programa facilmente podem incluir projetos envolvendo:

- Pequenas e grandes superfícies comerciais;
- Diversos tipos de sistemas VAC e VAV;

- Pequenos e grandes escritórios, lojas, centros comerciais, escolas, igrejas, restaurantes, hotéis, hospitais, fábricas.

### 2.6.7.1. Interface do HAP

O HAP (*Carrier Hourly Analysis Program*) usa uma interface gráfica do estilo Explorer para fornecer um rápido e eficiente acesso aos dados do projeto. Uma abordagem modular é usada para definir os componentes do edifício e os sistemas AVAC. Isso fornece uma grande flexibilidade para a configuração de dados para atender a uma ampla gama de aplicações.

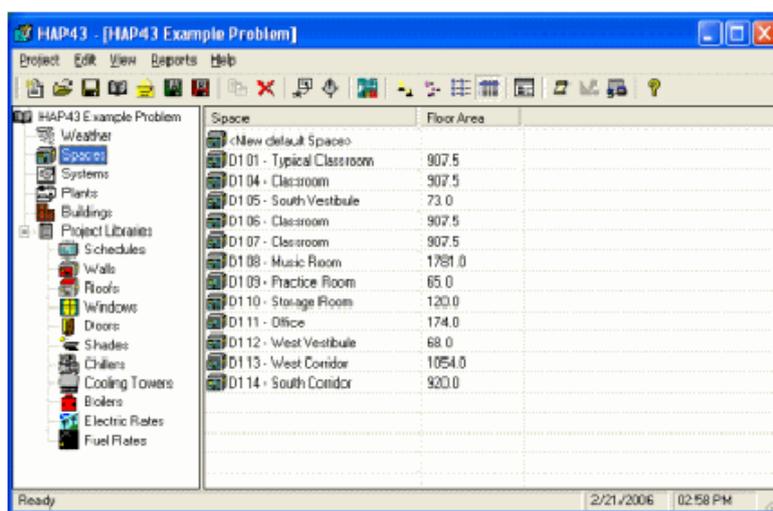
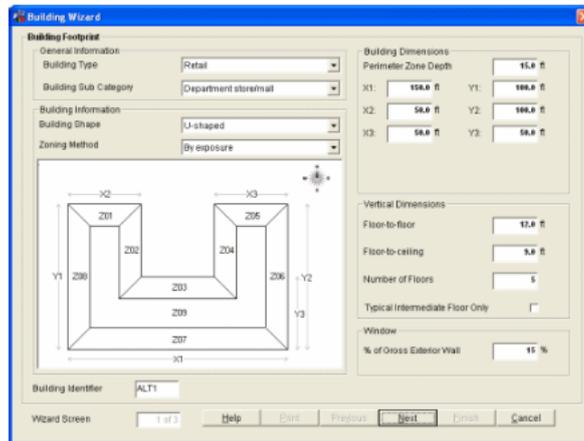


Figura 2.30 - Interface do HAP (reproduzido de Rodrigues, 2012).

Para definir o espaço, temos o *Building Wizard*, útil para o design preliminar do projeto e aplicações de triagem. Normalmente, para definir o edifício, é necessário inserir características das paredes, teto e janelas são definidas primeiros, os espaços são inseridos, em seguida, um por um, no entanto, com o Wizard o utilizador primeiro descreve o tamanho e forma do edifício e o tipo de zona, depois disso, seleciona-se a parede, teto e janelas usadas, cargas internas e horários específicos para essas cargas. Finalmente, o Wizard automaticamente gera os dados para todos os espaços do edifício que foram descritos. Assim, todo o edifício pode ser definido rapidamente.



**Figura 2.31** - Interface do *Building Wizard* (reproduzido de Rodrigues, 2012).

### 2.6.7.2. Análise energética

- O HAP realiza uma análise horária, usando dados climáticos para as 8.760 horas do ano para calcular as transferências de calor, as cargas e a operação do sistema de climatização;
- O consumo horário de energia pelos componentes AVAC (compressores, ventiladores, válvulas) fica tabulado para determinar o consumo energético total do edifício assim como o consumo diário ou mensal;
- Juntamente com o consumo, também é possível calcular o seu custo para cada tipo de fonte energética ou tipo de combustível;
- A análise energética reutiliza os dados de input utilizados no design do sistema, tipicamente 50% ou 75% dos dados energéticos são automaticamente preenchidos assim que o design está concluído.

### 2.6.7.3. Cálculos de carga

- Todos os cálculos para determinar cargas são feitos de acordo com o *ASHRAE*;
- Calcula no espaço e zona as cargas para cada hora do dia em todos os meses do ano. Calcula o fluxo de calor para todos os elementos como paredes, janelas, luzes, ocupantes, equipamento elétrico, etc;

- Considera qualquer horário operacional para o equipamento AVAC assim como para a ocupação.

### **2.6.8. VisualDOE4.1**

O *VisualDOE* é uma “máscara” do *DOE2.1E*, programa mais utilizado para a realização de simulações energéticas em edifícios. Trata-se de uma ferramenta poderosa e de fácil utilização desenvolvida por arquitetos e engenheiros e direcionada para os projetistas que pretendam estimar, com precisão, a eficiência energética de um edifício perante um leque de soluções de AVAC alternativas.

Apesar do *VisualDOE* estar associado ao *DOE2.1E*, o utilizador não necessita de contactar com este último programa, uma vez que o *VisualDOE* se encarrega da escrita dos ficheiros de entrada e saída e também da execução da simulação, uma vez que, para todos os efeitos, o *VisualDOE* é um frontend do *DOE2.1E*.

O programa recorre ao método das funções de transferência, assumindo uma temperatura interior constante, antes de calcular as taxas de extração de calor dos equipamentos. Para eliminar a necessidade de calcular a interação entre todas as zonas em simultâneo, o cálculo da condução de calor entre paredes adjacentes é feito utilizando a temperatura das zonas do intervalo de tempo anterior. Ou seja, deste ponto de vista não se trata de um modelo multizona, sendo, normalmente, utilizado em edifícios de grandes dimensões em que as variações de temperatura das zonas e entre zonas não é relevante. A interface gráfica do programa é muito simples de utilizar (Figura 2.32).

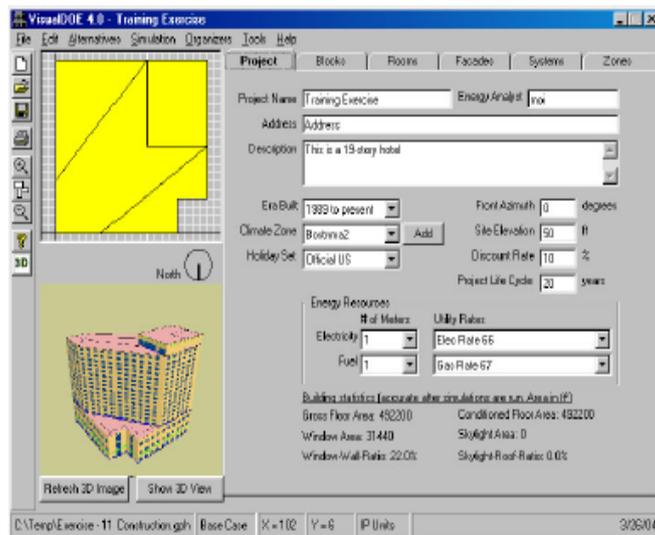


Figura 2.32 - VisualDOE – Interface gráfica.

Enquanto o utilizador cria o modelo, é possível visualizar o edifício e o diagrama do sistema AVAC (Figura 2.33).

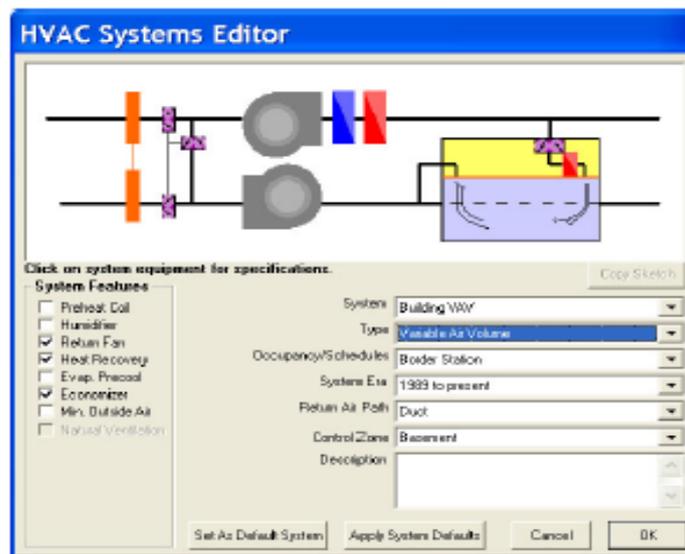


Figura 2.33 - VisualDOE – Introdução do sistema de AVAC.

Deste modo a verificação de formas e dimensões das zonas, janelas e outros elementos do edifício é imediata. Sendo também possível importar ficheiros CAD30, o que acelera o processo de introdução de um edifício no programa.

Na maioria dos *softwares* de simulação, cada zona térmica é introduzida separadamente, o que pode levar a muitas horas de introdução de dados. Neste programa, esta tarefa é simplificada, uma vez que ele utiliza o conceito de Bloco, ou seja, permite a introdução de um grupo de zonas térmicas contíguas, localizadas no mesmo piso e com características comuns. Deste modo, não é necessário configurar as zonas e respetiva envolvente individualmente, o programa executa essa tarefa pelo utilizador.

No *VisualDOE* existe uma gama alargada de sistemas AVAC e algumas regras que devem ser respeitadas:

- Todas as zonas têm de estar associadas a um sistema;
- Zonas não climatizadas não podem ser a zona de controlo de um sistema;
- Um sistema necessita de ter associada, pelo menos, uma zona climatizada.

Com este programa é possível associar um sistema AVAC ao edifício, de forma quase automática, com base apenas na dimensão deste e no tipo de ocupação. Com esta opção, pretende-se que um utilizador pouco experiente consiga obter resultados facilmente, podendo também ser útil quando não existe qualquer informação relativamente ao tipo de sistema existente no edifício. No entanto deve referir-se que este tipo de solução poderá ter riscos associados.

No caso de um utilizador experiente e que conheça o tipo de sistemas e características dos seus componentes é possível utilizar o editor dos sistemas AVAC, onde se encontram disponíveis alguns sistemas pré-definidos podendo o utilizador fornecer apenas a informação necessária à simulação.

Outro tipo de sistema que se encontra disponível é o da água quente sanitária (AQS). Através do editor de sistemas de aquecimento de água, o utilizador pode definir as necessidades, os horários de funcionamento e o equipamento que irá fornecer a água quente ao edifício. Este sistema deve ser definido para todo o edifício.

Finalmente, o modelo pode ter apenas um sistema central para a produção de água gelada e água quente para os sistemas AVAC. Disponíveis na base de dados existem chillers, caldeiras e bombas de circulação.

O controlo dos sistemas de AVAC pode ser efetuado tendo em conta três módulos disponíveis: temperatura constante, controlo pela zona mais quente e controlo pelo ar exterior (Ferreira, 2006).

### 2.6.9. DOE2.1e

O *DOE2.1e* é um dos mais potentes programas informáticos para a análise energética de edifícios e foi criado pelo Department of Energy (DOE) dos Estados Unidos. Este programa começou a ser desenvolvido em 1976 por James J. Hirsch & Associates (JJH) com a colaboração de *Lawrence Berkeley Laboratory*, tendo sido lançada a primeira versão em 1979. Este foi evoluído até 1999, altura em que pararam o seu progresso em detrimento de programas como *DOE-2.2* e do *EnergyPlus*. O programa *Doe2.1e* é a versão atual.

O DOE permite simular o cálculo, hora a hora, do comportamento do edifício para as condições atmosféricas locais e para períodos de simulação a definir pelo utilizador. A introdução de dados realiza-se através de uma linguagem especial de terminologia inglesa associada a edifícios, *BDL (Building Description Language)*. O programa foi concebido com base no sistema de unidades inglesas mas permite introdução de dados e obtenção de resultados no sistema internacional (SI).

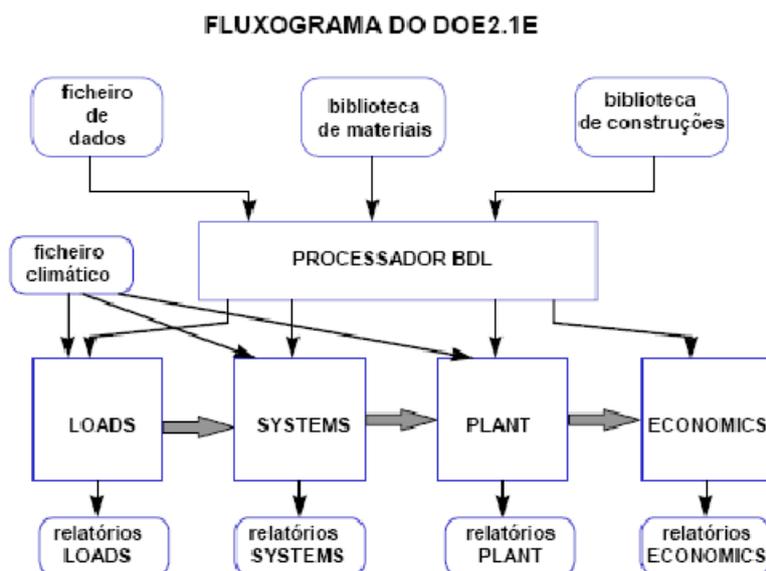


Figura 2.34 - Estrutura do DOE2.1E (reproduzido de Martins, 2008).

Os subprogramas incluem as seguintes funções:

- Cálculo de cargas térmicas horárias de aquecimento e arrefecimento;
- Dimensionamento de potências de aquecimento e arrefecimento do projeto;
- Simulação de sistemas centralizados de produção de água aquecida e de água refrigerada para climatização;
- Simulação de sistemas de acumulação de frio;
- Otimização do dimensionamento de sistemas de acumulação de frio;
- Análise do consumo de energia em edifícios.

O modelo contém ainda um programa de impressão de resultados, um processador de dados climatéricos, uma livraria de materiais e elementos construtivos de edifícios e dois programas de cálculo de coeficientes térmicos de elementos construtivos e de cálculo de massas térmicas.

#### **2.6.10.ESP-r**

O *ESP-r* é um *software* de simulação que procura simular um edifício em condições reais, analisando o seu desempenho em termos de consumos energéticos, conforto dos ocupantes, qualidade do ar, controle de sistemas.

O seu principal objetivo é simular um modelo, o mais próximo possível da realidade, através de simulação dinâmica. Para esse efeito, dispõe de modelos matemáticos que permitem simular a transferência de calor e humidade, caudais de ar, iluminação, sistemas de controlo e uma gama alargada de tecnologias energéticas convencionais e renováveis.

O programa utiliza o método das diferenças finitas na modelação térmica, podendo por isso ser utilizado para simular componentes não lineares. Ao utilizar um algoritmo com diferenças finitas o *ESP* necessita, para conseguir convergir, de intervalos de tempo de integração muito pequenos, na ordem de apenas alguns minutos, o que resulta em computadores de elevada capacidade de cálculo e de armazenamento de dados.

É possível utilizar métodos de cálculo avançados para fazer a integração dos diversos tipos de equações, que representam a conservação de energia e de massa que ocorrem dentro dos

edifícios. Dispõe de uma base de dados, que permite gerir todos os modelos de componentes dos sistemas, existindo sempre a possibilidade de o utilizador criar e adicionar os seus próprios modelos. No entanto, esta é uma tarefa nem sempre fácil, devido às regras a que é necessário obedecer para que o *ESP* reconheça os novos componentes.

Para além desta base de dados o *software* disponibiliza informação relativa aos materiais que constituem a envolvente do edifício, controlo, sombreamento, entre outras. Deste modo, o utilizador poderá sempre acrescentar os seus próprios dados na simulação do edifício. A Figura 2.35 representa um diagrama estrutural do *software* com os fluxos de informação necessários à simulação.

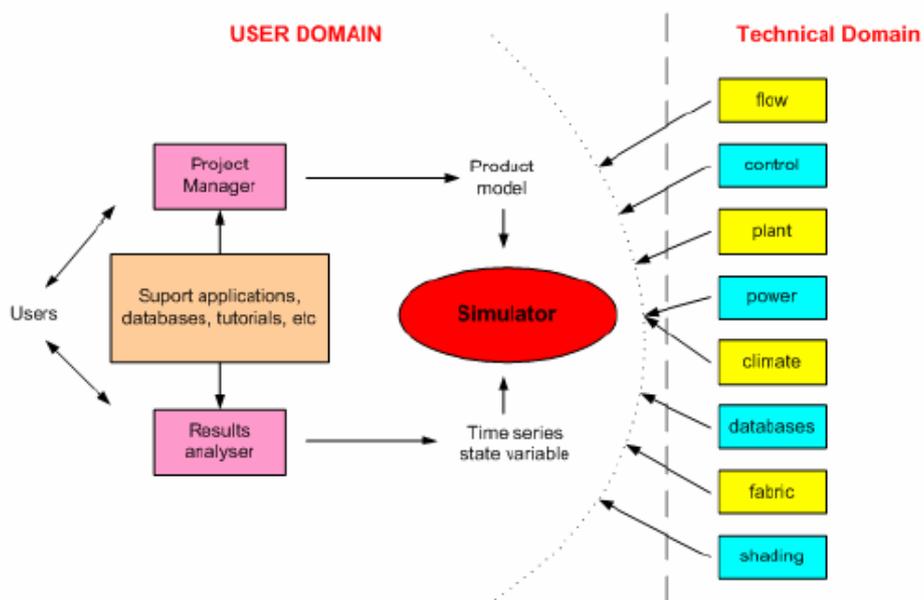


Figura 2.35 - Diagrama estrutural do ESP-r.

Trata-se de uma ferramenta poderosa que permite, numa primeira fase do estudo, a quantificação do impacto da localização, geometria e construção de um edifício, fatores que influenciam, fortemente o desempenho operacional e os custos associados. Numa segunda fase, o modelo permite uma análise com mais detalhe de parâmetros como o controlo ou a QAI.

### 2.6.11. Comparação entre programas

Finalizada a revisão de alguns dos *softwares* de simulação dinâmica existentes e depois de apresentadas as várias capacidades de alguns dos programas descritos, é importante ter perceção da sua disponibilidade, sendo um dos fatores importantes a ter em atenção na seleção do programa multizona.

Os *softwares* de simulação distinguem-se em vários aspetos uns dos outros, como por exemplo a base de dados que integram os sistemas e equipamentos, o cálculo de algumas geometrias, a sua programação e métodos de cálculo, o que origina a que sejam realizadas aproximações o que afeta os resultados finais.

Outro fator a ter em conta é a utilização destes mesmos programas em Portugal nos gabinetes de Engenharia, os recursos que compõem os modelos, assim como o acompanhamento técnico da parte do seu representante de forma a esclarecer as dúvidas que se criem ao longo da utilização do programa. Deste modo, a utilização de programas como *EnergyPlus*, *Trace 700* e *DesignBuilder* são bastante aceites pela comunidade de técnicos de climatização pois todos eles garantem fiabilidade nos resultados.

Nos últimos anos são notórias as evoluções nas capacidades do *Cype*, tendo sido introduzidos alguns aspetos relativos à energia como por exemplo: o desempenho energético em edifícios e o projeto de climatização. Este programa utiliza como motor de cálculo o *EnergyPlus* de modo a realizar a simulação dinâmica do edifício, sendo este um fator que também pesou na decisão de ser este o programa escolhido de forma a comparar os resultados com o *RCCTE-STE*.

O *RCCTE-STE* é um programa mais simples, apresenta uma maior facilidade de introdução de dados e beneficia de uma ligação direta à aplicação do *RCCTE*. No entanto, em contrapartida tem algumas limitações associadas à própria simplificação que condiciona o utilizador na aplicação a certos aspetos.



### 3. CASO DE ESTUDO

#### 3.1. Caracterização do Edifício

A fração autónoma em estudo corresponde à Adega Croft, Quinta do Panascal - Casa Nova (Figura 3.1), situado na freguesia de Refoios do Lima, concelho de Ponte de Lima. O edifício localiza-se numa zona rural, a 66 metros de altitude e a 25km da costa marítima, zona climática I<sub>2</sub>-V<sub>2N</sub>.



**Figura 3.1** - Adega Croft, Quinta do Panascal - Casa Nova.

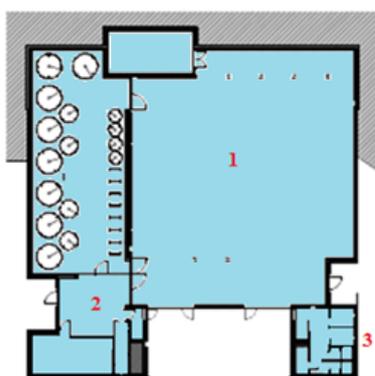
A Adega, no seu projeto original, tem dois pisos (Rés-do-chão e Piso 1) e apresenta fachadas viradas a Este (Fachada principal), Oeste (Fachada posterior), Sul (Fachada lateral esquerda) e Norte (Fachada lateral direita). No entanto, com o decorrer do trabalho e devido a algumas dificuldades relacionadas com o programa de simulação usado (*CYPE*), optou-se por ter apenas um piso, assunto o qual será abordado ao pormenor mais a frente. O Requerente da obra é o Casal do Paço Padreiro – Sociedade vitivinícola, Lda. e o sistema de climatização descrito neste trabalho, foi definido pelo projetista da especialidade na altura da execução do projeto.

O sistema de climatização sofreu algumas modificações para que se pudesse implementar a entrada de ar novo e a caracterização do edifício é efetuada em função da sua necessidade no âmbito do RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006). De forma a demonstrar um estudo comparativo com o maior rigor possível, procedeu-se a um tratamento de dados para que os valores do projeto executado e os valores inseridos nos diferentes programas de simulação fossem os mais aproximados possível.

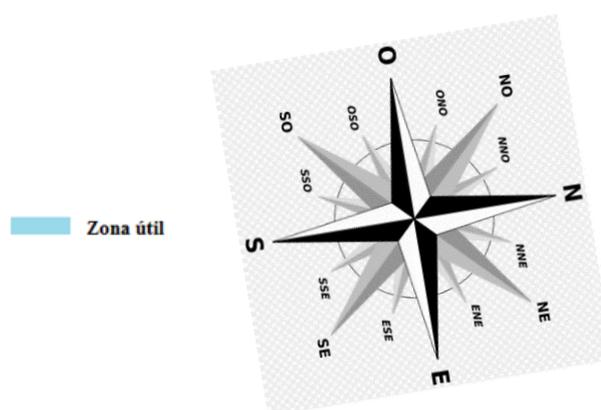
Como foi referido anteriormente, resolveu-se alterar o edifício de 2 pisos para apenas 1 piso, devido a alguns problemas na simulação com o CYPE, mais propriamente na exportação dos dados para o EnergyPlus. Este problema deveu-se ao facto de não ser possível atribuir um pé-direito duplo em algumas zonas do edifício, assim, seria impossível climatizar todos os espaços. Ficou-se assim com uma área útil menor pois os compartimentos do piso 1 desapareceram. Os compartimentos do rés-do-chão não se alteraram (incluindo as escadas de serviço) para que não houvesse alteração das áreas dos mesmos.

