



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica

Desenvolvimento de caso de estudo na Componente de Climatização num Gabinete de Engenharia

MAGALIE CATARINO DA CUNHA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais: Doutor Luís Manuel Rodrigues Coelho

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

maio de 2018



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica

Desenvolvimento de caso de estudo na Componente de Climatização num Gabinete de Engenharia

MAGALIE CATARINO DA CUNHA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais: Doutor Luís Manuel Rodrigues Coelho

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

maio de 2018

Agradecimentos

Finda a elaboração do trabalho final de mestrado, é de evidenciar a contribuição de todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concessão deste trabalho mostrando desta forma o meu agradecimento nomeadamente à minha família, principalmente aos meus pais, avó Gisela, madrinha e irmã que sempre me apoiaram no meu percurso académico e permitiram que alcançasse o meu sonho.

Quero agradecer ao meu namorado, Bruno, por todo o apoio, paciência e carinho prestados desde e o início do meu percurso académico.

Aos meus amigos agradeço todo o apoio e compreensão que me deram nos momentos de stress e frustração, que permitiram que continuasse a ter força de vontade e a acreditar que seria possível chegar ao fim deste percurso com sucesso. Apesar de serem muitas as pessoas que me apoiaram, quero agradecer em especial, aos que tiveram sempre presentes ao longo destes cinco anos: Rita Noruegas, Raquel Nunes, Madalena Luís, Marisa Alves, Sara Rodrigues, Diogo Gomes, David Costa, Nuno Guerreiro, Hugo Almeida e Margarida Ribeiro.

Finalmente, quero agradecer aos meus orientadores, Especialista João Cardoso e Doutora Cláudia Casaca, por terem oferecido a oportunidade de realizar o estágio na empresa, ACet, que possibilitou a aquisição de conhecimento do mercado de trabalho e a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, para além de ajudarem no desenvolvimento do caso de estudo. Agradeço também a toda a equipa da ACet pelo apoio e transmissão de novos conhecimentos, que permitiram o desenvolvimento de projetos, agradecendo em especial a motivação do Mário Fontes, da Ana Teixeira, da Bárbara Brito, do Marco Felício e do Ricardo Nunes.

Resumo

O consumo energético dos edifícios residenciais e comerciais, segundo a DGEG, em 2011 atingiu cerca de 28% do consumo total de energia final em Portugal, contribuindo assim fortemente para o aumento dos gases de estufa na atmosfera. De modo a minimizar o consumo energético e diminuir a pegada ecológica desses edifícios, há necessidade de se utilizarem novas soluções nos sistemas consumidores de energia aí instalados, nomeadamente os sistemas de climatização.

O presente documento descreve as atividades desenvolvidas durante o estágio curricular na empresa ACet, ANTERO CARDOSO – Engenharia Termodinâmica, Lda. A ACet tem como atividade principal a elaboração e consultoria de projetos de engenharia para instalações técnicas especiais.

Dos diversos trabalhos desenvolvidos na empresa destacou-se o projeto de reabilitação de um edifício residencial, que consiste na climatização dos espaços e na produção de águas quentes sanitárias. No âmbito do projeto foi efetuada uma análise do consumo energético anual comparativo entre três sistemas alternativos de climatização, incluindo ainda um sistema solar térmico para produção de água quente sanitária.

A seleção do sistema de climatização com melhor eficiência foi realizada por meio de simulações energéticas comparativas. O estudo energético teve em conta medidas passivas para a melhoria do desempenho energético do edifício, com base nas características da habitação e a viabilidade da sua aplicação. Adicionalmente foi efetuada uma análise económica dos sistemas de climatização em estudo, permitindo designar qual destes seria o mais rentável a longo prazo.

Da análise energética realizada para os três sistemas de climatização, conclui-se que o sistema VRF com recuperação de calor é o sistema que consome menos energia elétrica, cerca de 27 % relativamente ao sistema Chiller/ Bomba de calor reversível que apresenta maior consumo de energia elétrica. O sistema Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor consome menos de 17% de energia elétrica relativamente ao sistema Chiller/ Bomba de Calor reversível.

Palavras chave: AVAC, Eficiência Energética, Reabilitação, Simulação Energética.

Abstract

The energy consumption of residential and commercial buildings, according to DGEG, in 2011 reaching about 28% of total final energy consumption in Portugal, thus contributing strongly to the increase of greenhouse gases in the atmosphere. In order to minimize the electric energy consumption and reduce the ecological footprint of buildings, there is need to use new solutions for air conditioning systems.

This document describes the activities developed during the curricular internship at ACet, ANTERO CARDOSO - Engenharia Termodinâmica, Lda. ACet's main activity is the elaboration and engineering consultancie for engineering projects for special technical installations.

Of the several works developed in the company, the project for the rehabilitation of a residential building, which consists in the air conditioning of the spaces and the production of hot sanitary waters, stood out. Within the scope of the project, it was intended to analyse the comparative annual energy consumption between three air conditioning alternative systems, including a solar thermal system for the production of domestic hot water.

The selection of the air conditioning system with better efficiency was carried out through comparative energy simulations. The energy study considered passive measures to improve the energy performance of the building, taking into account the physical characteristics of the building and its application feasibility. In addition, an economic analysis of the air conditioning systems under study was carried out, allowing to designate which of these would have the lowest pay-back period.

Based on the energy analysis performed for the three air conditioning systems, it was concluded that the VRF system with heat recovery is the system that consumes less electric energy, about 27% less compared to the Chiller / Reversible heat pump system, which presents the highest energy consumption. The Reversible Heat Pump / Heat Recovery system consumes less 17% of electrical power compared to the Chiller / Reversible Heat Pump system.

Keywords: HVAC, Energy Efficiency, Rehabilitation, Energy Simulation

Nomenclatura

A – Área da secção [m^2]

C – Coeficiente de rugosidade ($C=150$ para tubagem de plástico e cobre)

\dot{C} – Consumo mínimo da instalação (instantâneo) [kW];

$C_{E-aq.}$ – Consumo elétrico da bomba de calor, modo arrefecimento [kWh]

$C_{E-arref.}$ – Consumo elétrico do chiller, modo arrefecimento [kWh]

$C_{E-BC/AQS}$ – Consumo elétrico do módulo de AQS [kWh]

C_{E-BCir} – Consumo elétrico da bomba circuladora [kWh]

$C_{E-BCir/AQS}$ – Consumo elétrico da bomba circuladora para AQS [kWh]

$C_{E-Total}$ – Consumo elétrico total do sistema [kWh]

C_{E-ven} – Consumo elétrico das unidades interiores [kWh]

$C_{E-VRF-aq.}$ – Consumo elétrico do VRF, modo aquecimento [kWh]

$C_{E-VRF-arref.}$ – Consumo elétrico do VRF, modo arrefecimento [kWh]

COP_A – *Coefficient of Performance* do Sistema A [adimensional]

COP_B – *Coefficient of Performance* do Sistema B [adimensional]

COP_C – *Coefficient of Performance* do Sistema C [adimensional]

$cp_{\text{água}}$ – Calor específico da água [kJ/kg.K]

cp_1 – Calor específico da água junto ao Chiller/Bomba de Calor [kJ/kg.K]

cp_2 – Calor específico da água junto ao depósito de AQS [kJ/kg.K]

D_i – Diâmetro interno da tubagem [m]

e – Coeficiente de expansão da água. Calculado com base na máxima diferença entre a temperatura da água na instalação a frio e a máxima em funcionamento [adimensional]

e_1 – Espessura do material [m]

$E_{aq.}$ – Energia de Aquecimento [kWh]

$E_{aq.-BC/AQS}$ – Energia de aquecimento da BC para AQS [kWh]

$E_{aq.-VRF/BC}$ – Energia de aquecimento do VRF para BC [kWh]

$E_{arref.}$ – Energia de Arrefecimento [kWh]

E_D – Energia de apoio por dia [kWh/dia]
 E_h – Energia de apoio de AQS por hora [kWh]
 E_M – Energia de Apoio por mês [kWh/mês]
 E_{RE-AQS} – Energia de aquecimento fornecido pela resistência elétrica [kWh]
 F_s – Fator de sombreamento [adimensional]
 g – Aceleração gravítica [m/s^2]
 g_T – Fator solar para vidros duplos [adimensional]
 h – Altura da instalação [m]
 h_c – Coeficiente de transferência de calor convectivo entre a superfície exterior do vestuário e o ar ambiente [W/m^2K]
 K – Coeficiente de perda que depende da geometria e do tamanho
 L – Comprimento [m]
 M – Taxa metabólica [W/m^2]
 N – Número de dias do mês [dia/mês]
 P – Potência térmica necessária para aquecer a água [kW]
 \dot{P} – Potência do Chiller/Bomba de Calor (instantâneo) [kW];
 p_a – Pressão de vapor de água, no ar ambiente [kPa]
 P_{AQS} – Carga de apoio de AQS [kW]
 $P_{Aq. BC}$ – Carga de aquecimento para BC [kW]
 $P_{Aq. sem.}$ – Carga de aquecimento sensível da carga sensível [kW]
 P_{E_BC} – Consumo elétrico da Bomba de Calor [kW]
 P_i – Pressão absoluta inicial [bar]
 P_f – Pressão absoluta final [bar]
 P_h – Pressão hidrostática [bar]
 ΔP – Perda de carga total linear [Pa]
 q – Quantidade de calor transferido [W]
 Q_{AQS} – Percentagem de consumo de AQS [%]
 Q_{HAP} – Caudal de água introduzido no programa HAP – 0,1 l/s

Q_n – Caudal de água para satisfazer as necessidades de consumo [l/s]
 q_{sk} – Taxa total de calor perdido através da pele [W/m²]
 q_{res} – Taxa total de calor perdido pela respiração [W/m²]
 $Q\%$ – Percentagem de caudal [%]
 $RE_{aq.}$ – Recuperação de energia em aquecimento [kWh]
 $RE_{arref.}$ – Recuperação de energia em arrefecimento [kWh]
 R_i – Resistência térmica do material [m².K/W]
 t_a – Temperatura de bolbo seco do ar ambiente [°C]
 t_{cl} – Temperatura exterior do vestuário [°C]
 \bar{t}_r – Temperatura média radiante [°C]
 T_1 – Temperatura da água a 60°C
 T_2 – Temperatura da água da rede [°C]
 $\Delta T_{\text{água}}$ – Diferença de temperatura entre a água da rede e a de consumo [°C]
 ΔT_{ar} – Diferença de temperatura entre o exterior e o interior da zona [K]
 ΔT_1 – Diferença de temperatura da água (entrada e saída do Chiller/Bomba de Calor) [°C]
 ΔT_2 – Diferença de temperatura da água (entrada e saída da água na serpentina de aquecimento do depósito de AQS) [°C]
 Δt_{min} – Tempo mínimo de funcionamento da instalação [s]
 Δt – Tempo [h]
 U – Coeficiente global de transmissão de calor [W/m².K]
 $U_{caixilharia}$ – Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia [W/m².°C]
 U_t – Percentagem de utilização [%]
 U_{vidro} – Coeficiente de transmissão térmica do vidro [W/m².°C]
 V – Velocidade da água [m/s]
 V_{DI} – Volume do depósito de inércia [m³]
 $V_{int.}$ – Conteúdo total de água da instalação [l]
 V_{VE} – Volume do vaso de expansão [l]
 \dot{V} – Caudal instantâneo [l/s]

W – Taxa de trabalho mecânico realizado [W/m^2]

λ – Condutibilidade térmica do material [$W/m.K$]

η – Eficiência do coletor [%]

η_0 – Eficiência ótica (fator de conversão) [%]

η_k – Fator de perdas de calor [%]

ρ – Massa específica [kg/m^3]

Abreviaturas

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

ASI – Instalação de Águas de Serviço Contra Incêndios

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BACS – *Building Automation and Control Systems*

BC – Bomba de Calor

BEMS – *Building Energy Management System*

BMS – *Building Management Systems*

BPS tools – *Building performance simulation tools*

COP – *Coefficient of Performance*

DX – Expansão Direta

EMS – *Energy Management Systems*

EAM – Eletricidade Associada à Mecânica

EER – *Energy, Efficiency Ratio*

GTC – Gestão Técnica Centralizada

HAP – *Hourly Analysis Program*

HVAC – *Heating, Ventilation and Air Conditioning*

IED – Instalação de Esgotos e Drenagens

IEG – Instalação Elétrica Geral

IFI – Instalações de Fluidos Industriais

OMS – Organização Mundial de Saúde

PMV – *Predicted mean vote*

PPD – *Predicted percent dissatisfied*

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

QAI – Qualidade do Ar Interior

SCE – Sistema de Certificação Energética do Edifícios

TABS – *Thermally active building systems*

UI – Unidade Interior

UE – Unidade Exterior

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VAC – Volume de Ar Constante

VAV – Volume de Ar Variável

VC - Ventilconvector

VE.COZ – Ventilador de extração da cozinha

VE.WC – Ventilador de extração das casas de banho

VRF – *Variable Refrigerant Flow*

VRV – *Variable Refrigerant Volume*

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do Tema	1
1.2. Motivação e objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura da dissertação	3
Capítulo 2. A empresa	5
2.1. História e Descrição	5
2.2. Conceitos de Projeto	6
2.3. Metodologia da empresa	8
2.4. Trabalhos desenvolvidos durante o estágio	11
2.4.1. Projeto Moradia Cascais.....	11
2.4.2. Projeto Adigrat	12
2.4.3. Projeto Recipharm II – Remodelação da Rede Vapor	14
2.4.4. ZEE Luanda – Unidade de Genéricos	16
Capítulo 3. Instalações Técnicas Especiais	23
3.1. Sistemas AVAC	24
3.1.1. A sua importância.....	24
3.1.2. Parâmetros influentes no Conforto Térmico	25
3.1.3. Qualidade do Ar Interior	30
3.1.4. Sistemas de Climatização.....	32
3.1.5. Equipamentos principais	39
3.1.6. Sistemas de superfície radiante	44
3.2. Simulação Térmica	47

3.2.1. Cargas térmicas	51
3.2.2. Carrier's Hourly Analysis Program (HAP).....	54
3.3. Controlo e Instrumentação	59
3.4. Sistema Solar Térmico	60
3.4.1. Energia Solar	60
3.4.2. Legislação e certificação em Portugal.....	62
3.4.3. Coletores Solares.....	63
3.4.4. Tipos de Sistemas Solares Térmicos	68
3.4.5. Simulação	71
3.5. Dimensionamento hidráulico	72
3.5.1. Dimensionamento de tubagem	72
3.5.2. Bombas circuladoras	73
3.5.3. Depósitos de inércia	74
3.5.4. Vasos de expansão	75
3.6. Dimensionamento aerúlico	77
Capítulo 4. Caso de Estudo	79
4.1. Produção de Água Quente Sanitária	79
4.2. Modelação dos sistemas no HAP.....	82
4.2.1. Caracterização dos espaços	82
4.2.2. Definição dos sistemas de climatização	83
4.2.3. Definição da carga de apoio nos sistemas de climatização	86
4.2.4. Seleção dos equipamentos de climatização.....	95
4.2.5. Definição do menu <i>Plant</i> do HAP dos sistemas	99
4.3. Dimensionamento hidráulico	101
4.3.1. Perda de carga da bomba circuladora do circuito Solar	101
4.3.2. Perda de carga da bomba circuladora do sistema A.....	102
4.3.3. Perda de carga da bomba circuladora do sistema B e C.....	103

4.4. Sistema de ventilação mecânica	106
4.5. Resultados e análise	108
4.5.1. Resultados dos sistemas superfície radiante.....	108
4.5.2. Resultados dos sistemas A, B e C	110
4.5.3. Análise energética	124
4.5.4. Análise económica	125
Capítulo 5. Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro	127
Referências	131
Anexo A. Dimensionamento dos Páineis Solares Térmicos	137
Anexo B. Definição dos Spaces.....	141
Anexo C. Definição da carga de apoio	147
Anexo D. Cálculo Hidráulico.....	161
Anexo E. Cálculo Aeráulico	173
Anexo F. Diagrama P&ID.....	177
Anexo G. Desenhos de implementação de equipamentos	181
Anexo H. Lista de Salas e Fichas Técnicas.....	193
Anexo I. Análise Económica.....	239

Índice de Figuras

Figura 1 – Logótipo da Empresa ACet.	5
Figura 2 – Organograma da empresa ACet.	6
Figura 3 – Renovação do ar.	30
Figura 4 – Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor (adaptado de [13]).	33
Figura 5 – Difusão por mistura do ar ambiente [14].	36
Figura 6 – Difusão por deslocamento do ar (displacement) [14].	37
Figura 7 – Sistema Multisplit com diversos tipos de unidades interiores [17].	41
Figura 8 – Princípio de funcionamento do VRF a 3 tubos (adaptado [18]).	42
Figura 9 – Diagrama de funcionamento do VRF com AQS + Ventiloinectores/Radiadores (Gama ECODAN HWS,ATW (Produção água quente/fria e AQS) e WCB (caixa de ligações) (adaptado [19]).	43
Figura 10 – Sistemas de superfície embutidos (à esquerda), sistema de construção termicamente ativados (ao centro) e sistema de painel radiante (à direita) [20].	45
Figura 11 – Perfil de temperatura e gradiente de temperaturas consoante a unidade terminal. (a) Aquecimento ideal, (b) pavimento radiante, (c) radiadores, (d) convectores, (e) aquecimento pelo teto, (f) aquecimento pela parede (adaptado de [22]).	46
Figura 12 – Cargas térmicas existentes num espaço a climatizar (adaptado [6]).	52
Figura 13 – Radiação na atmosfera [30].	61
Figura 14 – Número médio anual de horas de insolação e quantidade de radiação global por m ² para Portugal continental [31].	61
Figura 15 – Símbolo da CERTIF (esquerda) e símbolo da Solar Keymark (direita) [34, 32]	63
Figura 16 – Componentes de um painel solar plano [36].	65
Figura 17 – Exemplo de coletor simples para aquecimento de piscinas [36].	66
Figura 18 – Constituição do coletor solar plano [35].	66
Figura 19 – Tubo de vácuo de um coletor [36].	67
Figura 20 – Exemplo de coletores parabólicos compostos [36].	67

Figura 21 – Circuito hidráulico do sistema termosifão [30].	68
Figura 22 – Sistema termosifão [35].	69
Figura 23 – Sistema de circulação forçada – circuito direto (imagem da esquerda) e circuito indireto (imagem da direita) [30].	70
Figura 24 – Ábaco para cálculo de diâmetros para tubagens em aço consoante a perda de carga e o caudal de água [39].	72
Figura 25 – Ponto ótimo de funcionamento da bomba (adaptado de [13]).	74
Figura 26 – Gráfico da perda de carga para conduta circular ($\rho=1,20\text{kg/m}^3$ e $\varepsilon=0,09\text{mm}$) [41].	78
Figura 27 – Visualização 3D da moradia a reabilitar (adaptado de [42]).	79
Figura 28 – Diagrama esquemático do sistema Solar Térmico [43].	80
Figura 29 – Representação esquemática do Sistema A com as respetivas cargas.	89
Figura 30 – Representação do funcionamento do sistema VRF da Mitsubishi [46].	96
Figura 31 – Funcionamento do sistema VRF em modo de recuperação parcial (do lado esquerdo) e diagrama de Mollier do ciclo frigorífico do sistema VRF (do lado direito) (adaptado [47]).	97
Figura 32 – Chiller com recuperação de calor em modo de arrefecimento sem recuperação de calor [52].	99
Figura 33 – Chiller com recuperação de calor em modo de arrefecimento com recuperação de calor [52].	100
Figura 34 – Curva característica da bomba circuladora do Grupo hidráulico solar “Solar Hydraulic 15” [53].	101
Figura 35 – Curva característica da bomba circuladora pertencente ao módulo de AQS [48].	102
Figura 36 – Curva característica da bomba circuladora modelo MAGNA23 32-60 N da Grundfos, pertencente ao Sistema B [54].	104
Figura 37 – Curva característica da bomba circuladora pertencente ao módulo hidráulico do Sistema C [51].	104
Figura 38 – Arejadores autorreguláveis, modelo SILEM KIT 30 da Soler &Paul [55].	106

Figura 39 – Curvas características dos ventiladores VE.WC (direita) e VE.COZ (esquerda) [56, 57].	108
Figura 40– Energia térmica de arrefecimento produzida nos sistemas para climatização dos espaços.....	114
Figura 41 – Energia térmica de arrefecimento no mês de janeiro – relatório do HAP – Daily Simulation Results for January – sistema B [28].	115
Figura 42 – Perfil de temperaturas exteriores de janeiro para Cascais – relatório do HAP Simulation Weather Graph for Cascais (adaptado de [28]).....	115
Figura 43 – Energia térmica de aquecimento produzida nos sistemas para climatização dos espaços.....	116
Figura 44 – Energia térmica necessária para AQS (Solterm) Vs energia térmica produzida da Bomba de Calor para AQS, sistema A.	117
Figura 45 – Energia térmica necessária para AQS (Solterm) Vs energia térmica produzida da Bomba de Calor para AQS, sistema C.....	119
Figura 46 – Energia térmica necessária para AQS (Solterm) Vs energia térmica produzida da Bomba de Calor para AQS a 45 °C, sistema B.	120
Figura 47 – Energia térmica produzida pelos sistemas para AQS.	120
Figura 48 – Consumo total elétrico dos sistemas.	122
Figura 49 – Custo associado ao consumo elétrico dos sistemas A, B e C.	123

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Descrição da aplicabilidade das categorias utilizadas na Norma EN 15251 (adaptado [10]).	28
Tabela 2 – Valores de PMV e de PPD recomendados para edifícios com ventilação mecânica (adaptado [10]).	28
Tabela 3 – Exemplos de valores de temperatura interior de projeto recomendados para o projeto de edifícios de sistemas de AVAC [11].	29
Tabela 4 – Gamas de temperaturas para o cálculo energético em arrefecimento e aquecimento, para três categorias de ambiente interior [11].	29
Tabela 5 – Exemplos de taxas de ventilação para residências. Funcionamento contínuo da ventilação durante as horas de ocupação. (adaptado [11])	32
Tabela 6 – Carga térmica total, sensível e latente da atividade metabólica do ser humano (adaptado de [6]).	52
Tabela 7 – Tabela do coeficiente “e”, com a variação da temperatura relativamente à temperatura de 4°C ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$) (adaptado de [40]).	76
Tabela 8 – Balanço energético mensal e anual., relatório do Solterm.	81
Tabela 9 – Coeficientes globais de transmissão térmica das envolventes opacas da moradia.	82
Tabela 10 – Cargas internas de iluminação e equipamentos dos espaços climatizados.	83
Tabela 11 – Inputs introduzidos no menu System do HAP para os diversos sistemas.	85
Tabela 12 – Cargas térmicas do HAP dos diversos espaços para os diferentes sistemas.	86
Tabela 13 – Definição do agrupamento dos meses que irão definir o Schedule do HAP e a respetiva energia de Apoio de AQS.	87
Tabela 14 – Perfil de consumo de AQS.	88
Tabela 15 – Percentagem de utilização da carga sensível nos diferentes horários (Schedule).	90
Tabela 16 – Exemplo de cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para o 2º Schedule.	90

Tabela 17 – Primeira simulação, definição da carga de apoio através de uma energia de consumo de 8kWh/dia.	91
Tabela 18 – Segunda simulação, definição da carga de apoio através do caudal de 0,1 l/s.	92
Tabela 19 – Temperatura média da água da rede ao longo dos meses (dados obtidos através do programa Solterm).	94
Tabela 20 – Cálculo da percentagem de caudal necessário para o 1º Schedule.	94
Tabela 21 – Percentagem de caudal necessário nos diferentes horários (Schedule).	95
Tabela 22 – Parâmetros introduzidos no Service Hot Water dos sistemas Chiller/Bomba de calor reversível e Chiller/Bomba de Calor com recuperação de calor.	95
Tabela 23 – Características do Sistema VRF [48, 49].	97
Tabela 24 – Características do Chiller/Bomba de Calor do sistema B e do sistema C [50, 51].	98
Tabela 25 – Dimensionamento do vaso de expansão para o sistema A.	103
Tabela 26 – Caudais de água em arrefecimento e aquecimento dos ventiloconvectores.	103
Tabela 27 – Dimensionamento do vaso de expansão para o sistema B e C.	105
Tabela 28 – Caudais de Ar Novo e de Extração [10, 12].	107
Tabela 29 – Carga térmica necessária por espaço (definido pelo HAP) e a capacidade térmica por área disponível no sistema pavimento radiante.	109
Tabela 30 – Carga térmica necessária por espaço (definido pelo HAP) e a capacidade térmica por área disponível no sistema parede radiante.	110
Tabela 31 – Capacidades e consumo elétrico em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior, sistema A (resultados obtidos do HAP).	111
Tabela 32 – Capacidade de aquecimento e consumo elétrico do módulo de AQS, recuperação de calor do sistema A, consumo elétrico da Bomba Circuladora, consumo elétrico dos ventiladores e consumo elétrico total do sistema A.	111
Tabela 33 – Capacidades e consumo elétrico em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior e capacidade de aquecimento do AQS a 45°C, sistema B (resultados obtidos do HAP).	112

Tabela 34 – Consumo elétrico da Bomba Circuladora, consumo elétrico dos ventiladores, recuperação de calor da Bomba de Calor, resistência elétrica para AQS e consumo elétrico total do sistema B.	113
Tabela 35 – Capacidades e consumo elétrico em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior, consumo elétrico da Bomba circuladora, consumo elétrico dos ventiladores e consumo elétrico total do sistema C (resultados do HAP).....	113
Tabela 36 – Energia térmica em arrefecimento e aquecimento dos três sistemas e recuperação de energia dos sistemas A e B.	114
Tabela 37 – Cargas térmicas para AQS, consumos elétrico da Bomba de Calor (módulo de AQS), no sistema A.	117
Tabela 38 – Energias térmicas produzidas para o AQS do sistema B e C.	118
Tabela 39 – Consumo elétrico total dos sistemas A, B e C.....	121
Tabela 40 – Custo associado ao consumo elétrico dos sistemas A, B e C.	123
Tabela 41 – Análise energética da energia térmica produzida pelos sistemas para o AQS.	124
Tabela 42 – Consumo elétrico, energia térmica total fornecida e energia total recuperada dos sistemas de climatização.....	125

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento do Tema

Nos dias de hoje com os custos de energia a aumentar e os recursos fósseis a diminuir, existe uma necessidade crescente em reduzir os consumos energéticos, os custos associados e a pegada ecológica. Sendo cada vez mais importante uma eficiência energética nos edifícios, permitindo um desenvolvimento sustentável [1].