De realçar que, para uma melhor simulação e respetiva comparação de resultados entre os dois programas em estudo, assumiu-se que todos os compartimentos seriam zona útil e que os perfis utilizados na caracterização dos espaços (Cype e RCCTE-STE) fossem os perfis nominais de acordo com o RSECE.

Assim, na figura seguinte podemos observar a orientação do edifício e também os compartimentos e a delimitação da zona útil do piso do edifício.



**Figura 3.2** - Planta do rés-do-chão



**Figura 3.3** - Orientação da Adega de acordo com a planta.

Pode-se afirmar que o edifício está dividido em três zonas, devidamente numeradas nas figuras, que podem funcionar de forma independente: na zona 1 a Adega propriamente dita que está subdividida em duas (Zona de Cubas e Zona de Equipamento). A zona 2 onde existe um Showroom, Sala de Trabalho, dois WC's de serviço e uma zona correspondente as escadas de serviço. Por fim, a zona 3 onde existe um espaço de arrumos, uma antecâmara dos Balneários, dois WC's (WC Masculino e Feminino), dois balneários (Duche Masculino e Feminino) e também uma zona que seria destinada as escadas de serviço para o piso 1.

### 3.2. Zona Climática

Em função das tabelas do RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006) a zona climática classifica-se:

**Tabela 3.1** - Zona Climática, Quadro III.4, Quadro III.5, Quadro III.6, Quadro III.7 do RCCTE.

<b>Localização nas Regiões Autónomas dos Açores ou Madeira</b>	
Madeira	Açores
Não	Não

Correções em função da altitude: Quadro III.4, Quadro III.5, Quadro III.6, Quadro III.7 do RCCTE

**Tabela 3.2** - Zona Climática, Quadro III.1 do RCCTE.

<b>Concelho</b>	<b>Zona Climática de Inverno</b>	<b>Número de Graus dia (GD) (°C)</b>	<b>Duração da Estação de Aquecimento (meses) - M</b>	<b>Zona Climática de Verão</b>	<b>Temperatura externa de projeto (°C)</b>	<b>Amplitude térmica (°C)</b>
Ponte de Lima	I <sub>2</sub>	1790	6.3	V2 Norte	32	13

Zonas climáticas, Graus dia de aquecimento (GD) e Duração Est. Aquecimento (M): Quadro III.1 do RCCTE

**Tabela 3.3** - Zona Climática, faixas costeiras.

<b>Localização nas faixas costeiras, concelhos de:</b>				
Pombal	Santiago do Cacém	Alcácer do Sal	Leiria	Alcobaça
Não	Não	Não	Não	Não

**Tabela 3.4** - Zona Climática, Anexo III, Quadro III.8, Quadro III.9, Artigo 15, ponto 2 do RCCTE.

Concelho	Energia solar média mensal incidente a sul - $G_{sul}$ (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	Valor médio temperatura ar exterior est. arrefecimento - $\theta_{atm}$	Intensidade da radiação solar								Nv max. (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		Horiz.
Ponte de Lima	90	19	200	320	450	470	420	470	450	320	790	18

### 3.3. Enquadramento regulamentar

A envolvente do edifício deverá respeitar a legislação em estudo, designadamente o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios – Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril).

Como o edifício possui um sistema de climatização centralizado (aquecimento e arrefecimento) de potência superior a 25 kW, deverá cumprir o RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006).

- Aliena b), do n.º 1 do artigo 2º, que impõe:
  - O limite superior da potência que é permitido instalar nesses edifícios ou frações autónomas para os respetivos sistemas de climatização (ventilação mecânica, aquecimento e arrefecimento);
  - O valor máximo da globalidade dos seus consumos energéticos para climatização, iluminação e em equipamentos típicos designadamente para aquecimento de água sanitária e elevadores;
  - Requisitos mínimos de QAI e da respetiva monitorização.

- O n.º 1 e n.º 2 do Artigo 4º, que institui:
  - Os requisitos exigências de conforto térmico de referência para o cálculo das necessidades energéticas;
  - Os requisitos exigências da QAI;
  - O Artigo 14º, que estabelece os requisitos de eficiência energética no projeto de novos sistemas de climatização;
  - O n.º 6 do Artigo 27º, que obriga à instalação de sistema de monitorização a partir de uma potência instalada de 100 kW.
  
- O n.º 2 do artigo 32º, que obriga ao uso dos seguintes sistemas de energia alternativos (para climatização):
  - Sistema de coletores solares planos para produção de AQS;
  - Sistemas de aproveitamento da energia geotérmica, sempre que possível;
  - Sistemas autónomos, combinando o solar térmico, solar fotovoltaico, eólico, etc., e, locais distantes da rede elétrica.

Conforme o n.º 1 do artigo 8º do RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006), o consumo nominal específico de energia de um novo grande edifício de serviços sujeito ao presente Regulamento deve ser determinado através de uma simulação dinâmica multizona do edifício, utilizando metodologias de simulação que obedeçam aos requisitos estabelecidos no n.º 2 do artigo 13.

### 3.4. Caracterização dos elementos da envolvente

A caracterização térmica da envolvente do edifício foi realizada com base na publicação Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios (ITE 50) e Decreto-Lei n.º 80/2006.

#### 3.4.1. Pavimentos em contacto com o terreno

O edifício em estudo apresenta apenas um tipo de pavimento térreo, como é indicado na Figura 3.4.

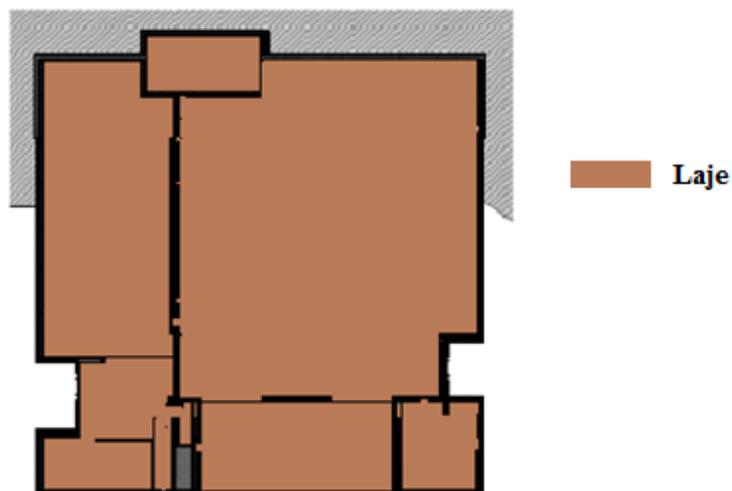


Figura 3.4 - Pavimento do edifício.

##### 3.4.1.1. Laje

Laje composta por betão armado com uma espessura de 15 cm (Figura 3.5) e contabiliza uma superfície total de 755,08 m<sup>2</sup>.

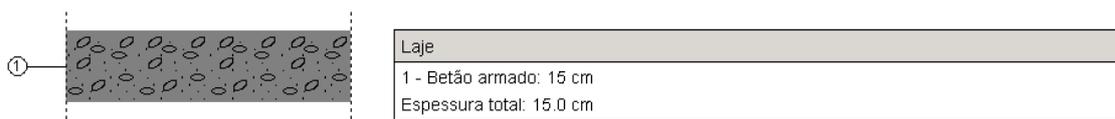


Figura 3.5 - Pormenor da Laje.

**Tabela 3.5** - Características do pavimento em contacto com o solo – Laje.

<b>Laje</b>	<b>Comportamento térmico (RCCTE)</b>	<b>U<sub>arrefecimento</sub></b> : 0.17 W/m <sup>2</sup> .°C (Para uma laje apoiada, com comprimento característico B' = 5m) Laje com banda de isolamento perimetral (largura 0.5m e resistência térmica: 1.08 m <sup>2</sup> .°C/W).
	<b>Pormenor de Calculo (U<sub>arrefecimento</sub>)</b>	<b>Superfície da Laje</b> , A = 100.00m <sup>2</sup> <b>Perímetro da Laje</b> , P = 40.00 m <b>Resistência térmica da Laje</b> , R <sub>f</sub> : 0.06 W/m <sup>2</sup> .°C <b>Resistência térmica do isolamento perimetral</b> , R <sub>f</sub> : 1.08 m <sup>2</sup> .°C/W. <b>Espessura do isolamento perimetral</b> , dn: 5.00 cm. Tipo de terreno: Brita
	<b>Comportamento Acústico (RRAE)</b>	<b>Massa superficial</b> : 390.00kg/m <sup>2</sup> <b>Isolamento sonoro</b> , R <sub>w</sub> (C;C <sub>tr</sub> ): 51.4 (-1;-7)dB Calculado segundo o método de previsão gráfica Nível global de pressão a sons de percussão normalizado, L <sub>n</sub> : 73.3dB Calculado segundo o método simplificado da EN 12354

### 3.4.2. Muros em contacto com o terreno

O edifício apresenta um muro em contacto com o terreno, como se pode observar na figura 3.6.



**Figura 3.6** - Parede exterior em contacto com o terreno.

### 3.4.2.1. Parede\_Exterior\_Cave

Parede em contacto com o terreno composta do interior para o exterior por, placa de gesso cartonado com 2 cm de espessura cada, Betão armado com % armadura <1% com 11 cm de espessura, Espuma rígida de poliuretano projetado (PUR) com 6 cm de espessura, caixa-de-ar não ventilada com 3 cm, Betão armado com % armadura <1% com 17 cm de espessura, Argamassa e reboco tradicional com 2cm de espessura e chapa metálica com 0.5 cm de espessura.

A Parede\_Exterior\_Cave (Figura 3.7) abrange uma superfície total de 339.60 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 41.5 cm.

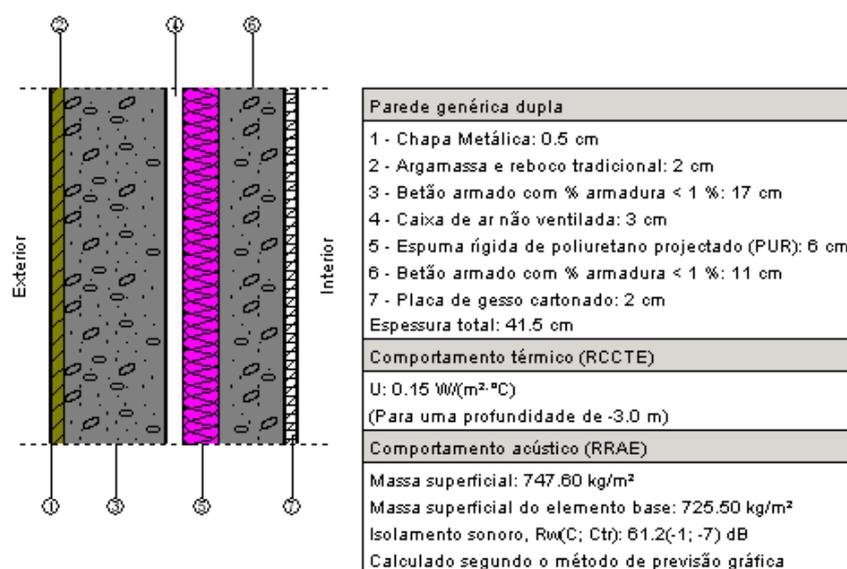


Figura 3.7 - Pormenor do muro em contacto com o terreno – Parede\_Exterior\_Cave.

### 3.4.3. Elementos opacos das fachadas

O presente edifício possui apenas um elemento opaco das fachadas, como se observa na Figura 3.8, sendo descrito de seguida.



Figura 3.8 - Parede exterior do edifício.

### 3.4.3.1. Parede\_Exterior

Parede exterior composta do interior para o exterior por, placa de gesso cartonado com 2 cm de espessura cada, Betão armado com % armadura <1% com 11 cm de espessura, espuma rígida de poliuretano projetado (PUR) com 6 cm de espessura, caixa-de-ar não ventilada com 3 cm, Betão armado com % armadura <1% com 15 cm de espessura, reboco exterior com 2cm de espessura e chapa metálica com 0.5 cm de espessura.

A Parede\_Exterior (Figura 3.9) abrange uma superfície total de 512.72 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 39.5 cm.

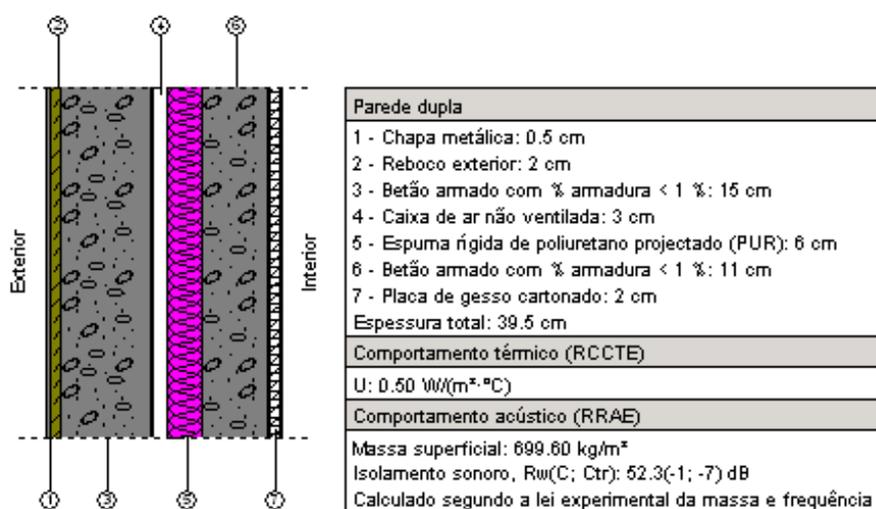


Figura 3.9 - Pormenor da Parede\_Exterior.

### 3.4.4. Compartimentação Interior

O presente edifício possui seis variações de paredes interiores, como se observa na Figura 3.10.



Figura 3.10 - Paredes Interiores do edifício.

#### 3.4.4.1. Parede Interior 1

Parede interior de separação do edifício entre a Zona de Cubas e a Zona de Equipamento. É composta por placa Argamassa e reboco tradicional com 22 cm, caixa-de-ar com 16 cm de espessura e novamente Argamassa e reboco tradicional com espessura 22 cm. A Parede Interior 1 (Figura 3.11) abrange uma superfície total de 72.99 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 60 cm.

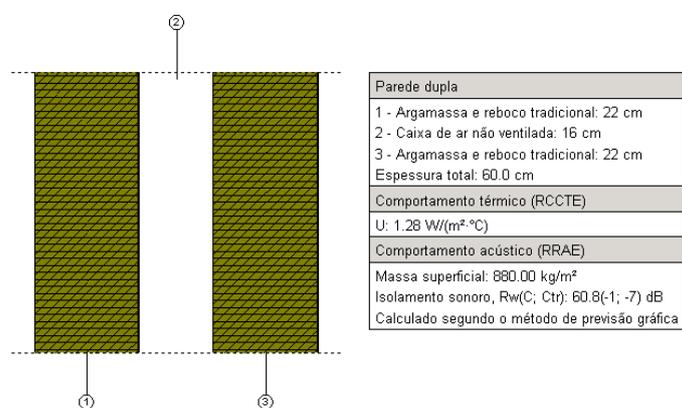


Figura 3.11 - Pormenor da parede interior – Parede Interior 1.

### 3.4.4.2. Parede\_Interior\_2

Parede interior de separação do edifício que delimita os espaços entre o Showroom e Sala de trabalho e também entre os banheiros e os WC's e os banheiros e sala de arrumos.

É composta por material cerâmico com espessura 2 cm, Argamassa e reboco tradicional com 11 cm de e novamente material cerâmico com espessura 2 cm. A Parede\_Interior\_2 (Figura 3.12) abrange uma superfície total de 194.62 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 15 cm.

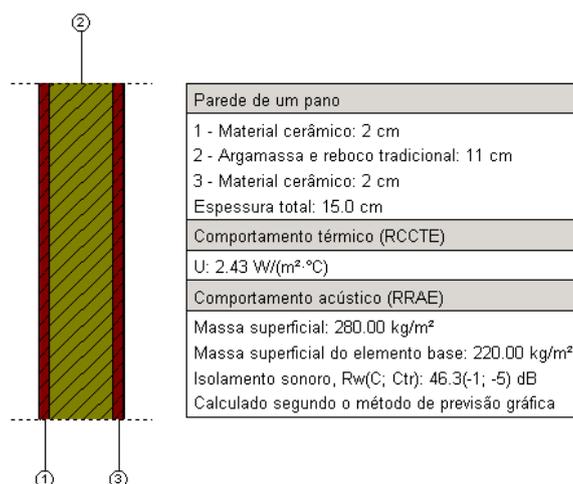
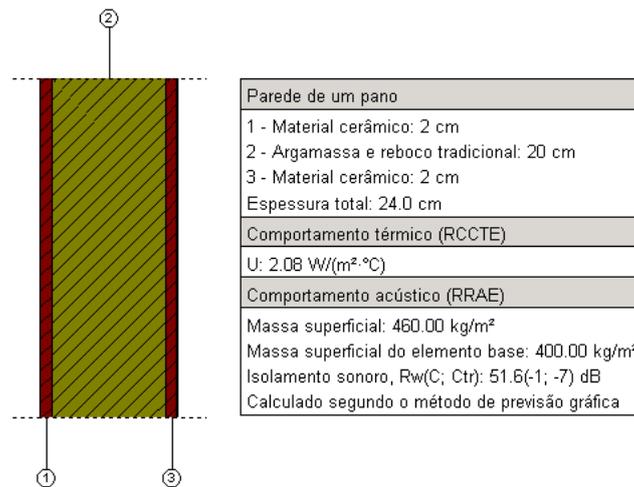


Figura 3.12 - Pormenor da parede interior – Parede\_Interior\_2.

### 3.4.4.3. Parede\_Interior\_3

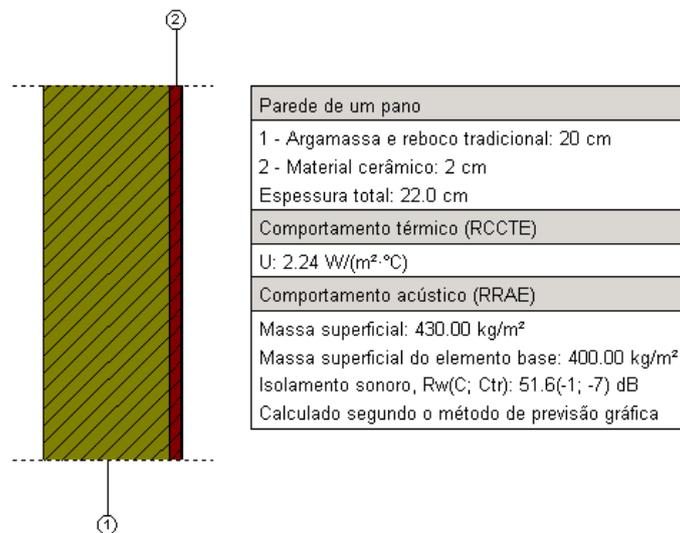
Parede interior de separação do edifício entre os WC's de serviço e escadas sendo composta por material cerâmico com espessura 2 cm, Argamassa e reboco tradicional com 20 cm de espessura e novamente material cerâmico com espessura 2 cm. A Parede\_Interior\_3 (Figura 3.13) abrange uma superfície total de 26.41 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 24 cm.



**Figura 3.13** - Pormenor da parede interior – Parede\_Interior\_3.

#### 3.4.4.4. Parede\_Interior\_4

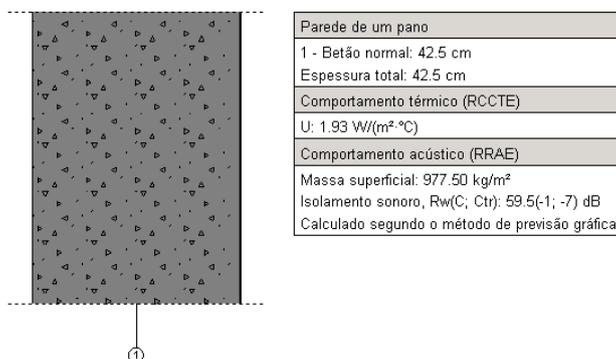
Parede interior que delimita uma parte do espaço do Showroom e as escadas sendo composta por Argamassa e reboco tradicional com espessura 20 cm e material cerâmico com espessura 2 cm. A Parede\_Interior\_4 (Figura 3.14) abrange uma superfície total de 5.82 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 22 cm.



**Figura 3.14** - Pormenor da parede interior – Parede\_Interior\_4.

### 3.4.4.5. Parede\_Interior\_5

Parede de betão de um pano que delimita a área entre as escadas e os Arrumos. É composta apenas por um pano de 42,5cm de espessura de betão normal. A Parede\_Interior\_5 (Figura 3.15) abrange uma superfície total de 7.13 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 42,5 cm.

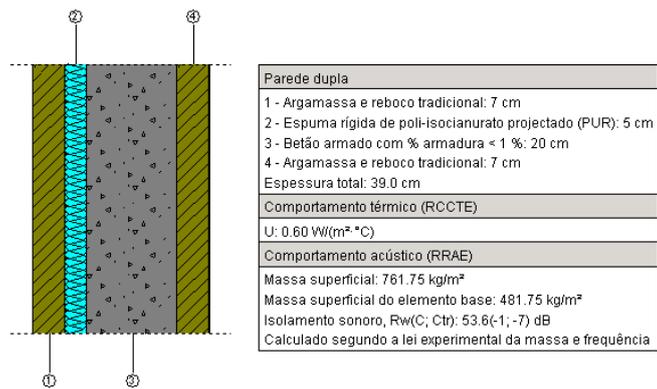


**Figura 3.15** - Pormenor da parede interior – Parede\_Interior\_5.

### 3.4.4.6. Parede\_Interior\_6

Esta parede interior está a separar a Zona de Cubas e a Zona de Equipamento, a Zona de Cubas e o Showroom e também uma parte da Zona de Equipamento com a divisória onde estão situados os WC's.

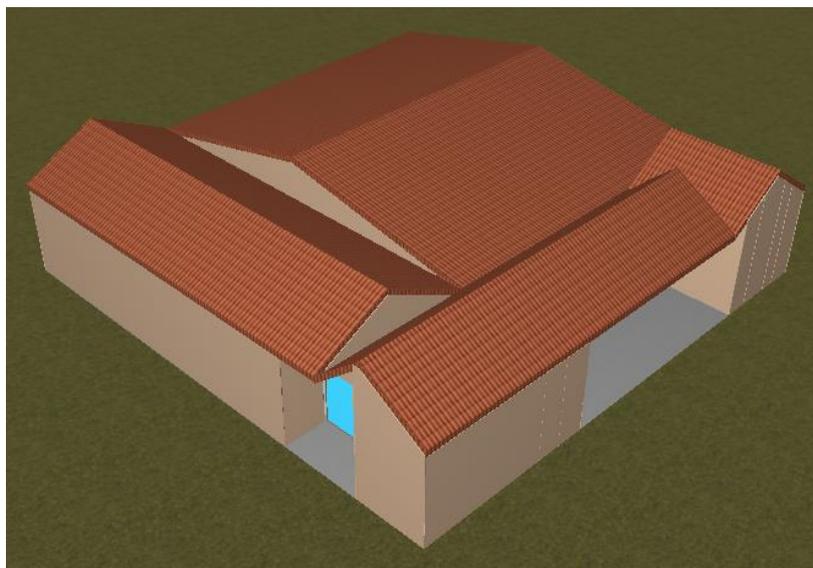
É composta por Argamassa e reboco tradicional com 7cm de espessura, espuma rígida de poli-isocianurato projetado (PUR) de 5 cm de espessura, betão armado com % de armadura <1% com 20 cm de espessura e Argamassa e reboco tradicional com espessura 7 cm. A Parede\_Interior\_6 (Figura 3.16) abrange uma superfície total de 88.35 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 39 cm.



**Figura 3.16** - Pormenor da parede interior – Parede\_Interior\_6.

### 3.4.5. Coberturas

O edifício possui apenas um tipo de cobertura, como se observa na Figura 3.17, sendo a mesma descrita de seguida.



**Figura 3.17** - Cobertura do edifício.

### 3.4.5.1. Cobertura

Cobertura de telha em painel sandwich ondulado no exterior e liso no interior com acabamento termolacado que abrange todo o edifício e é composto do interior para o exterior por um revestimento em madeira leve com 2cm de espessura, uma placa de Lã de rocha com 5cm de espessura, caixa-de-ar com 50 cm de espessura, folha de alumínio com 0.5cm de espessura, espuma rígida de poliuretano em painéis sandwich (PUR) com 5 cm e novamente folha de alumínio com 0,5cm.

A Cob\_1 (Figura 3.18) abrange uma superfície total de 797.59 m<sup>2</sup> e uma espessura total de 63 cm.

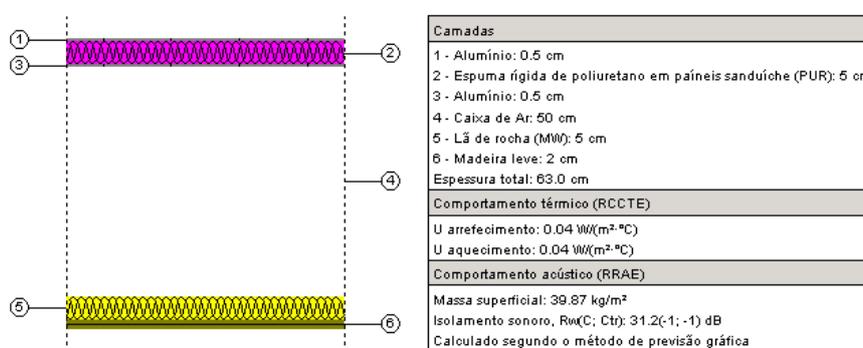


Figura 3.18 - Pormenor da cobertura – Cobertura.

### 3.4.6. Envidraçados

O edifício é composto por três vãos envidraçados exteriores (Ve), como podemos observar na figura abaixo representada.



Figura 3.19 - Envidraçados exteriores (Ve) do edifício

Os coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados e os fatores solares e das proteções solares foram determinados com base nas soluções consideradas no projeto e nos valores de referência do quadro V.4 do RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006).

O coeficiente de transmissão térmica (U) de um vão envidraçado depende de alguns fatores:

- Tipo de vidro;
- Tipo de vão;
- Tipo de caixilharia;
- Espessura da lâmina de ar;
- Dispositivo de oclusão.

O RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006) impõe fatores solares máximos admissíveis em função da classe de inércia térmica e da zona climática.

Sendo a localidade de Ponte de Lima considerada uma zona climática V2, e como a fração possui uma inércia térmica forte (**Anexo B**), o fator solar máximo é de 0.56 (Quadro IX do Anexo IX do RCCTE).

Os envidraçados da Adega de uma maneira geral tem as mesmas características, sendo apresentadas nas tabelas seguintes.

**Tabela 3.6** - Características do Ve01.

Envidraçados verticais	Caixilharia	Fator Solar g <sub>lvidro</sub>	Fator solar Inverno g <sub>linv</sub>	Fator Solar g <sub>l100%</sub>	Fator Solar g <sub>lverão</sub>	Dispositivos de Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	<b>Localização:</b> Sul: Ve01 <b>Descrição:</b> Vidro duplo, caixilharia alumínio com rutura térmica.	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	Proteção solar pelo interior do tipo cortina ligeiramente transparente, cor média

**Tabela 3.7 - Características do Ve02.**

Envidraçados verticais	Caixilharia	Fator Solar g <sub>⊥vidro</sub>	Fator solar Inverno g <sub>⊥inv</sub>	Fator Solar g <sub>⊥100%</sub>	Fator Solar g <sub>⊥verão</sub>	Dispositivos de Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	<b>Localização:</b> Norte:Ve02 <b>Descrição:</b> Vidro duplo, caixilharia alumínio com rutura térmica.	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	Proteção solar pelo interior do tipo cortina ligeiramente transparente, cor média

**Tabela 3.8 - Características do Ve03.**

Envidraçados verticais	Caixilharia	Fator Solar g <sub>⊥vidro</sub>	Fator solar Inverno g <sub>⊥inv</sub>	Fator Solar g <sub>⊥100%</sub>	Fator Solar g <sub>⊥verão</sub>	Dispositivos de Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	<b>Localização:</b> Norte:Ve03 <b>Descrição:</b> Vidro duplo, caixilharia alumínio com rutura térmica.	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	Proteção solar pelo interior do tipo cortina ligeiramente transparente, cor média

Os envidraçados são constituídos por um vidro exterior incolor com 6 mm de espessura e por um vidro interior incolor com 5 mm de espessura, separados por uma caixa-de-ar com 10 mm de espessura. Serão colocados sem caixilharia metálica com corte térmico, sendo caracterizada por coeficiente de transmissão térmica de 3.20 (W/m<sup>2</sup>.°C).

### 3.4.7. Inércia Térmica

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento ( $I_t$ ) é calculada pela seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \times S_i}{A_p} \quad (2)$$

Em que,

- $M_{si}$  – massa superficial útil do elemento  $i$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );
- $S_i$  – área de superfície inferior do elemento  $i$  ( $\text{m}^2$ );
- $A_p$  – área útil de pavimento ( $\text{m}^2$ ).

De acordo com as características de referência apontadas no Anexo VII do (Decreto-Lei n.º 80/2006), e segundo o quadro VII.6 do mesmo Anexo, a classe de inércia da fração autónoma, cujo cálculo detalhado se apresenta no **Anexo B**, é Forte.

### 3.4.8. Pontes térmicas

Ponte térmica é o termo vulgarmente utilizado para designar fenómenos localizados de transferência de calor na envolvente de um edifício, cuja consequência é uma redução das características de isolamento térmico desses locais relativamente à zona corrente. A ponte térmica é toda a parte da envolvente de um edifício onde não é possível admitir a hipótese de unidireccionalidade do fluxo de calor e, por conseguinte, deixa de ser válida a abordagem de cálculo convencionalmente usada em térmica de edifícios, que toma a resistência térmica dos elementos uniforme na sua área

De acordo com o RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006) uma ponte térmica plana é uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou da envolvente interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, talões de viga e caixas de estore. A ponte térmica é quantificada multiplicando o valor de coeficiente de transferência térmica pela área. Para o presente edifício não existem pontes térmicas planas.

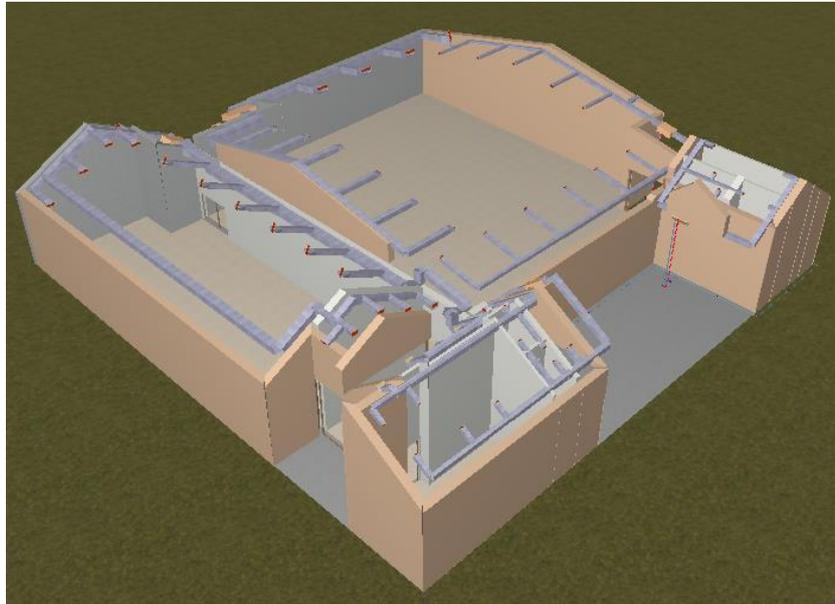
Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico é bidimensional ou tridimensional assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento. É quantificada multiplicando o valor do coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) pelo desenvolvimento. Os coeficientes de transmissão térmica linear são obtidos através das tabelas IV.2.1, IV.2.2 e IV.2.3 do RCCTE (Decreto-Lei n.º 80/2006). Na tabela 3.9 são apresentados os valores das pontes térmicas existentes no edifício.

**Tabela 3.9** - Perdas térmicas lineares.

<b>Pontes Térmicas Lineares</b> <b>Ligações entre:</b>	<b>Tipo</b> <b>ligação</b>	<b>Comprimento</b> <b>(m)</b>	<b><math>\psi</math></b> <b>(W/m.°C)</b>	<b>B*<math>\Psi</math></b> <b>(W/°C)</b>
Fachada com os pavimentos térreos	A	141.83	0.47	66.66
Fachada com pavimentos não aquecidos e exteriores	B	0	0	0
Fachada com pavimentos intermédios	C	0	0	0
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	D	121.86	0.50	60.93
Fachada com varanda	E	0	0	0
Duas paredes verticais	F	47.71	0.20	9.54
Fachada com caixa de estore	G	0	0	0
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	H	41.68	0.20	8.34

### 3.5. Sistema de Climatização

A instalação é fundamentalmente constituída por um equipamento produtor de água fria/quente a instalar no exterior do edifício e por unidades terminais a instalar nos locais que vão servir.



**Figura 3.20** - Sistema de Climatização instalado no edifício.

A unidade produtora de água fria/quente, sistema de 4 tubos, realiza em permutadores separados, as funções de só frio, só calor e frio e calor simultaneamente. Esta terá como características mínimas as seguintes capacidades (Tabela 3.10), calculadas de acordo com as condições de projeto, e ainda:

- Temperatura de água à saída:

7°C / 50°C

- Temperatura de retorno:

12°C / 40°C

**Tabela 3.10** - Características da unidade produtora água fria/quente.

<b>Características</b>	<b>Frio (kW)</b>	<b>Calor (kW)</b>
	85,8	120.6

Como referência serviu a unidade da marca **CIAT** do modelo **MI-450** (Figura 3.21). O sistema utilizado, refrigerador e bomba de calor simultaneamente (sistema 4 tubos), tem uma eficiência nominal de 4.0 para aquecimento (COP) e 3.0 para arrefecimento (ERR), e um fator de conversão 0,29 kgep/kWh.



**Figura 3.21** - Aquapack MI-450 (reproduzido da biblioteca de equipamentos do *Cype*).

As unidades climatizadoras (Figura 3.22) são 5 e terão as seguintes características gerais (Tabela 3.11):

**Tabela 3.11** - Características das unidades terminais.

<b>Unidade</b>	<b>Frio (kW)</b>	<b>Calor (kW)</b>
<b>UC1</b>	25	25,64
<b>UC2</b>	16,9	17,79
<b>UC3</b>	4,74	5,61
<b>UC4</b>	4,3	5,18
<b>UC5</b>	5,4	6,27

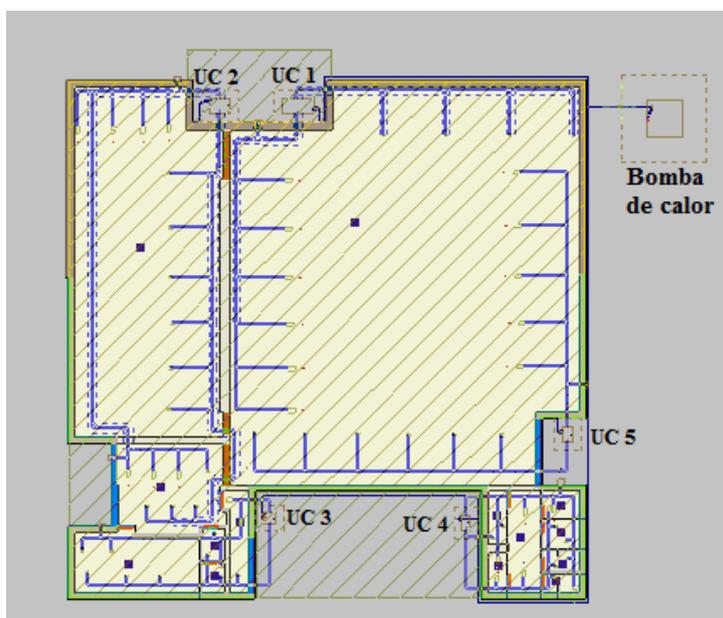
Serviram como referencia as unidades da marca **CIAT** do modelo **Hydronic CTB2-H**.



**Figura 3.22** - Hydronic CTB2 (reproduzido da biblioteca de equipamentos do *Cype*).

A Unidade Climatizadora UC 1 abrange a zona de equipamentos, a UC 2 climatiza a zona de cubas, a UC 3 o showroom, sala de trabalho, os dois WC's de serviço e a zona correspondente as escadas de serviço, a UC4 climatiza os arrumos, a antecâmara dos Balneários, os dois WC's (WC Masculino e Feminino), os dois balneários (Duche Masculino e Feminino) e a zona que seria destinada as escadas de serviço para o piso 1, e por fim a UC 5 também uma parte da zona de equipamentos.

É importante referir que o sistema de climatização sofreu umas pequenas alterações de modo a inserir a entrada de ar novo. O ar extraído dos espaços e o ar novo são tratados nas unidades climatizadoras, permitindo depois a insuflação nos espaços de ar tratado a 20 °C. Na figura seguinte podemos ver a instalação do sistema de climatização.



**Figura 3.23** - Instalação do sistema de climatização.

### 3.6. Águas Quentes Sanitárias (AQS)

O RCCTE torna obrigatório o recurso a sistemas de coletores solares térmicos para aquecimento de água sanitária, na base de 1 m<sup>2</sup> de coletor por ocupante previsto e de 2,5 m<sup>2</sup> por cada 100 litros diários (60 °C) de consumo para edifícios de serviços, desde que os edifícios (frações autónomas) tenham uma cobertura em terraço ou uma cobertura inclinada com água cuja normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre Sudeste e Sudoeste.

As coberturas não deverão ainda ser sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do Sol e termina duas horas antes do ocaso. Embora esteja previsto no articulado 1 m<sup>2</sup> de coletor por ocupante, este valor poderá ser reduzido de modo a que não seja ultrapassada 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante sul, entre sudeste e sudoeste.

Para se conhecer a contribuição do sistema de coletores solares para aquecimento das AQS ( $E_{solar}$ ) é usado o programa *SOLTERM* do *LNEG*. O sistema térmico é constituído por coletores comuns, depósito e apoio individual que neste caso é um termoacumulador a gás, com pelo menos 100 mm de isolamento térmico. Estimou-se que o consumo diário de AQS seria de 200 litros e a área de coletores a mínimo exigido (2,5 m<sup>2</sup>). Assim, foi selecionado um coletor com 2,5 m<sup>2</sup> da marca *Solius Silversol XL* e um volume de armazenamento de 200 litros e foi obtida a energia fornecida pela instalação solar de 1300 kW.h/ano e a energia necessária de 1910 kW.h/ano. Assim o termoacumulador a gás terá que fornecer 610 kW.h/ano de energia para aquecimento das AQS. As listagens do *SOLTERM* são apresentadas no **Anexo A**.

### 3.7. Caracterização dos espaços – análise nominal

Como foi referido anteriormente, optou-se por a caracterização dos espaços ser a mesma nos dois programas. Sendo assim, esta é apenas usada com perfis nominais nos dois casos. No **Anexo D** apresentam-se os perfis nominais de utilização do edifício.

### **3.7.1. Ocupação**

De acordo com os padrões de referência apresentados no Anexo XV do RSECE (Decreto-Lei n.º 79/2006) para a tipologia atribuída ao edifício (venda por grosso), a ocupação utilizada com perfis nominais é a seguinte:

- Adegas: 25 m<sup>2</sup>/ocupante.

### **3.7.2. Caudais mínimos de ar novo**

Os caudais mínimos de ar novo são os definidos no Anexo VI do RSECE. Devido ao tipo de insuflação e extração de ar utilizada, deve ser considerada uma eficiência de ventilação de 80 %. No **Anexo C** pode-se analisar mais detalhadamente o processo de cálculo do caudal mínimo regulamentar.

### **3.7.3. Potência de equipamentos**

As potências de equipamentos interiores utilizadas na simulação com perfis nominais foram, também, obtidas através dos padrões de referência representados no Anexo XV do RSECE para a tipologia atribuída ao edifício (Venda por grosso), sendo a mesma:

- Adegas: 3 W/m<sup>2</sup>;

### **3.7.4. Potência de iluminação**

As potências de iluminação interior não se encontram padronizadas no Anexo XV do RSECE para a tipologia atribuída ao edifício, pois estas são obtidas através do projeto da especialidade. Sendo assim, e não tendo sido facultadas estas mesmas potências, foi utilizada a potência de iluminação interior mais usual neste tipo de tipologia (Venda por grosso), sendo:

- Adegas: 4 W/m<sup>2</sup>;

## 4. SIMULAÇÃO

### 4.1. Introdução

As exigências energéticas serão calculadas com base nos padrões nominais de utilização dos edifícios, definidos para a tipologia considerada no Anexo XV do Decreto-Lei n.º 79/2006.

O consumo nominal específico ( $IEE_{nom}$ ) representa o consumo nominal específico de um edifício, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo e será obtido recorrendo à simulação do funcionamento do edifício utilizando os padrões nominais que será posteriormente comparado com o respetivo valor de referência limite. O valor de referência para este indicador ( $IEE_{ref}$ ) está definido no Decreto-lei 79/2006 de 4 de Abril para edifícios cuja licença ou autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, assim como para edifícios já existentes aquela data.

Na simulação térmica do edifício considerou-se que o sistema de climatização funciona em todos os compartimentos do edifício e de acordo com os perfis nominais indicados nas tabelas apresentadas no **Anexo D**.

De seguida são apresentadas as simulações nos programas *RCCTE-STE (Versão 2.3)* e *Cypeterm (Versão 2103.p)*.

### 4.2. Simulação RCCTE-STE

O *RCCTE-STE* permite efetuar a verificação das necessidades de aquecimento e arrefecimento dum edifício segundo os requisitos do RCCTE, bem como imprimir as fichas justificativas para entrega no processo de licenciamento e tem como objetivos:

- A emissão das fichas e das folhas de cálculo dos Decretos-Lei 79 e 80/2006 necessárias ao licenciamento de edifícios;
- Permite manter uma base de dados de soluções de construção para utilizar na descrição dos diversos edifícios;
- É possível definir os edifícios a licenciar utilizando soluções existentes bem como utilizar novas soluções.

#### 4.2.1. Caracterização do Edifício

Na caracterização do edifício são inseridos os seguintes elementos:

- Nome Edifício;
- Detalhes do Técnico;
- Concelho: Ponte de Lima;
- Localização: Situado na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural;
- Altitude: 66m;
- Zona abrangida por gás: Não.

#### 4.2.2. Caracterização da Fração Autónoma

Na caracterização da fração autónoma são introduzidos os seguintes aspetos:

➤ Fração Autónoma:

- Tipo de fração autónoma: Serviços;
- Descrição: Edifício independente com um só piso térreo;
- Tipologia: Adega;
- Piscina: Não;
- $q_i$ : 7 W/m<sup>2</sup>;
- Utilização: Permanente;
- Pé direito médio: 6.56 m;
- Área útil: 755.05 m<sup>2</sup>;
- Altura da fachada ao solo: 5,40 m.

➤ Sistema de Climatização:

- Tipo de sistema de climatização: Aquecimento e Arrefecimento;
- Sistema de aquecimento: Bomba de calor, COP = 4, Fpu = 0.29, potência de aquecimento = 120.6 kW.
- Sistema de arrefecimento: Bomba de calor, ERR = 3, Fpu = 0.29, potência de arrefecimento = 85.8 kW.

- Ventilação:
  - Tipo de Ventilação: Natural;
  
- AQS:
  - Sistema: Termoacumulador a gás com pelo menos 100 mm de isolamento térmico,  $\eta_a=0,80$ ,  $F_{pu}=0,086$ ;
  - $E_{solar}$ : 1300 kWh/ano;
  - $E_{ren}$ : 0 kWh/ano;
  - $M_{AQS}$ : 200 litros.

#### 4.2.3. Soluções de construção

As soluções de construção são retratadas em detalhe no **Anexo E** (soluções de construção do STE).

#### 4.2.4. Caracterização do espaço útil

Na caracterização do espaço útil, ilustrado na Figura 4.1, todos os valores são pré-definidos do módulo de RCCTE do programa.

**EDIFÍCIO** ▶ **caracterização do espaço útil**

Tipologia pré-definida: Venda por grosso  
 Tipologia do utilizador: Venda por grosso Definir novo perfil de utilização  
 Concelho: Ponte de Lima

**Área de pavimento [m<sup>2</sup>]**

6,56 Pé direito médio [m]      0,27 Factor de forma [m<sup>-1</sup>]  
 forte Inércia      658,36 Coeficiente de perdas da envolvente opaca [W/°C]  
 2971,88 Infiltração do ar [m<sup>3</sup>/h]      54,47 Coeficiente de perdas dos vãos envidraçados [W/°C]

755,05  
 755,05 **Total**

**Área equivalente de ganho solar [m<sup>2</sup>]**

	Vãos envidraçados		Envolvente opaca
	(Inverno)	(Verão)	
Horizontal	0	0	0,64
Norte	2,28	7,27	1,08
Nordeste	0	0	0
Este	0	0	1,59
	0	0	0
Sul	2,29	3,03	1,16
Sudoeste	0	0	0
Oeste	0	0	0,28
Noroeste	0	0	0

**Figura 4.1** - Caracterização do espaço útil do edifício.

#### **4.2.5. Ocupação**

Na ocupação de espaço temos valores conforme definidos anteriormente, iguais aos pré-definidos provenientes do RSECE para Vendas por grosso, sendo a densidade de ocupação de 25 m<sup>2</sup> por ocupante. Considerou-se uma carga térmica de 120 W/ocupante, também imposta pelo RSECE. O horário de ocupação é o pré-definido.