O parque edificado e em particular o setor residencial é um sector envelhecido, encontrando-se bastante degradado, onde apresenta uma deficiente qualidade térmica e energética, que se traduz em consumos energéticos mais acentuados e uma deficiente qualidade do ar e conforto térmico para o ocupante. Consequentemente, a reabilitação térmica e energética de edifícios é de extrema importância, proporcionando melhoria de conforto dos seus ocupantes, reduzir o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, possibilitando a correção de certas patologias ligadas à presença de humidade e à degradação do aspeto nos edifícios [2].

Até aos dias de hoje as políticas energéticas e políticas climáticas no sector da construção centram-se fundamentalmente na redução das necessidades de energia primária, essencialmente na aplicação de medidas de eficiência energética na envolvente dos edifícios. Também é importante atender a medidas de redução de consumos de energia e emissões de CO₂, através da substituição de sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) baseadas em combustíveis fósseis por sistemas alimentados por energias renováveis, como por exemplo a utilização de painéis solares para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) [1].

Num edifício novo ou reabilitado não só é importante a diminuição do consumo energético do sistema de AVAC, bem como é essencial garantir o conforto interior e a qualidade do ar [3]. Neste sentido é crucial a análise energética dos sistemas e implementação de medidas que permitam diminuir os seus consumos [4].

1.2. Motivação e objetivos

O estágio proporcionou uma aplicação prática dos conceitos teóricos adquiridos ao longo de todo o percurso académico, num contexto de trabalho, promovendo uma melhor perceção e compreensão do mesmo. Possibilitou um melhor conhecimento do mercado atual na área de AVAC adquirindo competências essenciais para a carreira profissional.

Com o estágio pretende-se contemplar as vertentes relacionadas com a Engenharia Mecânica de Climatização presentes no Gabinete, nomeadamente:

- Consultoria;
- Cálculo de Engenharia;
- Análise de soluções e conceitos de projeto;
- Desenvolvimento de caso de estudo;
- Acompanhamento de Montagens de Instalações e Ensaios de Desempenho.

O caso de estudo desenvolvido tem como objetivos a climatização de uma moradia e produção de água quentes sanitárias através da utilização de painéis solares. O caso de estudo pretende analisar o consumo energeticamente comparativo entre três sistemas alternativos de climatização para um edifício residencial a reabilitar, incluindo ainda um sistema solar térmico para produção de água quente sanitária.

A seleção do sistema de climatização com melhor eficiência foi realizada por meio de simulações energéticas comparativas. Por fim, é pretendido efetuar uma análise económica dos sistemas de climatização em estudo, permitindo designar qual destes seria o mais rentável a longo prazo.

1.3. Metodologia

O presente documento tem como base o estágio curricular na ACet, onde são desenvolvidos diversos projetos sendo o caso de estudo da moradia em Cascais, o projeto desenvolvido com maior profundidade.

O caso de estudo é baseado no cálculo térmico da moradia, que se realizou através do software *Carrier's Hourly Analysis Program* (HAP), certificado pelo *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). As análises

energéticas, dimensionamento de tubagens e condutas são baseados nos princípios da ASHRAE. Os painéis solares térmicos que permitem a produção de AQS, são dimensionados através do software Solterm.

1.4. Estrutura da dissertação

O presente trabalho está subdividido em cinco capítulos, dos quais o presente constitui a introdução do tema em estudo, descreve a motivação do autor, os objetivos e metodologia abordada.

O Capítulo 2 apresenta a empresa, a sua metodologia de trabalho e os principais projetos realizados no decorrer do estágio.

O Capítulo 3 aborda conceitos teóricos dos sistemas de AVAC, simulação térmica, controlo e instrumentação de equipamentos e o sistema solar térmico.

No Capítulo 4 é apresentado um caso de estudo de uma moradia, onde é realizado o cálculo térmico para climatização dos espaços, dimensionamento de painéis solares para a produção de águas quentes sanitárias, dimensionamento hidráulico da rede de tubagens e dimensionamento do sistema de ventilação mecânica. Por fim, é realizado uma análise do consumo energético comparativo entre três sistemas alternativos de climatização e uma análise económica dos mesmos sistemas.

Finalmente, no Capítulo 5 as principais conclusões do trabalho são sintetizadas, refletindo os resultados que se obtiveram no caso de estudo e apresenta perspectivas de melhoria de trabalho futuro.

Capítulo 2. A empresa

O presente capítulo pretende descrever a empresa onde foi realizado o estágio, empresa ACet, a metodologia de trabalho utilizada na empresa e por fim abordar os principais trabalhos que foram realizados ao longo do estágio.

2.1. História e Descrição

A empresa ACet - Antero Cardoso, Engenharia Termodinâmica, Lda - localizada na Tapada das Mercês, em Sintra, foi fundada em janeiro de 1995 e o seu logótipo é apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Logótipo da Empresa ACet.

O foco principal da ACet é a elaboração e consultoria de projetos de Instalações Especiais. A sua atividade inclui igualmente serviços de preparação, coordenação, fiscalização de obras e gestão da manutenção em edifícios e complexos industriais.

As principais áreas de especialização da empresa são:

- Climatização e Ventilação;
- Aquecimento Central;
- Vapor Limpo e Industrial;
- Ar Comprimido e Vácuo;
- Gases Industriais e Medicinais;
- Fluido térmico;
- Água para Injeção, água desmineralizada e água purificada;
- Águas e Esgotos;
- Combate a Incêndios;
- Proteção contra Incêndios;
- Segurança Passiva e Ativa;
- Eletricidade, Comunicações e Dados;
- Controlo e Gestão Técnica Centralizada.

Ao longo dos anos a empresa tem vindo a especializar-se na indústria farmacêutica, sendo os seus principais clientes a Hikma – Farmacêutica Portugal, Hovione Fama Ciência, S.A., Adigrat, entre outras.

A Acet é uma empresa estruturada em seis áreas distintas, como podemos observar no organograma da Figura 2.

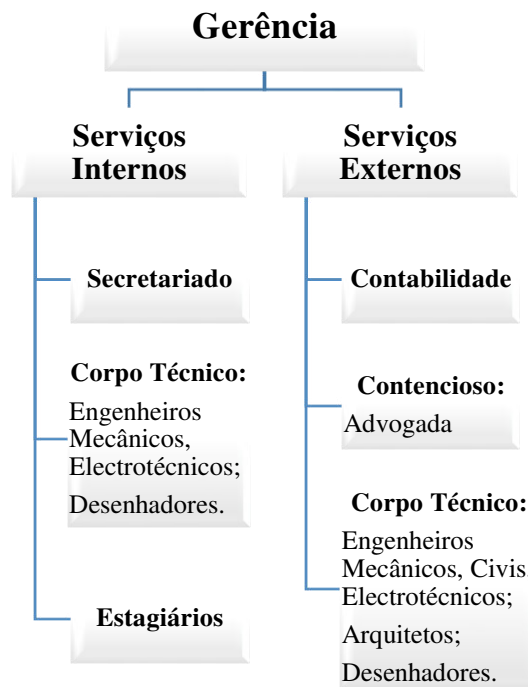


Figura 2 – Organograma da empresa ACet.

Neste momento na empresa encontram-se a trabalhar cerca de 11 pessoas, sendo estes engenheiros mecânicos, engenheiros eletrotécnicos e desenhadores técnicos.

2.2. Conceitos de Projeto

Segundo a Portaria nº. 701-HI/2008, projeto é “o conjunto de documentos escritos e desenhados que definem e caracterizam a conceção funcional, estética e construtiva de uma obra, compreendendo, designadamente, o projeto de arquitetura e projetos de engenharia”.

Para que as instalações cumpram com a finalidade a que foram projetadas é fulcral que toda a documentação esteja organizada de acordo com as diversas fases de desenvolvimento do projeto. Deste modo, o projeto deverá ser desenvolvido com as seguintes fases: Programa base; Estudo prévio, Anteprojeto, Projeto de Execução e Assistência Técnica [5].

Programa base: permite ao Dono de Obra compreender as soluções propostas pelo Projetista. O documento para a aprovação do Dono de Obra deverá apresentar os seguintes elementos [5]:

- Esquema de obra e programação das diversas operações a realizar;
- Definição de critérios gerais de dimensionamento;
- Indicação de condicionantes principais relativos à ocupação do terreno;
- Peças escritas e desenhadas para esclarecimento do Dono de Obra, incluindo alternativas propostas pelo Projetista e avaliar a sua viabilidade, em função das condições de espaço, técnicas, de custo e de prazos;
- Estimativa geral do custo de obra;
- Etc.

Estudo prévio: é documento elaborado pelo Projetista optando pela melhor solução que se ajusta ao programa, e que será efetuado após a aprovação do Programa base. Este deve ser constituído por [5]:

- Memória descritiva e justificativa;
- Elementos gráficos (plantas, alçados, cortes, esquemas de princípio, etc.);
- Dimensionamento aproximado e características importantes dos elementos principais da obra;
- Definição genérica dos processos de fabrico/construção e natureza dos materiais e equipamentos principais;
- Estimativa de custo e prazo de execução da obra.

Anteprojeto ou Projeto base: pretende que o Projetista desenvolva o estudo prévio aprovado pelo Dono de Obra. Este documento estabelece, em definitivo, as bases a que deve obedecer a continuação do estudo sob a forma de Projeto de execução. Para que o Anteprojeto seja aprovado pelo Dono de Obra devem ser apresentados os seguintes elementos [5]:

- Memórias descritivas e justificativas atualizadas;
- Validação das quantidades de trabalho a realizar;
- Estimativa de custo atualizado;
- Peças desenhadas e esquemas de princípio referentes a cada instalação técnica;
- Identificação dos espaços técnicos;
- Elementos de estudo que permita a tomada de decisões por parte do Dono de Obra;

- Programa geral dos trabalhos a efetuar.

Projeto de execução: documento elaborado pelo Projetista, com base no estudo prévio ou no anteprojeto aprovado pelo Dono de Obra, designado a dispor todos os elementos indispensáveis à definição dos trabalhos a executar [5].

Assistência Técnica: consiste na prestação de informações, esclarecimentos e acompanhamento da execução da obra, a prestar pelo Coordenador de Projetos e pelos Autores do projeto ao Dono de Obra [5].

2.3. Metodologia da empresa

No projeto de execução a empresa estrutura o projeto em “Peças Escritas” e “Peças Desenhadas”, em cada uma destas pastas estão definidas as especialidades necessárias ao projeto, para além das especialidades, nas “Peças Escritas” é definida uma pasta comum a todas as especialidades, designada de “Geral”.

Na pasta “Geral” existem sempre duas listas em todos os projetos, a “Lista de Documentos” e a “Lista de Salas”.

Na pasta de cada especialidade do projeto, pertencentes aos documentos escritos, existem os documentos “Fichas Técnicas”, “Memória Descritiva”, “Mapa de Quantidades”, “Estimativa Orçamental” e “Lista de Pontos” que pertence apenas a algumas especialidades.

Lista de Documentos

Na “Lista de Documentos” estão descritos todos os documentos existentes no projeto, funcionando como um índice onde cada separador corresponde a uma especialidade. Nesses separadores são enumerados os documentos escritos e os desenhos. A numeração dos documentos segue regras que foram estabelecidas pela empresa, por forma a serem coerentes em todos os projetos.

Lista de Salas

É um documento que responde às especificações do cliente e demonstra os principais cálculos e pressupostos considerados no projeto.

O primeiro separador deste documento inclui dados sobre a arquitetura (salas, áreas, pé direito, volumes). Todos os espaços do projeto são numerados de acordo com o cliente ou segundo o projetista, a numeração deverá ser designada, para que seja perceptível, a localização e o propósito do espaço em causa. Caso seja o projetista a elaborar a numeração das salas, esta deverá primeiro conter o número do piso e o número do espaço. A numeração dos espaços é realizada da esquerda para a direita e de cima para baixo ao longo da planta. A descrição da sala deve ser curta e objetiva.

Se o projeto possuir a especialidade de AVAC, na “Lista de salas” irá existir dois separadores “Dados de AVAC” e “Cálculos de AVAC”. O primeiro separador corresponde a indicações das cargas internas, condições interiores pretendidas da sala, tais como temperatura, humidade relativa, pressão relativa, caudal de ar novo, caudal de extração localizada. O segundo separador corresponde aos cálculos que são efetuados, relativamente aos caudais de ar necessários para climatizar o espaço, sendo estes definidos com base no software HAP e através de balanceamento de caudais entre salas.

Caso o projeto tenha fluídos industriais, estarão designados separadores para cada tipo de fluido existente. Usualmente, em cada separador do fluido, estarão designados os consumos por cada equipamento existente em cada sala, parâmetros específicos do fluido, como temperatura e pressão, e os coeficientes de utilização de cada ponto. Estes dados permitem dimensionar a tubagem e selecionar o equipamento necessário para um correto funcionamento da instalação.

No caso da ACet, os fluidos de trabalho desenvolvidos em projetos são:

- Água Fria/Quente Sanitária;
- Água de Arrefecimento/Aquecimento de Processo;
- Ar Comprimido Industrial;
- Ar Comprimido Limpo;
- Vapor Industrial;
- Vapor Limpo/Puro;
- Água Destilada;
- Água para Injetáveis;
- Gases Fármacos;
- Condensados;
- Esgotos e Drenagens.

Quando existe seleção de equipamentos de AVAC e de Fluidos Industriais, que necessitam de energia elétrica, irá existir um separador “Eletricidade Associada à Mecânica”.

Fichas Técnicas

Documento onde estão descritos todos os equipamentos necessários a cada especialidade. A cada equipamento está associado a legislação aplicável, características de funcionamento, características construtivas e de contagem e características dimensionais.

Memória Descritiva

Pretende descrever o âmbito do projeto da especialidade, quais foram as zonas onde interveio, regulamentação aplicável, cálculos e considerações efetuadas, condições gerais técnicas (exemplo: objetivo geral de empreitada), condições técnicas especiais (exemplos: especificações de materiais, verificações a realizar, manutenção, etc.), plano de orçamento entre outros.

Mapa de Quantidades

Refere todos os equipamentos mencionados nas fichas técnicas, com a sua numeração específica e a quantidade referente, bem como os materiais necessários para trabalhos complementares. No documento é incluído um separador com trabalhos complementares sendo estes: ensaios, instrução de pessoal, desmontagens e desmantelamentos, etc.

Estimativa Orçamental

É realizada com base no “Mapa de Quantidades”, e visa atribuir valores unitários a cada parâmetro, chegando a um custo de obra previsível a cada especialidade.

Lista de Pontos

Caracteriza as funções dos controladores previstos no projeto, assegurando a correta definição dos parâmetros de funcionamento. Deste modo, o instalador saberá a correta funcionalidade dos pontos de controlo existentes na instalação, por forma a executar uma correta montagem dos equipamentos.

Na pasta peças desenhadas em cada especialidade, estão definidos simbologia, digramas de princípio da instalação, desenhos de implantação de equipamentos e redes de condutas e tubagens.

2.4. Trabalhos desenvolvidos durante o estágio

Neste subcapítulo serão descritos os principais projetos que foram desenvolvidos durante o período do estágio. Os primeiros projetos em que participei não serão abordados, pois serviram apenas para enquadramento da metodologia de trabalho da empresa. Neste sentido, os projetos mais relevantes foram:

- Moradia Cascais;
- Adigrat – Ampoules;
- Recipharm II – Remodelação da Rede Vapor;
- ZEE Luanda – Unidade de Genéricos.

O primeiro projeto tem como base o dimensionamento e seleção do equipamento de climatização para a moradia, onde foram apresentadas diversas soluções ao cliente. No Capítulo 4, é desenvolvido o projeto com maior profundidade e com diferentes soluções de climatização, sendo considerado como caso de estudo para o presente trabalho final de mestrado.

Os restantes projetos referem-se a instalações de fluidos industriais (IFI), sendo abordados mais adiante.

2.4.1. Projeto Moradia Cascais

Descrição

A Moradia Cascais é uma habitação unifamiliar de tipologia T4, localizada em Cascais. A habitação é composta por três pisos, com três quartos, três salas, uma cozinha, cinco instalações sanitárias e um sótão. O projeto desenvolvido para o cliente consistiu na climatização dos espaços e produção de águas quentes sanitárias.

Relativamente à climatização o cliente pretendeu que no piso térreo apenas realizasse aquecimento nos meses de inverno e nos pisos 1 e 2, os equipamentos de climatização permitissem aquecimento e arrefecimento.

Foram apresentadas três soluções alternativas de climatização dos espaços, sendo estas:

- Sistema Chiller/Bomba de Calor reversível com pavimento radiante no piso térreo e sistema multisplit no piso 1 e split no piso 2;
- Sistema Chiller/Bomba de Calor reversível com radiadores no piso térreo e sistema multisplit no piso 1 e split no piso 2;
- Sistema Chiller/Bomba de Calor reversível com ventiloconvectores.

Atividades desenvolvidas

As atividades desenvolvidas neste projeto consistiram:

- Selecionamento de todos os equipamentos de climatização pertencentes às diversas soluções de climatização da moradia;
- Selecionamento dos painéis solares térmicos, bem como dimensionamento das redes de tubagem dos fluidos, selecionamento do depósito de acumulação, depósito de inércia, bomba circuladora, vaso de expansão, de válvulas e afins que permitem um correto funcionamento dos equipamentos;
- Sistema de ventilação de extração das casas de banho e cozinha.

Por fim, foram realizados diagramas de princípio, desenhos das plantas com os equipamentos associados e rede de tubagem, memória descritiva e fichas técnicas, de modo a que o cliente tenha toda a informação disponível permitindo uma escolha adequada do sistema que pretende.

A solução adotada pelo cliente foi radiadores no piso térreo e sistema multisplit no piso 1 e split no piso 2, sendo a opção menos dispendiosa.

2.4.2. Projeto Adigrat

Descrição

A Addis Pharmaceutical Factory, é um complexo farmacêutico, localizado em Adigrat, Estado regional de Tigray, na Etiópia. O projeto localiza-se no edifício Ampoules.

Objetivos/ Requisitos

O projeto teve como finalidade fazer a alimentação dos equipamentos farmacêuticos que necessitavam dos seguintes fluidos:

- Água da Rede;
- Água de Arrefecimento de Processo;
- Água Purificada;
- Água para Injetáveis;
- Ar Comprimido;
- Azoto;
- Vapor Industrial e Condensados;
- Vapor Limpo.

As centrais de produção destes fluidos já existiam, apenas foi previsto o dimensionamento da tubagem e seleção de válvulas e afins para garantir as condições ótimas de alimentação ao equipamento.

Soluções adotadas

Visto já existirem as centrais e ramais principais correspondentes aos fluidos, foram realizadas diversas “picagens” ao *Pipe Rack* que se situa numa zona técnica acima das salas onde é necessário fazer a alimentação dos fluidos.

Atividades desenvolvidas

As atividades desenvolvidas neste projeto consistiram no dimensionamento das redes de tubagem dos fluidos, selecionamento de válvulas e afins que permitem um correto escoamento dos fluidos para a alimentação dos equipamentos farmacêuticos. Por fim, foram realizadas as fichas técnicas associadas à seleção da tubagem, válvulas, etc.

2.4.3. Projeto Recipharm II – Remodelação da Rede Vapor

Descrição

A Recipharm II localizada em Odivelas é uma das instalações multifuncionais do grupo farmacêutico Recipharm. A Recipharm II em Odivelas, é especializada em produtos oftálmicos (líquidos e semi-sólidos) e produção de medicamentos sólidos de aplicação oral, em menor escala.

Objetivos/ Requisitos

O projeto pressupõe a instalação de uma linha de vapor, em paralelo com a existente, mas sem parar o funcionamento da instalação. Pretende-se que a nova linha de vapor venha a substituir a linha existente.

O projeto foi desenvolvido de modo a que a instalação garanta os seguintes requisitos:

- Alimentação a cada equipamento, de modo independente do conjunto;
- Uma rede de tubagem acessível, percorrendo o mais possível em espaços técnicos;
- Condições de escoamento ótimas;
- Condições de esvaziamento facilitadas, por forma a permitir ações de manutenção sem afetar a restante instalação.

Soluções adotadas

A solução adotada passou por:

- Piso R/C: encontra-se a central térmica, onde será instalado um novo coletor, sendo substituída toda a tubagem;
- Piso 1: compreende a área técnica principal, onde será substituída toda a tubagem de vapor e refeitas as ligações para os seguintes equipamentos: CIP e Reatores;
- Piso 2: existirá uma tubagem de vapor de transição entre edifícios, que se encontra dentro do teto falso. A tubagem de transição dará acesso ao Piso 3 do edifício B. Da tubagem de interligação será realizada uma picagem para o permutador de sanitização que se encontra no Piso 2 do edifício B.
- Piso 3: existirá tubagem para ligação para o equipamento ACCELA COTA.

Na instalação da nova linha serão deixadas válvulas de seccionamento, junto às picagens existentes, de modo a permitir a ligação destes à nova linha.

Bases de cálculo

A linha de vapor industrial foi dimensionada com o objetivo de assegurar os consumos expectáveis dos equipamentos existentes.

No dimensionamento da tubagem principal foi previsto o diâmetro da tubagem para um futuro aumento do caudal de vapor, dando a possibilidade de funcionar as duas caldeiras em simultâneo

Atividades desenvolvidas

No âmbito deste projeto as atividades desenvolvidas foram:

- Atualização de novos dados na lista de sala;
- Dimensionamento da rede principal de vapor industrial desde as caldeiras até aos equipamentos;
- Seleção de válvulas e afins para a tubagem por forma a garantir os objetivos acima descritos;
- Realização de fichas técnicas com a especificação da tubagem, válvulas e afins selecionados;
- Realização da memória descritiva;
- Elaboração do mapa de quantidades.