#### **4.2.6. Iluminação**

Na caracterização da iluminação dos vários espaços temos valores conforme definidos anteriormente, sendo a densidade de iluminação de 4 W/m<sup>2</sup>.

#### **4.2.7. Equipamento**

Os perfis adotados para o equipamento são os pré-definidos provenientes do RSECE para Vendas por grosso, sendo a densidade de equipamento de 3 W/m<sup>2</sup>.

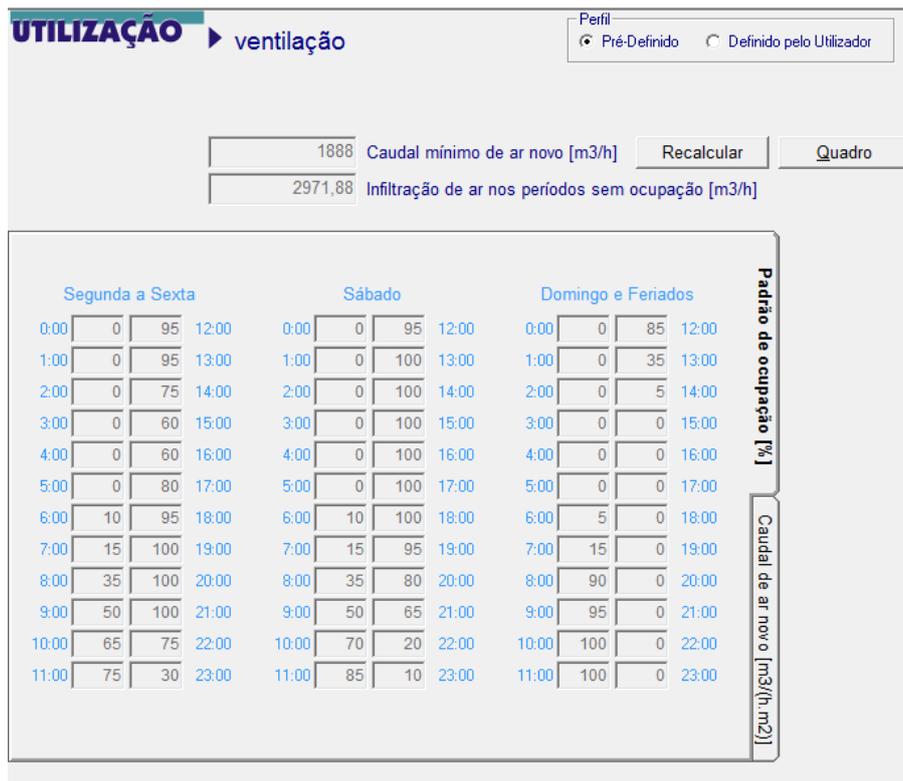
#### **4.2.8. Ventilação**

O caudal de ar novo nominal obtém-se por aplicação das eficiências aos caudais nominais, que são determinados a partir da ocupação nominal. Devido à existência de recuperação de energia (50%) o caudal de ar novo nominal a ser considerado na simulação STE deverá ser metade desse valor.

Sendo a ventilação definida pelo utilizador, faz-se assim corresponder as áreas de compartimentos estipuladas pelo programa.

- Zona de Cubas: 180.1 m<sup>2</sup>;
- Zona de Equipamentos: 473.2 m<sup>2</sup>;
- Showroom: 33.4 m<sup>2</sup>;
- Sala de trabalho: 26.4 m<sup>2</sup>;
- WC Serviço\_1: 2.7 m<sup>2</sup>;
- WC Serviço\_2: 2.4 m<sup>2</sup>;
- Escada 1: 7.2 m<sup>2</sup>;
- Escada 2: 3.5 m<sup>2</sup>;

- Arrumos: 2.7 m<sup>2</sup>;
- Balneário antecâmara: 11.5 m<sup>2</sup>;
- WC Masculino: 3.6 m<sup>2</sup>;
- WC Feminino: 3.6 m<sup>2</sup>;
- Duche Masculino: 2.4 m<sup>2</sup>;
- Duche Feminino: 2.4 m<sup>2</sup>;



**Figura 4.2** - Caudal de ar novo nominal do edifício.

#### 4.2.9. Temperatura de referência de Aquecimento e Arrefecimento

As temperaturas de referência são as pré-definidas pelo programa.

- ✓ Temperatura de referência de aquecimento: 20 °C;
- ✓ Temperatura de referência de arrefecimento: 25 °C.

#### 4.2.10. Climatização

O programa RCCTE-STE não permite simular de uma forma direta a recuperação de calor, sendo assim, de forma a contornar esta limitação, optou-se por afetar os valores das potências de simulação de um coeficiente de redução da energia necessária para climatização. Esta redução das necessidades de energia é da ordem dos 50,00 %.

SISTEMAS ▶ climatização		
<b>Aquecimento</b>	<b>Arrefecimento</b>	
40,87	Necessidades de energia [kWh/m2.ano]	2,67
0,59	Factor de correcção climática	0,89
<b>Consumo nominal</b>		
6,03	[kWh/m2.ano]	0,79
1,75	[kgEP/m2.ano]	0,23

Figura 4.3 - Sistema de Climatização da Adegá.

#### 4.2.11. AQS

Sendo o consumo médio diário de referência ( $M_{AQS}$ ) para um edifício de serviços de 200 litros, o consumo médio diário (litros/dia.ocupante) foi estipulado a partir dos valores globais atribuídos no projeto de climatização e em função do número de ocupantes do edifício, que dá um valor de 4 (litros/dia.ocupante).

#### 4.2.12. Outros consumos

A Adegá não possui outros consumos.

### 4.2.13. Base de dados climáticos

A base de dados climáticos utilizada é a do *Solterm* a qual contém anos meteorológicos de referência para os 308 concelhos de Portugal.

### 4.2.14. Resultados

**RESULTADOS** ▶ síntese do Edifício

O edifício NÃO se encontra regulamentar

	Necessidades nominais de energia* [kWh/m2.ano]		80%	Necessidades de energia máximas [kWh/m2.ano]
<b>Adega_PL</b>				
Aquecimento	63,10	>	60,17	75,21
Arrefecimento	3,49	<	14,40	18,00

	IEE [kgep/m2.ano]	valor de referência limite [kgep/m2.ano]
tipologia Adega_PL	18,4	35,0
<b>Total</b>	<b>18,4</b>	<b>35,0</b>

	Potência a instalar [kW]		Potência máxima a instalar [kW]	Potência nominal de simulação [kW]	Justificações (se necessário)
<b>Clim</b>					
Aquecimento	60,30	<=	62,41	44,58	
Arrefecimento	42,90	>	19,15	13,68	

Figura 4.4 - Síntese resultados IEE e Potências da Adega, no STE.

**RESULTADOS** ▶ síntese

Tipologia

Área útil de pavimento [m2]

	IEE [kgep/m2.ano]	Valor de referência limite [kgep/m2.ano]
zona útil	<input type="text" value="18,4"/>	<input type="text" value="35"/>
<b>Total</b>	<input type="text" value="18,4"/>	<input type="text" value="35"/>

Tipo de Utilização

Figura 4.5 - Síntese resultados IEE da Adega, no STE.

Quadro resumo do Indicador de Eficiência Energética (IEE)

[kgep/m2.ano]	Zona útil*	Totais
Aquecimento	1,8	1,8
Arrefecimento	0,2	0,2
Iluminação	6,2	6,2
Equipamento	10,1	10,1
Equip. Ventilação	0,0	0,0
AQS	0,2	0,2
IEE	18,4	18,4
IEE ref	35,0	35,0

Figura 4.6 - Resumo resultados IEE da Adega, no STE.

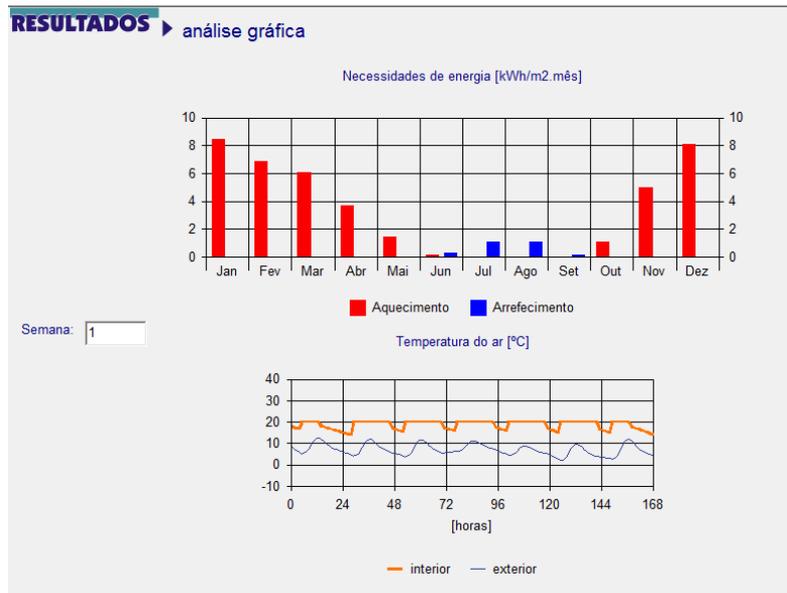


Figura 4.7 - Resultados Temperaturas do ar e Necessidades de Energia da Adega, no STE.

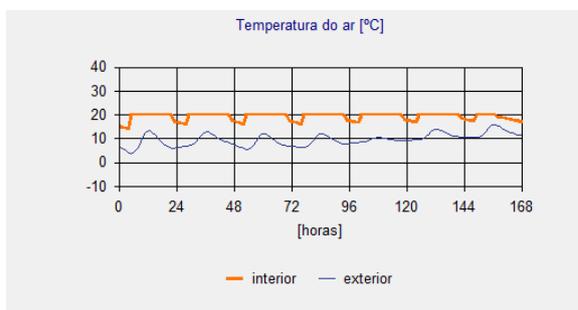


Figura 4.8 - Temperatura do ar (semana3).

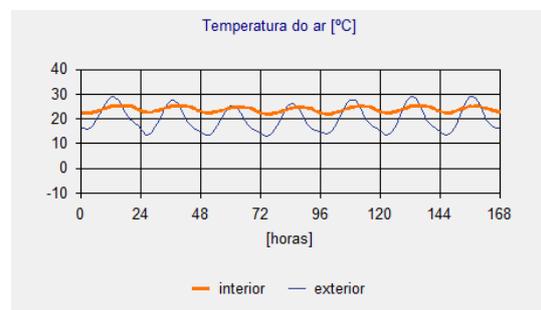


Figura 4.9 - Temperatura do ar (semana30).

### **4.3. Simulação Cypeterm/EnergyPlus**

Este programa tem como objetivo o cálculo e verificação de edifícios de modo a assegurar as condições de conforto térmico, sem necessidades exageradas de energia e com minimização das condensações superficiais no interior dos elementos da envolvente, tal como indica o regulamento.

#### **4.3.1. Descrição do Edifício**

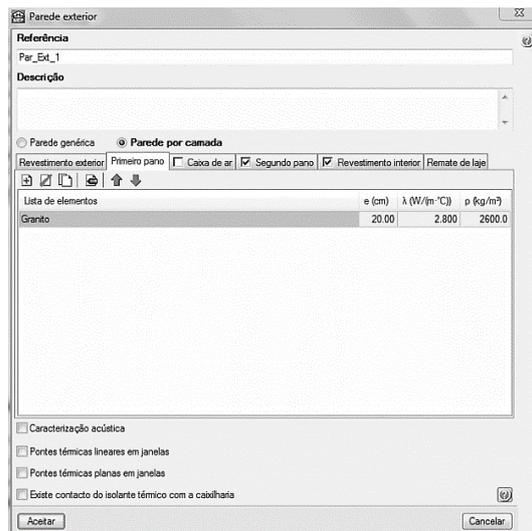
A descrição do edifício é a primeira fase a ser efetuada para a criação de uma obra. Nela estão as seguintes informações:

- Tipo de edifício: Local público;
- Distrito: Viana do Castelo;
- Município: Ponte de Lima;
- Altitude: 66 m;
- Rugosidade: Periferia de uma zona urbana ou numa zona rural (II);
- Exposição ao vento: Região A;
- Plantas/Grupos: Rés-do-chão (altura de 5.40m) e Cobertura (altura de 3m);
- Definição da orientação.

#### **4.3.2. Elementos**

O *Cype* contém uma biblioteca de materiais e elementos da publicação do LNEC – ITE50 de modo a facilitar a introdução de dados e também economizar o tempo da mesma.

Desta forma, para se introduzir os elementos que fazem parte da constituição de uma dada parede, apenas é preciso recorrer à biblioteca selecionando a referência do material e inserir a sua espessura.



**Figura 4.10** - Descrição da parede.

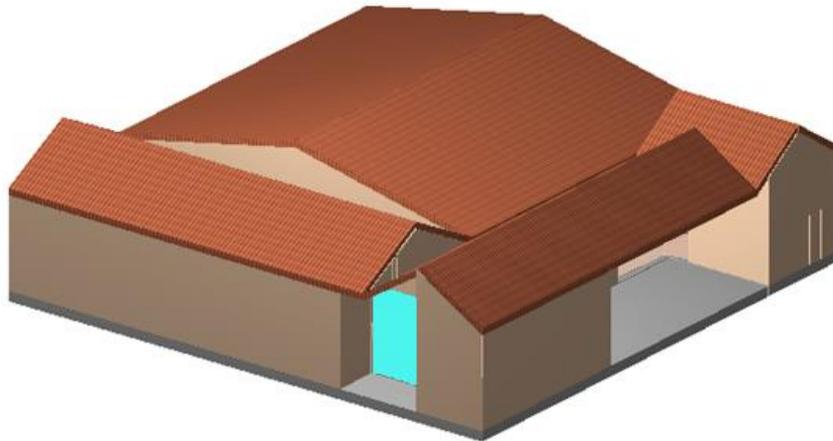


**Figura 4.11** - Descrição do material.

Assim, foram inseridos os seguintes elementos de construção, caracterizados anteriormente e presentes nas plantas do edifício:

- Muros e divisões:
  - Paredes exteriores;
  - Paredes interiores;
  - Muro de cave.
- Lajes:
  - Pavimento térreo;
  - Plana;
- Aberturas:
  - Envidraçados;

Depois de introduzidos todos os elementos de construção, podemos observar o edifício em três dimensões (3D) na Figura 4.12.



**Figura 4.12** - Vista 3D da Adega.

### **4.3.3. Compartimentos**

Prossegue-se à definição dos tipos de compartimentos presentes neste edifício. Aqui são definidos os pavimentos e tetos, o revestimento das paredes, a descrição tipo e a referência. Os vários tipos de compartimentos encontram-se especificados numa biblioteca, sendo possível gerir essa biblioteca, criando novos compartimentos e editando existentes.

Na descrição do compartimento pode-se definir:

- Parâmetro de cálculo para o estudo térmico:
  - Habitável
  - Não habitável;
- Parâmetro de cálculo para o estudo climático:
  - Climatizado;
  - Apenas aquecido;
  - Não climatizado.
- Condições:
  - Temperatura de verão;
  - Temperatura de inverno;
  - Humidade relativa.

- Ocupação:
  - Número de pessoas (definido dependendo do número total de pessoas respetivo a cada compartimento e definindo o tipo de atividade aí presente);
- Iluminação:
  - Potência;
  - Tipo (fluorescente com reactância);
- Ventilação:
  - Caudal por pessoa, m<sup>3</sup>/h;
  - Por unidade de superfície, m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>);
  - Verificar a renovação de ar;
  - Retorno de ar.
- Outras cargas:
  - Potência por superfície (definido segundo a caracterização já apresentada anteriormente).

#### **4.3.4. Fração Autónoma**

Na caracterização da fração autónoma o utilizador define as cargas internas da fração assim como os dias de utilização e as necessidades de AQS. Neste caso, foi definido que a Adega pertence ao tipo de edifício de serviços cuja utilização é permanente. Esta escolha foi efetuada devido ao facto de, de acordo com o RSECE, a utilização de “Vendas por grosso” ser permanente, e então, para uma melhor e mais viável comparação, optou-se por ter a mesma utilização.

Os sistemas de aquecimento, arrefecimento e AQS encontram-se já descritos de acordo com os valores especificados no RCCTE e, para a Adega, os sistemas seleccionados foram a bomba de calor para aquecimento e arrefecimento.

Relativamente à ventilação, esta pode ser mecânica ou natural. Considerou-se a ventilação natural em que verifica a norma NP 1037-1.

Na preparação de AQS, define-se o valor da eficiência nominal do equipamento (0,80) e o factor de conversão (0,086 kgep/kWh). O equipamento optado é o termoacumulador a gás com pelo menos 100 mm de isolamento térmico.

Por fim descreve-se o sistema de coletores solares para a preparação de AQS. Aqui a utilização do *Solterm* é obrigatória por lei para o cálculo da contribuição destes sistemas e permite considerar a existência ou não de um sistema solar de preparação AQS, introduzir uma descrição, definir tipologia (sistema coletivo com coletores comuns, depósito e apoio individuais), área de coletores (2,5 m<sup>2</sup>) e o valor da sua contribuição (1300 kWh/ano).

#### 4.3.5. Climatização

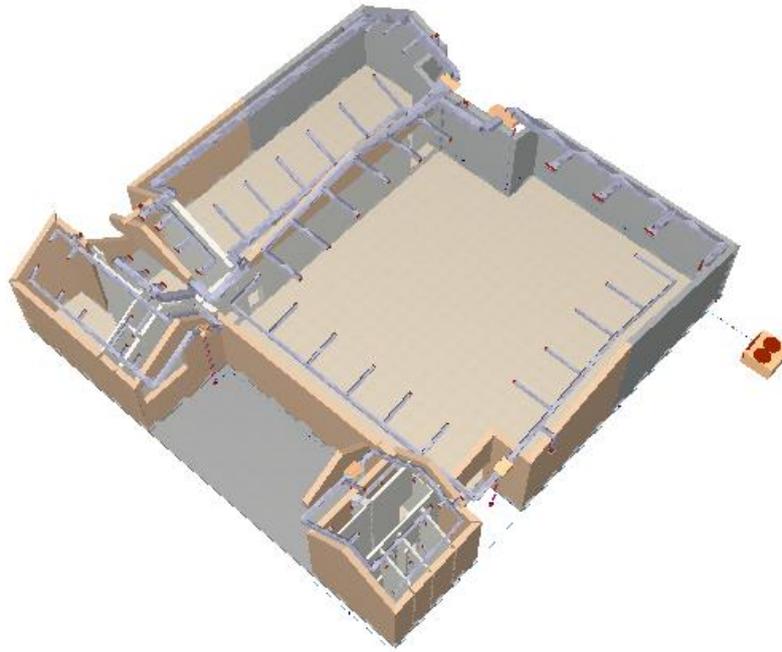
Neste módulo, são definidos e introduzidos os equipamentos (bombas de calor, ventiloconvectores, radiadores, etc.), condutas, difusores e radiadores entre outros. O Cype faz o dimensionamento completo do sistema utilizando o método das funções de transferência para o cálculo das cargas de arrefecimento, calculando a radiação, temperatura sol-ar e as perdas e ganhos ao longo do ano.

O cálculo das cargas térmicas origina um output, obtido através do cálculo automático do programa, o qual é apresentado no **Anexo F**. É realizada a montagem da instalação dos equipamentos de climatização onde se introduziu a unidade compacta água-ar-água bomba de calor de produção simultânea de água fria e água quente, sistema a 4 tubos, para instalação no exterior e as cinco unidades climatizadoras de baixo perfil, a quatro tubos, com bateria de água fria e bateria de água quente nos diversos espaços já identificados anteriormente.

Ligou-se o sistema de condução de água abastecido de tubagens desde a bomba de calor até às UTA's, onde a distribuição da água é realizada por uma bomba de circulação. Introduziu-se o sistema de condução de ar, criando condutas de impulsão de ar e de retorno de ar. Na impulsão de ar são criados ramais com grelhas de impulsão de forma a climatizar os diversos compartimentos e nas condutas de retorno de ar temos dois circuitos: um com grelha de entrada de ar respeitando os requisitos mínimos de ar novo no compartimento em questão e o segundo contendo as grelhas de retorno que recirculam o ar.

Depois de a montagem realizada, procede-se ao dimensionamento da instalação, verificando os requisitos mínimos quanto às cargas térmicas.

Na figura seguinte podemos observar o sistema de climatização assim como os equipamentos da Adega.



**Figura 4.13** - Vista 3D do sistema de climatização da Adegas

#### **4.3.6. Base de dados climáticos**

O Cypeterm não lê ficheiros climáticos do Solterm (.dat) pelo que teve que se efetuar uma conversão deste ficheiro para a extensão EPW, pois o programa utiliza o motor de simulação do EnergyPlus.

Este problema foi resolvido com a utilização do programa EnergyPlus que permite, após conversão para um formato de extensão EPW, a utilização direta dos dados climáticos obtidos através do Solterm, para o concelho em que o edifício se insere. Esta conversão (.dat para EPW) é feita através do programa auxiliar Weather Converter.

#### **4.3.7. Resultados**

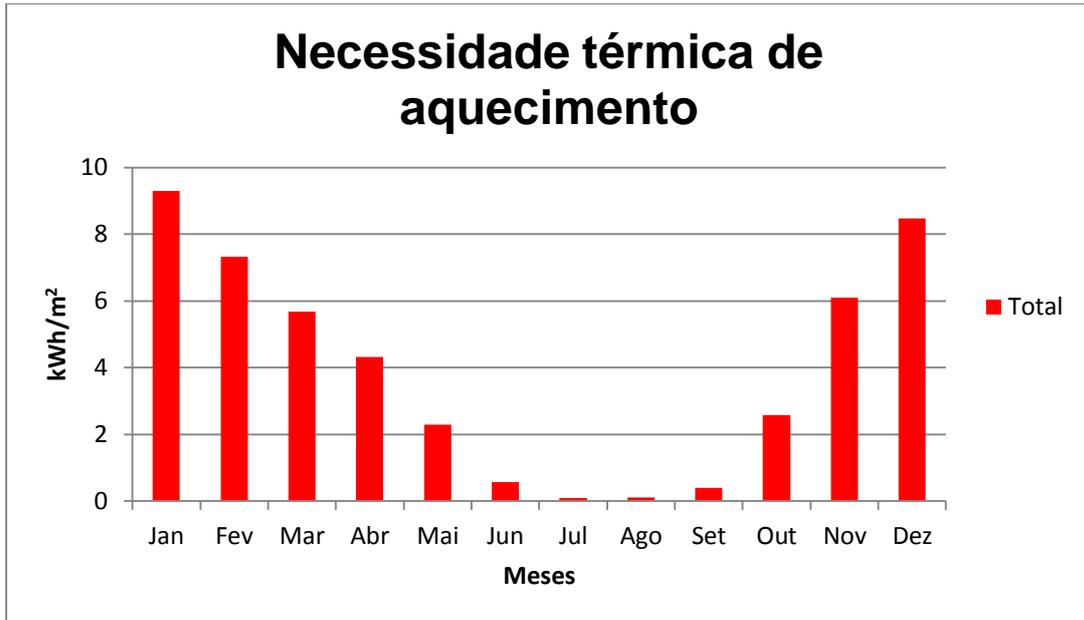
Os módulos de Cypeterm e Climatização evitam o trabalho demorado que pressupõe introduzir todos os dados de partida através de valores numéricos e a exportação para o EnergyPlus aproveita os dados introduzidos nos módulos referidos devido à sua interface gráfica. A obtenção de resultados, após o cálculo com o EnergyPlus, sem necessidade de instalação independente, permite ao utilizador estudar os dados obtidos sem interferência de nenhum outro programa.