Neste projeto foi possível compreender os cuidados a ter no dimensionamento de uma rede de vapor industrial, sendo estes:

- As “picagens” de vapor devem ser realizadas por cima;
- A tubagem deve ter uma inclinação, no sentido do fluxo, de pelo menos 5%, evitando a contaminação ou deterioração da qualidade de vapor;
- Instalar pontos de drenagem em intervalos de 30m e em todos os pontos baixos.

2.4.4. ZEE Luanda – Unidade de Genéricos

Descrição

A Unidade de Genéricos localizada em Luanda na Zona Económica Especial (ZEE) faz parte de uma das sete reservas Industriais que pertence ao Estado de Angola. A Unidade de Genéricos é constituída por dois edifícios, o Edifício Material Geral e o Edifício Antibióticos.

O projeto para esta farmacêutica realizou-se no âmbito das seguintes especialidades:

- Instalações de Fluídos Industriais (IFI);
- Eletricidade Associada à Mecânica (EAM);
- Instalação Elétrica Geral (IEG);
- Instalação de Águas de Serviço Contra Incêndios (ASI);
- Instalação de Esgotos e Drenagens (IED).

Objetivos/ Requisitos

O projeto, relativamente à especialidade de fluidos industriais, pressupõe:

- Dimensionamento da central e anel da rede de tubagem de ar comprimido para cada edifício;
- Dimensionamento da central de vapor e respetiva rede de vapor e condensados para cada edifício;
- Dimensionamento da central de água purificada e anel da rede de tubagem para cada edifício;
- Dimensionamento das redes de tubagem de azoto, água de arrefecimento de processo e vapor limpo;
- Seleção de equipamentos e válvulas dos diversos fluidos industriais existentes.

A finalidade do projeto é assegurar o fornecimento do caudal necessário a cada equipamento da indústria farmacêutica, garantindo condições de escoamento ideais em qualquer situação. A tubagem das redes deverá estar distribuída o mais acessível possível nas zonas técnicas, por forma a facilitar futuras ações de manutenção sem afetar toda a instalação.

Soluções adotadas

❖ Ar Comprimido

A central de Ar Comprimido encontra-se na zona técnica entre os dois edifícios, sendo o objetivo satisfazer as necessidades dos dois edifícios.

A central de Ar Comprimido é composta por:

- Dois compressores da marca Atlas Copco, modelo ZR37;
- Dois secadores de refrigeração da marca Atlas Copco, modelo FD185;
- Dois reservatórios de Ar Comprimido de 2000 L;
- Dois secadores de adsorção.

Os compressores, secadores de refrigeração e os reservatórios já existem, sendo neste projeto proposto os secadores de adsorção que permitirão garantir a classe 1.2.1, segundo a ISO 8573-1.

Os compressores irão funcionar em paralelo, sendo um reserva do outro na eventualidade de alguma avaria/manutenção. Existirá um ramal principal em cada edifício, onde o ar comprimido será distribuído em forma de anel por forma a equilibrar toda a instalação.

Foram propostos pontos de utilização geral com tomadas de uso rápido nos espaços de produção e zonas técnicas.

As ligações terminais aos diversos equipamentos de processo serão equipadas com válvulas de seccionamento.

❖ Água purificada

O circuito de distribuição será alimentado a partir de uma nova central de produção e acumulação, localizada na sala de Tratamento de Água Purificada em cada edifício.

A central terá um gerador de água purificada, à entrada do gerador deverão ser garantidos os requisitos mínimos da água, sendo estes:

- Água potável livre de organismos, coloides e matéria em suspensão: SDI < 3;
- Dureza total da água: <5ppm de CaCO₃;
- Cloro: <0,05ppm;
- Ferro: <0,1ppm;
- Temperaturas da água entre 5-30 °C;

- Pressão: 2 a 6 bar.

Garantindo os parâmetros da água, acima mencionados, à entrada do gerador de água purificada é possível assim obter água purificada, segundo os requisitos da US Pharmacopeia PW.

No anel da rede de água purificada deverá garantir-se a velocidade mínima da água de 1,5m/s, por forma a que nunca haja estagnação da água na tubagem. A estagnação da água na tubagem provoca criação de microrganismos ficando imprópria para a utilização.

As válvulas de purga serão do tipo diafragma simples, instaladas a uma distância limitada de modo a evitar estagnação e possível contaminação.

Toda a rede será instalada com materiais adequados, utilizados métodos e pessoas certificadas, de modo a garantir os requisitos da água purificada.

❖ Azoto

Está previsto existir um espaço técnico para cada edifício, onde estarão localizadas as garrafas de azoto e todo o equipamento associado.

As ligações terminais aos equipamentos e aos pontos de uso geral serão equipadas com válvulas de seccionamento.

❖ Água de Arrefecimento de Processo

Serão instalados chiller's de condensação a ar, equipados com módulo hidráulico e localizados próximos das salas onde existem necessidades de água arrefecida de processo.

O chiller para a drageificadora (CH.01) terá uma capacidade de 19,1 kW de arrefecimento para uma temperatura exterior de 35 °C e um regime de temperaturas da água de 12/7 °C, dados obtidos através do software HAP no cálculo das cargas térmicas. O circuito será equipado com um grupo de enchimento.

Os chiller's para as blisteradoras (CH.02 e CH.03) terão uma capacidade de arrefecimento de 5,74 kW para uma temperatura exterior de 35 °C e um regime de temperaturas da água de 12/7 °C (dados obtidos através do software HAP no cálculo das cargas térmicas). O circuito será equipado com um grupo de enchimento, que permite inserir água na tubagem hidráulica de cada chiller.

As alimentações aos circuitos serão efetuadas por meio de picagens provenientes do sistema de tratamento de água central, estando cada ligação equipada com um novo vaso de expansão. As ligações terminais aos equipamentos de produção serão equipadas com válvulas de seccionamento.

Foram designados três chillers como forma de aproveitamento do equipamento adquirido por parte da empresa farmacêutica.

❖ Vapor e Condensados Industriais

A central de Vapor Industrial encontra-se na zona técnica entre os dois edifícios, e permitirá satisfazer as necessidades dos dois edifícios.

A central é composta por:

- Duas caldeiras de vapor com capacidade de 1000 kg/h a 6 bar manométricos, alimentadas a gasóleo;
- Um depósito de condensados;
- Um depósito de arrefecimento de purgas;
- Sistema de Tratamento e Adução de Água para as caldeiras;
- Descalcificador;

A partir da central será desenvolvida uma rede de distribuição e captação de condensados, para cada edifício, que servirá os novos equipamentos de apoio à produção.

Chama-se a atenção para a necessidade de cumprir as inclinações especificadas, de modo a garantir um correto escoamento dos condensados.

Relativamente às redes de tubagem de vapor existem conjuntos de purga que permitem eliminar o condensado da linha de vapor, sem perda de vapor.

❖ Vapor Limpo

Prevê-se a produção de vapor limpo numa nova central a instalar na zona técnica entre os dois edifícios. A central é constituída por um novo gerador de vapor limpo com capacidade de 150 kg/h a 3 bar manométrico. O gerador de vapor limpo é alimentado pela rede de água purificada. O vapor industrial ao passar pelo permutador, vai vaporizar a água purificada, produzindo assim vapor limpo.

A partir desse ponto será desenvolvida uma rede de distribuição que servirá os equipamentos de estufa que se encontram nos edifícios.

Bases de cálculo

O dimensionamento das redes de tubagem foi efetuado tendo em atenção os consumos expectáveis, as condições de fornecimento exigidas (pressão e temperatura), as distâncias entre os pontos de consumo e as centrais, a flexibilidade de utilização e a hipótese de expansão futura.

Também foram consideradas outras condicionantes para o cálculo permitindo um correto funcionamento, sendo estas:

- Ar Comprimido: Perda de pressão máxima na linha de 0,1 bar;
- Água Purificada: Velocidade de escoamento mínima de 1,5 m/s;
- Azoto: Perda de pressão máxima na linha de 0,1 bar;
- Água de Arrefecimento de Processo: Velocidade de escoamento máxima de 1,5 m/s;
Perda de carga linear máxima de 250 Pa/m;
- Vapor Industrial: Velocidades de escoamento entre 10 m/s e 30 m/s;
- Vapor limpo: Velocidades de escoamento entre 10 m/s e 30 m/s.

Atividades desenvolvidas

No âmbito deste projeto as atividades desenvolvidas foram:

- Realização da lista de sala para cada edifício;
- Diagramas de princípio de ar comprimido, vapor industrial e condensados, vapor limpo, azoto, água purificada e água arrefecida de processo;
- Dimensionamento da central e anel da rede de tubagem de ar comprimido para cada edifício;
- Dimensionamento da central de vapor e respetiva rede de vapor e condensados para cada edifício;
- Dimensionamento da central de água purificada e anel da rede de tubagem para cada edifício;
- Dimensionamento das redes de tubagem de azoto, água de arrefecimento de processo e vapor limpo;

- Seleção de equipamentos dos diversos fluidos industriais existentes;
- Seleção de válvulas e afins para a tubagem por forma a garantir os objetivos acima descritos;
- Realização de fichas técnicas com a especificação dos equipamentos, tubagem, válvulas e afins selecionados;
- Realização da memória descritiva;
- Elaboração do mapa de quantidades.

Capítulo 3. Instalações Técnicas Especiais

O capítulo 3 de Instalações Técnicas Especiais pretende abordar as temáticas dos sistemas de AVAC, simulação térmica, controlo e instrumentação de equipamentos, sistema solar térmico, dimensionamento hidráulico e aeráulico.

O subcapítulo de sistemas de AVAC pretende descrever a importância destes sistemas para o ser humano, abordando os parâmetros influentes para o conforto e qualidade do ar interior, quais os principais os sistemas de climatização existentes e alguns equipamentos principais necessários ao desenvolvimento do caso de estudo.

De modo a garantir condições de conforto e qualidade do ar interior, através da seleção adequada de equipamento, é necessário proceder a cálculos térmicos das envolventes dos espaços e cargas internas. Sendo um processo demorado e complexo, são utilizados softwares de simulação térmica. Neste trabalho, o caso de estudo foi simulado no software HAP, deste modo foram descritas as suas vantagens e desvantagens na utilização deste, bem como o modo a realizar as simulações.

No subcapítulo de controlo e instrumentação de equipamentos é pretendido dar o conhecimento de como é realizado e qual o objetivo de se realizar controlo dos equipamentos de AVAC em pequenos e grandes edifícios.

Neste capítulo também é abordado o sistema solar térmico devido ao caso de estudo desenvolvido utilizar coletores solares. Sendo também abordado o dimensionamento da rede hidráulico e aeráulico.

3.1. Sistemas AVAC

3.1.1. A sua importância

O Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), designado em inglês por *Heating, Ventilation and Air Conditioning* (HVAC), destina-se a climatização do ar envolvente do espaço por forma a conceder conforto interior e qualidade do ar, permitindo o controlo da parametrização dos valores interiores de temperatura, humidade, qualidade do ar e a sua renovação [6].

Um dos critérios mais importantes nos sistemas de AVAC incide no conforto dos ocupantes, através de aquecimento ou arrefecimento e ventilação. No dimensionamento dum sistema de AVAC existem parâmetros importantes a considerar [7]:

- Temperatura e humidade do ar;
- Qualidade do ar interior e renovações horárias do ar;
- Clima do local;
- Acústica e vibrações;
- Questões de segurança;
- Custo inicial, custo operacional e de manutenção,
- Fiabilidade e flexibilidade do sistema;
- Sustentabilidade e análise do ciclo de vida do projeto.

A elaboração duma instalação de climatização não é um processo que apenas se prevê a remoção de cargas térmicas, a qual foi dimensionado o projeto. A conceção duma instalação de climatização também deverá garantir [7]:

- Corretas condições de funcionamento em períodos de utilização distintos;
- Que os sistemas funcionem de forma eficiente nas diversas condições de funcionamento, realizando a monitorização dos sistemas de forma a poderem serem acompanhados e registadas todas as condições de funcionamento do sistema;
- Facilidade de manutenção dos equipamentos.

Por fim, a instalação deverá ser concebida tendo em atenção o tempo de vida da instalação que deverá ser inferior ao tempo de vida do edifício, pelo que será indispensável instalar o sistema de forma adequada permitindo proceder à substituição dos equipamentos.

3.1.2. Parâmetros influentes no Conforto Térmico

O principal objetivo dos sistemas de AVAC é fornecer condições de conforto térmico para o ser humano. Segundo a ASHRAE 55 de 2010, o conforto térmico é definido como “condição da mente que expressa satisfação com o seu ambiente térmico”. Apesar da definição ser vaga, destaca corretamente que a apreciação do conforto térmico é um processo cognitivo que envolve muitas variáveis influenciadas por processos físicos, fisiológicos, psicológicos entre outros [2].

Os engenheiros em AVAC apenas necessitam de critérios de conforto simples e objetivos para o projeto, sendo estes aceites pela grande maioria dos ocupantes. De modo a contabilizar e a classificar o conforto, é essencial verificar quais são os principais fatores que influenciam o bem-estar dos ocupantes [6].

A fim de identificar os principais fatores que influenciam o conforto térmico é importante compreender os processos térmicos do corpo humano, ou seja, as trocas térmicas do corpo humano com ambiente em seu redor, o comportamento dos ocupantes em relação ao espaço e da avaliação subjetiva do ser humano em relação ao seu bem-estar [8].

O hipotálamo permite controlar as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente envolvente, controlando o fluxo sanguíneo e a intensidade da transpiração a partir da temperatura interior do corpo, balanceando a energia produzida no interior do corpo com as perdas térmicas para o exterior. Estes mecanismos de controlo que o corpo humano realiza, funciona para uma gama de temperaturas exteriores, a perda de calor insuficiente do corpo leva ao superaquecimento (hipertermia) e perdas excessivas de calor resulta em hipotermia [8].

A temperatura corporal, em andamento, é cerca de 37,4 °C e 37,9 °C a realizar desporto. Se a temperatura corporal interior atingir menos de 28 °C pode causar problemas cardíacos e de arritmia, e acima de 46 °C causam danos cerebrais irreversíveis. Deste modo, uma regulação corporal é crítica para o conforto e a saúde humana [9].

O corpo humano estabelece trocas térmicas com o ambiente, trocas de [8]:

- Calor sensível por condução, convecção e radiação, fenômenos associados a transferência de calor através da variação da temperatura;
- Calor latente por respiração e evaporação devido à transpiração, fenômenos associados a transferência de massa associados à produção de vapor de água e consequente mudança de fase.

O conforto térmico está associado ao estado de neutralidade térmica. Esta depende de fatores ambientais e fatores individuais de natureza psicológica e sociológica do indivíduo, nomeadamente idade, sexo, estrato sociocultural, estado metal, educação, etc. [8].

O balanço térmico entre o corpo humano e o meio ambiente é transposto pela equação (3.1) [9]:

$$M - W = q_{sk} + q_{res} + S \quad (3.1)$$

em que

M – Taxa metabólica [W/m²]

W – Taxa de trabalho mecânico realizado [W/m²]

q_{sk} – Taxa total de calor perdido através da pele [W/m²]

q_{res} – Taxa total de calor perdido pela respiração [W/m²]

Este balanço térmico depende de variáveis ambientais, tais como a temperatura seca do ar interior, a temperatura radiante média¹, a velocidade e humidade relativa do ar e de variáveis relacionadas com a ocupação, sendo estes o nível de atividade metabólica (índice metabólico) e a permeabilidade do vestuário (índice de vestuário) [8, 9].

Os modelos de avaliação do conforto térmico detêm duas abordagens diferenciadas [8]:

- A abordagem analítica baseia-se em resultados experimentais obtidos em câmaras climáticas. Os ocupantes estão sujeitos a variáveis ambientais, tais como temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura das superfícies e humidade do ar, consoante a variação dessas variáveis é registada as sensações experimentadas pelos ocupantes. A análise da equação de balanço térmico do organismo define-se em regime estacionário;
- A abordagem adaptativa caracteriza-se por resultados obtidos em pesquisa de campo, sendo as variáveis medidas diretamente em ambientes reais, onde os ocupantes

¹ Temperatura radiante média é a temperatura de uma superfície exposta ao meio ambiente em redor.

desenvolvem as suas atividades. A análise da equação de balanço térmico do organismo define-se em regime dinâmico, considerando que os ocupantes podem interagir fisicamente e psicologicamente com o ambiente térmico que os rodeia.

A principal diferença entre estas abordagens consiste no facto de na abordagem adaptativa, o ocupante desempenha um papel determinante na criação do seu próprio ambiente térmico. Este interage com o meio envolvente, alterando comportamentos, hábitos sociais e culturais, bem como interagindo com o edifício e seus sistemas [8].

Existem diversos modelos analíticos e adaptativos sendo os mais relevantes o modelo analítico PMV-PPD da ASHRAE 55, proposto por Fanger, e o modelo adaptativo da ASHRAE 55. O modelo analítico PMV-PPD considera que o conforto é obtido quando há equilíbrio do corpo humano com o meio (ganho e perdas de calor), e quando a temperatura da superfície da pele e a transpiração se encontram dentro dos limites aceitáveis, os quais foram alcançados através de experiências em câmaras climáticas [9].

A norma de conforto europeia, EN 15251, “Parâmetros ambientais interiores para a conceção e avaliação do desempenho energético dos edifícios abordando a qualidade do ar interior, ambiente térmico, iluminação e acústica”, baseia-se nos modelos acima referidos. Esta caracteriza valores padrão para as variáveis de conforto térmico, tais como temperaturas, humidade, caudais de ar novo, concentrações de CO₂, etc., que devem ser utilizadas para o projeto do ambiente interior e cálculos de consumos de energia.

A norma define quatro categorias de edifícios para qualificar o conforto, baseando-se na sensação do conforto dos ocupantes e no grau de exigência dos mesmos. A cada categoria de conforto corresponde um tipo de construção e a expectativa dos ocupantes [10].

A Tabela 1 define as categorias de conforto consoante o tipo de edifício em que quanto menor é a categoria maior é a exigência de conforto, implicando uma maior utilização de energia.

A categoria I é a mais exigente, sendo utilizada normalmente em situações especiais, tais como farmacêutica, hospitais nomeadamente salas de operações onde existem pessoas em risco. A categoria II deve ser utilizada em todas as novas instalações. No caso de edifícios já existentes, usualmente, opta-se pela categoria III para evitar grandes remodelações no edifício. Por fim, a categoria IV deve ser aceite para parte do ano. Nesta categoria não existem requisitos, apenas é atingido a categoria quando não são cumpridos os requisitos das categorias anteriores [10].

Tabela 1 – Descrição da aplicabilidade das categorias utilizadas na Norma EN 15251 (adaptado [10]).

<i>Categoria</i>	<i>Explicação</i>
<i>I</i>	Alto nível de expectativa e é recomendada para espaços ocupados por pessoas muito sensíveis e frágeis com necessidades especiais como deficientes, doentes, crianças muito pequenas e idosos
<i>II</i>	Nível normal de expectativa e deve ser utilizado para novas construções e renovações
<i>III</i>	Um aceitável, moderado nível de expectativa e pode ser utilizado para os edifícios existentes
<i>IV</i>	Valores fora dos critérios para as categorias anteriores. Esta categoria só deverá ser aceite para uma parte limitada do ano

A norma recomenda critérios diferentes em edifícios com ventilação mecânica e em edifícios com ventilação natural, para o ambiente térmico e avaliação do conforto nos edifícios.

Nos edifícios com ventilação mecânica os critérios para o ambiente térmico em edifícios com ventilação mecânica, são baseados nos índices de conforto térmico PMV-PPD da ASHRAE. Esta classificação considera a atividade metabólica e o índice de vestuário 1,0 clo no verão e 0,5 clo no inverno. Para o dimensionamento de sistemas de refrigeração são considerados os valores máximos do intervalo de conforto, em aquecimento considera-se os valores mínimos de conforto, como podemos observar na Tabela 2 [10].

Para projeto de climatização e dimensionamento dos equipamentos de AVAC, os critérios de conforto térmico (temperaturas máximas no verão e temperaturas mínimas de inverno dos espaços) devem ser considerados com dados a introduzir no cálculo das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento [11].

Tabela 2 – Valores de PMV e de PPD recomendados para edifícios com ventilação mecânica (adaptado [10]).

<i>Categoria</i>	<i>PPD (%)</i>	<i>PMV</i>
<i>I</i>	<6	-0,2<PMV<+0,2
<i>II</i>	<10	-0,5<PMV<+0,5
<i>III</i>	<15	-0,7<PMV<+0,7
<i>IV</i>	>15	PMV<-0,7 ou +0,7 PMV

A Tabela 3 dá exemplos de temperaturas operativas interiores de projeto, para diferentes tipos de espaços em edifícios dotados de arrefecimento mecânico [11].

Tabela 3 – Exemplos de valores de temperatura interior de projeto recomendados para o projeto de edifícios de sistemas de AVAC [11].

<i>Tipo de edifício/espço</i>	<i>Categoria</i>	<i>Temperatura operativa [°C]</i>	
		<i>Mínima em aquecimento (período de inverno), ~ 1clo</i>	<i>Máxima em arrefecimento (período de verão), ~ 0,5clo</i>
Edifícios residenciais: espaços ocupados (quartos, salas de estar, cozinha, etc.) Atividade sedentária ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	18,0	27,0
Escritórios individuais e em open space, e espaços com atividades similares (salas de conferência, auditórios, cafetarias, restaurantes) Atividade sedentária ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27
Salas de aulas Atividade sedentária ~1,2 met	I	21,0	25,0
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0

Na simulação dinâmica, o consumo energético é calculado numa base horária. Os valores recomendados para a gama de temperaturas interiores em arrefecimento e aquecimento são apresentados na Tabela 4 [11].

Tabela 4 – Gammas de temperaturas para o cálculo energético em arrefecimento e aquecimento, para três categorias de ambiente interior [11].

<i>Tipo de edifício/ espaço</i>	<i>Categoria</i>	<i>Gama de temperaturas em aquecimento, °C Vestuário ~ 1,0 clo</i>	<i>Gama de temperaturas em arrefecimento, °C Vestuário ~0,5 clo</i>
Edifícios residenciais: espaços ocupados (quartos, salas de estar, cozinha, etc.) Atividade sedentária ~ 1,2 met	I	21,0 – 25,0	23,5 – 25,5
	II	20,0 – 25,0	23,0 – 26,0
	III	18,0 – 25,0	22,0 – 27,0
Escritórios individuais e em open space, e espaços com atividades similares (salas de conferência, auditórios, cafetarias, restaurantes, salas de aulas) Atividade sedentária ~1,2met	I	21,0 – 23,0	23,5 – 25,5
	II	20,0 – 24,0	23,0 – 26,0
	III	19,0 – 25,0	22,0 – 27,0

Os *set point* devem situar-se nos intervalos de temperatura mencionados na Tabela 4, sendo que a temperatura interior pode flutuar consoante os aspetos relacionados com a poupança de energia ou com particularidades do algoritmo de controlo [11].

3.1.3. Qualidade do Ar Interior

Hoje em dia, a Qualidade do Ar Interior (QAI) é de extrema importância face à saúde e ao conforto dos utilizadores de espaços condicionados.

O estado de poluição no interior de um espaço é caracterizado segundo parâmetros físicos, químicos e biológicos, afetados pela ocupação, tipos de atividades metabólicas, materiais de construção, temperatura e humidade.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estipula critérios para poluentes exteriores, contudo estes poderão ser insuficientes para garantir uma boa qualidade do ar interior [11].

Os valores limites para poluentes do ar interior são muito difíceis de utilizar no desenvolvimento de projeto, visto não estarem disponíveis ferramentas certificadas de cálculo de qualidade do ar interior e ventilação. Deste modo, o projeto para a qualidade do ar interior apoia-se muito na seleção de caudais de ventilação.

A ventilação em edifícios permite a remoção de poluentes e a redução das suas concentrações, bem como o controlo das condições térmicas dos espaços [11].

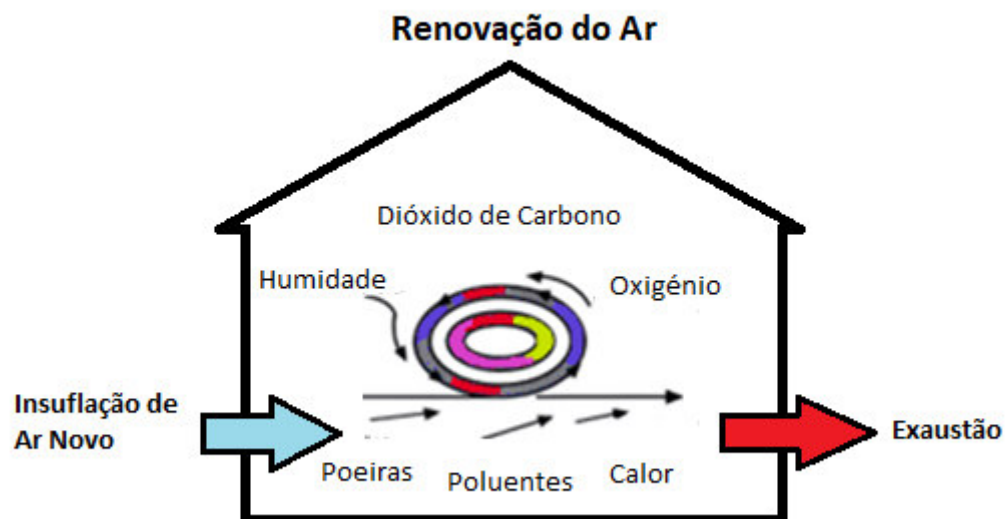


Figura 3 – Renovação do ar.

A renovação do ar interior garante a saúde e o conforto aos utilizadores, permitindo limitar ou eliminar odores, limitar a taxa de poluentes produzidos e regular a humidade relativa do ar por forma a evitar condensações, como podemos observar na Figura 3 [11].

Consoante o tipo de projeto de AVAC, existem diversas normas com exigências diferentes para QAI.

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Decreto-Lei 118/2013, indica que o valor de taxa de renovação horária de ar, da habitação, deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora para toda a habitação [12].

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), Decreto-Lei 118/2013 remete para a Portaria nº 353-A/2013, no que respeita aos requisitos de ventilação e QAI, esta legislação é aplicada para edifícios de comércio e serviços.

Relativamente a hospitais, centros médicos e clínicas, a QAI é estipulada através da norma EN 15251 e o Decreto-Lei 118/2013, sendo as exigências de ar novo, renovações por hora definidas pela ACSS (Administração Central do Sistema de Saúde) no caderno DGIES (Direção Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde).

Em projetos de laboratórios e farmacêuticas existem as normas GMP EU, ISO14644-I e FED STD 209E, que definem parâmetros restritos na quantidade e qualidade das partículas existentes no ar insuflado e no ar interior do espaço.

Ventilação em residências

Em edifícios residenciais a QAI depende de vários parâmetros e fontes, como o número de ocupantes e período de ocupação, emissões poluentes devido a determinadas atividades e emissões devido aos materiais presentes nos espaços.

As taxas de ventilação requeridas devem ser especificadas num projeto, para cada espaço, sob a forma de renovações horárias e/ou insuflação de ar novo e/ou taxas de exaustão de área requeridas (em casas de banho, lavabos e cozinha) ou sob a forma de um valor global de taxa de renovação de ar requerida. As taxas requeridas devem ser utilizadas para projetar os sistemas de ventilação natural, mecânica e de exaustão [11].

A ventilação em edifícios residenciais pode basear-se em exaustão de poluentes em espaços com humidade elevada (como casas de banho e cozinhas), ventilação geral de todos os espaços da habitação, com critérios de ventilação nos espaços principais (quartos e salas de

estar) [11]. A Tabela 5 propõe exemplo de taxas de ventilação para residências, em funcionamento contínuo de ventilação durante as horas de ocupação, segundo a norma EN15251:2007.

Tabela 5 – Exemplos de taxas de ventilação para residências. Funcionamento contínuo da ventilação durante as horas de ocupação. (adaptado [11])

<i>Categoria</i>	<i>Taxa de renovação de ar para a totalidade da residência²</i>		<i>Caudais de ar novo para salas de estar e quartos</i>		<i>Caudais de ar de exaustão, l/s</i>		
	<i>L/(s.m²) (1)</i>	<i>Renovações por hora</i>	<i>L/s por pessoa³ (2)</i>	<i>L/(s.m²) (3)</i>	<i>Cozinha (4a)</i>	<i>Casas de Banho (4b)</i>	<i>Lavabos (4)</i>
<i>I</i>	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
<i>II</i>	0,42	0,6	7	1,0	20	15	10
<i>III</i>	0,35	0,5	4	0,6	14	10	7

Caso os valores de uma determinada categoria referentes à Tabela 5 levem a valores diferentes de taxas de ventilação deve-se seguir o seguinte princípio [11]:

- Calcular a taxa de ventilação total para a habitação suporta na área de pavimento (coluna (1)) e número de ocupantes (coluna (2)). Caso o número de ocupantes seja desconhecido, utilizar a coluna (3);
- Dos valores obtidos anteriormente, selecionar o valor mais elevados para a taxa total de ventilação na habitação;
- Ajustar os caudais de exaustão da cozinha, casas de banho e lavabos (coluna (4, 4^a, 4b) em conformidade com os caudais de ar dos outros espaços;
- O ar novo dever ser fornecido prioritariamente nas salas de estar e quartos.

3.1.4. Sistemas de Climatização

Todos os sistemas de climatização por forma a realizar arrefecimento e aquecimento baseiam-se no ciclo frigorífico. Os equipamentos principais que permitem o funcionamento do ciclo frigorífico são o evaporador, o compressor, o condensador e a válvula de expansão.

² As renovações de ar expressas em L/(s.m²) e em renovações horárias correspondem a um pé direito de 2,5m.

³ O número de ocupantes na residência pode ser estimado pelo número de quartos.

No evaporador (B para C) a mistura (líquido/gás frigorífero a baixa pressão) absorve calor na “fonte quente”, transformando-se em gás a baixa pressão (arrefecimento do ambiente exterior). O compressor irá comprimir o gás passando este de baixa pressão para alta pressão (C para D). No condensador (E para A) o fluido frigorífero irá condensar, passando de gás para mistura a alta pressão, rejeitando calor na “fonte fria” (aquecimento do ambiente exterior). Na válvula de expansão ocorre a expansão do líquido de alta pressão para baixa pressão [13].

A Figura 4 representa o ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor (ciclo de Rankine invertido) e os equipamentos associados [13].

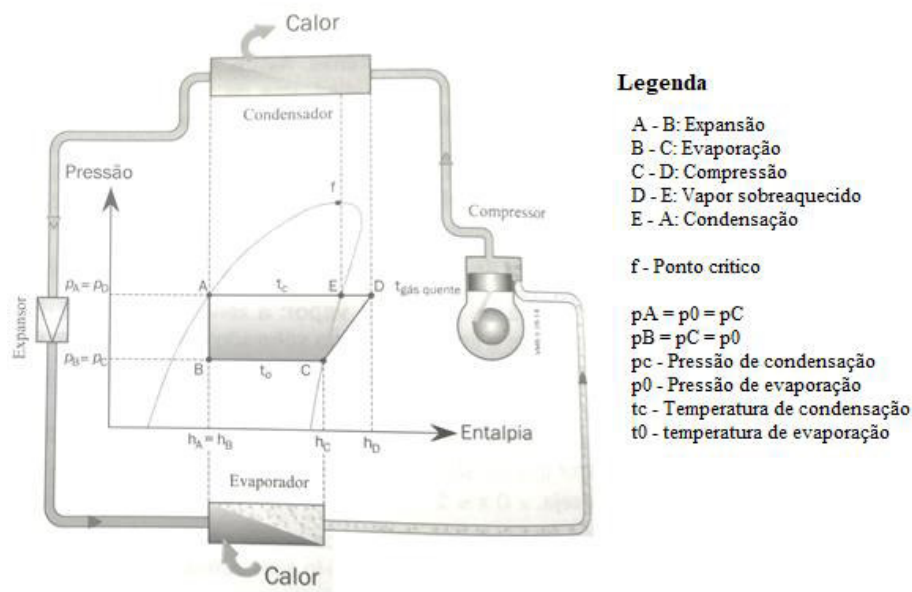


Figura 4 – Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor (adaptado de [13]).

Os equipamentos que efetuam o arrefecimento, designam-se de máquinas frigoríficas. Porém, os equipamentos podem efetuar o processo inverso designando-se por bomba de calor.

O coeficiente de desempenho (COP – *Coefficient of Performance*) e a relação de eficiência energética (EER – *Energy, Efficiency Ratio*) são coeficientes que representam e quantificam o rendimento energético dos equipamentos térmicos de climatização quando estão a funcionar nos regimes de aquecimento e arrefecimento, respetivamente. Os coeficientes representam a quantificação da relação da energia térmica transformada (aquecimento ou arrefecimento) e a quantidade de energia elétrica absorvida ou consumida para a transformar. Deste modo, o COP será obtido através da equação (3.2) [13].

$$COP = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia absorvida}} = \frac{(h_C - h_B)}{(h_D - h_C)} \quad (3.2)$$

O EER é conseguido pela equação (3.3) [13].

$$EER = \frac{(h_E - h_A)}{(h_D - h_C)} \quad (3.3)$$

Nos edifícios com sistema de AVAC, o sistema pode ser definido em duas partes principais: sistemas primários e sistemas secundário, onde estão incluídos os sistemas de distribuição, dispositivos terminais e sistema de controlo.

Sistemas primários

O sistema primário é constituído por equipamentos de produção de calor e/ou “frio”, estando localizados em espaços técnicos. Usualmente, o sistema primário é o sistema com maior consumo energético proveniente de eletricidade e/ou gás natural [6].

O calor ou “frio” gerado por estes equipamentos é distribuído pelos espaços a climatizar consoante as necessidades térmicas. Esta distribuição de energia é realizada pelo sistema secundário.

Sistemas secundários

Os sistemas secundários são constituídos por [6]:

- Sistemas de distribuição que transportam os fluidos, como condutas e tubos;
- Equipamentos de circulação permitem a circulação dos fluidos, como ventiladores e bombas;
- Equipamentos terminais situados próximo dos locais a climatizar, recebem os fluidos do sistema primário e através de permutadores transferem energia ao ar para este ser insuflado diretamente no local;
- Dispositivos terminais têm a função de distribuir e regular o caudal de ar insuflado em cada espaço, sendo constituídos por equipamentos terminais tais como resistências elétricas ou ventiloconvectores;
- Controlo automático é constituído por equipamentos de medida, de controlo, de regulação e de segurança, como por exemplo sensores de temperatura e pressostátos.

Estes equipamentos permitem o controlo das condições da sala e minimizar consumos excessivos de energia elétrica.

Os sistemas secundários são classificados segundo o fluido térmico existente entre o sistema primário e o sistema secundário. Os sistemas são sistemas “Tudo Ar”, sistemas “Tudo Água”, sistemas “Ar-Água” e sistemas de Expansão Direta (DX) [6].

Sistemas “Tudo Ar”

Nos sistemas “Tudo Ar” a climatização do espaço é realizada unicamente pelo ar. O ar pode ser tratado (arrefecido, desumidificado, humidificado e/ou aquecido) numa Unidade de Tratamento de Ar (UTA). O ar tratado é transportado através dum sistema de condutas com auxílio do ventilador, posteriormente é insuflado na sala através de dispositivos terminais (grelhas ou difusores) [6].

Existem diferentes sistemas “Tudo Ar” para diferentes requisitos, por forma a satisfazer o conforto térmico e condições especiais em determinados ambientes, onde é necessário controlo de temperatura, humidade e qualidade de ar, tais como hospitais, indústria farmacêutica, etc.

Os sistemas “Tudo Ar” podem ser de conduta simples e de conduta dupla. No sistema de conduta simples existe uma conduta principal onde o ar é insuflado para diferentes espaços. No caso do sistema de conduta dupla, existe uma conduta de “ar quente” e de “ar frio”, a mistura do “ar quente” com o “ar frio” é realizado numa caixa de mistura por forma a conseguir uma temperatura do ar de insuflação adequado. O sistema de conduta dupla é pouco utilizado devido ao elevado espaço que ocupa [7].

Nos sistemas de conduta simples existe o sistema de Volume de Ar Constante (VAC) e o sistema de Volume de Ar Variável (VAV).

No sistema VAC o caudal de ar tratado é constante, variando a temperatura de insuflação consoante as cargas térmicas existentes no espaço. O sistema apresenta vantagens tais como:

- Menor investimento inicial, necessitando de menor quantidade de controladores, instrumentação e equipamentos.
- Manutenção facilitada, devido à centralização do fornecimento de ar climatizado em uma única unidade de tratamento de ar;

- Simples operação do sistema de AVAC, devido ao baixo número de equipamentos. Mantendo uma maior autonomia sobre o controlo do fluxo de ar externo, que visam a renovação do ar interior.

Este sistema tem algumas limitações devido aos elevados consumos de ar, provocando elevados consumos de energia eléctrica dos ventiladores [7].

O sistema VAV mantém a temperatura de insuflação constante, variando o caudal de ar consoante a carga térmica a remover do espaço. Neste sistema é aconselhada a utilização de um ventilador de velocidade variável para evitar problemas de equilíbrio dinâmico do sistema, se as cargas térmicas a remover dos espaços forem diferenciadas. O ventilador de velocidade variável irá permitir baixar o consumo global de electricidade pois não estará sempre a funcionar para o caudal máximo [7]. O sistema VAV permite as temperaturas por zonas e conforme a variação da ocupação dos ambientes e a envolvente, gerando um ambiente mais confortável para os ocupantes. O sistema é mais flexível permitindo adaptar-se automaticamente à distribuição do ar para uma nova distribuição de cargas de calor em uma zona, não sendo afetado por mudanças de layout do ambiente atendido.

Os sistemas “Tudo Ar” efetuam a climatização do espaço através difusão por mistura ou por deslocamento. Na difusão do ar por mistura do ar ambiente, o ar insuflado envolve toda a zona ocupada e arrasta o ar ambiente de modo a que a sala seja climatizada e todo o espaço da sala fica homogéneo em termos de temperatura e qualidade do ar (Figura 5). Na difusão por deslocamento do ar (*displacement* em Inglês), o ar é insuflado a baixa velocidade por forma a não se misturar com o ar ambiente e deste modo existe uma substituição total do ar da sala (Figura 6) [7].

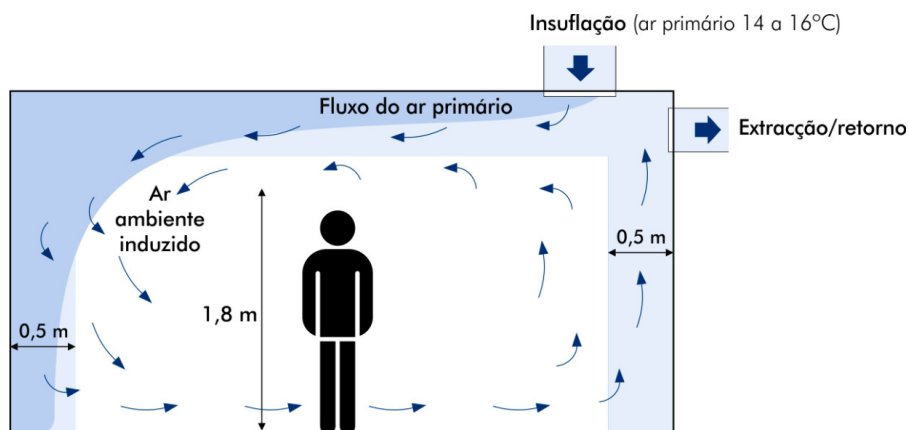


Figura 5 – Difusão por mistura do ar ambiente [14].

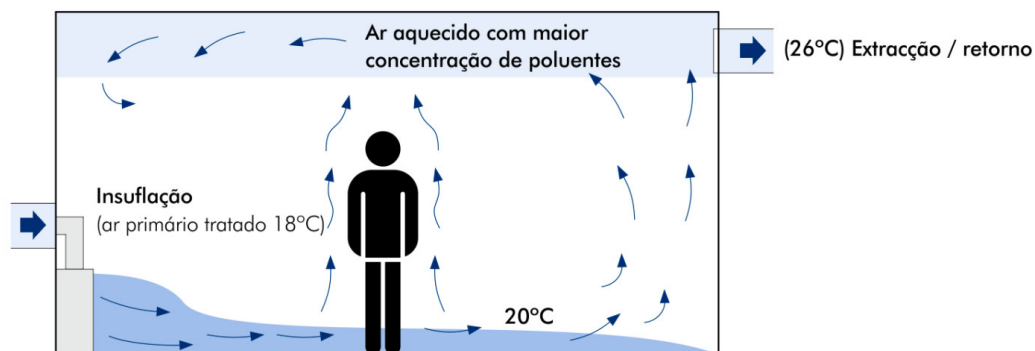


Figura 6 – Difusão por deslocamento do ar (displacement) [14].

Sistema “Tudo Água”

O sistema “Tudo Água” assenta na distribuição de água arrefecida ou aquecida, em função das necessidades dos espaços a climatizar, através dos equipamentos terminais.

A transferência de calor ocorre por convecção natural ou por convecção forçada através de ventiladores [6].

Os sistemas “Tudo Água” podem ser sistemas a dois tubos e a quatro tubos, que são soluções que possibilitam a existência ou não de arrefecimento e aquecimento em simultâneo [7].

O sistema a dois tubos é constituído por um circuito único, com um tubo de ida e outro de retorno. Este sistema apenas permite circular água quente ou água fria, alternada.

Os sistemas a quatro tubos já dispõem de dois circuitos independentes, pelo que permitem aquecer e arrefecer simultaneamente os diversos espaços do edifício. Estes sistemas permitem satisfazer as necessidades de conforto do ser humano, em que os espaços que estão expostos na fachada ao Sol têm necessidades de arrefecimento, devido ao calor gerado pela radiação Solar, sendo que nos outros espaços não expostos ao Sol haverá possivelmente necessidades de aquecimento [7].

A climatização dos espaços destes sistemas, ocorre por difusão por mistura (ar insuflado pelo ventiloconvector).

Em certas situações poderá existir um sistema “Tudo Água” misto de 2+4 tubos, onde existe separação entre o circuito primário de transporte do fluido térmico. No local a climatizar apenas tem um permutador com dois tubos que permite arrefecer ou aquecer o espaço [7].

Os sistemas do tipo radiante (teto, parede e chão radiante) e híbridos (convectivo-radiante) são também sistemas “Tudo Água” [7].

Sistemas “Ar-Água”

Nos sistemas “Ar-Água”, a climatização dos espaços é realizada através de sistemas a ar em combinação com sistemas a água, existindo diversas soluções que permitem a remoção de carga térmica de forma repartida. A solução mais utilizada é tratar o ar exterior (adicionando ou removendo carga térmica) e insuflar o ar nos espaços, com temperaturas mais baixas ou mais altas que o pretendido. Sendo o sistema água a climatizar o espaço, por forma a garantir as condições de conforto. Esta solução permite garantir qualidade do ar interior, através da introdução de ar novo tratado e minimizar consumos de energia excessivos, ou seja, pode-se insuflar ar novo a 12 °C e o sistema água climatizar o espaço garantindo 20 °C [7].

Sistemas de Expansão Direta (DX)

Nos sistemas de expansão direta o fluido que circula em todo o sistema é o fluido frigorígeno, sendo este a permutar energia térmica com o ar do local a climatizar. Os equipamentos de expansão direta são caracterizados por permutadores que permitem realizar a permuta de calor entre o fluido frigorígeno e o ar, estes permutadores designam-se por evaporadores e condensadores [7].

Os tipos sistemas de expansão direta existentes no mercado, são sistemas *monosplit*, sistemas *multisplit*, sistema *VRF (Variable Refrigerant Flow)*.

Os sistemas de expansão direta apenas permitem controlo da carga térmica dos espaços, deste modo é necessário realizar a ventilação dos espaços, por forma a garantir a qualidade do ar [7].

Outro tipo de classificação poderá ser relativamente à zona servida, sendo estes sistemas centralizados, sistemas individuais e sistemas modulares.

Sistemas centralizados

Nos sistemas centralizados o circuito primário encontra-se numa zona técnica. A energia térmica produzida no circuito primário é permutada para o circuito secundário, sendo conduzida até aos equipamentos terminais, localizados nos espaços a climatizar [7].

O sistema centralizado destina-se a climatizar a totalidade ou grande parte do edifício.

Sistemas individuais

Os equipamentos de climatização num sistema individual, são compactos e localizados. Estes sistemas utilizam como fluido térmico o fluido frigorigéneo, sendo sistemas de expansão direta [6].

São sistemas utilizados com maior frequência em habitação terciária, edifícios até 3 andares, pequenos escritórios, etc. Por vezes, os sistemas individuais são utilizados em edifícios com sistemas centralizados, tendo como objetivo climatizar zonas específicas [6].

Em edifícios de habitação pode ser utilizado um sistema *split* para arrefecimento do espaço no Verão e uma caldeira para realizar o aquecimento o Inverno.

Sistemas modulares

Na classificação dos sistemas relativamente à área servida existe um grupo adicional, designados de sistemas modulares, são sistemas de volume refrigerante variável (VRV ou VRF), em que existe apenas um circuito primário que contem fluido frigorigéneo que vai até aos espaços a climatizar [6].

3.1.5. Equipamentos principais

Os equipamentos mais conhecidos, que funcionam segundo um ciclo frigorífico, são [13]:

- Refrigeração por absorção, em que o fluido frigorigéneo é absorvido num líquido antes de ser ar comprimido;
- Refrigeração por gás, o fluido frigorigéneo não muda de fase, mantendo-se no estado gasoso durante todo o ciclo frigorífico;
- Refrigeração termoelétrica, o arrefecimento é produzido pela passagem de uma corrente elétrica através de dois materiais diferentes;
- Refrigeração por compressão de vapor, o fluido frigorigéneo muda de fase sendo vaporizado (no evaporador) e condensado (no condensador).

Os equipamentos de climatização que serão abordados são equipamentos que utilizam os ciclos de compressão de vapor em vez de ciclos de absorção, funcionando segundo o princípio do ciclo frigorífico de compressão mencionado no subcapítulo 3.1.4.

Chiller

O Chiller é um equipamento que permite produzir água arrefecida para climatização dos espaços dum edifício, controlo de temperatura e da humidade relativa dos espaços, garantido o conforto térmico dos ocupantes.

Os Chiller podem ser de diferentes tipos podendo ser Chiller de absorção ou Chiller de compressão de vapor. No Chiller de compressão a vapor com condensação a água o condensador e o evaporador trocam energia térmica para a água em vez do ar [6].

No Chiller de compressão com condensação a ar, pertencente ao sistema ar-água, o evaporador que absorve calor da água arrefecendo-o, sendo o calor libertado para a atmosfera no condensador.

Bomba de Calor aerotérmica

As Bombas de Calor são utilizadas quando as temperaturas são inferiores a 60 °C, ou quando se necessita de aquecimento direto do ar, em vez da utilização de caldeiras [7].

Um sistema Bomba de Calor funciona no mesmo princípio dum sistema frigorífico, sendo o aproveitamento energético realizado no condensador.

Chiller/Bomba de Calor reversível aerotérmica

O sistema Chiller/Bomba de Calor reversível aerotérmica possibilita apenas o aquecimento ou arrefecimento dos espaços, onde o controlo de temperatura ambiente tem uma precisão de 2-3 °C [15]. O Chiller/Bomba de Calor reversível permite apenas a recuperação de calor quando as necessidades de arrefecimento são superiores às de aquecimento, transferindo energia absorvida da zona a arrefecer para a zona a aquecer [16]. Pode ser utilizado em sistemas “Ar-Água” e “Tudo Ar”.

Monosplit e Multisplit

O sistema *monosplit* inclui uma unidade dedicada constituída por uma unidade condensadora (unidade exterior) e uma unidade evaporadora (unidade interior), climatizando apenas um único espaço. Estas unidades permitem realizar arrefecimento e/ou aquecimento, dependendo da função pretendida [17].

Os sistemas *multisplit* têm o mesmo princípio de funcionamento do sistema *monosplit*, estes permitem climatizar diversos espaços com uma unidade condensadora no exterior (até nove unidades evaporadoras no interior) [17].

A Figura 7 mostra um sistema *multisplit* com diversos tipos de unidades interiores, sendo estas unidade mural, unidade de chão, cassete de teto de uma via e de quatro vias e uma unidade de conduta.