Após realizado o cálculo, é possível visualizar no ecrã a percentagem da necessidade de aquecimento de todos os compartimentos climatizados do edifício para um dia selecionado do ano (dia de inverno – 4 de Janeiro) e de arrefecimento para outro dia (dia de verão – 27 de Julho), com respeito ao dia do ano de maior necessidade de aquecimento ou de arrefecimento respetivamente. É possível visualizar também as necessidades de aquecimento e de arrefecimento mensal de todos os compartimentos do edifício.

Deste modo, nas tabelas seguintes serão apresentadas as necessidades térmicas de aquecimento (Tabela 4.1) e arrefecimento (Tabela 4.2) do edifício.

**Tabela 4.1 - Necessidade térmica de aquecimento da Adegá.**

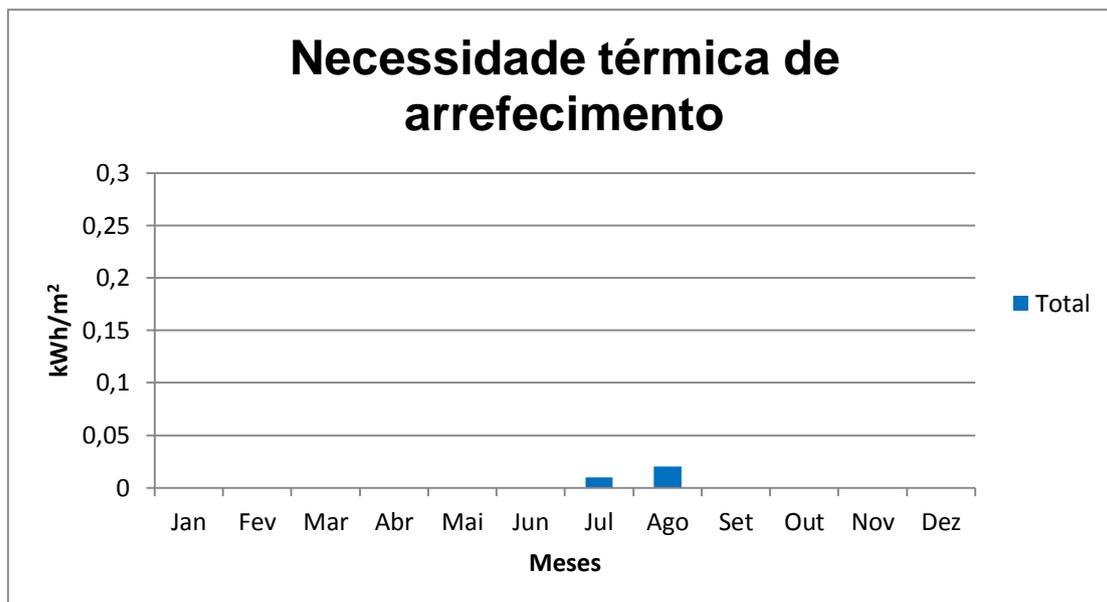
Compartimento	Superfícies [m <sup>2</sup> ]	Meses [kWh/m <sup>2</sup> ]												Total [kWh/m <sup>2</sup> ]
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Sala de trabalho	32,34	12,24	9,02	5,37	3,29	8	0,02	0	0	0	1,66	7,37	11,36	51,2
Zona de Cubas	193,88	7,67	6,17	4,98	3,99	2,33	0,65	0,08	0,08	0,38	2,35	5,15	6,99	40,82
Showroom	37,70	7,26	4,72	2,37	1,37	0,29	0	0	0	0	0,73	3,77	6,79	27,3
WC_Serviço_2	3,46	33,40	25,46	17,36	11,5	3,82	0,20	0	0	0,02	5,5	20,33	30,24	147,83
WC_Serviço_1	2,90	35,15	26,78	18,14	12,37	4,41	0,30	0	0	0,03	5,46	21,00	31,82	155,45
Escada_01	11,53	20,58	15,46	9,78	5,47	1,05	0	0	0	0	3,11	12,65	18,91	87,01
Zona de Equipamentos	491,46	8,03	6,43	5,22	4,11	2,39	0,67	0,11	0,15	0,52	2,61	5,44	7,3	42,98
Arrumos	4,26	35,18	27,55	20,05	14,33	5,48	0,61	0	0	0,03	6,73	22,08	32,1	164,13
Escada_02	5,52	27,10	21,88	17,04	12,87	5,62	0,77	0	0	0,04	5,9	17,44	24,63	133,29
Balneário Antecâmara	13,25	13,09	10,33	7,57	5,35	1,84	0,09	0	0	0	2,65	8,54	12,09	61,55
Duche Feminino	4,17	35,25	26,78	18,48	12,16	3,87	0,23	0	0	0,02	6,49	21,82	32,02	157,12
Duche Masculino	3,93	30,21	23,79	17,86	13,01	5,32	0,63	0	0	0,06	6,31	18,95	27,17	143,3
WC Feminino	4,91	25,39	20,18	15,44	11,49	4,86	0,61	0	0	0,06	5,55	16,09	22,84	122,51
WC Masculino	5,54	27,47	21,92	16,86	12,55	5,3	0,72	0	0	0,08	6,23	17,52	24,68	133,34
<b>Total</b>	<b>814,85</b>	<b>9,29</b>	<b>7,33</b>	<b>5,67</b>	<b>4,32</b>	<b>2,3</b>	<b>0,58</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>	<b>0,4</b>	<b>2,58</b>	<b>6,10</b>	<b>8,47</b>	<b>47,25</b>



**Figura 4.14** - Necessidade térmica de aquecimento da Adegas.

**Tabela 4.2 - Necessidade térmica de arrefecimento da Adega.**

Compartimento	Superfícies [m <sup>2</sup> ]	Meses [kWh/m <sup>2</sup> ]												Total [kWh/m <sup>2</sup> ]
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Sala de trabalho	32,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Zona de Cubas	193,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Showroom	37,70	0	0	0	0	0	0	0,08	0,3	0,06	0	0	0	0,22
WC_Serviço_2	3,46	0	0	0	0	0	0	0,43	0,33	0	0	0	0	0,12
WC_Serviço_1	2,90	0	0	0	0	0	0	0,24	0,24	0	0	0	0	0,10
Escada_01	11,53	0	0	0	0	0	0	0,07	0,01	0	0	0	0	0,00
Zona de Equipamentos	491,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Arrumos	4,26	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0	0	0	0	164,13
Escada_02	5,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Balneário Antecâmara	13,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Duche Feminino	4,17	0	0	0	0	0	0	0,42	0,24	0	0	0	0	0,08
Duche Masculino	3,93	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0	0	0	0	0,00
WC Feminino	4,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
WC Masculino	5,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>Total</b>	<b>814,85</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,10</b>	<b>0,02</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,03</b>



**Figura 4.15** - Necessidade térmica de arrefecimento da Adegas.

Da simulação dinâmica resulta um ficheiro EPW e um ESO (EnergyPlus output file), sendo o primeiro o ficheiro com os dados de entrada para se utilizar o EnergyPlus e o segundo um ficheiro de saída contendo os resultados da simulação dinâmica realizada.

#### 4.4. Comparação de resultados

No que respeita à comparação de resultados, analisaremos os fatores comuns que ambos os programas conseguem produzir: o IEE e as necessidades energéticas do edifício.

##### 4.4.1. IEE

O IEE é o indicador fundamental utilizado pelo RSECE para determinar o cumprimento, ou não, dos requisitos de eficiência energética dos edifícios por ele abrangidos. É um valor indicativo do consumo energético por  $m^2$  de um determinado espaço. Ajuda a verificar se o edifício cumpre com o requisito energético aplicável do RSECE, para edifícios de serviços, e para determinar a classe de desempenho no âmbito do SCE.

O indicador de eficiência energética é calculado a partir dos consumos efetivos de energia de um edifício durante um ano, convertidos, utilizando os fatores de conversão, para uma base de energia primária.

- Eletricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: 0,086 kgep/kWh.

É calculado pela seguinte equação:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (3)$$

Em que,

- $IEE$  – Indicador de eficiência energética (kgep/(m<sup>2</sup>.ano));
- $IEE_I$  – Indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/(m<sup>2</sup>.ano));
- $IEE_V$  – Indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/(m<sup>2</sup>.ano));
- $Q_{out}$  – Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);
- $A_p$  – Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

Por sua vez:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI} \quad (4)$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV} \quad (5)$$

Em que,

- $Q_{aq}$  – Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);
- $F_{CI}$  – fator de correção do consumo de energia de aquecimento;
- $Q_{arr}$  – Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);
- $F_{CV}$  – fator de correção de consumo de energia de arrefecimento.

Para o cálculo dos fatores de correção de consumo de energia de aquecimento e arrefecimento ( $FC_I$  e  $FC_V$ ), adota-se, como região climática de referência, a região I<sub>2</sub>-V<sub>2</sub> Norte, 1790 °C.dia de aquecimento e 6,3 meses de duração da estação de aquecimento.

Assim, a correção da energia de aquecimento é expressa pela seguinte equação:

$$FC_I = \frac{NI_1}{NI_i} \quad (6)$$

Em que,

- $NI_1$  – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1 (kWh/m<sup>2</sup>.ano);
- $NI_i$  – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizada o edifício (kWh/(m<sup>2</sup>.ano)).

De realçar que o fator de forma da Adega é 0,27 que será importante para o cálculo de  $N_{II}$ . A correção da energia de arrefecimento é dada por:

$$FC_V = \frac{NV_1}{NV_i} \quad (7)$$

Em que,

- $NV_1$  – Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1 (kWh/(m<sup>2</sup>.ano));
- $NV_i$  – Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizada o edifício (kWh/(m<sup>2</sup>.ano)).

Como o *Cype* não calcula diretamente o IEE é imperativo efetuar o cálculo manualmente com base nos resultados obtidos no programa.

Da análise do RCCTE foram obtidos os seguintes dados:

**Tabela 4.3** - Dados provenientes do RCCTE, com ventilação natural.

<b>Ap</b> (m <sup>2</sup> )	<b>Taxa Ren.</b> (RPH)	<b>Nic</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Ni</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Nvc</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Nv</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Nac</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Na</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Ntc</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)	<b>Nt</b> (kwh/m <sup>2</sup> . ano)
755,05	0,60	63,10	75,21	3,49	18,00	1,44	3,92	0,62	1,37

Como foi referido anteriormente, após a exportação para o *EnergyPlus* (no *Cypeterm*), obtemos apenas as necessidades térmicas e consequentes consumos anuais de aquecimento e arrefecimento do edifício. Para obtermos os consumos anuais da iluminação e equipamento temos de correr o ficheiro EPW (ficheiro com os dados de entrada) no programa *Energyplus*, de modo a obtermos uma listagem de todas as necessidades térmicas. Deste modo, podemos observar a tabela abaixo com todas as necessidades referidas.

**Tabela 4.4** - Consumos anuais.

<b>Uso de energia</b>	<b>Consumos (kwh)</b>
Aquecimento	41235
Arrefecimento	584
Iluminação	18592
Equipamento	10237
AQS	1088

Assim, usando a equação (3), temos:

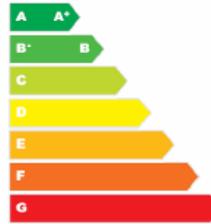
$$\mathbf{IEE} = \left( \frac{\left( \frac{Q_{aq}}{COP} \right) \times 0,29}{A_p} \times \left( \frac{NI1}{NII} \right) \right) + \left( \frac{\left( \frac{Q_{arr}}{ERR} \right) \times 0,29}{A_p} \times \left( \frac{NV1}{NVI} \right) \right) + \left( \frac{Q_{out}}{A_p} \right)$$

Substituindo a equação (3) pelos respectivos dados, obtemos:

$$\mathbf{IEE} = \left( \frac{\left( \frac{41235}{4} \right) \times 0,29}{755,05} \times \left( \frac{44}{75,21} \right) \right) + \left( \frac{\left( \frac{584}{3} \right) \times 0,29}{755,05} \times \left( \frac{16}{18} \right) \right) + \left( \frac{((18592 + 10237) \times 0,29) + (1088 \times 0,086)}{755,05} \right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \mathbf{IEE} = 13,58 \frac{\text{kgep}}{\text{ano}} \cdot \text{m}^2$$

Após o cálculo do IEE é necessário saber as condições para determinar a classe energética do edifício, presentes na seguinte figura. De realçar que o factor S para Vendas por grosso é de 18 (Cardoso, 2010).



A +	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75xS$
A	$IEE_{ref} - 0,75xS < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,5xS$
B	$IEE_{ref} - 0,5xS < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25xS$
B -	$IEE_{ref} - 0,25xS < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,5xS$
D	$IEE_{ref} + 0,5xS < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + S$
E	$IEE_{ref} + S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,5xS$
F	$IEE_{ref} + 1,5xS < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2xS$
G	$IEE_{ref} + 2xS < IEE_{nom}$

**Figura 4.16** - Classes energéticas para edifícios de serviços.

Na tabela seguinte, são apresentados os valores calculados de IEE no *RCCTE-STE* e o valor calculado manualmente para o *Cypeterm*.

**Tabela 4.5** - Resultado do IEE e classe energética para os dois programas.

Programa	IEE <sub>ref</sub> (kgep/(m <sup>2</sup> .ano))	IEE (kgep/(m <sup>2</sup> .ano))	Classe Energética	
RCCTE-STE	35	18,4	A+	
Cypeterm	35	13,58	A+	

**Tabela 4.6** - Comparação do quadro resumo do IEE dos dois programas.

IEE (kgep/(m <sup>2</sup> .ano))		
	RCCTE-STE	Cypeterm
<b>Aquecimento</b>	1,75	2,32
<b>Arrefecimento</b>	0,23	0,07
<b>Iluminação</b>	6,2	7,14
<b>Equipamento</b>	10,2	3,93
<b>AQS</b>	0,2	0,12
<b>Total</b>	18,4	13,58

#### 4.4.2. Necessidades Energéticas

Na Figuras seguintes apresentam-se os valores comparativos das necessidades de térmicas de aquecimento e arrefecimento, respetivamente, dos dois programas.

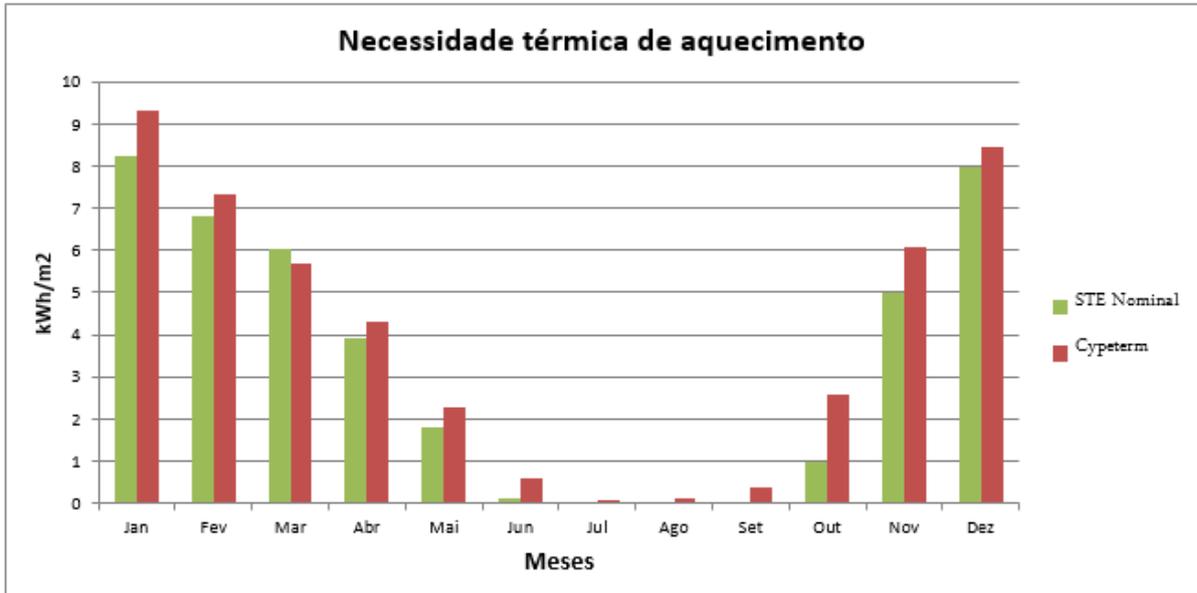


Figura 4.17 - Comparação entre os resultados obtidos sobre as necessidades térmicas de aquecimento.

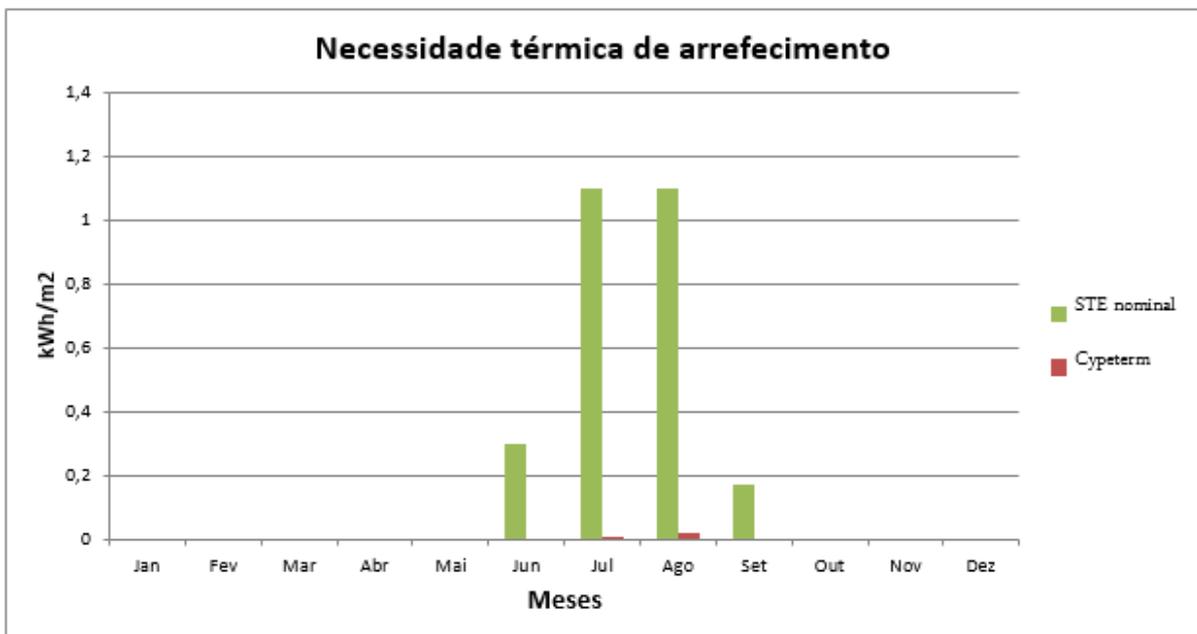


Figura 4.18 - Comparação entre os resultados obtidos sobre as necessidades térmicas de arrefecimento.

## 4.5. Análise de Resultados

Os valores dos IEE obtidos entre os programas revelam-se um pouco distantes, no entanto, a classe energética é a mesma para os dois casos (A+). De realçar ainda que o edifício com a classe energética indicada não se encontra regulamentar (Figura 4.4). Esta regulamentação deve-se ao facto de as necessidades nominais de aquecimento serem superiores a 80% das necessidades de energia máximas, como podemos observar na Figura 4.4.

Analisando o quadro resumo do IEE dos dois programas, verifica-se que o grande fator diferencial do valor do IEE é devido ao equipamento, no qual existe uma diferença de 6,27 kgep/(m<sup>2</sup>.ano) entre o *RCCTE-STE* e o *Cypeterm*. Note-se que a utilização de perfis realizada (perfis nominais) é igual nos dois casos, logo, os consumos deveriam ser aproximados nos 2 programas. Isto pode ter a ver com o facto de o programa *RCCTE-STE* ser unizona e o *Cypeterm* ser multizona. Ainda assim, esta diferença não altera as classes energéticas obtidas nos dois programas.

Verificam-se diferenças nas potências de instalação do sistema de climatização. Estas, segundo o *RCCTE-STE* (Figura 4.4), encontram-se sobredimensionadas tanto no caso da potência de arrefecimento como na potência de aquecimento. O sistema de climatização, como podemos verificar através da Figura 4.8 liga sempre que o edifício esteja em funcionamento e se encontre abaixo da temperatura ideal (20 °C). Verifica-se que para a semana do ano de maior frio que o sistema de aquecimento está ligado sempre que esteja ocupado, mantendo a temperatura nos 20 °C. Por outro lado, na Figura 4.9, quando a temperatura ultrapassa os 25 °C, na semana de Verão de maior calor, o sistema de arrefecimento é ligado para que não seja ultrapassada essa mesma referência (25 °C). Estas temperaturas de referência são referenciadas como as temperaturas de conforto para os ocupantes.

Em relação à comparação das necessidades térmicas os valores apresentados pelo *RCCTE-STE*, estas diferem dos resultados apresentados pelo *Cypeterm*. Esta diferença deve-se eventualmente ao sistema de climatização e ventilação, pois verifica-se que as potências de aquecimento e arrefecimento distinguem-se de um programa para o outro.

Relativamente aos resultados obtidos pelo *Cypeterm* e às contribuições de cada compartimento relativamente às necessidades térmicas da Adega, note-se para o facto de os

Arrumos ser o compartimento que necessite de mais necessidades de aquecimento e do Showroom e os WC´s serviço serem os compartimentos que necessitem de mais necessidades de arrefecimento. Nos Arrumos, apesar de não ser um compartimento isolado e ter contacto com o exterior, é necessário uma maior utilização do sistema de aquecimento para que se atinga a temperatura de conforto. No Showroom e os WC serviço durante o Verão, todo o calor que absorvem devido à sua ocupação pouco se perde pelas paredes necessitando portanto da maior utilização do sistema de arrefecimento. Os compartimentos que tem menos necessidades de aquecimento são a Zona de Cubas, Showroom e Zona de Equipamentos e com necessidades de arrefecimento nulas temos a Sala de trabalho, Zona de Cubas, Zona de equipamentos, Balnearia antecâmara e WC Masculino e Feminino.

É sabido que uma correta orientação do edifício permite tirar partido do Sol, reduzindo deste modo as necessidades de climatização. Neste caso concreto, certamente um motivo para a não regulamentação do edifício é a orientação do mesmo. Então, é importante que a principal fachada do edifício esteja virada para Sul, com maior incidência solar. Por outro lado, a parte da casa virada a Norte, Nascente e Poente, deve ter poucos envidraçados, de modo a evitar a saída de calor no Inverno. No Verão, para se evitar o sobreaquecimento convém proteger as janelas com proteções solares adequadas.