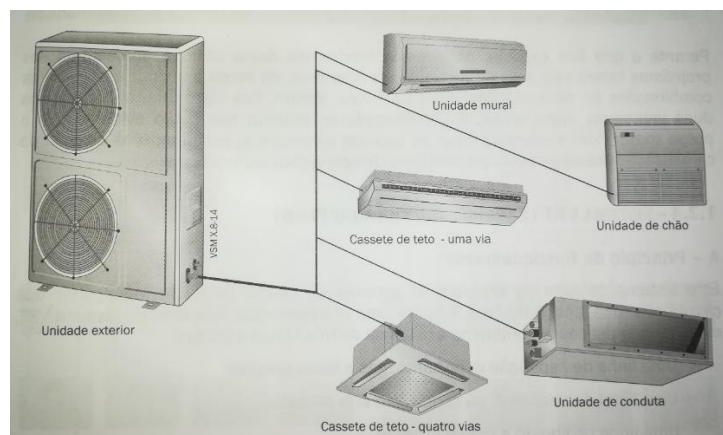


Figura 7 – Sistema Multisplit com diversos tipos de unidades interiores [17].

VRF

O sistema *VRF* (*Variable Refrigerant Flow*) ou *VRV* (*Variable Refrigerant Volume*), possuem uma grande capacidade frigorífica. Estes permitem ligar um número de unidades interiores à unidade exterior muito mais elevado, do que o sistema *multisplit*, através da incorporação de sistemas de controlo eletrónico que regula, o caudal do fluido frigorigéneo adaptando consoante as necessidades do espaço. O sistema *VRF* dá a possibilidade de integrar diversos evaporadores com capacidades e configurações diferentes, realizar um controlo das condições de conforto individualizado, permitindo arrefecimento e aquecimento em simultâneo para diferentes zonas [17].

O Sistema *VRF* tem como princípio a variação do caudal de fluido frigorigéneo que circula nas tubagens. A Figura 8 representa esquematicamente o sistema *VRF* (a 3 tubos), em que este possui três linhas distintas [17]:

- Uma linha de aspiração com gás a baixa pressão;
- Uma linha de descarga com gás a alta pressão;
- Uma linha de líquido a média pressão.

As unidades interiores representadas na Figura 8 são de cassete de duas e quatro vias [17].

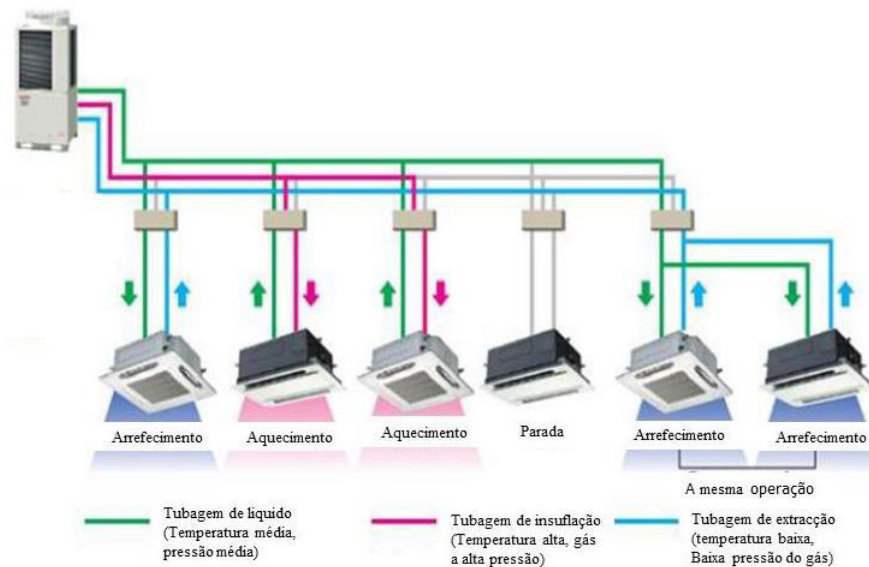


Figura 8 – Princípio de funcionamento do VRF a 3 tubos (adaptado [18]).

Para além do sistema permitir operar em 100% aquecimento ou 100% arrefecimento, este pode realizar em simultâneo: 75% em arrefecimento mais 25% em aquecimento; 50% em arrefecimento mais 50% em aquecimento; 25% arrefecimento mais 75% em aquecimento [17].

Este sistema permite aproveitar energia térmica dos espaços quentes (que necessitam de arrefecimento) e transportá-la para locais frios (que necessitam de aquecimento), e vice-versa. Quando as necessidades de cargas térmicas se igualam, ou seja, 50% das unidades efetuam aquecimento e 50% efetuam arrefecimento, o consumo energético do compressor é praticamente nulo [17].

O sistema VRF poderá ter acoplado consigo uma bomba de calor que permita realizar o aquecimento das águas quentes sanitárias ou climatização de espaços através de equipamentos a água, tais como pavimento radiante, radiadores e ventiloconvectores, como podemos observar na Figura 9. Estas unidades compactas são montadas na cobertura do edifício, sendo concebidas para receberem o ar tratado mediante a instalação de condutas isoladas.

O sistema VRF permite controlar a quantidade de fluido frigorigéneo que flui para cada uma das unidades interiores, permitindo adicionar com facilidade muitas unidades interiores com diferentes capacidades e configurações, onde poderá efetuar aquecimento e arrefecimento em simultâneo. Este sistema possibilita um melhor conforto térmico quando operado no

modo de controlo individual. O compressor de velocidade variável com capacidades de modelação, entre 10% e 100%, alcança um controlo preciso de temperatura ambiente com uma precisão de $\pm 0,5$ °C [4, 16]. Sendo um controlo específico de cada marca, este sistema não permite adicionar unidades interiores de outras marcas, o que não se verifica no sistema Chiller/Bomba de Calor. A ventilação dos espaços é realizada de forma individual para sistemas de VRF [3].

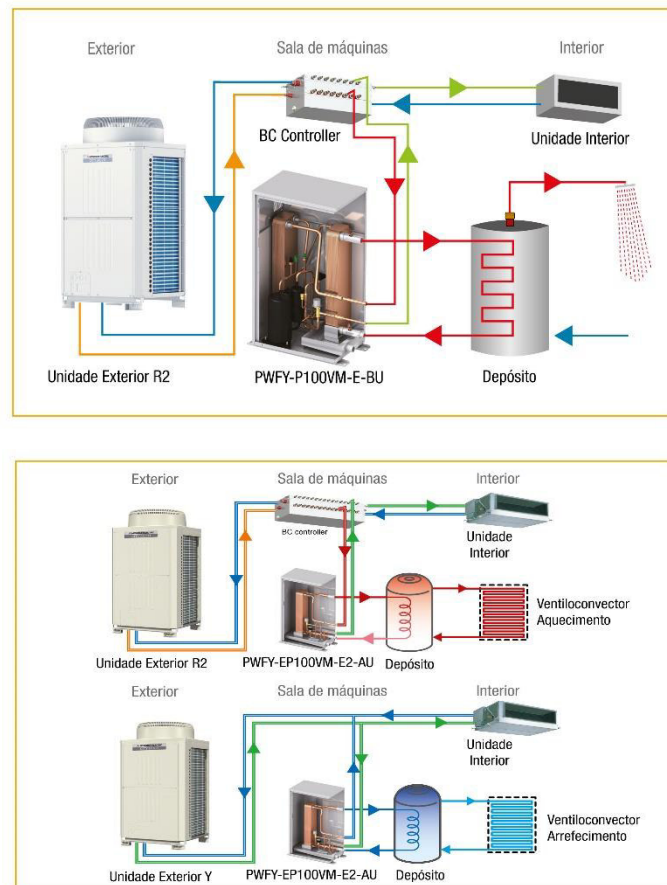


Figura 9 – Diagrama de funcionamento do VRF com AQS + Ventiloconvectores/Radiadores (Gama ECODAN HWS,ATW (Produção água quente/fria e AQS) e WCB (caixa de ligações) (adaptado [19]).

A principal desvantagem do sistema VRF é o custo elevado de investimento, nomeadamente o custo dos equipamentos e a instalação dos mesmos, pois são necessários técnicos qualificados em manuseamento de gases florados na instalação de tubagem de fluido frigorígeno. No entanto, como vantagens a instalação do sistema VRF é mais fácil, e a manutenção mais económica, sendo evitados problemas de tratamento de água e balanceamento de caudais [16].

O sistema VRF é um sistema mais económico energeticamente, devido a: utilização de compressores arrefecidos a ar de velocidade variável; redução de energia do ventilador devido a baixa pressão estática e redução ou eliminação de condutas; utilização de fluido frigorigéneo que exige menos transferência de calor entre fluidos; capacidade de arrefecimento e aquecimento em simultâneo para diferentes espaços sem necessidade de reaquecimento; capacidade de fornecer energia de recuperação entre zonas nos processos de aquecimento e arrefecimento em simultâneo [3].

3.1.6. Sistemas de superfície radiante

O sistema de superfície radiante, nomeadamente pavimento radiante, permite a transferência de calor através de condução, convecção e radiação, ao contrário dos sistemas a ar que apenas trocam calor através de convecção [20].

O modo de funcionamento do sistema de superfície radiante (aquecimento ou arrefecimento) depende da temperatura do fluido energético, em que este pode absorver ou emitir calor. No caso das superfícies arrefecidas é importante ter atenção ao ponto de orvalho para evitar condensações, deste modo é necessário um controlo de temperatura de funcionamento do sistema ou recorrer à desumidificação do ar [21].

Nos sistemas de superfície radiante é necessário um sistema de ventilação, garantindo a qualidade do ar interior e permitir a remoção de cargas latentes, pois o sistema apenas permite a remoção de cargas sensíveis [20].

Na definição da capacidade de aquecimento e arrefecimento de sistemas de superfície radiante, a água, é necessário ter em consideração os seguintes parâmetros mais relevantes [21]:

- Coeficiente de transmissão de calor entre a superfície emissora e o ambiente interior (coeficiente de transmissão de calor global = convecção + radiação);
- Valores mínimos aceitáveis para as temperaturas das superfícies (sustentados no critério de conforto humano);
- Valor do ponto de orvalho;
- Transferência de calor entre as tubagens e a superfície emissora.

A capacidade de aquecimento/arrefecimento depende do coeficiente de transmissão térmica e da diferença de temperatura entre a superfície e o ar ambiente. A temperatura de superfície

aceitável obtém-se consoante os requisitos de conforto e o risco de condensações. Em arrefecimento sensível a capacidade máxima é de 99 W/m² no teto, 72 W/m² na parede e 42 W/m² no pavimento (zona ocupada) (segundo a norma EN 15377-1) [21]. No aquecimento a capacidade máxima é de 165 W/m² no pavimento (zona ocupada), 160 W/m² na parede e 42 W/m² no teto (segundo a norma EN 15377-1) [21].

Os sistemas de superfície radiante são classificados em [20]:

- Sistemas de superfície embutidos, tubos de água colocados dentro de uma camada de construção (piso, parede, teto) em que estes são isolados da estrutura principal do edifício;
- Sistemas de construção termicamente ativados (TABS – *Thermally active building systems*), os tubos estão integrados na estrutura principal do edifício (teto, pavimento, parede);
- Sistemas de painel radiante, os tubos estão integrados em painéis leves.

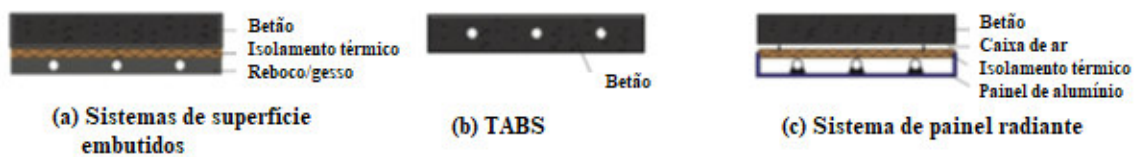


Figura 10 – Sistemas de superfície embutidos (à esquerda), sistema de construção termicamente ativados (ao centro) e sistema de painel radiante (à direita) [20].

Para aquecimento é possível utilizar cabos elétricos em vez de tubos nos sistemas de superfície radiante.

Os sistemas de superfície radiantes possuem diversas vantagens, sendo estas [20, 22]:

- Conforto durante todo o ano;
- Perfil de temperatura ótimo (como podemos observar na Figura 11);
- Inércia térmica, o sistema em conciliação com os elementos construtivos permite acumular mais energia, mantendo temperaturas interiores muito estáveis durante todo o dia e ano, diminuindo os efeitos negativos do exterior;
- Emissão e absorção térmica uniforme. Como a unidade terminal do sistema cobre uma área climatizada, esta vai permitir que a permuta térmica seja uniforme em toda a superfície. Deixando de existir “zonas quentes” e “zonas frias”, onde se observa

em outros sistemas de climatização, como exemplo em sistemas com unidades terminais a ar;

- Climatização sem movimentação do ar, as diferenças de temperatura entre as superfícies e o ar são mínimas, pelo que o movimento do ar é imperceptível ao ser humano. A inexistência de movimentação do ar produz menor movimento do pó tornando-se num ambiente mais higiénico e saudável;
- Poupança energética através da transferência de calor radiante, alta capacidade térmica da água. Deste modo, o sistema superfície radiante permite realizar aquecimento com a temperatura mais baixa que no sistema convencional e em arrefecimento a temperatura da água é mais alta que no sistema convencional, permitindo poupanças de energia;
- Meios eficientes de permuta de calor;
- Compatível com energias renováveis, pois possui a temperatura moderada de impulsão da água que o torna compatível com todas as fontes de energia. Sendo o único sistema de climatização que permite utilizar painéis solares térmicos ou bomba geotérmica como fonte de alimentação;
- Invisível. O sistema está integrado no design do edifício possibilitando mais espaço para decoração;
- Saudável. Este sistema evita correntes de ar com alta/baixa temperatura evitando doenças reumáticas e respiratórias;
- Ausência de ruído. O sistema não produz ruído, pois este não possui altos caudais de insuflação que produzem ruídos;
- Baixos custos de manutenção comparativamente aos sistemas ar em que é necessário realizar a manutenção de ventiladores, limpeza de condutas, mudança de filtros, etc.

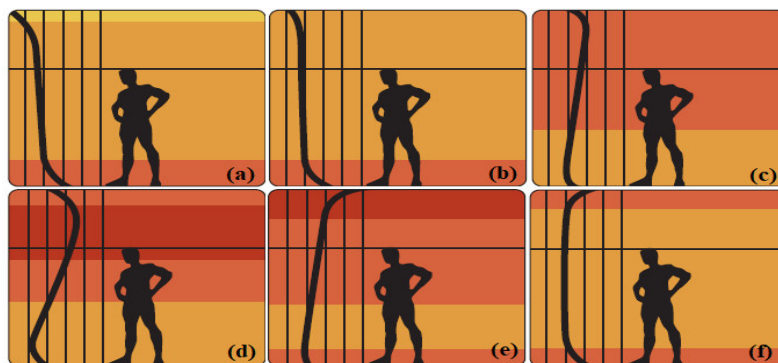


Figura 11 – Perfil de temperatura e gradiente de temperaturas consoante a unidade terminal. (a) Aquecimento ideal, (b) pavimento radiante, (c) radiadores, (d) convectores, (e) aquecimento pelo teto, (f) aquecimento pela parede (adaptado de [22]).

Este tipo de sistemas conjugado com um sistema de ventilação que permita retirar a carga latente e prevenir o risco a condensações, pode ser aplicado em climas quentes e húmidos [20]. Contudo os sistemas de superfície radiante são muito dispendiosos a nível de aquisição de equipamento e a sua instalação.

3.2. Simulação Térmica

Sendo a eficiência energética uma preocupação cada vez maior no investimento em termos de avaliação térmica de edifícios, indústria e o estudo de novas soluções tecnológicas, é necessário que existam ferramentas de simulação dinâmica que permitam a realização desses estudos por forma a analisar diversas soluções, obtendo a solução mais eficiente.

A simulação dinâmica é um método de análise computacional de perfil e consumos energéticos do edifício. Cada vez mais são utilizados programas informáticos para a simulação térmica de edifícios, por forma a analisar o desempenho energético dos edifícios bem como soluções de projeto de AVAC.

Antes da utilização de qualquer software que permite a simulação térmica do edifício é necessário definir os objetivos da análise de projeto, por forma a que a modelação dos sistemas de AVAC dum edifício seja o adequado. Desde modo, dever-se-á ter em consideração os seguintes parâmetros [7]:

- Fatores climáticos;
- Período de simulação;
- Orientação dos espaços;
- Horário de ocupação e respetiva densidade;
- Definição das diversas tipologias da envolvente dos espaços pertencentes ao edifício;
- Sombreamentos existentes;
- Cargas térmicas internas;
- Ventilação e infiltrações de ar;
- Sistemas de climatização e ventilação;
- Curvas de funcionamento dos equipamentos principais.

A utilização de softwares de simulação dinâmica permite estimar as cargas térmicas existentes no edifício, projetar sistemas de AVAC, realizar a previsão das necessidades térmicas e previsão de consumos de energia do funcionamento de um edifício.

Segundo o ponto 3.2.1 da Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro de 2013, a simulação dinâmica deve ser realizada por software creditado pela norma ASHRAE 140, em que o software deverá, no mínimo, ter capacidade para modelar [23]:

1. Mais do que uma zona térmica;
2. Com incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
3. A variação horária de cargas internas, diferenciada em ocupação, iluminação e equipamentos;
4. Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins de semana;
5. A recuperação de calor do ar de rejeição;
6. O efeito da massa térmica do edifício.

Realizar um projeto ou análise de um sistema de AVAC, usando um programa de simulação, é uma tarefa demorada e complicada.

Em cerca de cinquenta anos de desenvolvimento são inúmeros os programas de simulação dinâmica de edifícios (BPS tools- *building performance simulation tools*).

As ferramentas que permitem o estudo podem ser classificadas de acordo com o tipo de problema a resolver, sendo que as ferramentas de simulação suportam mais que um tipo de problema em simultâneo. Segundo Trčka e Hensen a classificação das ferramentas de análise é [24]:

- Ferramentas para estudos de condutas são programas que consideram a distribuição do ar e possuem capacidade de dimensionamento dos sistemas de distribuição de ar/líquido (DOLPHIN, Duct Calculator, DUCTSIZE, Pipe-Flo, PYTHON, etc.);
- Ferramentas para dimensionamento e seleção de equipamentos de AVAC – são softwares baseados em procedimentos padrão e algoritmos definidos pela ASHRAE (Carrier HAP, Trane TRACE 700, etc.);
- Ferramentas para análise energética – softwares que preveem o consumo anual de energia de um sistema de AVAC (Carrier HAP, Trane TRACE 700, DOE-2,

EnergyPlus etc.). As ferramentas têm como base um sistema de equações que definem o desempenho térmico de edifícios e sistemas, com base em condições de fronteira, estratégia de operação e controlo, realizando simulações horárias. São utilizadas para calcular e analisar os desempenhos de carga total e parcial, para analisar a estratégia de operação do sistema e comparar com diferentes alternativas de design;

- Ferramentas para otimização de sistemas – são usadas em combinação com outros programas de análise energética (GenOpt);
- Ferramentas para análise e otimização de controlo (TRNSYS, ESP-r, etc.);
- Ferramentas para simulação em tempo real, utilizadas em fase de comissionamento permitindo monitorizar, diagnosticar, por forma a evitar falhas e reduzir custos energéticos (BEMS- *Building Energy Management System*).

No mercado existe uma grande panóplia de softwares que permitem realizar a simulação térmica multizona tais como o *EnergyPlus*, *Carrier's Hourly Analysis Program* (HAP), DOE-2, *Designer's simulation toolkits* (DeST), TRACE, TRYSYS. Cada um permite realizar simulação térmica, estes baseiam-se em métodos de cálculos de cargas térmicas diferentes. De seguida são descritos três softwares mais utilizados, permitindo ter a perceção das suas diferenças possibilitando uma escolha adequada, consoante o tipo de projeto.

EnergyPlus

O *EnergyPlus* é um programa de simulação energética em edifícios, direcionado para a modelação de sistemas de aquecimento, arrefecimento, iluminação e ventilação. O programa é gratuito, tem como base os programas BLAST⁴ e DOE-2.1.E⁵, tendo sido desenvolvido pelo departamento de Energia dos Estados Unidos em colaboração com diversos investigadores de vários países, em código aberto [25].

Relativamente a outros programas, o *EnergyPlus* sobressai no rigor da modelação da geometria do edifício, sistemas de AVAC e possibilidade de integração de modelos que facilitam os estudos de otimização energética (iluminação natural e artificial, sistemas de ventilação natural e mista, superfícies radiantes, painéis solares, etc.). A introdução de novos

⁴ *Building Loads Analysis and System Thermodynamics*

⁵ Department of Energy

módulos no código do programa é um processo complexo onde exige ter um elevado grau de formação por parte do utilizador [25, 26].

O *EnergyPlus* necessita de diversos dados de entrada, em que se caracteriza o edifício em análise e os dados climáticos do local em estudo. Definidos os dados de entrada, este gera 23 ficheiros de análise complexos, em que é necessário outro programa de interface mais acessível, de modo os resultados da simulação serem compreensíveis [25].

Trace 700

O TRACE 700 é um programa de cálculo de carga térmica e de análise económico-energética, desenvolvido pela empresa “*TRANE Company*”, sendo um programa pago. O programa possui uma interface gráfica acessível para o utilizador, possibilitando alteração de detalhes de construção e mudar o modelo em estudo durante o projeto do sistema de climatização [25].

É possível realizar a modelação do sistema com diversas opções de equipamento, permitindo uma análise do custo energético e do tempo de retorno de investimento de cada projeto, possibilitando optar pelo projeto mais económico. O software possui uma biblioteca de dados climáticos, bem como informações de materiais de construção, arranjos construtivos, cargas internas (pessoas e equipamentos), horários de funcionamento de edifícios (*schedule*) e equipamentos de climatização [25, 26].

Carrier’s Hourly Analysis Program (HAP)

O software *Carrier’s Hourly Analysis Program (HAP)* é um programa pago pertencente à Carrier. Este possibilita um cálculo e análise energética do sistema em estudo, sendo um programa com uma interface fácil de se utilizar, onde também é possível alterar detalhes de construção e mudar o modelo em estudo durante o projeto do sistema de climatização. O software possui uma base de dados climáticos e sistemas de AVAC.

O software apenas considera infiltrações para cada espaço, não existindo interligação entre espaços. Este não permite análise energética de sistema de ventilação natural e mista, iluminação, painéis solares, sistemas com superfícies radiantes, controlo de janela consoante as condições exteriores que o *EnergyPlus* permite [26]

Apesar do software HAP ter diversas desvantagens comparativamente aos outros softwares acima descritos, é o software que será utilizado devido o ISEL possuir a licença de utilização do software e também ser uma ferramenta de acessível utilização.

3.2.1. Cargas térmicas

Antes da modelação dos sistemas de AVAC num edifício é necessário ter conhecimento das cargas térmicas existente no edifício devido a dois aspetos fundamentais [7]:

- Dimensionamento dos equipamentos e acessórios pertencente ao sistema de AVAC, para garantir as condições interiores de utilização para as condições exteriores mais adversas;
- Determinação do consumo de energia da instalação existente para diferentes condições de utilização do edifício, permitindo uma análise do consumo energético durante todo ou parte do ano.

As cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento resultam de diversos processos de transferência de calor por condução, convecção e radiação através da envolvente do edifício, bem como a geração interna de ganhos térmicos nos espaços a climatizar. As cargas térmicas referem-se às taxas de calor que devem ser fornecidas ou removidas pelo equipamento de AVAC para manter um espaço nas condições de conforto desejadas.

Os parâmetros que podem afetar as cargas térmicas são (ver Figura 12) [6]:

- Cargas externas: paredes, coberturas, pavimentos, janelas;
- Cargas internas: iluminação, equipamentos e ocupação;
- Infiltrações, exfiltração e transferência de ar: fugas de ar e migração de humidade de umas zonas para outras;

As cargas térmicas externas irão depender das condições climáticas (radiação solar, temperatura e humidade) resultando da transferência de calor do exterior para o interior da envolvente do espaço a climatizar [6].

A transferência de calor por condução ocorre através do pavimento, paredes e cobertura. Relativamente às janelas, a transferência de calor ocorre através da radiação do sol, convecção e condução.

As infiltrações são fugas de ar e de vapor de água que ocorrem do exterior para o interior ou vice-versa. As infiltrações vêm das janelas e portas e adicionam carga térmica ao espaço a climatizar.

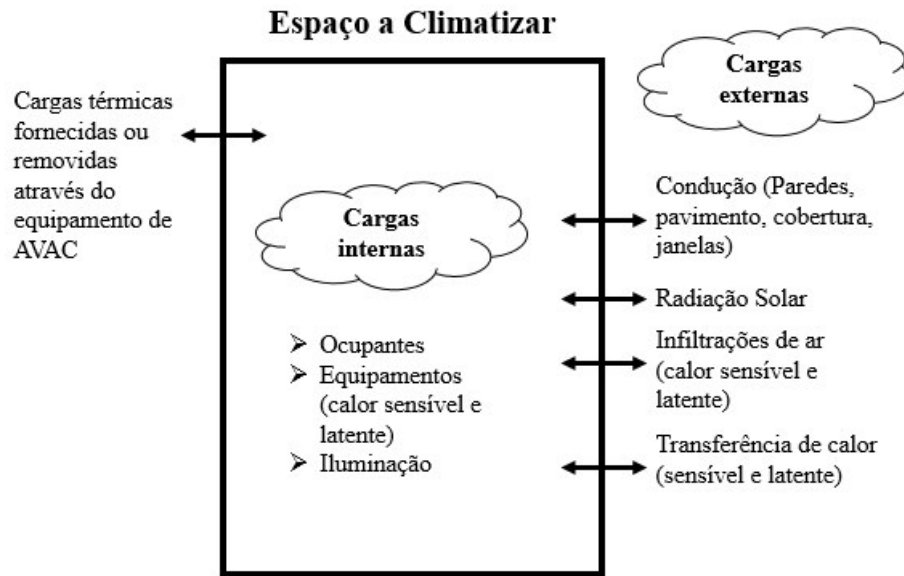


Figura 12 – Cargas térmicas existentes num espaço a climatizar (adaptado [6]).

As cargas térmicas internas dependem das condições de funcionamento do edifício. Estas cargas resultam do calor gerado através das pessoas, equipamentos e iluminação [6]. A carga térmica interna ganha através das pessoas irá depender da atividade metabólica, caracterizado pela taxa metabólica (ver Tabela 6) e do tempo de permanência dos ocupantes. Como podemos observar através da Tabela 6, o ser humano produz calor sensível e latente através da convecção.

Tabela 6 – Carga térmica total, sensível e latente da atividade metabólica do ser humano (adaptado de [6]).

<i>Atividade</i>	<i>Carga térmica total [W]</i>	<i>Carga térmica sensível [W]</i>	<i>Carga térmica latente [W]</i>
<i>Sentado em repouso</i>	95	65	30
<i>Sentado, trabalho de escritório leve</i>	115	70	45
<i>Parado ou a caminhar lentamente</i>	130	75	55
<i>Trabalho físico leve</i>	220	80	140
<i>Trabalho físico pesado</i>	425	170	255

As cargas térmicas dos equipamentos elétricos irão depender da eficiência do motor e do número de horas de utilização. O calor gerado pelo o equipamento é transferido por radiação e convecção (calor sensível) para o ar. Existem outros equipamentos, como exemplo forno a vapor, máquina “banho maria” que produzem calor latente, libertando vapor para o ar.

A energia elétrica consumida pelos equipamentos de iluminação é transformada em calor por radiação e convecção (carga sensível). A carga térmica devida à iluminação irá depender do tipo de iluminação (lâmpadas fluorescentes, incandescentes, halogéneo e LED) e do número de horas de utilização.

As infiltrações são fugas do ar exterior para o interior, as exfiltrações são o processo inverso das infiltrações, por fim a transferência de ar ocorre entre salas. Estes três processos ocorrem devido à diferença de pressão entre dois ambientes distintos que provoca o movimento do ar. A diferença de pressão entre o interior e o exterior do edifício pode ocorrer devido à ação do vento e às diferenças de temperaturas.

Os cálculos das cargas térmicas iniciais baseiam-se na equação elementar de transferência de calor em regime estacionário (equação (3.4)) [6].

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ar} \quad (3.4)$$

Onde,

q – Quantidade de calor transferido [W];

U – Coeficiente global de transmissão de calor [W/m².K];

A – Área da secção [m²];

ΔT_{ar} – Diferença de temperatura entre o exterior e o interior da zona [K].

Esta equação não tem em conta os efeitos da radiação nas cargas térmicas existentes na envolvente do edifício.

Por forma a calcular o coeficiente global de transmissão térmica das envolventes opacas, U (equação (3.6)), é necessário conhecer a condutividade térmica (λ) dos constituintes para calcular a resistência térmica (R_i) (equação(3.5)).

$$R_i = \frac{e_1}{\lambda} \quad (3.5)$$

Em que,

R_i – Resistência térmica do material [m².K/W];

e_1 – Espessura do material [m];

λ – Condutibilidade térmica do material [W/m.K].

Deste modo,

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \quad (3.6)$$

Consideramos que a janela tem uma área de vidro correspondente a 70% e 30% para área do caixilho metálico. Deste modo, o coeficiente de transmissão térmica (U_w) é calculado pela equação (3.7) [27].

$$U_w = 0,7 \times U_{\text{vidro}} + 0,3 \times U_{\text{caixilharia}} \quad (3.7)$$

Onde,

U_{vidro} – Coeficiente de transmissão térmica do vidro [W/m².°C];

$U_{\text{caixilharia}}$ – Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia [W/m².°C];

Para o cálculo térmico é necessário calcular o fator de sombreamento, sendo obtido através da equação (3.8) [12].

$$F_s = \frac{g_T}{0,87} \quad (3.8)$$

Sendo,

F_s – Fator de sombreamento [adimensional];

g_T – Fator solar para vidros duplos [adimensional].

3.2.2. Carrier's Hourly Analysis Program (HAP)

O software *Carrier's Hourly Analysis Program* (HAP) é uma ferramenta informática que permite ajudar os engenheiros na conceção de sistemas de AVAC em edifícios, permitindo [7]:

- Estimar cargas térmicas e projetar sistemas de AVAC;
- Simular o consumo de energia e calcular os custos de energia associados.

O software HAP é acreditado pela norma ASHRAE 140-2004, que avalia as capacidades técnicas e aplicabilidade de cada software. Este utiliza o método de função de transferência

para cálculos de carga térmica e técnicas de simulação detalhadas para análise de energia [7].

Este programa organiza a informação acerca do edifício e dos equipamentos de AVAC associados, em seis categorias [28]:

- Elemento é um componente da estrutura de construção ou uso de construção associado ao ganho ou perda de calor. O elemento é definido pelas características que afetam a transmissão de calor. Como elementos temos janelas, paredes, portas, telhados, claraboias, pisos, divisórias, iluminação, equipamentos elétricos, diversas fontes de calor e infiltração;
- Espaço é uma região do edifício composta por um ou mais elementos e servida por um ou mais terminais de distribuição de ar. Usualmente, um espaço representa uma sala única, onde são introduzidos todos os elementos que caracterizam as transmissões de calor no espaço;
- Zona é um grupo de um ou mais espaços com um único controlo termostático. Em certos sistemas existe um termóstato em cada sala, isto é, cada zona contém uma única sala. Noutras situações, um termóstato pode pertencer a várias salas;
- Sistema Ar é o equipamento e o controlo associado que permite fornecer arrefecimento e aquecimento para uma região do edifício. Este poderá servir uma ou mais zonas. Como exemplo de sistemas ar são ventiloconvectores, split, ventiladores, etc.;
- Central são os equipamento e controlo associado que fornece arrefecimento ou aquecimento a diversos sistemas de ar, sendo estes caldeiras, chillers, etc.;
- Edifício contém todos os sistemas Ar de AVAC considerados. É através da definição do Edifício que se realizam os estudos de análise de energia e custos.

O *HAP System Design Features* calcula as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento necessárias para climatizar os espaços pertencentes ao edifício, a fim de determinar os tamanhos exigidos para os componentes do sistema de AVAC. O programa fornece os parâmetros necessários para selecionar e especificar os equipamentos. Em concreto, o programa permite [28]:

- Calcular as cargas de arrefecimento e aquecimento do projeto para espaços e zonas no sistema de AVAC.
- Determinar os caudais de ar necessário para espaços, zonas e o sistema;

- Determinar tamanho dos permutadores;
- Dimensionar os ventiladores;
- Calcular a potência necessária para chillers e caldeiras.

Antes de utilizar o software *HAP* este recomenda reunir certos elementos à cerca do projeto, sendo estes [28]:

- Dados climáticos do local de construção;
- Características de materiais de construção das paredes, pavimento, cobertura, janelas, portas, dispositivos de sombreamento exterior.
- Dimensões de construção e dados do layout, incluído áreas de paredes, cobertura, janelas, porta e pavimento, orientações de exposição solar e sombreamentos externos;
- Características das cargas internas e definição de horários de utilização;
- Dados relativos aos equipamentos, controlo e componentes de AVAC que serão utilizados em projeto.

O *HAP* está subdividido em cinco menus que permitem a introdução de dados por forma a estimar cargas térmicas, projetar sistemas de AVAC, simular o consumo de energia e calcular os custos de energia associados. Os menus são dados meteorológicos (*Weather Properties*), características dos espaços (*Spaces Properties*), características dos sistemas (*Air Systems Properties*), características das centrais (*Plant Properties*), características do edifício (*Building Properties*) [28]. Para uma melhor facilidade de interpretação de software *HAP*, os menus serão referidos em inglês.

Weather Properties

O *Weather Properties* define as características climáticas de Verão e Inverno do local onde está o edifício, realizando cálculos de [28]:

- Perfis de temperatura e humidade de projeto;
- Perfis de fluxo solar em céu limpo;
- Perfis de cargas térmicas solar em céu limpo.

Na determinação dos perfis de temperatura e humidade do projeto são considerados os perfis de temperaturas e as humidades específicas correspondentes ao dia mais quente de cada mês do ano. As temperaturas definidas pelo software possuem algumas discrepâncias, deste

modo é necessário fazer uma correção das temperaturas médias máximas e mínimas dos vários meses e definir o mês de projeto.

Spaces Properties

Neste menu são definidos os espaços, em cada espaço são definidos todos os elementos necessários à caracterização adequada do espaço, por forma a realizar o cálculo das cargas térmicas no edifício.

O menu *Space Properties* é constituído pelos seguintes separadores [28]:

- Cargas internas onde são definidos a iluminação, equipamentos e pessoas;
- Paredes, janelas, portas e sombreamentos, que existam nas janelas, onde estão definidas as características dos materiais, a orientação e área;
- Cobertura e claraboias onde estão definidas as características dos materiais, a orientação e área;
- Infiltrações de ar;
- Pavimento, onde estão descritas as características dos materiais e qual a “condição”, se o espaço está acima de uma zona climatizada ou não ou se está abaixo do chão;
- Divisórias, permite caracterizar uma parede interior ou divisória de teto que está em contacto com um espaço não climatizado.

As cargas térmicas são calculadas para três propósitos diferentes [28]:

- Para o dimensionamento dos equipamentos de refrigeração, nas condições de arrefecimento no Verão;
- Para o dimensionamento dos equipamentos de aquecimento, nas condições de aquecimento no Inverno;
- Para simulação anual da análise de energia.

Para as condições de arrefecimento, os perfis de carga são calculados com base no dia de projeto de cada mês, usando as condições climáticas definidas do *Weather Properties*, os horários de funcionamento do edifício e o com base no método *Transfer Function Load Method* aprovado pela ASHRAE [28]. Os dados climáticos de design utilizam as temperaturas de projeto, respetivas humidades e condições de radiação solar com céu limpo. Os horários de funcionamento permitem definir a variação das cargas internas. Por fim, o

método de transferência de calor permite estimar cargas térmicas relativamente à envolvente, considerando a natureza transitória dos processos de transferência de calor no edifício.

Para as condições de aquecimento, os perfis de carga são calculados para uma única condição de projeto de aquecimento usando as condições climáticas de inverno mais adversas do local, são desprezadas todas as cargas internas e utilizados os pressupostos de transmissão de calor e infiltrações. As cargas térmicas internas são desprezadas por forma a que o cálculo seja realizado para a pior situação de inverno. A transmissão de calor instantâneo e infiltrações são diretamente convertidas em cargas de aquecimento [28].

Nas simulações de energia, as cargas são calculadas para todas as 8760 horas do ano usando dados meteorológicos de simulação, horários de funcionamento para diferentes dias da semana e com base no método *Transfer Function Load Method* aprovado pela ASHRAE [28]. Os dados meteorológicos reais são usados para realizar uma previsão das necessidades térmicas de aquecimento e arrefecimento. De modo, a avaliar como os sistemas de AVAC do edifício reagem às condições climáticas ao longo do ano. Desta forma, permite gerar estimativas de custo operacional dos sistemas de AVAC.

Air Systems Properties

No menu *Air Systems Properties* é definido o tipo de equipamento, os sistemas e o número de zonas que serão climatizadas, caracterizando o tipo de ventilação.

O menu *Air Systems Properties* é constituído pelo separador *Ventilation Systems Components* onde são descritos os componentes centralmente localizados no sistema, como ventiladores, permutadores de aquecimento e arrefecimento, humidificadores e desumidificadores. No separador *Zone Components* são definidos os espaços a climatizar, temperaturas de conforto, horários de funcionamento [28].

A caracterização dos espaços e dos sistemas irá permitir o correto dimensionamento dos equipamentos de arrefecimento e aquecimento para os sistemas.

Plants Properties

O *Plant Properties* permite definir as centrais térmicas dos sistemas, ou seja, definir quais os sistemas que poderão estar associados entre si. O *HAP* permite definir centrais de água gelada, água quente e vapor. Este menu designa centrais genéricas que são apenas utilizadas

para cálculos de dimensionamentos. Não é necessário informações sobre os componentes ou controles específicos, são utilizados os dados definidos pelos menus anteriormente referidos. As centrais genéricas, não são utilizadas para simulações de energia. Outros tipos de definição de centrais no HAP permitem a simulação do consumo de energia, onde é definido as características dos equipamentos [28].

Building Properties

O menu *Building Properties* contém todos os sistemas de AVAC e outros que possam existir, como por exemplo uso de energia elétrica e equipamentos elétricos. Neste menu é possível definir os custos de energia (eletricidade, gás natural, propano, combustível entre outros) [28].

3.3. Controlo e Instrumentação

Um sistema de AVAC deve permitir que haja regulação dos parâmetros tais como temperatura, caudal, velocidade do ar entre outros. Esta regulação poderá ser feita de forma manual ou automática. O controlo do sistema deve permitir [7]:

- Limitação de temperaturas máximas e mínimas, garantindo conforto;
- Regulação das potências de arrefecimento e aquecimento;
- Hipótese de fecho do sistema em períodos de não utilização;
- Controlo hidráulico.

Existem diferentes tipos de sistemas de controlo e automação desde os sistemas mais complexos tais com Sistemas de Automação e Controlo de Edifícios (BACS – *Building Automation and Control Systems*), Sistemas de Gestão de Edifícios (BMS – *Building Management Systems*), Sistemas de Gestão de Energia (EMS – *Energy Management Systems*) e Sistemas de Gestão de Energia em Edifícios (BEMS – *Building Energy Management Systems*), até ao simples controlo de válvulas termostáticas em radiadores, válvulas automáticas de equilíbrio de caudal, termostatos e programadores horários [11].

Os sistemas de controlo mais complexos são utilizados para edifícios não residenciais, baseando-se em milhares de pontos de dados sendo, nos dias de hoje, controlados por microprocessadores.

Os sistemas de controlo residenciais, usualmente baseiam-se num único termostato, que controla uma caldeira para aquecimento de águas sanitárias, num comando *on-off* da bomba circuladora, num programador horário que permite introduzir horários de funcionamento do equipamento de climatização e de produção de água quente sanitária (AQS). Os sistemas de automação residenciais tendem a serem instalados em imóveis mais caros, onde estes permitem ativação de cortinas e de sistemas audiovisuais, podendo realizar o controlo da temperatura interior através da temperatura exterior, por forma garantir um melhor conforto e a reduzir gasto de energia [11].

Os sistemas de Gestão Técnica Centralizada (GTC) asseguram uma gestão adequada, permitindo monitorizar, controlar, comandar e gerir, de forma integrada diversas instalações existentes num edifício. Este sistema permite gerir as instalações elétricas, de climatização, produção de AQS, de segurança entre outros. O sistema GTC permite automatizar as instalações por forma a diminuir o consumo energético e os equipamentos funcionarem no seu ponto ótimo, satisfazendo as necessidades de conforto [29].

Os GTC permitem uma redução de consumos energéticos, menos emissões de CO₂ e uma melhoria no nível de conforto. Os GTC são fundamentais nos grandes edifícios, estima-se que permitem poupanças na ordem dos 15 a 20%. Para além da redução do custo de energia, estes sistemas permitem enviar avisos e alertas ao serviço de manutenção no caso de anomalia e avaria, de modo a que sejam tomadas as medidas necessária à sua correção [29].

3.4. Sistema Solar Térmico

3.4.1. Energia Solar

O Sol é uma fonte de energia inesgotável. Se considerarmos uma superfície perpendicular à direção Sol-Terra, o Sol emite uma energia equivalente a 1376 W/m², acima da atmosfera, conhecida por constante solar. Na superfície da Terra, após as perdas por absorção e reflexão na atmosfera, a energia proveniente do Sol é cerca de 1000 W/m² [30].

A radiação disponível à superfície terrestre designa-se por radiação global e constituída por radiação direta e difusa. A radiação direta é a radiação que chega diretamente do Sol sem ser obstruída por nenhum obstáculo, não sofrendo mudança de direção. A radiação direta ao chegar à Terra é refletida através do solo e dos objetos circundantes, a esta radiação designa-

se por radiação refletida ou indireta. A refletividade do solo designa-se por albedo, esta depende da composição e cor do solo. A radiação difusa é a radiação recebida indiretamente na superfície da Terra, esta chega aos olhos do observador a partir da difusão de moléculas de ar e partículas de pó [31]. A Figura 13 representa os diversos modos de radiação na atmosfera.

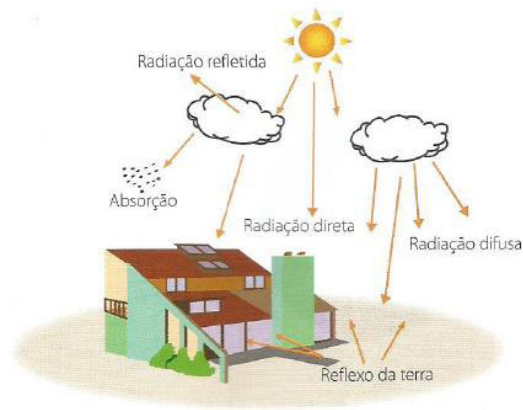


Figura 13 – Radiação na atmosfera [30].

Por forma aproveitar a energia solar é necessário ter conhecimento do valor da radiação global e o número de horas de exposição solar (horas de insolação). Estes dois dados permitem determinar o potencial energético de um determinado local.

Portugal é um dos países da Europa com maior quantidade de radiação global e número de horas médio anula de insolação

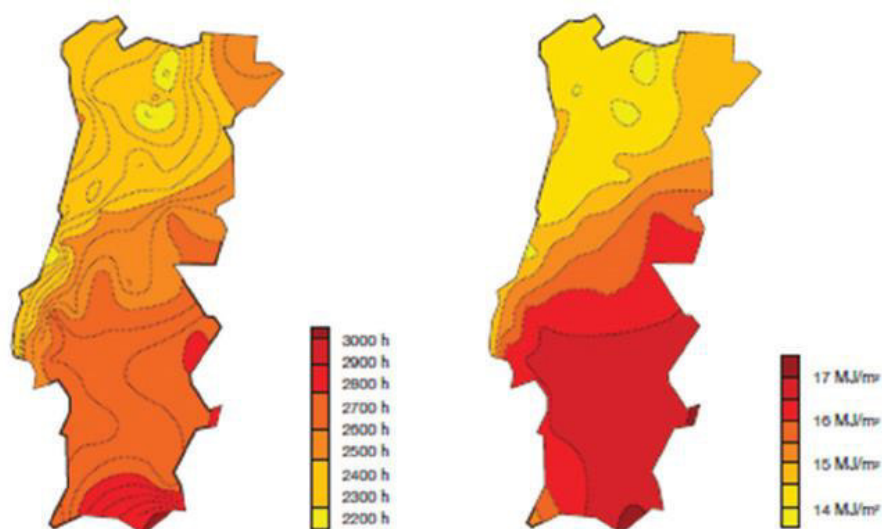


Figura 14 – Número médio anual de horas de insolação e quantidade de radiação global por m^2 para Portugal continental [31].

Como podemos observar na Figura 14, Portugal tem uma insolação solar que varia entre 2200 a 3000 horas de Sol por ano, em termos energéticos, a quantidade de radiação global varia entre 14 a 17 MJ/m² [31].

3.4.2. Legislação e certificação em Portugal

Portugal é um dos países sem reservas petrolíferas. Por forma a diminuir a sua dependência económica e reduzirmos os impactos negativos associados à queima dos combustíveis fósseis, Portugal aposta fortemente nas energias renováveis, tendo foco na energia solar [30].

Devido a Portugal apresentar um clima mediterrânico com elevada insolação solar e quantidade de radiação global, leva a que a energia solar seja um grande potencial para ser utilizada nos edifícios. Deste modo, Portugal criou legislação que permite o aproveitamento da energia solar para o aquecimento do AQS.

Segundo o decreto de lei nº118/2013 de 20 de agosto, artigo 29.º “A instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária num edifício sujeito a grande intervenção é obrigatória sempre que haja exposição solar adequada e desde que os sistemas de produção e de distribuição de água quente sanitária sejam parte dessa intervenção” [12].

O software SCE.ER, indicado pelo despacho do Diretor-geral de Energia e Geologia nº3156/2016, de 1 de março, é de utilização obrigatória para o cálculo da contribuição de sistemas de energia solar (térmica ou fotovoltaica) e para o balanço energético de edifícios. O software implementa metodologias oficiais do Sistema de Certificação Energética do Edifícios (SCE) de acordo com Decreto-Lei nº118/2013 de 20 de agosto (alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº104/2015 de 14 setembro e Decreto-Lei 251/2015 de 25 de novembro).

O *Solar Keymark* é uma marca voluntária de certificação de terceiros para produtos solares térmicos, indicando que o produto está em conformidade com os padrões europeus. O *Solar Keymark* é um esquema de marca europeia CEN/ CENELEC, exclusivamente dedicado a [32]:

- Coletores solares térmicos, certificados com base na norma europeia EN12975 – “*Solar thermal systems and componentes*”;
- Sistemas solares térmicos fabricados em fábrica, certificados com base na norma europeia EN12976 – “*Solar thermal systems and componentes*”.

A norma EN ISO 9806:2013, vem a substituir a norma EN12975-2:2006, que define os métodos de ensaios de coletores solares térmicos [33].

A CERTIF – Associação para a certificação de Produtos, é o único organismo nacional que emite os certificados com a marca *Solar Keymark*.

A Figura 15 representa o símbolo da CERTIF na certificação do produto e a empresa de certificação de terceiros *Solar Keymark*.



Figura 15 – Símbolo da CERTIF (esquerda) e símbolo da Solar Keymark (direita) [34, 32]

3.4.3. Coletores Solares

O coletor solar, como principal componente de um sistema de aquecimento de água, capta energia proveniente da radiação solar transformando em energia térmica, aquecendo a água [30]. Este deverá captar o máximo da radiação solar incidente, devendo possuir uma superfície com elevado grau de absorção e evitar as perdas por convecção, usando isolamento térmico e possuir uma baixa emissividade.

Ao coletor solar estão associados elementos que permitem realizar o adequado aquecimento e fornecimento da água aquecida, sendo estes [30]:

- Sistema de circulação – conjunto de bomba e acessórios, que permitem realizar:
 - A circulação do fluido térmico entre o coletor e o depósito acumulador (circuito primário);
 - A circulação da água quente de consumo entre o depósito acumulador e o consumidor final;
- Depósito acumulador – armazena água quente para consumo;
- Unidade de apoio – sistema complementar de aquecimento, permite assegurar a temperatura da água quando os coletores não conseguem assegurar;
- Unidade de controlo – elementos de regulação que asseguram o correto funcionamento do sistema, por forma a assegurar a temperatura adequada da água para consumo e racionalizar o consumo de energia de apoio.