De forma a solucionar o problema e com um fim experimental, testou-se o mesmo edifício no *Cypeterm* mas com a orientação da principal fachada virada a Sul. Os consumos anuais de aquecimento passaram de 41235 kWh.ano (Norte) para 37954 kWh.ano (Sul) e os consumos anuais de arrefecimento passaram de 584 kWh.ano (Norte) para 186 kWh.ano (Sul).

Esta experiência resultou numa passagem de IEE de 13,58 para 13,35 (calculado manualmente), conclui-se assim que, uma medida de melhoria pode não só reduzir os custos energéticos, mas também melhorar a eficiência energética.



## 5. CONCLUSÕES

O estudo iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre os programas de simulação dinâmica detalhada acreditados para o RSECE, analisando e considerando todas as suas competências para que se pudesse seleccionar um deles e aplicar no caso de estudo. Foram tomados em conta vários fatores e após a análise decidiu-se seleccionar o *Cypeterm*. A base desta escolha surgiu tendo em conta fatores como a disponibilidade e utilização dos programas em Portugal nos gabinetes de Engenharia, a capacidade de atribuir equipamentos reais aos que foram simulados no programa, os recursos e faculdades que compõe os programas e o acompanhamento técnico da parte da entidade representante, fator muito importante nos dias que correm. Outro fator importante na seleção deste programa foi o facto de utilizar como motor de cálculo o *EnergyPlus* de modo a realizar a simulação térmica e energética do edifício, podendo manipular a base de dados climáticos e pelo notório crescimento que está a representar no mercado português.

O segundo objetivo relacionava-se com a realização da simulação dinâmica detalhada de um pequeno edifício de serviços com climatização (sistema de climatização de potência superior a 25 kW) num programa de simulação dinâmica acreditado pela norma *ASHRAE 140-2004*, e posteriormente comparar os resultados obtidos com o programa simulação dinâmica simplificada *RCCTE-STE*. O edifício selecionado foi a Adegua-Quinta do Panascal, Casa Nova, em Ponte de Lima, tendo sido as informações relativas ao processo da simulação cedidas pelo António Alves, Engenheiro Civil e Mecânico pertencente à obra. O modelo do edifício foi primeiramente criado e parametrizado no *Cypeterm*, devido á extensidade e complexidade do processo de entrada de dados. Após isto, passou-se à sua implementação no *RCCTE-STE*, tentando utilizar os mesmos dados de entrada.

Os resultados obtidos da simulação dos dois programas foram analisados e comparados e, apesar de verificarmos que existem diferenças nos resultados de um e outro, podemos concluir que o *RCCTE-STE* é um programa simples e prático, quer para o dimensionamento de alguns tipos de sistemas de climatização, quer para o cálculo do índice de eficiência energética do edifício (IEE). Por outro lado, O *Cype* revelou ser uma boa interface para o *EnergyPlus* e é bastante útil não só quando existe a necessidade de dimensionar sistemas de climatização diferenciados por zona assim como na otimização do consumo energético do

edifício. É uma ferramenta muito vantajosa a um Gestor de Energia e na associação a uma auditoria energética ao funcionamento real do edifício.

No que respeita à simulação dinâmica, a criação de um modelo e a sua adaptação à situação real nem sempre é fácil, devido à complexidade do caso de estudo ou da correta introdução dos dados. O sistema de climatização e ventilação foi uma das particularidades que influenciou a comparação dos resultados destes dois programas e que se verifica posteriormente na análise das necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento do edifício. Isto acontece porque cada programa tem a seu processo de tratamento de dados, verificando-se depois nos resultados obtidos.

Com o decorrer do estudo observou-se que, se por um lado a necessidade térmica de aquecimento era elevada (Figura 4.17), por outro, a necessidade térmica de arrefecimento era mínima, principalmente no *Cypeterm* (Figura 4.18). Esta necessidade mínima reflete o bom isolamento das paredes assim como a favorável localização do edifício. Apesar de não haver alteração da classe energética, podemos observar (Tabela 4.6) que o principal fator de diferenciação no valor do IEE obtido é o equipamento. Este problema não é de fácil resolução, pois tendo sido utilizados perfis nominais nos dois casos, os consumos deveriam na teoria ser aproximados nos 2 programas, o que nos leva a pensar que pode ter a ver com o facto de o programa *RCCTE-STE* ser unizona e o *Cypeterm* ser multizona. Outra curiosidade é o facto de a versão do *RCCTE-STE* utilizada ser a versão 2.3 (Março 2007), sabendo que a mais recente é a versão 3.6 (Março 2008), o que leva a pensar que o nível de fiabilidade das versões pode ser diferente. Outro aspeto observado muito importante é a orientação do edifício. Verifica-se que a Adega apresenta a principal fachada virada a Norte, sendo um erro a nível energético, pois, no Inverno interessa promover os ganhos de radiação, pelo que se apresenta benéfica a abertura de vãos envidraçados virados a Sul. No Verão interessa restringir esses ganhos, pelo que é importante que os vãos tenham dispositivos sombreadores eficazes. Restringir a condução é também uma estratégia que, num clima temperado como o de Portugal, se deve promover nos edifícios para conseguir obter conforto no seu interior, tanto de Inverno como de Verão. Enquanto no Inverno interessa restringir perdas de calor para o exterior através da envolvente, no Verão torna-se mais favorável restringir os ganhos excessivos de calor exterior de forma a manter uma temperatura mais constante no interior dos edifícios. Estas alterações tornariam a Adega mais eficiente.

Futuramente, poderia ser interessante realizar uma análise dos resultados da simulação dinâmica detalhada relativamente às perdas e ganhos de calor pelas envolventes e também os consumos de energia dos edifícios.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] ADENE. (2014). Obtido em 7 de Abril de 2014, de Perguntas & Respostas sobre o RSECE-Energia: <http://www.adene.pt/pt/pt/SubPortais/SCE/Informacao/Publicoemgeral/Documents/PR%20RSECE%20Energia%20v2.0.pdf>.
- [2] ADENE. (2014). Obtido em 7 de Abril de 2014, de Agência para a Energia: <http://www.adene.pt>.
- [3] Alves, A. (2011). *Simulação térmica multizona de um edifício escolar: uma comparação de programas no âmbito do RSECE*.
- [4] Architectural Energy. (2014). Obtido em 10 de Abril de 2014, de VisualDOE: <http://www.archenergy.com/products/visualdoe>.
- [5] ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook - SI Units*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
- [6] Birdsall, B., Buhl, W. F., Ellington, K. L., Erdem, A. E., & Winkelmann, F. C. (1990). *DOE-2*. Obtido em 10 de Abril de 2014, de Overview of the DOE-2 building energy analysis program: <http://gundog.lbl.gov/dirpubs/19735.pdf>
- [7] Carapito, N. (14 de Janeiro de 2011). *scribd*. Obtido em 20 de Abril de 2014, de Sistemas Climatização: <http://pt.scribd.com/doc/46857084/Sistemas-de-Climatizacao>.
- [8] CarrierHAP. (2014). Obtido em 20 de Abril de 2014, de Hourly Analysis Program (HAP):[http://www.commercial.carrier.com/commercial/hvac/general/0,,CL11\\_DIV12\\_ETI496\\_MID4355,00.html](http://www.commercial.carrier.com/commercial/hvac/general/0,,CL11_DIV12_ETI496_MID4355,00.html).
- [9] Civil, L. N. (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Lisboa: LNEC.

- [10] Costa, F. d. (2012). *Desempenho energético de edifícios residenciais no contexto da regulamentação térmica com recurso ao EnergyPlus e TRNSYS*. Dissertação, Faculdade de Ciências e Tecnologias - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- [11] Cypeterm. (2013). Obtido em 1 de Setembro de 2013, de Top Informática - Universidades: <http://www.topinformatica.pt/index.php?cat=34>.
- [12] Decreto-Lei n.º 78/2006. (4 de Abril de 2006). *Diário da República, I-Série* (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE)), pág. 2411-2412.
- [13] Decreto-Lei n.º 79/2006. (4 de Abril de 2006). *Diário da República, I-Série* (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE)).
- [14] Decreto-Lei n.º 80/2006. (4 de Abril de 2006). *Diário da República, I-Série* (Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)).
- [15] Despacho n.º 11020/2009. (30 de Abril de 2009). *Diário da República*, 17410.
- [16] Directiva n.º 2002/91/CE. (16 de Dezembro de 2002). *Parlamento Europeu* (desempenho energético dos edifícios).
- [17] DOE2. (2014). Obtido em 20 de Abril de 2014, de License to Use Software: <http://www.doe2.com/Download/Docs/DOE-21EEndUserLicense.pdf>.
- [18] Cardoso, E. (2010). *Auditoria RSECE – Energia*.
- [19] Energy Systems Research Unit. (2014). Obtido em 20 de Abril de 2014, de ESP-r overview: [http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r\\_overview.html](http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r_overview.html).
- [20] EnergyPlus. (2013). Obtido em 1 de Setembro de 2013, de EnergyPlus: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>.
- [21] ESP-r. (2014). Obtido em 20 de abril de 2014, de GNU General Public License: <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/GPL.html>.
- [22] Gomes, J. (2012). *Simulação dinâmica detalhada de um grande edifício no âmbito do RSECE*.

- [23] Gouveia, P. M. (2008). *Caracterização dos impactes da envolvente no desempenho térmico dos edifícios*. Dissertação, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- [24] HAP Carrier. (2014). Obtido em 20 de Abril de 2014, de Carrier eDesign Suite Software License Agreement (USA):  
[http://www.docs.hvacpartners.com/idc/groups/public/documents/form/e20s-edesign\\_license\\_us.pdf](http://www.docs.hvacpartners.com/idc/groups/public/documents/form/e20s-edesign_license_us.pdf).
- [25] LNEG. (2014). Obtido em 20 de Abril de 2014, de Programa RCCTE-STE:  
<http://www.lneg.pt/servicos/35/21>.
- [26] Martins, J. (2008). *Auditorias Energéticas – Certificação Energética de Edifícios*.
- [27] McQuiston, J. S. (1992). *Cooling and Heating Load Calculation Manual*. ASHRAE.
- [28] Natural Works. (2014). Obtido em 20 de Abril de 2014, de DesignBuilder Software:  
<http://www.natural-works.com/db/>.
- [29] Neymark, R. J. (1995). *International Energy Agency Building Energy Simulation Test (BESTEST) and Diagnostic Method*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory.
- [30] Rodrigues, J. (2012). *Análise e parametrização de estratégias free-cooling num edifício*.
- [31] Roriz, L. (2007). *Climatização - Conceção, Instalação e Condução de Sistemas* (2.ª ed.). Amadora: Edições Orion.
- [32] Santos, B. H. (2009). *Estudo de correspondência entre soluções construtivas e tecnológicas de edifícios mistos e o desempenho energético em Portugal*. Dissertação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- [33] Stephenson, G. P. (1967). *Room Thermal Response Factors*. OTTAWA: ASHRAE.
- [34] Top Informática. (2014). Obtido em 15 de Maio de 2014, de Cypevac 3D:  
<http://www.topinformatica.pt/index.php?cat=100&item=32111>.

- [35] Top Informática. (2015). Obtido em 15 de Maio de 2014, de Sistema de climatização por ar condicionado - parte 2:  
<http://www.topinformatica.pt/index.php?op=9&catpai=53&itempai=464&cat=58&item=45053>.
- [36] TRANE. (2006). *TRACE™ 700 v6.0 Compliance with ANSI/ASHRAE Standard 140-2005*.
- [37] TRNSYS. (2014). Obtido em 15 de Maio de 2014, de TRNSYS Pricing:  
<http://www.trnsys.com/order/pricing.php>.
- [38] U.S. Department of Energy. (2014). Obtido em 15 de Maio de 2014, de VisualDOE:  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/software.cfm/ID=59/pagename=alpha\\_list\\_sub](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/software.cfm/ID=59/pagename=alpha_list_sub).
- [39] Witte, R. H. (2004). *EnergyPlus Testing with ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 (BESTEST)*.

## **ANEXO A – LISTAGENS DO SOLTERM**

## SolTerm 5.1

Licenciado a SANYO PORTUGAL S.A.

()

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

---

### **Campo de coletores**

---

Modelo de coletor: Solius Silversol XL

1 módulos (2,5 m<sup>2</sup>)

Inclinação 47° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas:  $a_1 = 4,162 \text{ W/m}^2/\text{K}$   $a_2 = 0,014 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

Rendimento ótico: 74,4%

Modificador de ângulo transversal: a

0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	

55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	
0,90	0,88	0,84	0,80	0,74	0,65	0,48	0,05	0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a

0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	

55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°

0,90 0,88 0,84 0,80 0,74 0,65 0,48 0,05 0,00;

---

### **Permutador**

---

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 79,4 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,06 l/s)

---

### **Depósito**

---

Modelo: típico 200 l

Volume: 200 l

Área externa: 2,70 m<sup>2</sup>

Material: médio condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 2,70 W/K

Um conjunto depósito/permutador

---

## **Tubagens**

---

Comprimento total: 14,0 m

Percurso no exterior: 3,5 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 19,0 mm

Espessura do tubo metálico: 1,5 mm

Espessura do isolamento: 30,0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K.

---

## **Carga térmica: segunda a sexta**

---

Marino

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												

07

08

09

10

11

12

13

14

15

16

17

18 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100

19

20

21

22

23

24

diário 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100

-----

**Carga térmica: fim-de-semana**

-----

Marino

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

-----

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19												
20												

21

22

23

24

diário 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100

---

### **Localização, posição e envolvente do sistema**

---

Concelho de Ponte de Lima

Coordenadas nominais: 41,8°N, 8,6°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG (2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt)  
[solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt))

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 47° - azimute 0°

---

### Balanço energético mensal e anual

---

	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	49	91	,	79	162	83
Fevereiro	66	102	,	79	147	67
Março	108	138	,	105	162	57
Abril	142	149	,	112	157	45
Maió	170	155	,	115	162	47
Junho	190	161	,	122	157	35
Julho	204	179	,	141	162	22
Agosto	183	184	,	146	162	16
Setembro	128	154	,	125	157	32
Outubro	92	137	,	116	162	46
Novembro	58	101	,	85	157	72
Dezembro	45	91	,	74	162	88
<hr/>						
Anual	1435	1641	,	1300	1910	610

Fracção solar: 68,1%

Rendimento global anual do sistema: 31%      Produtividade: 512 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

## **ANEXO B – INÉRCIA TÉRMICA**

Tabela B.1 – Inércia térmica.

Elementos de Construção	Msi (Kg/m2)	Si (m2)	Fator de Correção - r	Msi*Si*r
<b>EL1 - Elementos da envolvente exterior, elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com espaços não úteis</b>				
<b>Envolvente exterior</b>				
<b>Paredes</b>				
Par_Ext	150,0	517,72	1,0	76907,85
<b>Coberturas</b>				
Cobertura	11,0	797,59	1,0	8374,74
<b>EL2 - Elementos em contacto com o solo</b>				
<b>Paredes</b>				
Par_Ext_Cave	150,0	339,60	1,0	50940,31
<b>Pavimentos</b>				
Laje	150,0	755,08	1,0	113262,29
<b>EL3 - Elementos interiores à fração autónoma em estudo</b>				
<b>Paredes</b>				
Par_Int_1	300,0	72,99	0,5	10949,23
Par_Int_2	280,0	194,62	1,0	54494,85
Par_Int_3	300,0	26,41	1,0	7924,49
Par_Int_4	300,0	5,82	0,75	1309,67
Par_Int_5	300,0	7,13	0,5	1068,94
Par_Int_6	300,0	88,35	1,0	26505,83
			<b>Total</b>	<b>351738,20</b>

Área útil de pavimento 755,05 m<sup>2</sup>

Massa superficial útil por m<sup>2</sup> de área de pavimento

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \times S_i}{A_p}$$

465,85 (kg/m)

**Classificação:**  
**3 - Inércia Forte**

## **ANEXO C – CAUDAL MÍNIMO DE AR NOVO**

**Tabela C.1 – Verificação do caudal mínimo de ar novo (nominal).**

Tipo de atividade	Área m <sup>2</sup>	Ocup.	Caudais regulam. mínimos de ar novo		Caudal bruto RSECE Ocup.	Caudal bruto RSECE Área	Caudal mínimo regulam. m <sup>3</sup> /h	Efic.	Caudal efetivo m <sup>3</sup> /h
			m <sup>3</sup> /(h.ocupante)	m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )					
Zona de Cubas	180,1	7	-	5	0	901	901	0,8	1126
Showroom	33,4	4	-	5	0	167	167	0,8	209
Zona de Equipament.	473,2	7	-	5	0	2366	2366	0,8	2958
Sala de Trabalho	26,4	2	--	5	0	132	132	0,8	165
Escada 01	7,2	1	-	5	0	36	36	0,8	45
Escada 02	3,5	1	-	5	0	18	18	0,8	22
WC_Serviço_1	2,7	1	-	5	0	14	14	0,8	17
WC_Serviço_2	2,4	1	-	5	0	12	12	0,8	15
Arrumos	2,7	1	-	5	0	14	14	0,8	17
Balneário_Antecâmara	11,5	1	-	5	0	58	58	0,8	72
WC_Masculino	3,6	1	-	5	0	18	18	0,8	23
Duche_Masculino	2,4	1	-	5	0	12	12	0,8	15
WC_Feminino	3,6	1	-	5	0	18	18	0,8	23
Duche_Feminino	2,4	1	-	5	0	12	12	0,8	15

**Nota 1:** Caudal mínimo regulamentar = maior dos caudais brutos

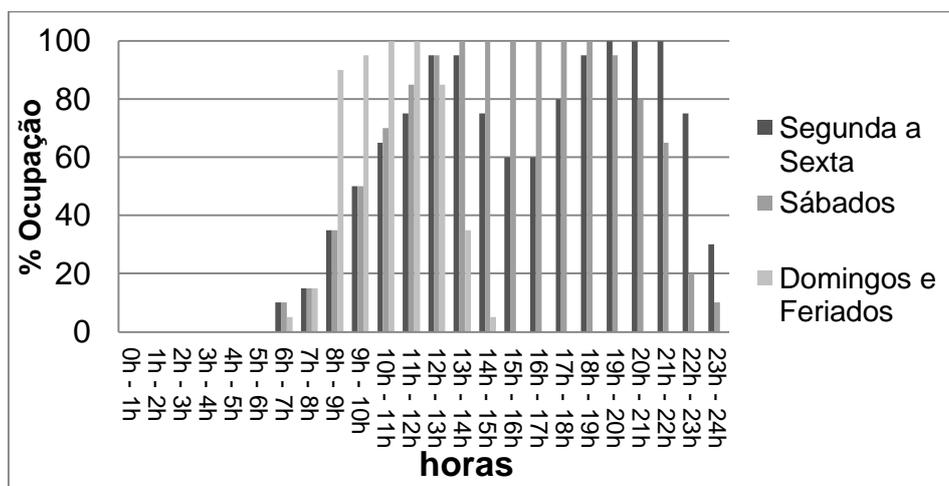
**Nota 2:** Caudal efectivo =  $\frac{\text{Caudal mínimo regulamentar}}{\text{eficiência}}$

## **ANEXO D – PERFIS NOMINAIS**

## Ocupação

Tabela D.1 – Perfil nominal ocupação.

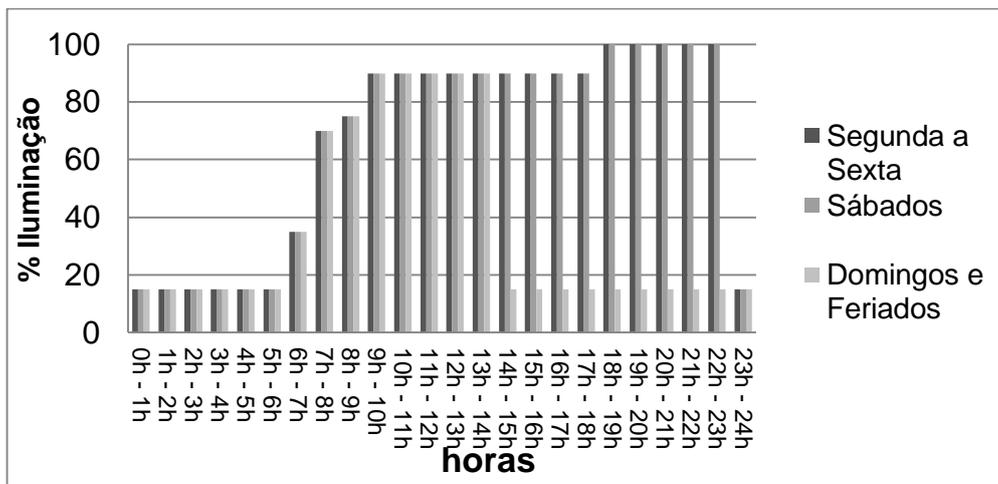
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados	Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h - 1h	0	0	0	12h - 13h	95	95	85
1h - 2h	0	0	0	13h - 14h	95	100	35
2h - 3h	0	0	0	14h - 15h	90	100	5
3h - 4h	0	0	0	15h - 16h	60	100	0
4h - 5h	0	0	0	16h - 17h	60	100	0
5h - 6h	0	0	0	17h - 18h	80	100	0
6h - 7h	10	10	5	18h - 19h	95	100	0
7h - 8h	15	15	15	19h - 20h	100	95	0
8h - 9h	35	35	90	20h - 21h	100	80	0
9h - 10h	50	50	95	21h - 22h	100	65	0
10h - 11h	65	70	100	22h - 23h	75	20	0
11h - 12h	75	85	100	23h - 24h	30	10	0



## Iluminação

Tabela D.2 – Perfil nominal iluminação.

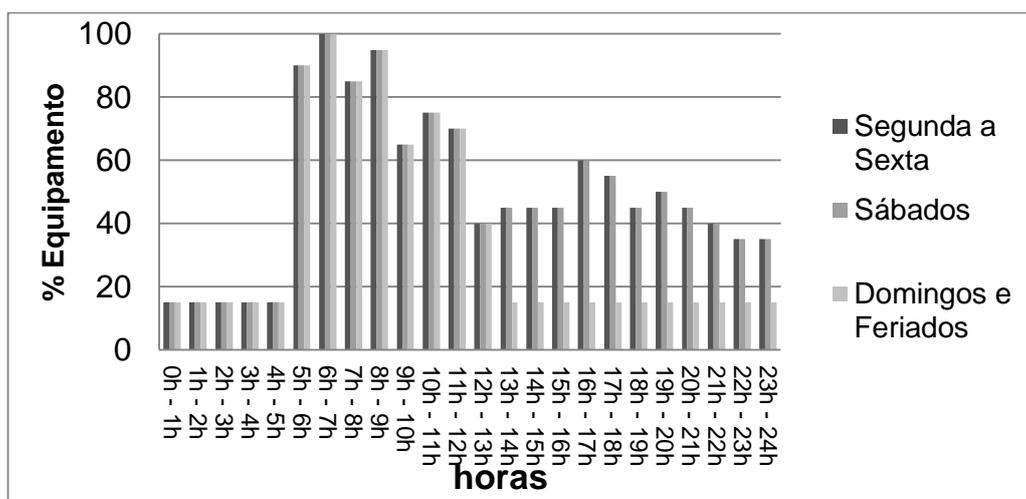
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados	Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h - 1h	15	15	15	12h - 13h	90	90	90
1h - 2h	15	15	15	13h - 14h	90	90	90
2h - 3h	15	15	15	14h - 15h	90	90	15
3h - 4h	15	15	15	15h - 16h	90	90	15
4h - 5h	15	15	15	16h - 17h	90	90	15
5h - 6h	15	15	15	17h - 18h	90	90	15
6h - 7h	35	35	35	18h - 19h	100	100	15
7h - 8h	70	70	70	19h - 20h	100	100	15
8h - 9h	75	75	75	20h - 21h	100	100	15
9h - 10h	90	90	90	21h - 22h	100	100	15
10h - 11h	90	90	90	22h - 23h	100	100	15
11h - 12h	90	90	90	23h - 24h	15	15	15



## Equipamento

Tabela D.3 – Perfil nominal equipamento.

Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados	Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h - 1h	15	15	15	12h - 13h	40	40	40
1h - 2h	15	15	15	13h - 14h	45	45	15
2h - 3h	15	15	15	14h - 15h	45	45	15
3h - 4h	15	15	15	15h - 16h	45	45	15
4h - 5h	15	15	15	16h - 17h	60	60	15
5h - 6h	90	90	90	17h - 18h	55	55	15
6h - 7h	100	100	100	18h - 19h	45	45	15
7h - 8h	85	85	85	19h - 20h	50	50	15
8h - 9h	95	95	95	20h - 21h	45	45	15
9h - 10h	65	65	65	21h - 22h	40	40	15
10h - 11h	75	75	75	22h - 23h	35	35	15
11h - 12h	70	70	70	23h - 24h	35	35	15



## **ANEXO E – SOLUÇÕES DE CONSTRUÇÃO (STE)**

**Tabela E.1** – Resumo das características das paredes exteriores.

Código	Cód. da soluc.	Parede	Esp. do isol. (m)	Esp. do rev. (m)
P_Ext_E	Par_Ext	Reboco ext., Betão armado, Caixa-ar, isol. c/ 6cm, Betão armado, Gesso cartonado	0,06	0,02
P_Ext_N	Par_Ext	Reboco ext., Betão armado, Caixa-ar, isol. c/ 6cm, Betão armado, Gesso cartonado	0,06	0,02
P_Ext_O	Par_Ext	Reboco ext., Betão armado, Caixa-ar, isol. c/ 6cm, Betão armado, Gesso cartonado	0,06	0,02
P_Ext_S	Par_Ext	Reboco ext., Betão armado, Caixa-ar, isol. c/ 6cm, Betão armado, Gesso cartonado	0,06	0,02

**Tabela E.2** – Continuação do resumo das características das paredes interiores.

Orientação	Cor	Área (m <sup>2</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	Msi (kg/m <sup>2</sup> )	$\lambda$ isol. (W/m °C)	$\lambda$ rev. (W/m °C)	U (W/m <sup>2</sup> °C)
Este	Clara	199,1	699,6	699,6	0,042	0,25	0,5
Norte	Clara	134,39	699,6	699,6	0,042	0,25	0,5
Oeste	Clara	34,62	699,6	699,6	0,042	0,25	0,5
Sul	Clara	144,6	699,6	699,6	0,042	0,25	0,5

**Tabela E.3** – Resumo das características das paredes interiores.

Código	Cód. da soluc.	Parede	Esp. do isol. (m)	Esp. do rev. (m)
Par_Int_1	Par_Int_1	Arg. reboco tradicional + Caixa de ar não ventilada + Arg. reboco tradicional	0,16	0,22
Par_Int_2	Par_Int_2	Material cerâmico + Arg. reboco tradicional + material cerâmico	0,11	0,02
Par_Int_3	Par_Int_3	Material cerâmico + Arg. reboco tradicional + material cerâmico	0,2	0,02
Par_Int_4	Par_Int_4	Argamassa e reboco tradicional + material cerâmico	0,2	0,02
Par_Int_5	Par_Int_5	Betão normal	0	0,425
Par_Int_6	Par_Int_6	Arg. Reb. Trad+Espuma rígida poli.isocianurato+betão armado <1%+arg. reb. trad	0,05	0,07

**Tabela E.4** – Continuação do resumo das características das paredes em contacto com o solo.

Área (m <sup>2</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	Msi (kg/m <sup>2</sup> )	$\lambda$ isol. (W/m °C)	$\lambda$ rev. (W/m °C)
72,99	880	880	0	1,3
194,62	280	280	1,3	0,6
26,41	460	460	1,3	0,6
5,82	430	430	1,3	0,6
7,13	977,5	977,5	0	1,65
88,35	761,75	761,75	0,042	1,3

**Tabela E.5** – Resumo das características das paredes em contacto com o solo.

Código	Cód. da soluc.	Tipo de parede	Esp. do isol. (m)	Esp. do rev. (m)
P_Ext_Cave	P_Ext_Cav	Arg. Reboco + Betão armado + Caixa-ar + isol. + Betão armado + Placa gesso cart	0,06	0,02

**Tabela E.6** – Continuação do resumo das características dos pavimentos em contacto com o solo.

Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Z (m)	mt (kg/m <sup>2</sup> )	Msi (kg/m <sup>2</sup> )	λ rev. (W/m °C)	U (W/m <sup>2</sup> °C)	ψ (W/m °C)
339,6	57,77	-3	747,6	150	0,25	0,15	0,3

**Tabela E.7** – Resumo das características dos pavimentos em contacto com o solo.

Tipo de pavimento	Esp. do isol. perim. (m)	Revestimento interior	Esp. do rev. (m)
Pavimento em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral	0,05	Betão armado	0,15

**Tabela E.8** – Continuação do resumo das características dos pavimentos em contacto com o solo

Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Z (m)	mt (kg/m <sup>2</sup> )	Msi (kg/m <sup>2</sup> )	λ isol. (W/m °C)	λ rev. (W/m °C)	ψ (W/m °C)
755,08	172,75	0	390	150	0,037	2,5	1,2

**Tabela E.9** – Resumo das pontes térmicas lineares.

Código	Tipo de ponte térmica	Loc. do isol.	Comprimento (m)	ψ (W/m °C)
PTL_2Par_V	Ligação entre duas paredes verticais	Repartido	47,71	0,2
PTL_CobIT	Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço	Interior	121,86	0,5
PTL_FPavT	Ligação da fachada com os pavimentos térreos	Interior	141,83	0,47
PTL_FPP	Ligação fachada / padieira ou peitoril	Repartido	41,68	0,2

**Tabela E.10** – Resumo das características dos vãos envidraçados.

Código	Tipo de vão envidraçado	Tipo de envidraçado	Esp. lâm. de ar (m)	Envidraçado
Ve_01	Duplo	Duplo	0,01	Vidro colorido na massa 5mm + vidro incolor 4mm a 8mm
Ve_02	Duplo	Duplo	0,01	Vidro colorido na massa 5mm + vidro incolor 4mm a 8mm
Ve_03	Duplo	Duplo	0,01	Vidro colorido na massa 5mm + vidro incolor 4mm a 8mm

**Tabela E.11** – Continuação do resumo das características dos vãos envidraçados.

Caxilho	Âng. horizonte	Âng. pala horiz.	Âng. pala Esq.	Âng. pala Dir.	Orientação
Metal sem quadricula, com corte térmico	45	41	48	48	Sul
Metal sem quadricula, com corte térmico	45	34	54	55	Norte
Metal sem quadricula, com corte térmico	45	60	60	60	Norte

**Tabela E.12** – Continuação do resumo das características dos vãos envidraçados.

Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	g Vidro	g Inv.	g Ver.	Xj	Fs Inv.	Fs Ver.	Fg	Fw Inv.
18	1,48	0,55	0,55	0,55	1	0,21	0,43	0,95	0,9
11,97	1,5	0,55	0,55	0,55	0,27	1	0,98	0,94	0,9
6,37	1,55	0,55	0,55	0,55	0,27	1	0,94	0,92	0,9

## **ANEXO F – CARGAS TÉRMICAS**

## 1.- PARÂMETROS GERAIS

Localização: Ponte de Lima

Latitude (graus): 41.75 graus

Altitude sobre o nível do mar: 66 m

Temperatura seca Verão: 32.00 °C

Temperatura húmida Verão: 22.00 °C

Oscilação média diária: 13 °C

Oscilação média anual: 30 °C

Temperatura seca de Inverno: 1.00 °C

Humidade relativa de Inverno: 90 %

Velocidade do vento: 1 m/s

Temperatura do terreno: 6.33 °C

Percentagem de majoração devida à orientação N: 20 %

Percentagem de majoração devida à orientação S: 0 %

Percentagem de majoração devida à orientação E: 10 %

Percentagem de majoração devida à orientação W: 10 %

Suplemento de intermitência para aquecimento: 5 %

Percentagem de cargas devido à própria instalação: 3 %

Percentagem de majoração de cargas (Inverno): 0 %

## 2. – RESULTADOS DE CÁLCULO DOS COMPARTIMENTOS

### 2.1. – Arrefecimento

Piso 0

Tabela F.1 – Carga máxima de arrefecimento no WC Serviço\_1.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>								
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>						
WC Serviço_1		Adega						
<b>Condições de projeto</b>								
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C			Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %			Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>						<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Coberturas</b>								
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Inclinada	2.8	0.04	40	Intermédio	32.5		0.91	
						<b>Total estrutural</b>	<b>0.91</b>	
<b>Ocupantes</b>								
	<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>				
	De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12		64.55	76.12	
<b>Iluminação</b>								
	<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>					
	Fluorescente com reactância	10.69	1.08				11.54	
<b>Instalações e outras cargas</b>							3.61	
<b>Cargas interiores</b>						<b>64.55</b>	<b>78.81</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>							<b>143.36</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>						3.0 %	2.39	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.56</b>						<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>82.11</b>
						<b>Potência térmica interna total</b>	<b>146.66</b>	
<b>Ventilação</b>								
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>								
						75.0	155.56	
<b>Cargas de ventilação</b>						<b>176.81</b>	<b>155.56</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>							<b>332.3</b>	
<b>Potência térmica</b>						<b>241.35</b>	<b>237.67</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.7 m<sup>2</sup> 179.2 W/m<sup>2</sup></b>						<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 479.0 W</b>		

**Tabela F.2** – Carga máxima de arrefecimento no WC Serviço\_2.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>									
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>							
WC Serviço_2		Adega							
<b>Condições de projeto</b>									
<b>Internas</b>				<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C				Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>							<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Fachada	E	7.3	0.50	700	Claro	28.0		11.13	
<b>Coberturas</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada	2.8	0.04	40	Intermédio	32.5		0.92		
<b>Total estrutural</b>								<b>12.05</b>	
<b>Ocupantes</b>									
<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12			64.55	76.12		
<b>Iluminação</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>							
Fluorescente com reactância	9.49	1.08					10.25		
<b>Instalações e outras cargas</b>									
<b>Cargas interiores</b>							<b>64.55</b>	<b>77.11</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>								<b>141.66</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>									
3.0 %								2.67	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.59</b>							<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>91.84</b>
<b>Potência térmica interna total</b>								<b>156.38</b>	
<b>Ventilação</b>									
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>									
75.0							176.81	155.56	
<b>Cargas de ventilação</b>							<b>176.81</b>	<b>155.56</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>								<b>332.36</b>	
<b>Potência térmica</b>							<b>241.35</b>	<b>247.39</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.4 m<sup>2</sup> 205.9 W/m<sup>2</sup></b>							<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 488.7 W</b>		

**Tabela F.3** – Carga máxima de arrefecimento na Sala de Trabalho.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>										
<b>Compartimento</b>					<b>Conjunto de compartimentos</b>					
Sala de Trabalho					Adega					
<b>Condições de projeto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 22 de Agosto</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	E	40.8	0.50	700	Claro	27.8			57.46	
Fachada	W	19.8	0.50	700	Claro	25.7			6.60	
Fachada	S	23.6	0.50	700	Claro	27.5			29.25	
<b>Coberturas</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>					
Inclinada	30.9	0.04	40	Intermédio	28.9				5.31	
<b>Total estrutural</b>									<b>98.62</b>	
<b>Ocupantes</b>										
<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>							
De pé ou marcha lenta	2	64.55	76.12				129.09		152.24	
<b>Iluminação</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>								
Fluorescente com reactância	105.76	1.08							114.17	
<b>Instalações e outras cargas</b>										
									35.70	
<b>Cargas interiores</b>								<b>129.</b>	<b>277.19</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>									<b>406.29</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>										
								3.0 %	11.27	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.75</b>								<b>Cargas internas totais</b>	<b>129.09</b>	<b>387.09</b>
								<b>Potência térmica interna total</b>		<b>516.18</b>
<b>Ventilação</b>										
								<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>		
								150.0	353.61	311.11
<b>Cargas de ventilação</b>								<b>353.61</b>	<b>311.11</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>									<b>664.73</b>	
<b>Potência térmica</b>								<b>482.71</b>	<b>698.20</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 26.4 m<sup>2</sup></b>								<b>44.7 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 1180.9 W</b>	

Tabela F.4 – Carga máxima de arrefecimento na Escada 01.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>										
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>								
Escada 01		Adega								
<b>Condições de projeto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 16h (14 hora solar) do 1 de Julho</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	E	5.9	0.50	700	Claro	27.8			8.27	
Fachada	N	33.5	0.50	700	Claro	25.6			9.29	
<b>Envidraçados exteriores</b>										
<b>Núm. Janelas</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Coef. radiação solar</b>	<b>Ganho (W/m<sup>2</sup>)</b>					
1	N	6.4	1.88	0.58	27.8				177.09	
<b>Coberturas</b>										
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
	Inclinada	8.9	0.04	40					2.02	
	Intermédio	30.2								
								<b>Total estrutural</b>	<b>196.67</b>	
<b>Ocupantes</b>										
	<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
	De pé ou marcha lenta	1	64.55	70.58			64.55		70.58	
<b>Iluminação</b>										
	<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>							
	Fluorescente com reactância	28.69	0.99						28.52	
<b>Instalações e outras cargas</b>										
									12.91	
<b>Cargas interiores</b>								<b>64.55</b>	<b>104.40</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>									<b>168.95</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>								3.0 %	9.03	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.83</b>								<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>310.10</b>
								<b>Potência térmica interna total</b>	<b>374.65</b>	
<b>Ventilação</b>										
								<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>		
								75.0	176.81	
								<b>Cargas de ventilação</b>	<b>176.81</b>	<b>155.56</b>
								<b>Potência térmica de ventilação total</b>	<b>332.36</b>	
								<b>Potência térmica</b>	<b>241.35</b>	<b>465.66</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 7.2 m<sup>2</sup></b>								<b>98.6 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 707.0 W</b>	

Tabela F.5 – Carga máxima de arrefecimento no Showroom.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>									
<b>Compartimento</b>				<b>Conjunto de compartimentos</b>					
Showroom				Adega					
<b>Condições de projeto</b>									
<b>Internas</b>				<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C				Temperatura exterior = 28.1 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmida = 20.6 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 15h (13 hora solar) do 22 de Outubro</b>							<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Fachada	S	14.4	0.50	700	Claro	23.5	-10.50		
Fachada	E	7.3	0.50	700	Claro	23.6	-5.07		
<b>Envidraçados exteriores</b>									
<b>Núm. janelas</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Coef. radiação solar</b>	<b>Ganho (W/m<sup>2</sup>)</b>				
1	S	18.0	1.68	0.60	264.4		4758.77		
<b>Coberturas</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada	34.0	0.04	40	Intermédio	21.6		-5.02		
<b>Total estrutural</b>							<b>4738.17</b>		
<b>Ocupantes</b>									
<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
De pé ou marcha lenta	4	64.55	57.78			193.64	231.12		
<b>Iluminação</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>							
Fluorescente com reactância	133.42	0.99					131.42		
<b>Instalações e outras cargas</b>									
<b>Cargas interiores</b>							<b>193.64</b>	<b>368.82</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>							<b>562.46</b>		
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>							3.0 %	153.21	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.96</b>							<b>Cargas internas totais</b>	<b>193.64</b>	<b>5260.19</b>
<b>Potência térmica interna total</b>							<b>5453.83</b>		
<b>Ventilação</b>									
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>									
166.8							310.33	167.51	
<b>Cargas de ventilação</b>							<b>310.33</b>	<b>167.51</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>							<b>477.84</b>		
<b>Potência térmica</b>							<b>503.97</b>	<b>5427.71</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 33.4 m<sup>2</sup></b>				<b>177.8 W/m<sup>2</sup></b>		<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 5931.7 W</b>			

**Tabela F.6** – Carga máxima de arrefecimento na Zona de Cubas.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>										
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>								
Zona de Cubas		Adega								
<b>Condições de projeto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	S	51.8	0.50	700	Claro	26.6			40.52	
Fachada	E	15.9	0.50	700	Claro	25.5			4.34	
<b>Coberturas</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>					
Inclinada	202.5	0.04	40	Intermédio	31.2				55.02	
<b>Total estrutural</b>									<b>99.89</b>	
<b>Ocupantes</b>										
<b>Actividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>							
De pé ou marcha lenta	7	64.55	71.57					451.83	501.00	
<b>Iluminação</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>								
Fluorescente com reactância	720.20	1.08							777.46	
<b>Instalações e outras cargas</b>										
<b>Cargas interiores</b>								<b>451.83</b>	<b>1450.25</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>									<b>1902.08</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>										
								3.0 %	46.50	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: <u>0.78</u></b>										
<b>Cargas internas totais</b>								<b>451.83</b>	<b>1596.64</b>	
<b>Potência térmica interna total</b>									<b>2048.47</b>	
<b>Ventilação</b>										
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>										
								900.3	2121.85	1866.83
<b>Cargas de ventilação</b>								<b>2121.85</b>	<b>1866.83</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>									<b>3988.69</b>	
<b>Potência térmica</b>								<b>2573.68</b>	<b>3463.48</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 180.1 m<sup>2</sup> <u>33.5 W/m<sup>2</sup></u></b>										
<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>								<b>6037.2 W</b>		

**Tabela F.7** – Carga máxima de arrefecimento nos Arrumos.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>										
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>								
Arrumos		Adega								
<b>Condições de projeto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	E	7.1	0.50	700	Claro	28.0			10.83	
Fachada	S	15.2	0.50	700	Claro	25.5			4.11	
<b>Coberturas</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>		<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada	3.3		0.04	40	Intermédio	33.0			1.14	
<b>Total estrutural</b>								<b>16.08</b>		
<b>Ocupantes</b>										
		<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>					
		De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12			64.55	76.12	
<b>Iluminação</b>										
		<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>		<b>Coef. iluminação</b>					
		Fluorescente com reactância	10.80		1.08				11.66	
<b>Instalações e outras cargas</b>										
									3.64	
<b>Cargas interiores</b>								<b>64.55</b>	<b>78.96</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>								<b>143.51</b>	<b>143.51</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>										
								3.0 %	2.85	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.60</b>										
<b>Cargas internas totais</b>								<b>64.55</b>	<b>97.89</b>	
<b>Potência térmica interna total</b>								<b>162.44</b>	<b>162.44</b>	
<b>Ventilação</b>										
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>										
								75.0	176.81	155.56
<b>Cargas de ventilação</b>								<b>176.81</b>	<b>155.56</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>								<b>332.36</b>	<b>332.36</b>	
<b>Potência térmica</b>								<b>241.35</b>	<b>253.45</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.7 m<sup>2</sup> 183.3 W/m<sup>2</sup></b>										
<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>								<b>494.8 W</b>	<b>494.8 W</b>	

Tabela F.8 – Carga máxima de arrefecimento na Escada\_02.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>										
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>								
Escada 02		Adega								
<b>Condições de projeto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	S	19.8	0.50	700	Claro	25.5			4.58	
<b>Coberturas</b>										
<b>Tipo</b>		<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada		4.3	0.04	40	Intermédio	33.0			1.49	
<b>Total estrutural</b>								<b>6.07</b>		
<b>Ocupantes</b>										
	<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
	De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12			64.55		76.12	
<b>Iluminação</b>										
	<b>Tipo</b>		<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>						
	Fluorescente com reactância		14.13	1.08					15.25	
<b>Instalações e outras cargas</b>										
								<b>Cargas interiores</b>	<b>64.55</b>	<b>83.68</b>
								<b>Cargas interiores totais</b>	<b>148.22</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>										
								3.0 %		2.69
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.59</b>								<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>92.44</b>
								<b>Potência térmica interna total</b>	<b>156.99</b>	
<b>Ventilação</b>										
								<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>		
								75.0	176.81	155.56
								<b>Cargas de ventilação</b>	<b>176.81</b>	<b>155.56</b>
								<b>Potência térmica de ventilação total</b>	<b>332.36</b>	
								<b>Potência térmica</b>	<b>241.35</b>	<b>248.00</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 3.5 m<sup>2</sup></b>								<b>138.6 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 489.4 W</b>	

**Tabela F.9** – Carga máxima de arrefecimento no Balneário Antecâmara.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>									
<b>Compartimento</b>				<b>Conjunto de compartimentos</b>					
Balneário Antecâmara				Adega					
<b>Condições de projeto</b>									
<b>Internas</b>				<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C				Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>							<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Fachada	E	13.8	0.50	700	Claro	28.1		21.12	
Fachada	W	2.4	0.50	700	Claro	26.9		2.28	
<b>Coberturas</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada	14.0	0.04	40	Intermédio	33.1		4.92		
<b>Total estrutural</b>								<b>28.3</b>	
<b>Ocupantes</b>									
<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12			64.55	76.12		
<b>Iluminação</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>							
Fluorescente com reactância	46.13	1.08					49.79		
<b>Instalações e outras cargas</b>								15.57	
<b>Cargas interiores</b>							<b>64.55</b>	<b>129.02</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>								<b>193.57</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>							3.0 %	4.72	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: <u>0.72</u></b>							<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>162.07</b>
<b>Potência térmica interna total</b>								<b>226.61</b>	
<b>Ventilação</b>									
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>									
75.0							176.81	155.56	
<b>Cargas de ventilação</b>							<b>176.81</b>	<b>155.56</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>								<b>332.36</b>	
<b>Potência térmica</b>							<b>241.35</b>	<b>317.62</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 11.5 m<sup>2</sup> <u>48.5 W/m<sup>2</sup></u></b>							<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : <u>559.0 W</u></b>		