Num projeto de uma instalação solar térmica é importante respeitar determinados conceitos, sendo estes:

- Instalar coletores suficientes para garantir a captação da energia suficiente [30];
- Garantir a correta orientação e inclinação dos coletores solares;
- Retificar o caudal do fluido térmico, em função da superfície de captação instalada [30];
- O consumo de energia deve realizar-se prioritariamente através da energia solar, só depois deveremos recorrer a energia de apoio. Desta forma, deveremos garantir um uma correta regulação dos aparelhos de regulação e controlo [35].

O coletor solar possui um absorvedor, componente que absorve a radiação solar e transfere a energia térmica para o fluido que nele circula. O absorvedor deverá ter a maior absorvidade e menor emissividade possível [36].

Usualmente, o coletor também é composto por uma cobertura e uma caixa (isolada termicamente) permitindo reduzir as perdas de calor para o exterior. A cobertura transparente, tem como características principais uma elevada transmissividade e consequentemente uma baixa refletividade [36]. A cobertura permite assegurar o efeito de estufa e reduzir as perdas por convecção, assegurar estanquicidade do coletor às intempéries (água, poeiras, vento, gelo neve, choques térmicos, etc.) [35]. O isolamento da caixa pretende reduzir as perdas por condução, esta deve suportar temperaturas elevadas, sendo que por vezes o coletor, pode atingir temperaturas superiores a 150 °C, quando não se encontra em funcionamento [36]. A radiação solar incide na cobertura, por sua vez atravessa para um caixa de ar criando um efeito de estufa consecutivamente na parte superior da placa absorvedora. A Figura 16 representa os componentes que constituem um painel solar plano.

Existem diversas soluções construtivas de painéis solares, mas todos estes possuem sempre um absorvedor e um fluido circulante. Deste modo, a análise do desempenho energético do coletor é definida através de vários parâmetros, sendo os mais relevantes [36]:

- Eficiência do coletor (η) – obtêm-se através da razão entre a energia convertida em calor e a radiação incidente no coletor;
- Eficiência ótica (fator de conversão η_0) – representa a percentagem de radiação incidente no coletor que pode ser convertida em calor, obtêm-se através do produto da transmissividade da cobertura com a absorvidade do absorvedor

- Fator de perdas de calor (η_k) – é a percentagem de perdas de calor devido ao desenho e ao isolamento térmico do coletor. Depende da diferença de temperatura entre o absorvedor e o meio ambiente.
- Temperatura de estagnação é a temperatura máxima que o absorvedor pode atingir e tem lugar quando as perdas de calor para a atmosfera forem iguais ao calor absorvido pelo absorvedor.

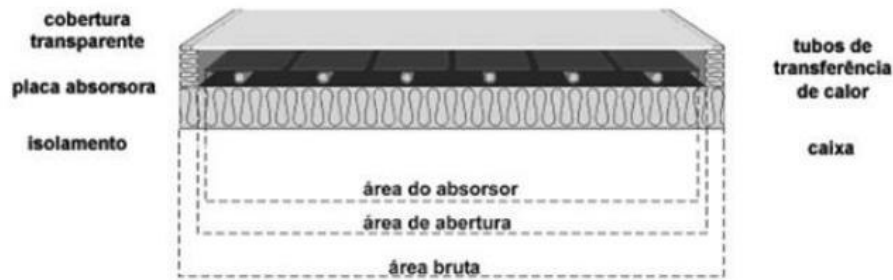


Figura 16 – Componentes de um painel solar plano [36].

O rendimento dos painéis é da ordem dos 30% em relação à radiação total que absorvem. Um dos fatores principais que influencia a energia que o coletor capta é o grau de nebulosidade, quanto maior o grau, menor será o rendimento do sistema, tipicamente o rendimento máximo (céu limpo) do coletor solar é cerca de 70%. O rendimento de um coletor solar depende de [31]:

- Tipo de coletor;
- Intensidade da radiação solar;
- Condutividade térmica do absorvedor;
- Isolamento do coletor;
- Emissividade do absorvedor;
- Possibilidade de armazenar energia;
- Diferença de temperatura entre o exterior e o coletor;
- Eficiência ótica do coletor;
- Comportamento do consumidor relativamente ao consumo de água quente.

Existem quatro tipos de coletores solares térmicos mais utilizados, sendo estes: coletor solar simples, coletor solar plano, coletores de tubo de vácuo e concentradores solares.

Os coletores solares simples são constituídos apenas pelo absorvedor, como podemos observar na Figura 17. São coletores com pouca eficiência se forem utilizados para aquecer o fluido térmico a temperaturas elevadas, pois têm elevadas perdas térmicas com o exterior. Caso se pretenda uma temperatura baixa, próxima da temperatura ambiente, as perdas de carga serão reduzidas, obtendo uma melhor eficiência. Assim os coletores solares simples são mais vantajosos em aplicações de aquecimento de piscinas [36]. A grande vantagem destes coletores é serem de fácil aplicação e mais económicos em relação a outros [36].



Figura 17 – Exemplo de coletor simples para aquecimento de piscinas [36].

O coletor solar plano é constituído por uma cobertura, uma placa absorvedora e uma caixa isolada para evitar as perdas de calor, como podemos observar na Figura 18. Na placa absorvedora solda-se uma serpentina de tubos onde circula o fluido térmico [35]. Os absorvedores podem ser em chapa moldada, de tubos prensados ou de tubos soldados. Os tubos soldados poderão ser em “serpentina” ou em “harpa” [36].

Os coletores solares planos de baixa temperatura são utilizados quando se pretende, temperaturas do fluido térmico inferiores a 80 °C. Normalmente são utilizados para o aquecimento do AQS, em que se pretende a temperatura da água de consumo na ordem dos 60 °C [36]. Para aquecimento ambiente e AQS são utilizados coletores solares planos de alta temperatura que conseguem funcionar com boa eficiência a temperaturas entre os 80 °C a 100 °C [36].

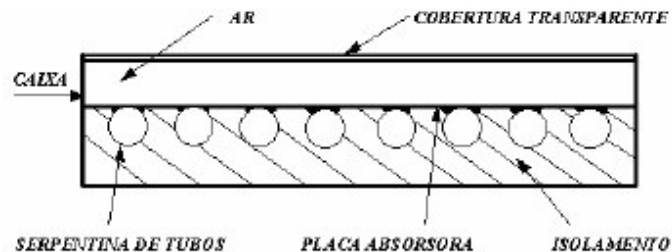


Figura 18 – Constituição do coletor solar plano [35].

Os coletores de tubo de vácuo são painéis planos em que o fluido térmico circula no interior dos tubos concêntricos, como se observa através da Figura 19.

O interior do tubo concêntrico é de cor escura para absorver a radiação solar e o exterior é de vidro para ser “transparente” à radiação solar e opaco à própria radiação, ou seja, deixa passar a radiação para o interior, mas esta não é refletida para o exterior. Entre os dois tubos existe vácuo que permite aumentar o efeito de estufa, pois foram anulados os efeitos de condução e convecção, existindo apenas perdas através de radiação (Figura 19) [36].

Os tubos coletores de vácuo apresentam valores de eficiência ótica mais baixos que os coletores planos devido à forma do tubo ($0,6 < \eta_0 < 0,8$) [36]. Estes coletores podem atingir temperaturas próximas dos 100 °C, podendo ser utilizados no aquecimento de AQS e no aquecimento do gerador dos sistemas frigoríficos de adsorção.

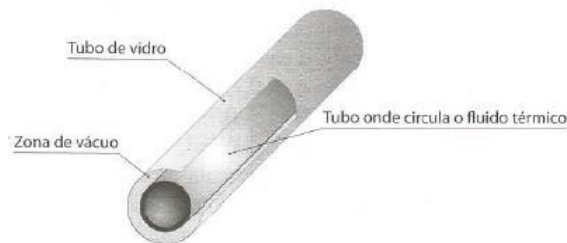


Figura 19 – Tubo de vácuo de um coletor [36].

Os concentradores parabólicos possuem uma superfície do tipo parabólico que permite uma concentração dos raios solares para a zona de captação de energia radiante, permitindo a obtenção de temperaturas que podem ultrapassar os 300 °C. Estes coletores podem ser do tipo cilíndricos ou de revolução, que são utilizados em centrais solares térmicas [36]. A Figura 20 representa coletores parabólicos compostos, onde os raios solares ao incidirem na superfície refletora seguem na direção do foco da parábola.

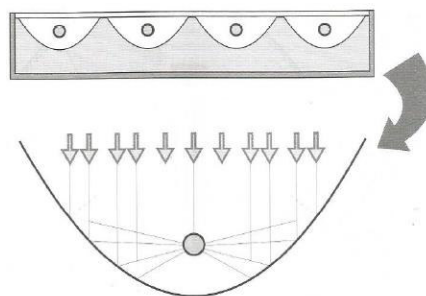


Figura 20 – Exemplo de coletores parabólicos compostos [36].

3.4.4. Tipos de Sistemas Solares Térmicos

A transferência de energia captado pelos coletores para o fluido térmico pode ser realizado de duas formas através de circulação natural (termossifão) ou por circulação forçada.

A escolha entre circulação natural ou circulação forçada dependerá da carga energética a cobrir, do tipo de hidráulica e das condicionantes do local destinado à instalação [35].

Sistema termossifão

O sistema de circulação natural, denominado de termossifão é um sistema autorregulador e isento de partes mecânicas ou sistema de controlo, deste modo a instalação é mais barata e não estando sujeitas a avarias mecânicas. Este sistema é aconselhável para instalações de dimensões mais reduzidas, onde a produção de água quente sanitária é mais baixa, pois este sistema é limitativo em termos de produtividade solar, de capacidade de armazenamento e de área de captação [35]. A Figura 21 representa o circuito hidráulico do sistema termossifão, onde podemos observar como a água circula no sistema e é aquecida.

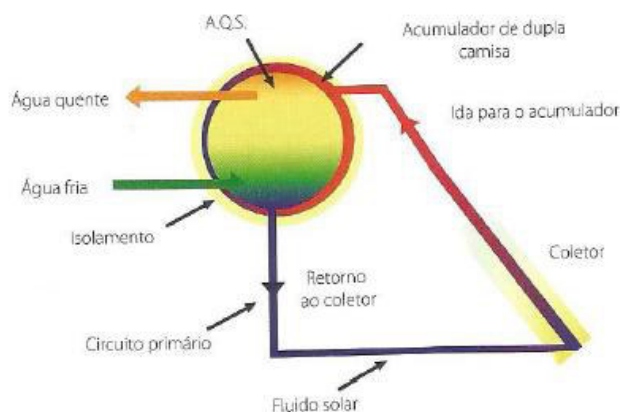


Figura 21 – Circuito hidráulico do sistema termossifão [30].

Quando a radiação solar incide no coletor, a temperatura do fluido aumenta percorrendo a tubagem do circuito primário. O aumento da temperatura faz baixar a densidade do fluido, deste modo o fluido quente ascende do coletor para o depósito e o fluido frio desce para o coletor, este fenómeno de convecção natural vai permitir a circulação do fluido, como podemos observar a Figura 22 [30]. Quanto maior for a radiação solar, maior será o caudal e se não existir radiação ou a temperatura da água no coletor não for superior à do depósito, a circulação do fluido não acontecerá. O fluido ao percorrer o permutador do acumulador,

transfere energia sob a forma de calor, aquecendo a água de consumo que se encontra dentro do permutador.

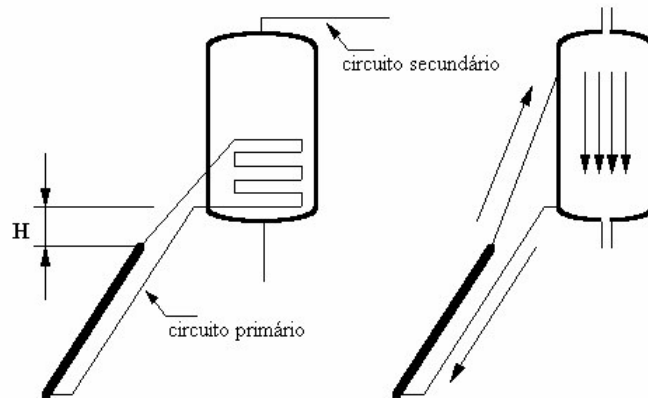


Figura 22 – Sistema termostificação [35].

Durante a noite a circulação pode inverte-se, arrefecendo a água do depósito. Para o evitar, deve existir um desnível de cerca de 30 cm (dimensão H) para que o termostifão funcione corretamente, sem existir a possibilidade de inversão da circulação durante a noite. Outra alternativa, será instalar uma válvula de retenção que impeça esta inversão sem prejudicar o termostifão direto [35].

Sistema de circulação forçada

Num sistema de circulação forçada o transporte de energia através do fluido térmico entre os coletores e o depósito acumulador realiza-se através de uma bomba circuladora. Deste modo, é possível aquecer um maior volume de água, permitindo ter uma maior área do campo de coletores.

O depósito poderá ser instalado a um nível inferior aos coletores e sem limites de distância. A circulação do fluido térmico será promovida através da bomba circuladora que acionará quando existir uma diferença de temperaturas entre o fluido térmico dos coletores e o fluido térmico do depósito [30].

A circulação forçada pode realizar-se por transferência direta ou indireta, como podemos observar na Figura 23. Por transferência direta não existe separação hidráulica entre o primário e o secundário, pelo que a água aquecida nos coletores é diretamente enviada para consumo. Por transferência indireta, existe separação hidráulica entre os dois circuitos. Deste

modo, a água proveniente dos coletores passa através de um permutador de calor dentro do coletor e transfere a sua energia térmica para a água de consumo [30].

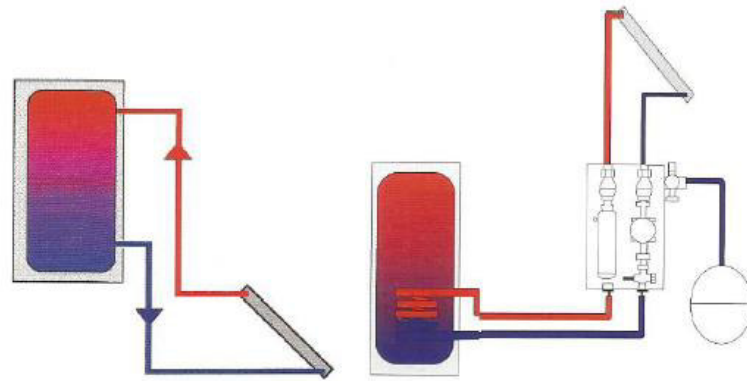


Figura 23 – Sistema de circulação forçada – circuito direto (imagem da esquerda) e circuito indireto (imagem da direita) [30].

A circulação forçada por transferência direta é um circuito mais simples e com um rendimento superior, contudo apresenta diversos inconvenientes que tornam a sua utilização desaconselhável, sendo estes [30]:

- Os materiais utilizados nos coletores e em todo o circuito não devem ser nocivos, por forma a não poluir a água para consumo humano;
- Risco de congelamento e conseqüente danificação do equipamento;
- Risco de corrosão devido a uma constante oxigenação interior da instalação;
- Risco de incrustações de calcário pela dureza e qualidade da água.

Ao instalar diversos coletores é necessário garantir o equilíbrio hidráulico entre estes. Para uma distribuição uniforme do caudal é benéfico que todas as fileiras de coletores tenham o mesmo número de coletores, garantindo iguais perdas de carga em todas as fileiras. Deste modo, existem duas formas de garantir o equilíbrio hidráulico:

- Efetuar o retorno invertido no traçado da tubagem;
- Aplicar válvulas de balanceamento com caudalímetro em cada conjunto de coletores.

A ligação entre coletores poderá ser em série ou paralelo ou paralelo de canais.

3.4.5. Simulação

O software SCE-ER permite apenas a definição de requisitos mínimos e de verificação regulamentar, para sistemas de aproveitamento de fontes de energia renováveis. O programa não foi concebido para o pré-dimensionamento, este apenas avalia configurações gerais dos sistemas de aproveitamento de fontes de energia renovável e coloca o seu foco nos parâmetros técnicos que são dominantes no desempenho energético [37]. Deste modo, neste trabalho foi utilizado o software SolTerm no dimensionamento do sistema solar térmico, pois permite realizar a análise de desempenhos e pré-dimensionamento de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, vocacionado para o clima de Portugal [38].

Este é utilizado para dar apoio e sustentar estudos de viabilidade da utilização da energia solar, otimização de componentes e sistemas, análise e elaboração de cadernos de encargos para obras [38].

A análise de desempenho de um sistema solar é realizada através da simulação energética em condições quase estacionárias, sendo simulados os balanços energéticos em intervalos curtos (5 minutos), durante os quais é considerado constante o estado do ambiente e o do sistema [38].

Para a simulação energética é necessário ter informações à cerca de [38]:

- Configuração do sistema;
- Estratégia de controlo e operação;
- Radiação solar horizontal e temperatura ambiente em base horária;
- Obstruções, sombreamentos, albedo das redondezas, turbidez da atmosfera;
- Características técnicas dos componentes pertencentes ao sistema;
- Consumo do sistema em base horária média mensal.

O software possui um banco de informações climáticas dos concelhos de Portugal e dados dos coletores e “kit” de sistemas solares térmicos. Com o SolTerm é possível ensaiar qualquer sistema variando os parâmetros acima mencionados, por forma a conseguir um correto dimensionamento dos sistemas solares. Este disponibiliza também análise económica e análise de benefícios Energia-Ambiente. O software gera relatórios da climatologia, das análises de desempenho energético, económico e ambiental [38].

3.5. Dimensionamento hidráulico

3.5.1. Dimensionamento de tubagem

O dimensionamento da rede hidráulica pretende determinar a altura manométrica da bomba circuladora e determinar os diâmetros de tubagem. No dimensionamento da tubagem a perda de carga linear deve ser inferior a 250 Pa/m e com velocidades da água inferiores a 1,5 m/s. O diâmetro nominal da tubagem é definido de modo a garantir as condições de velocidade e perda de carga linear adequadas, sendo o diâmetro nominal obtido através do ábaco (ver Figura 24).

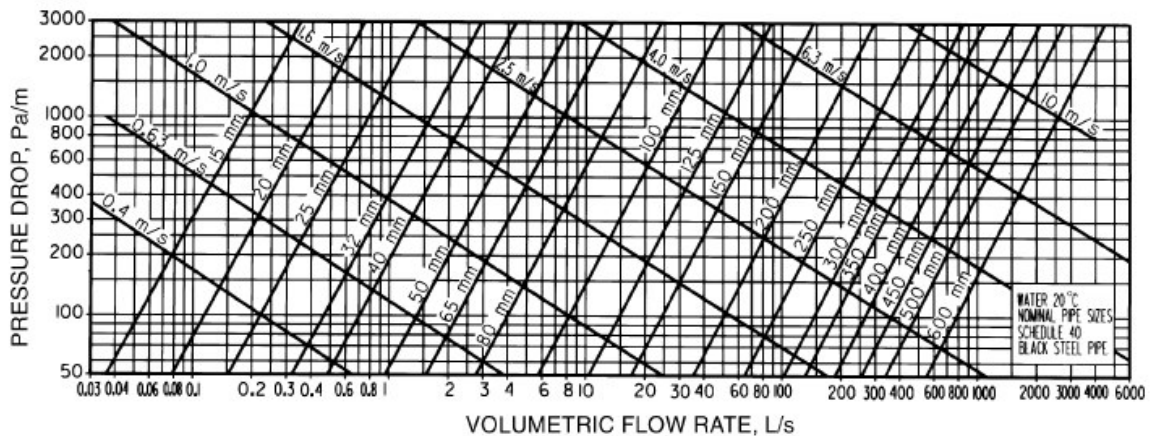


Figura 24 – Ábaco para cálculo de diâmetros para tubagens em aço consoante a perda de carga e o caudal de água [39].

As perdas de carga na tubagem podem ser de dois tipos:

- Perda de carga distribuída – perda de carga devido à fricção do fluido com a parede do tubo ao longo do escoamento;
- Perda de carga localizada – perda de carga devido às variações de velocidade do escoamento ou a mudanças abruptas da direção do escoamento (como exemplo tês, curvas, derivações, etc.) e perdas de carga relativamente aos equipamentos que existem ao longo da rede hidráulica (como baterias, depósitos, vasos de expansão, válvulas, etc.).

A perda de carga linear em todos os troços é calculada através da equação de Hazen-Williams (equação (3.9)) [39].

$$\Delta P = 6,819 \times L \times \left(\frac{V}{C} \right)^{1,852} \times \left(\frac{1}{D_i} \right)^{1,167} \times \rho \times g \quad (3.9)$$

Onde,

ΔP – Perda de carga total linear [Pa];

L – Comprimento [m];

V – Velocidade da água [m/s];

C – Coeficiente de rugosidade ($C_r=150$ para tubagem de plástico e cobre);

D_i – Diâmetro interno da tubagem [m];

ρ – Massa específica [kg/m³];

g – Aceleração gravítica [m/s²].

A perda de carga localizada devido a curvas, derivações e válvulas é dada pela equação (3.10) [39]:

$$\Delta p = K \rho \left(\frac{V^2}{2} \right) \quad (3.10)$$

Em que,

K – Coeficiente de perda que depende da geometria e do tamanho.

3.5.2. Bombas circuladoras

Bombas circuladoras ou circuladores são bombas centrífugas utilizadas normalmente para sistemas solares térmicos, caldeiras murais e bomba de calor para produção de água quente sanitária [13].

As bombas circuladoras permitem assegurar a disponibilidade e circulação de água em toda a rede hidráulica e fornecer energia suficiente que permita vencer as perdas de cargas existentes na rede hidráulica [13]. Para a seleção de bombas circuladoras é necessário definir os seguintes parâmetros:

- Caudal de água;
- Perda de carga para o troço mais desfavorável;
- Tipo de aplicação da bomba (aquecimento, arrefecimento, águas residuais, entre outros).

Outros parâmetros a ter em conta são a potência (potência motriz, potência de elevação e potência útil), rendimentos da bomba (rendimento mecânico, rendimento hidráulico e rendimento total) entre outros. Numa bomba centrífuga pequena o rendimento total ronda os 40 a 60% [13].

Para um melhor funcionamento da bomba é adotado diversas soluções, das quais [13]:

- Regulação de caudal através de uma válvula modulante;
- Redução do diâmetro do rotor;
- Motor com diversas frequências (2, 3 ou 4);
- Variação de velocidade por frequência.

O ponto de funcionamento ótimo de uma bomba encontra-se representado na Figura 25.

Na Figura 25 encontram-se representadas a curva característica da bomba, curva do sistema, curva de rendimento da bomba e a curva de potência.

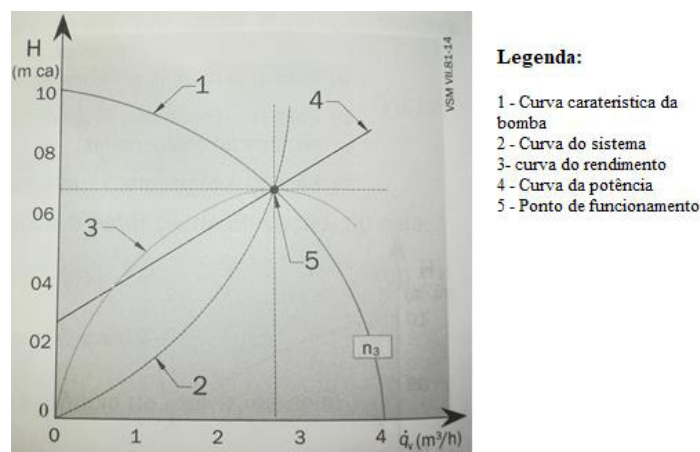


Figura 25 – Ponto ótimo de funcionamento da bomba (adaptado de [13]).

3.5.3. Depósitos de inércia

Os depósitos de inércia têm como principal função o armazenamento de água fria ou quente, para o aumento de inércia térmica dos sistemas de arrefecimento e aquecimento.