**Tabela F.10** – Carga máxima de arrefecimento no WC Masculino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>										
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>								
WC Masculino		Adega								
<b>Condições de projecto</b>										
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>										
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Fachada	N	9.0	0.50	700	Claro	25.8			3.54	
Fachada	W	11.1	0.50	700	Claro	25.3			1.91	
<b>Coberturas</b>										
<b>Tipo</b>		<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada		4.3	0.04	40	Intermédio	33.1			1.54	
<b>Total estrutural</b>									<b>6.98</b>	
<b>Ocupantes</b>										
	<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
	De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12			64.55		76.12	
<b>Iluminação</b>										
	<b>Tipo</b>		<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>						
	Fluorescente com reactância		14.33	1.08					15.47	
<b>Instalações e outras cargas</b>										
									4.84	
<b>Cargas interiores</b>								<b>64.55</b>	<b>83.97</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>									<b>148.51</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>										
								3.0 %	2.73	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.59</b>								<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>93.68</b>
<b>Potência térmica interna total</b>									<b>158.22</b>	
<b>Ventilação</b>										
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>										
								75.0	176.81	
<b>Cargas de ventilação</b>								<b>176.81</b>	<b>155.56</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>									<b>332.36</b>	
<b>Potência térmica</b>								<b>241.35</b>	<b>249.23</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 3.6 m<sup>2</sup> 137.0 W/m<sup>2</sup></b>								<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 490.6 W</b>		

**Tabela F.11** – Carga máxima de arrefecimento no WC Feminino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>									
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>							
WC Feminino		Adega							
<b>Condições de projeto</b>									
<b>Internas</b>				<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 25.0 °C				Temperatura exterior = 31.4 °C					
Humidade relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmida = 22.0 °C					
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>							<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Fachada	N	9.0	0.50	700	Claro	25.8		3.55	
<b>Coberturas</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>		<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Inclinada	4.3		0.04	40	Intermédio	33.1		1.54	
<b>Total estrutural</b>								<b>5.09</b>	
<b>Ocupantes</b>									
<b>Atividade</b>		<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>					
De pé ou marcha lenta		1	64.55	76.12			64.55	76.12	
<b>Iluminação</b>									
<b>Tipo</b>			<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>					
Fluorescente com reactância			14.37	1.08				15.51	
<b>Instalações e outras cargas</b>									
<b>Cargas interiores</b>							<b>64.55</b>	<b>84.03</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>								<b>148.57</b>	
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>							3.0 %	2.67	
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.59</b>							<b>Cargas internas totais</b>	<b>64.55</b>	<b>91.79</b>
<b>Potência térmica interna total</b>								<b>156.34</b>	
<b>Ventilação</b>									
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>									
75.0							176.81	155.56	
<b>Cargas de ventilação</b>							<b>176.81</b>	<b>155.56</b>	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>								<b>332.36</b>	
<b>Potência térmica</b>							<b>241.35</b>	<b>247.35</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 3.6 m<sup>2</sup></b>							<b>136.0 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 488.7 W</b>	

**Tabela F.12** – Carga máxima de arrefecimento no Duche Masculino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>								
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>						
Duche Masculino		Adega						
<b>Condições de projeto</b>								
<b>Internas</b>				<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 25.0 °C				Temperatura exterior = 31.4 °C				
Humidade relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmida = 22.0 °C				
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>							<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>								
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>		
Fachada	N	6.3	0.50	700	Claro	25.7		2.22
<b>Coberturas</b>								
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>		<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>		
Inclinada	2.9		0.04	40	Intermédio	33.1		1.05
<b>Total estrutural</b>								<b>3.27</b>
<b>Ocupantes</b>								
<b>Atividade</b>		<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>		<b>C.sen/per (W)</b>			
De pé ou marcha lenta		1	64.55		76.12		64.55	76.12
<b>Iluminação</b>								
<b>Tipo</b>		<b>Potência (W)</b>		<b>Coef. iluminação</b>				
Fluorescente com reactância		9.74		1.08			10.5 <sub>1</sub>	
<b>Instalações e outras cargas</b>								
<b>Cargas interiores</b>							<b>64.55</b>	<b>77.46</b>
<b>Cargas interiores totais</b>								<b>142.01</b>
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>								
3.0 %								2.42
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.56</b>								
<b>Cargas internas totais</b>							<b>64.55</b>	<b>83.15</b>
<b>Potência térmica interna total</b>								<b>147.70</b>
<b>Ventilação</b>								
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>								
75.0							176.81	155.56
<b>Cargas de ventilação</b>							<b>176.81</b>	<b>155.56</b>
<b>Potência térmica de ventilação total</b>								<b>332.36</b>
<b>Potência térmica</b>							<b>241.35</b>	<b>238.71</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.4 m<sup>2</sup> 197.2 W/m<sup>2</sup></b>							<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 480.1 W</b>	

**Tabela F.13** – Carga máxima de arrefecimento no Duche Feminino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>								
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>						
Duche Feminino		Adega						
<b>Condições de projecto</b>								
<b>Internas</b>				<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 25.0 °C				Temperatura exterior = 31.4 °C				
Humidade relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmida = 22.0 °C				
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>							<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>								
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>		
Fachada	E	12.2	0.50	700	Claro	28.0		18.57
Fachada	N	6.2	0.50	700	Claro	25.7		2.21
<b>Coberturas</b>								
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>		<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>		
Inclinada	2.9		0.04	40	Intermédio	33.1		1.04
<b>Total estrutural</b>								<b>21.83</b>
<b>Ocupantes</b>								
		<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>			
		De pé ou marcha lenta	1	64.55	76.12		64.55	76.12
<b>Iluminação</b>								
		<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>				
		Fluorescente com reactância	9.70	1.08				10.47
<b>Instalações e outras cargas</b>								
								3.27
<b>Cargas interiores</b>							<b>64.55</b>	<b>77.40</b>
<b>Cargas interiores totais</b>							<b>141.95</b>	<b>141.95</b>
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>								
							3.0 %	2.98
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: <u>0.61</u></b>								
<b>Cargas internas totais</b>							<b>64.55</b>	<b>102.21</b>
<b>Potência térmica interna total</b>							<b>166.76</b>	<b>166.76</b>
<b>Ventilação</b>								
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>								
							75.0	176.81
<b>Cargas de ventilação</b>							<b>176.81</b>	<b>155.56</b>
<b>Potência térmica de ventilação total</b>							<b>332.36</b>	<b>332.36</b>
<b>Potência térmica</b>							<b>241.35</b>	<b>257.77</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.4 m<sup>2</sup></b>				<b><u>205.9 W/m<sup>2</sup></u></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>			<b><u>499.1 W</u></b>

**Tabela F.14** – Carga máxima de arrefecimento na Zona de Equipamentos.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>									
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>							
Zona de Equipamentos		Adega							
<b>Condições de projeto</b>									
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 25.0 °C					Temperatura exterior = 31.4 °C				
Humidade relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmida = 22.0 °C				
<b>Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 1 de Julho</b>								<b>C. LATENTE (W)</b>	<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Fachada	E	89.3	0.50	700	Claro	25.8			37.65
Fachada	N	70.8	0.50	700	Claro	25.7			25.88
Fachada	S	20.3	0.50	700	Claro	26.5			15.66
<b>Envidraçados exteriores</b>									
<b>Núm. janelas</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Coef. radiação solar</b>	<b>Ganho (W/m<sup>2</sup>)</b>				
1	N	12.0	1.74	0.59	25.				306.72
<b>Coberturas</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Inclinada	475.0	0.04	40	Intermédio	27.2				45.64
<b>Total estrutural</b>								<b>431.55</b>	
<b>Ocupantes</b>									
<b>Atividade</b>	<b>Nº de pessoas</b>	<b>C.lat/per (W)</b>	<b>C.sen/per (W)</b>						
De pé ou marcha lenta	7	64.55	71.57					451.83	501.00
<b>Iluminação</b>									
<b>Tipo</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Coef. iluminação</b>							
Fluorescente com reactância	1892.88	1.08							2043.36
<b>Instalações e outras cargas</b>									
									638.85
<b>Cargas interiores</b>								<b>451.83</b>	<b>3111.93</b>
<b>Cargas interiores totais</b>									<b>3563.76</b>
<b>Cargas devidas à própria instalação</b>									
								3.0 %	106.30
<b>FACTOR CALOR SENSÍVEL: 0.89</b>								<b>451.83</b>	<b>3649.79</b>
<b>Potência térmica interna total</b>									<b>4101.61</b>
<b>Ventilação</b>									
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>									
								2366.1	
								5576.78	4906.51
<b>Cargas de ventilação</b>								<b>5576.78</b>	<b>4906.51</b>
<b>Potência térmica de ventilação total</b>									<b>10483.29</b>
<b>Potência térmica</b>								<b>6028.60</b>	<b>8556.30</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 473.2 m<sup>2</sup> 30.8 W/m<sup>2</sup></b>								<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 14584.9 W</b>	

## 2.2. – Aquecimento

Piso 0

Tabela F.15 – Carga máxima de aquecimento no WC Serviço\_1.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>					
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>			
WC Serviço_1		Adega			
<b>Condições de projeto</b>					
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>		
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C		
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior =		
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>					<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Coberturas</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Inclinada	2.8	0.04	40	Intermédio	2.29
<b>Lajes inferiores</b>					
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	
	Laje	2.7	0.08	438	2.81
<b>Total estrutural</b>					<b>5.11</b>
<b>Cargas interiores totais</b>					
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>					5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>					<b>5.36</b>
<b>Ventilação</b>					
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>					
75.0					461.81
<b>Potência térmica de ventilação total</b>					<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.7 m<sup>2</sup> 174.8 W/m<sup>2</sup> POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 467.2 W</b>					

**Tabela F.16** – Carga máxima de aquecimento no WC Serviço\_2.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
WC Serviço_2		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	E	7.3	0.50	700	Claro	76.65
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>		<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Inclinada		2.8	0.04	40	Intermédio	2.32
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	2.4	0.08	438		2.50
<b>Total estrutural</b>						<b>81.47</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>85.54</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						75.0
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.7 m<sup>2</sup></b>						<b>230.6 W/m<sup>2</sup></b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>547.3 W</b>

**Tabela F.17** – Carga máxima de aquecimento na Sala de Trabalho.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartmento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Sala de Trabalho		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	E	40.8	0.50	700	Claro	425.79
Fachada	W	19.8	0.50	700	Claro	206.31
Fachada	S	20.6	0.50	700	Claro	223.47
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>		<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
	Inclinada	30.9	0.04	40	Intermédio	25.64
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	26.4	0.08	438		27.83
<b>Total estrutural</b>						<b>909.04</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						<b>5%</b>
<b>Cargas internas totais</b>						<b>954.50</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
150.0						923.62
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>923.62</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 26.4 m<sup>2</sup></b>		<b>71.0 W/m<sup>2</sup></b>		<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL: 1878.1</b>		

**Tabela F.18** – Carga máxima de aquecimento na Escada 01.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Escada 01		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	E	5.9	0.50	700	Claro	61.71
Fachada	N	33.5	0.50	700	Claro	380.89
<b>Envidraçados exteriores</b>						
	<b>Núm. janelas</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>		
	1	N	6.4	1.88		272.19
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	8.9	0.04	40	Intermédio		7.40
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	7.2	0.08	438		7.55
<b>Total estrutural</b>						<b>729.47</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>766.22</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						75.0
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 7.2 m<sup>2</sup> 171.2 W/m<sup>2</sup></b>						
<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 1228.0 W</b>						

Tabela F.19 – Carga máxima de aquecimento no Showroom.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Showroom		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	S	14.4	0.50	700	Claro	136.24
Fachada	E	7.3	0.50	700	Claro	76.15
<b>Envidraçados exteriores</b>						
		<b>Núm. janelas</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	
		1	S	18.0	1.68	573.23
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>		<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Inclinada		37.9	0.04	40	Intermédio	31.46
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	33.4	0.08	438		35.11
<b>Total estrutural</b>						<b>852.18</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>					5.0 %	42.61
<b>Cargas internas totais</b>						<b>804.79</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						166.8
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>1026.68</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 33.4 m<sup>2</sup> 57.6 W/m<sup>2</sup></b>						<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 1921.5 W</b>

**Tabela F.20** – Carga máxima de aquecimento na Zona de Cubas.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartmento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Zona de Cubas		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	S	51.8	0.50	700	Claro	491.25
Fachada	E	15.9	0.50	700	Claro	166.34
Muro de cave		137.6	0.15	748		276.38
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	202.5	0.04	40	Intermédio		168.21
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	180.1	0.08	438		189.51
<b>Total estrutural</b>						<b>1291.68</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>1356.27</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						900.3
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>5542.16</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 180.1 m<sup>2</sup></b>			<b>38.3 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>		<b>6898.4 W</b>

Tabela F.21 – Carga máxima de aquecimento na Escada\_02.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>							
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>					
Escada 02		Adega					
<b>Condições de projeto</b>							
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C				
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %				
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Fachada	S	19.8	0.50	700	Claro	188.07	
<b>Coberturas</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>			
Inclinada	4.3	0.04	40	Intermédio		3.56	
<b>Lajes inferiores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>				
Laje	3.5	0.08	438			3.72	
<b>Total estrutural</b>						<b>195.35</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>							
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %	
<b>Cargas internas totais</b>						<b>205.12</b>	
<b>Ventilação</b>							
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>							
						75.0	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 3.5 m<sup>2</sup></b>			<b>188.9 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>			<b>696.9 W</b>

**Tabela F.22** – Carga máxima de aquecimento nos Arrumos.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>							
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>					
Arrumos		Adega					
<b>Condições de projeto</b>							
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C				
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %				
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Fachada	E	7.1	0.50	700	Claro	74.55	
Fachada	S	15.2	0.50	700	Claro	143.75	
<b>Coberturas</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>			
Inclinada	3.3	0.04	40	Intermédio		2.72	
<b>Lajes inferiores</b>							
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
	Laje	2.17	0.08	438		2.84	
<b>Total estrutural</b>						<b>223.87</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>							
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %	
<b>Cargas internas totais</b>						<b>11.19</b>	
<b>Cargas internas totais</b>						<b>235.86</b>	
<b>Ventilação</b>							
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>							
						900.3	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.7 m<sup>2</sup></b>			<b>258.2 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>			<b>696.9 W</b>

**Tabela F.23** – Carga máxima de aquecimento no Balneário Antecâmara.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Balneário Antecâmara		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	E	13.8	0.50	700	Claro	143.73
Fachada	W	2.8	0.50	700	Claro	29.24
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	14.0	0.04	40	Intermédio		11.61
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	11.5	0.08	438		12.14
<b>Total estrutural</b>						<b>196.72</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>206.56</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						75.0
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 11.5 m<sup>2</sup> 58.0 W/m<sup>2</sup></b>						
<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 668.4 W</b>						

**Tabela F.24** – Carga máxima de aquecimento no WC Masculino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
WC Masculino		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	N	9.0	0.50	700	Claro	102.59
Fachada	W	12.1	0.50	700	Claro	125.71
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	4.3	0.04	40	Intermédio		3.60
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	3.6	0.08	438		3.77
<b>Total estrutural</b>						<b>235.67</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>274.46</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						75.0
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 3.6 m<sup>2</sup> <u>198.0 W/m<sup>2</sup></u> POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : <u>709.3 W</u></b>						

**Tabela F.25** – Carga máxima de aquecimento no WC Feminino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
WC Feminino		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	N	9.0	0.50	700	Claro	102.59
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	4.3	0.04	40	Intermédio		3.61
<b>Lajes inferiores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
Laje	3.6	0.08	438			3.78
<b>Total estrutural</b>						<b>110.29</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>115.81</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						75.0
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 3.6 m<sup>2</sup> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">160.8 W/m<sup>2</sup></span> POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">577.6 W</span></b>						

**Tabela F.26** – Carga máxima de aquecimento no Duche Masculino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>							
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>					
Duche Masculino		Adega					
<b>Condições de projeto</b>							
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C				
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %				
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>	
<b>Envolventes exteriores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Fachada	N	6.3	0.50	700	Claro	71.26	
<b>Coberturas</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>			
Inclinada	2.9	0.04	40	Intermédio		2.45	
<b>Lajes inferiores</b>							
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
	Laje	2.4	0.08	438		2.56	
<b>Total estrutural</b>						<b>76.27</b>	
<b>Cargas interiores totais</b>							
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %	
<b>Cargas internas totais</b>						<b>80.08</b>	
<b>Ventilação</b>							
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>							
						461.81	
						75.0	
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>	
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE</b>		2.4 m <sup>2</sup>	<b>222.6 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :</b>			<b>541.9 W</b>

**Tabela F.27** – Carga máxima de aquecimento no Duche Feminino.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Duche Feminino		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	E	12.2	0.50	700	Claro	127.40
Fachada	N	6.2	0.50	700	Claro	70.95
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	2.9	0.04	40	Intermédio		2.44
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	2.4	0.08	438		2.55
<b>Total estrutural</b>						<b>283.34</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>213.5</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
75.0						461.81
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>461.81</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 2.4 m<sup>2</sup> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">278.6 W/m<sup>2</sup></span></b>						
<b>POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">675.3 W</span></b>						

**Tabela F.28** – Carga máxima de aquecimento na Zona de Equipamentos.

<b>CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)</b>						
<b>Compartimento</b>		<b>Conjunto de compartimentos</b>				
Zona de Equipamentos		Adega				
<b>Condições de projeto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 1.0 °C			
Humidade relativa interior = 50.0 %			Humidade relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de aquecimento</b>						<b>C. SENSÍVEL (W)</b>
<b>Envolventes exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>	
Fachada	E	89.3	0.50	700	Claro	931.39
Fachada	N	70.8	0.50	700	Claro	806.04
Fachada	S	20.3	0.50	700	Claro	192.74
Muro de Cave		203.2	0.50	700	Claro	408.24
<b>Envidraçados exteriores</b>						
	<b>Núm. janelas</b>	<b>Orientação</b>	<b>Superfície total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>		
	1	N	12.0	1.74		474.11
<b>Coberturas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cor</b>		
Inclinada	475.0	0.04	40	Intermédio		394.55
<b>Lajes inferiores</b>						
	<b>Tipo</b>	<b>Superfície (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>.°C))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>		
	Laje	473.2	0.08	438		498.07
<b>Total estrutural</b>						<b>3705.14</b>
<b>Cargas interiores totais</b>						
<b>Cargas devidas à intermitência de utilização</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totais</b>						<b>3890.39</b>
<b>Ventilação</b>						
<b>Caudal de ventilação total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						2366.1
<b>Potência térmica de ventilação total</b>						<b>14566.21</b>
<b>POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 473.2 m<sup>2</sup> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">39.0 W/m<sup>2</sup></span> POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">18456.6 W</span></b>						

### 3. – RESUMO DOS RESULTADOS DE CÁLCULOS DOS COMPARTIMENTOS

#### Arrefecimento

**Tabela F.29** – Resumo dos resultados de cálculo das cargas térmicas de arrefecimento.

Conjunto: Adegas												
Recinto	Planta	Subtotais			Carga interna		Ventilação			Potência térmica		
		Estrutural	Sensível interior	Total interior	Sensível	Total	Caudal	Sensível	Carga total	Por superfície	Sensível	Total
WC Serviço_1	Piso 0	0.91	78.81	143.36	82.11	146.66	75.02	155.56	332.36	179.21	237.67	479.02
WC Serviço_2	Piso 0	12.05	77.11	141.66	91.84	156.38	75.02	155.56	332.36	205.94	247.39	488.75
Sala de Trabalho	Piso 0	98.62	277.19	406.29	387.09	516.18	150.03	311.11	664.73	44.66	698.20	1180.91
Escada 01	Piso 0	196.67	104.40	168.95	310.10	374.65	75.02	155.56	332.36	98.56	465.66	707.01
Showroom	Piso 0	4738.17	368.82	562.46	5260.19	5453.83	166.77	167.51	477.84	177.84	5427.71	5931.67
Zona de Cubas	Piso 0	99.89	1450.25	1902.08	1596.64	2048.47	900.25	1866.83	3988.69	33.53	3463.48	6037.16
Arrumos	Piso 0	16.08	78.96	143.51	97.89	162.44	75.02	155.56	332.36	183.32	253.45	494.80
Escada 02	Piso 0	6.07	83.68	148.22	92.44	156.99	75.02	155.56	332.36	138.57	248.00	489.35
Balneário Antecâmara	Piso 0	28.32	129.02	193.57	162.07	226.61	75.02	155.56	332.36	48.47	317.62	558.98
WC Masculino	Piso 0	6.98	83.97	148.51	93.68	158.22	75.02	155.56	332.36	136.95	249.23	490.59
WC Feminino	Piso 0	5.09	84.03	148.57	91.79	156.34	75.02	155.56	332.36	136.02	247.35	488.70
Duche Masculino	Piso 0	3.27	77.46	142.01	83.15	147.70	75.02	155.56	332.36	197.21	238.71	480.06
Duche Feminino	Piso 0	21.83	77.40	141.95	102.21	166.76	75.02	155.56	332.36	205.89	257.77	499.12
Zona de Equipamentos	Piso 0	431.55	3111.93	3563.76	3649.79	4101.61	2366.10	4906.51	10483.29	30.82	8556.30	14584.90
<b>Total</b>							<b>4333.3</b>					
<b>Carga total simultânea</b>												<b>28908.1</b>

## Aquecimento

**Tabela F.30** – Resumo dos resultados de cálculo das cargas térmicas de aquecimento.

<b>Conjunto: Adega</b>						
Recinto	Planta	Carga interna sensível (W)	Ventilação		Potência	
			Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Carga total (W)	Por superfície (W/m <sup>2</sup> )	Total (W)
WC Serviço_1	Piso 0	5.36	75.02	461.81	174.77	467.17
WC Serviço_2	Piso 0	85.54	75.02	461.81	230.64	547.35
Sala de Trabalho	Piso 0	954.50	150.03	923.62	71.03	1878.11
Escada 01	Piso 0	766.22	75.02	461.81	171.20	1228.03
Showroom	Piso 0	894.79	166.77	1026.68	57.61	1921.47
Zona de Cubas	Piso 0	1356.27	900.25	5542.16	38.31	6898.42
Arrumos	Piso 0	235.06	75.02	461.81	258.18	696.87
Escada 02	Piso 0	205.12	75.02	461.81	188.86	666.93
Balneário Antecâmara	Piso 0	206.56	75.02	461.81	57.96	668.37
WC Masculino	Piso 0	247.46	75.02	461.81	198.00	709.27
WC Feminino	Piso 0	115.81	75.02	461.81	160.77	577.61
Duche Masculino	Piso 0	80.08	75.02	461.81	222.62	541.89
Duche Feminino	Piso 0	213.51	75.02	461.81	278.57	675.32
Zona de Equipamentos	Piso 0	3890.39	2366.10	14566.21	39.00	18456.60
<b>Total</b>			<b>4333.3</b>			
<b>Carga total simultânea</b>						<b>35933.4</b>

## 4.– RESUMO DOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE COMPARTIMENTOS

**Tabela F.31** – Resumo dos resultados das cargas térmicas de arrefecimento da Adegá.

<b>Arrefecimento</b>		
Conjunto	Potência por superfície (W/m <sup>2</sup> )	Potência total (W)
Adegá	38.3	28908.1

**Tabela F.32** – Resumo dos resultados das cargas térmicas de aquecimento da Adegá.

<b>Aquecimento</b>		
Conjunto	Potência por superfície (W/m <sup>2</sup> )	Potência total (W)
Adegá	47.6	35933.4