Para o dimensionar o depósito de inércia é realizado o cálculo do caudal no primário através da equação (3.11):

$$\dot{V} = \frac{\dot{P}}{cp_1\Delta T_1} - \frac{\dot{C}}{cp_2\Delta T_2} \quad (3.11)$$

Onde:

\dot{V} – Caudal instantâneo [l/s];

\dot{C} – Consumo mínimo da instalação (instantâneo) [kW];

\dot{P} – Potência do Chiller/Bomba de Calor (instantâneo) [kW];

cp_1 – Calor específico da água junto ao Chiller/Bomba de Calor [kJ/kg.K];

ΔT_1 – Diferença de temperatura da água (entrada e saída do Chiller/Bomba de Calor) [°C];

cp_2 – Calor específico da água junto ao depósito de AQS [kJ/kg.K];

ΔT_2 – Diferença de temperatura da água (entrada e saída da água na serpentina de aquecimento do depósito de AQS) [°C].

Considerando que não existem muitas perdas de energia ao longo da tubagem, podemos considerar que o calor específico da água e a diferença de temperaturas são semelhantes. Deste modo, a equação pode ser simplificada, como podemos observar na equação (3.12).

$$\dot{V} = \frac{\dot{P} - \dot{C}}{cp\Delta T} \quad (3.12)$$

O volume do depósito de inércia obtém-se através da equação (3.13).

$$V_{DI} = \dot{V} \Delta t_{min} \quad (3.13)$$

Onde,

V_{DI} – Volume do depósito de inércia [m³];

Δt_{min} – Tempo mínimo de funcionamento da instalação [s].

Podemos considerar um tempo mínimo de funcionamento de 5 minutos.

3.5.4. Vasos de expansão

Os vasos de expansão têm a função de compensar o aumento de volume da água provocado pela subida de temperatura da água. Para o dimensionamento do vaso de expansão utilizou-se o cálculo recomendado pela *Caleffi* [40]

O volume de um vaso de expansão fechado de membrana para a instalação calcula-se através da equação (3.14) [40].

$$V_{VE} = \frac{e \times V_{int}}{1 - \frac{P_i}{P_f}} \quad (3.14)$$

Onde,

V_{VE} – Volume do vaso de expansão [l];

e – Coeficiente de expansão da água. Calculado com base na máxima diferença entre a temperatura da água na instalação a frio e a máxima em funcionamento [adimensional];

V_{int} – Conteúdo total de água da instalação [l];

P_i – Pressão absoluta inicial [bar], à cota a que é instalado o vaso, representada pela pressão hidrostática (P_h) + 0,3 bar + pressão atmosférica (1 bar);

P_f – Pressão absoluta final [bar] representada pela pressão máxima de exercício da instalação + pressão atmosférica (1 bar).

A Tabela 7 define o coeficiente de expansão “ e ”, consoante a variação da temperatura relativamente à temperatura de 4 °C.

Tabela 7 – Tabela do coeficiente “ e ”, com a variação da temperatura relativamente à temperatura de 4°C ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$) (adaptado de [40]).

<i>Temperatura [°C]</i>	<i>Coeficiente “e”</i>
0	0,00013
10	0,00025
15	0,00085
20	0,00180
25	0,00289
30	0,00425
35	0,00582
40	0,00782
45	0,00984
50	0,01207
60	0,01447

3.6. Dimensionamento aeráulico

O principal objetivo do ventilador é fornecer uma quantidade de energia ao ar, gerando uma pressão estática suficiente para vencer as perdas do sistema (energia potencial) e uma pressão dinâmica para manter o ar em movimento (energia cinética para gerar velocidade do ar) [13].

Um ventilador possui um motor de acionamento, geralmente elétrico, dispositivos de controlo próprios dos mesmos, que permitem o arranque, regulação de velocidade, um rotor em contacto com o ar, ao qual transmite energia, entre outros componentes [13].

O ventilador é constituído por um rotor dotado de pás adequadas para cada tipo de instalação, as quais são acionadas por um motor elétrico que permite a transformação de energia mecânica do rotor em energia cinética, graças a energia adquirida pelo fluido, este vai ser capaz de fluir através de redes de condutas, vencendo as perdas de carga existentes na conduta [13].

As características mais importantes de um ventilador são caudal de ar, pressão estática, potência absorvida e nível sonoro [13].

A pressão estática representa a componente associada à energia potencial que o ventilador terá de vencer, sendo a força por unidade de superfície exercida em todas as direções independentemente da direção da velocidade [13].

Existem diversos métodos de dimensionamento de condutas para sistemas de baixa velocidade, sendo estas o método de perda de carga constante, o método do balanço da capacidade e o método de recuperação estática [41].

O método da perda de carga contante pode ser utilizado para o dimensionamento da conduta de extração e o cálculo da perda de carga da mesma. Neste método, as condutas são dimensionadas para uma perda de pressão contante por unidade de comprimento. A área sombreada no gráfico da perda de carga (ver Figura 26) sugere os diâmetros de conduta para perda de carga baixas com velocidades de ar admissíveis. Após o dimensionamento inicial de condutas, é realizado o cálculo da perda de carga total para todas as secções da conduta [41].

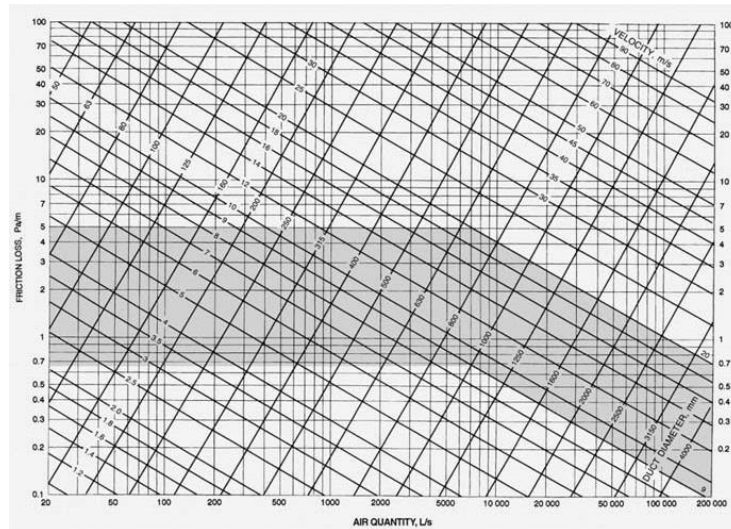


Figura 26 – Gráfico da perda de carga para conduta circular ($\rho=1,20\text{kg/m}^3$ e $\varepsilon=0,09\text{mm}$) [41].

No presente trabalho foram dimensionadas condutas de extração consoante a método da perda de carga constante, no subcapítulo 4.4. sendo os outros métodos aplicados para condutas de insuflação.

Capítulo 4. Caso de Estudo

O presente caso de estudo refere-se a uma moradia de habitação unifamiliar de tipologia T4, localizada no concelho Cascais. Este pretende climatizar a moradia e realizar o apoio ao sistema Solar Térmico, no aquecimento do AQS.

Neste capítulo será realizado o dimensionamento dos equipamentos de climatização, através da quantificação das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, assegurando o conforto térmico no interior da habitação, sem dispêndio excessivo de energia. Para além disso será realizada uma análise energética e económica de três sistemas de climatização que poderiam ser utilizados no edifício.

A habitação é composta por três pisos, com três quartos, três salas, uma cozinha, cinco instalações sanitárias e um sótão. Na Figura 27 podemos observar o edifício residencial em estudo.



Figura 27 – Visualização 3D da moradia a reabilitar (adaptado de [42]).

4.1. Produção de Água Quente Sanitária

O sistema Solar Térmico é um sistema de circulação forçada constituído por dois coletores solares planos, um depósito de água com capacidade de 350 L, duas bombas circuladoras e um sistema de aquecimento que depende da seleção do sistema de climatização que tem como objetivo colmatar a falta de água quente proveniente do sistema Solar Térmico. A seleção de coletores solares planos deve-se a estes serem adequados para aquecimento do

AQS e possuírem um bom rendimento, comparativamente aos outros tipos de coletores mencionados no subcapítulo 3.4.3.

A Figura 28 representa o diagrama esquemático do sistema solar térmico, definido no software Solterm.

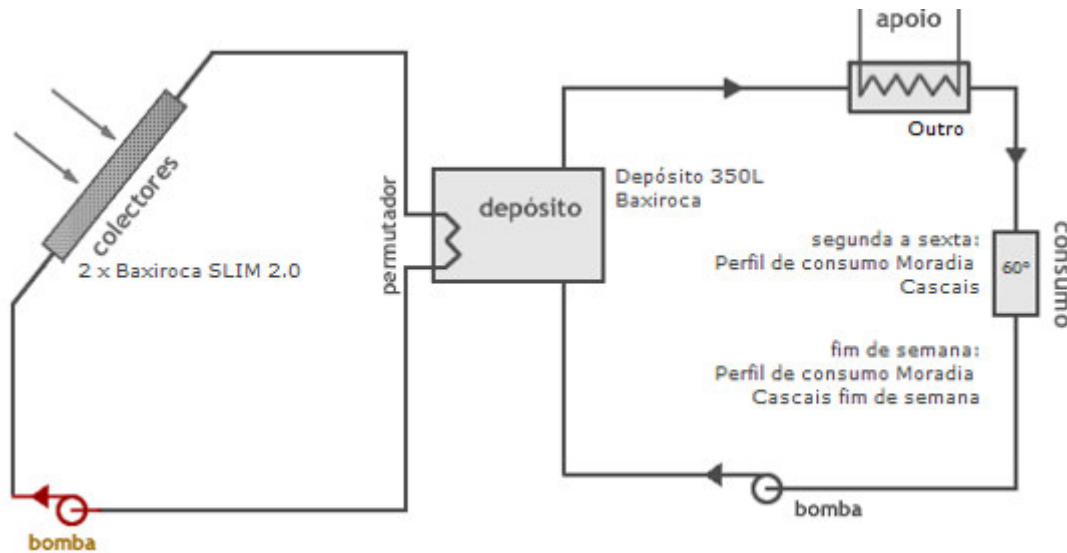


Figura 28 – Diagrama esquemático do sistema Solar Térmico [43].

Os coletores solares seleccionados são do modelo SLIM 2.0 da marca BAXIROCA com as seguintes características [44]:

- Rendimento ótimo – $\eta_0=0,732$;
- $a_1=3,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$ (parâmetros de ensaio);
- $a_2=0,017 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$ (parâmetros de ensaio);
- Área de abertura $a=1,92\text{m}^2$.

Segundo o Guia de Utilização do software SCE.ER, recomenda o consumo de 40 litros por dia por pessoa. Sendo uma moradia de tipologia T4, considerou-se que moram 5 pessoas, deste modo o consumo médio diário de referência é de 200 litros [37]. Este consumo médio foi distribuído ao longo do dia.

Para o dimensionamento do sistema solar térmico recorreu-se ao programa Solterm, versão 5.1.3.

A análise energética do programa Solterm indica que para o melhor desempenho dos coletores estes devem ser colocados com um ângulo de inclinação de 30°, e orientação azimute Sul. Deste modo, com as características do sistema acima referidas, o programa Solterm obteve os resultados mensais e anual do consumo de energia, fornecimento de

energia por parte do sistema solar e energia necessária do sistema de apoio (Bomba de Calor), como podemos observar na Tabela 8.

Tabela 8 – Balanço energético mensal e anual., relatório do Solterm.

<i>Meses</i>	<i>Radiação Horizontal⁶</i> <i>[kWh/m²]</i>	<i>Radiação Inclinação⁷</i> <i>[kWh/m²]</i>	<i>Desperdiçado⁸</i> <i>[kWh]</i>	<i>Fornecido⁹</i> <i>[kWh]</i>	<i>Carga¹⁰</i> <i>[kWh]</i>	<i>Apoio¹¹</i> <i>[kWh]</i>
<i>janeiro</i>	46	70	0	11	334	223
<i>fevereiro</i>	61	85	0	123	300	176
<i>março</i>	97	120	0	163	328	165
<i>abril</i>	131	142	0	179	312	133
<i>maio</i>	167	168	0	213	315	102
<i>junho</i>	166	159	0	191	296	104
<i>julho</i>	185	182	0	222	298	76
<i>agosto</i>	173	182	0	233	297	64
<i>setembro</i>	123	145	0	198	291	92
<i>outubro</i>	87	115	0	165	310	146
<i>novembro</i>	55	83	0	123	313	190
<i>dezembro</i>	40	62	0	98	332	234
<i>Total</i>	1329	1512	0	2019	3725	1706

A fração solar obtida foi 54,2%, com um rendimento global anual do sistema de 35% e uma produtividade de 526kWh/(m² coletor), dados obtidos através da simulação do Solterm. O valor da fração solar obtido é relativamente baixo, sendo habitual valores na ordem dos 70%.

⁶ Radiação Horizontal – energia da radiação solar global na horizontal

⁷ Radiação Inclinação – energia da radiação global no plano dos coletores

⁸ Desperdiçado – energia acumulada em excesso, dissipada

⁹ Fornecido – energia fornecida ao consumo pelo sistema solar

¹⁰ Carga – energia pedida pelo consumidor

¹¹ Apoio – energia fornecida pelo sistema de apoio

Não é possível melhorar a orientação dos coletores, pois só existe um local a posicionar os coletores.

No Anexo A estão descritos todos os dados e cálculos pertencentes ao circuito Solar Térmico e ao circuito AQS, sendo o cálculo da perda de carga da bomba circuladora descrito no subcapítulo 4.3. e no Anexo D.

4.2. Modelação dos sistemas no HAP

4.2.1. Caracterização dos espaços

A moradia em estudo localiza-se na região climática NUTS 3, Grande Lisboa (latitude de 38,8°, longitude de 9,1° e altitude de 122,8m). As condições climáticas exteriores de projeto são temperaturas de bolbo seco de 32,0 °C no verão e de 3,5 °C no inverno [45].

Nesta moradia foi realizada uma reabilitação a nível das paredes e cobertura por forma a melhorar a inércia térmica, minimizando a transferência de calor com o exterior. Na Tabela 9 podemos observar os coeficientes globais de transmissão térmica que caracterizam as envolventes opacas, estando no Anexo B o cálculo dos seus coeficientes globais de transmissão térmica. Na definição dos espaços também foram contabilizadas vãos e sombreamentos existentes, mas a sua descrição não foi efetuada devido ao seu menor peso térmico, sendo este verificado através do relatório do software HAP.

Tabela 9 – Coeficientes globais de transmissão térmica das envolventes opacas da moradia.

<i>Envolvente opaca</i>	<i>Coeficiente global de transmissão térmica U [W/m².K]</i>
Parede exterior 1	0,330
Parede exterior 2	0,334
Parede exterior 3	0,393
Parede exterior 4	0,370
Parede interior	0,362
Pavimento em contacto com o terreno	0,438
Cobertura	0,360
Cobertura com telhado	0,338
Varanda	0,396

As cargas internas existentes nos espaços devem-se a pessoas, equipamentos e iluminação (ver Tabela 10).

Tabela 10 – Cargas internas de iluminação e equipamentos dos espaços climatizados.

<i>Espaço</i>	<i>Carga de iluminação [W]</i>	<i>Equipamentos</i>	<i>Carga interna de equipamentos [W]</i>
<i>0.01 – Circulação</i>	20	Telefone sem fios	14
<i>0.04 – Sala de Jantar</i>	40	-	-
<i>0.05 – Study</i>	60	Impressora, PC e LCD	140
<i>0.06 – Sala de Estar</i>	40	TV LED 55'	27,3
<i>0.07 – Cozinha</i>	70	Frigorífico, micro-ondas, TV LED 55' e forno	197
<i>1.10 – Quarto 1/ 1.14 – Suíte/ 1.15 – Quarto</i>	30	TV e Portátil	46
<i>2.17 – Sala de Jogos</i>	50	TV LED 55' e portátil	61

A cada tipo de carga interna está associado um horário de funcionamento. O horário de funcionamento foi definido para uma família de 5 pessoas.

4.2.2. Definição dos sistemas de climatização

Inicialmente foi idealizado um sistema de superfície radiante para além dos sistemas abaixo mencionados. Este permitiria realizar a climatização (o arrefecimento e o aquecimento) da moradia. No subcapítulo 4.5. foi realizada a análise das necessidades de aquecimento e arrefecimento por metro quadrado para sistema de pavimento radiante e sistema parede. A solução não foi concebida pois não eram cumpridas as capacidades máximas admissíveis de arrefecimento em cada espaço, ou seja, nos espaços a climatizar existia uma maior necessidade de arrefecimento sensível por metro quadrado do que era permitido segundo a norma EN 15377-1.

O projeto contemplou três tipos de soluções para climatização da moradia, sendo estas:

- Unidades interiores com unidade exterior VRF, com recuperação de calor (Sistema A);

- Ventiloinconvectores com Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor (Sistema B);
- Ventiloinconvectores com Chiller/Bomba de Calor reversível (Sistema C).

Os sistemas encontram-se representados através de diagramas de princípio que permitem ao utilizador compreender o seu funcionamento (ver Anexo F).

O sistema A possui um VRF que permite climatizar os espaços da moradia através de unidades interiores de expansão direta e produzir água quente sanitária a 60 °C através de um módulo de AQS, que funciona como bomba de calor. Este sistema permite recuperar calor quando está em modo de arrefecimento nas unidades interiores, sendo a energia absorvida dos espaços transferida para o módulo de AQS ou para outras unidades interiores (quando a necessidade de arrefecimento é superior à necessidade de aquecimento). Em modo de aquecimento as unidades interiores transferem energia térmica para as unidades interiores, quando a necessidade de aquecimento é superior à de arrefecimento.

O sistema B possui um Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor, que fornece energia térmica para climatizar os espaços através de ventiloinconvectores a 2 tubos e produzir AQS. O Chiller/Bomba de Calor permite apenas produzir AQS até 45 °C, sendo necessário introduzir uma resistência elétrica que permite aquecer a água de 45 °C a 60 °C. Quando as necessidades de aquecimento são elevadas e a recuperação de calor por parte das unidades interiores (em modo de arrefecimento) é insuficiente, este sistema dá prioridade às necessidades de aquecimento, particularmente em AQS.

O sistema C possui um Chiller/Bomba de Calor reversível, que realiza a climatização dos espaços através de ventiloinconvectores a 2 tubos e fornece energia térmica para produção de AQS. Este sistema dá prioridade às necessidades de aquecimento.

Os sistemas foram dimensionados para uma moradia com as seguintes condições exteriores de projeto: Verão – temperatura seca de 32 °C e 32,7% de humidade relativa; Inverno – temperatura seca de 3,5 °C e 84,9% de humidade relativa [45]. No dimensionamento das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos pertencentes aos sistemas de climatização foram considerados que ambos os sistemas possuem as mesmas condições interiores de projeto. Sendo as gamas de temperaturas operativas de conforto recomendadas, segundo a norma EN15251:2007, para uma residência de categoria II de 20 °C a 25 °C em aquecimento e 23 °C a 26 °C em arrefecimento (segundo a Tabela 3) [10].

Na Tabela 11 estão representados os dados introduzidos no System do HAP para cada um dos sistemas. Esses parâmetros são idênticos em ambos os sistemas, possibilitando uma correta análise energética. De notar que as centrais de Chiller/Bomba de Calor reversível e Chiller/Bomba de Calor com recuperação são comuns aos dois sistemas introduzidos no *Systems* do programa HAP.

Tabela 11 – Inputs introduzidos no menu System do HAP para os diversos sistemas.

	<i>Inputs – Sistema A</i>	<i>Inputs – Sistema B e C</i>
Tipo de Equipamento	Terminal Units	Terminal Units
Tipo de sistema	Variable Refrigerant Flow	2 tubos Fan Coil
Número de espaços a climatizar	9 espaços	9 espaços
Temperatura de projeto no Verão	24°C±2°C	24°C±2°C
Temperatura de projeto no Inverno	22°C±2°C	22°C±2°C
Temperatura de insuflação, bateria de frio	14°C	14°C
Fator Bypass	0,1	0,1
Temperatura de insuflação, bateria de aquecimento	35°C	35°C
Ventilação	Modo contínuo (Fan On)	Modo contínuo (Fan On)
Diferença de temperatura de entrada e saída da água (aquecimento e arrefecimento)	5K	5K
Fatores de segurança (Carga de arrefecimento sensível e latente)	5%	5%
Fatores de segurança (Carga de aquecimento)	10%	10%

Relativamente ao sistema A, o software HAP apenas permite definir o sistema de expansão direta, no menu *System*, para a climatização dos espaços, não tendo a opção do *Service Hot Water* que existe nas centrais a água, no menu *Plant* que define a bomba de calor para aquecimento das águas sanitárias. De modo a ultrapassar a lacuna do programa, foi definido um espaço, no *Spaces* do HAP, no qual se inclui apenas uma carga sensível “negativa”, que representa a potência necessária que a unidade exterior (VRF) tem de fornecer ao módulo

de AQS (Bomba de Calor), para que esta consiga colmatar as necessidades de AQS que o sistema solar térmico não consegue suprimir.

A seleção dos equipamentos interiores dos sistemas foi baseada nas cargas térmicas de cada espaço em análise, fornecidas pelo HAP, para o dia mais crítico de Verão e de Inverno, sendo os seus valores apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Cargas térmicas do HAP dos diversos espaços para os diferentes sistemas.

<i>Espaço</i>	<i>Sistema A</i>			<i>Sistema B e C</i>		
	<i>Arref. Total [kW]</i>	<i>Arref. Sensível [kW]</i>	<i>Aquec. [kW]</i>	<i>Arref. Total [kW]</i>	<i>Arref. Sensível [kW]</i>	<i>Aquec. [kW]</i>
<i>0.01 – Circulação 1</i>	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6
<i>0.04 – Sala de Jantar</i>	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4
<i>0.05 – Study</i>	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6
<i>0.06 – Sala de Estar</i>	2,0	1,7	1,8	2,0	1,7	1,8
<i>0.07 – Cozinha</i>	0,9	0,8	0,6	0,9	0,8	0,6
<i>1.10 – Quarto 1</i>	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7
<i>1.14 – Suite</i>	1	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0
<i>1.15 – Quarto 2</i>	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7
<i>2.17 – Sala de Jogos</i>	1,8	1,6	1,8	1,8	1,6	1,8

Verificou-se que o espaço com maior carga de arrefecimento e aquecimento é a Sala de Estar (espaço 0.06), tendo sido obtido 2 e 1,8 kW, respetivamente. Relativamente às cargas térmicas obtidas para os três sistemas apenas se verificou variações desprezáveis no que diz respeito ao aquecimento.

4.2.3. Definição da carga de apoio nos sistemas de climatização

Cálculo da carga de aquecimento do sistema A

Conforme referido anteriormente, para simular a carga de apoio no sistema A é necessário definir uma carga sensível de calor “negativa”, que force a unidade exterior a produzir calor,

permitindo fornecer a energia térmica de aquecimento suficiente para o módulo de AQS produzir a energia de apoio necessária ao aquecimento das águas quentes sanitárias.

Na simulação da carga de Aquecimento para a Bomba de Calor no software HAP é necessário definir uma potência sensível e estipular um horário (Schedule) para cada mês, que permita simular as necessidades de aquecimento do módulo de AQS.

O software HAP só permite estipular oito horários, tendo o ano doze meses é necessário agrupar os meses que têm energia de apoio para AQS semelhantes. Sendo assim a energia de apoio é definida pela média da energia de apoio para AQS dos respectivos meses. Os meses agrupados estão representados na Tabela 13.

Tabela 13 – Definição do agrupamento dos meses que irão definir o Schedule do HAP e a respectiva energia de Apoio de AQS.

<i>Schedule</i>	<i>Meses</i>	<i>Energia de Apoio de AQS [kWh]</i>	
		<i>Mês</i>	<i>Dia</i>
1°	dezembro e janeiro	229,500	7,403
2°	maio e junho	103,500	3,339
3°	julho e agosto	70,500	2,274
4°	abril e outubro	139,500	4,500
5°	fevereiro	177,000	6,321
6°	março	165,000	5,323
7°	setembro	92,000	3,067
8°	novembro	190,000	6,333

A energia necessária a cada hora do dia do respectivo mês, é calculada através da equação (4.1).

$$E_D = \frac{E_M}{N} \quad (4.1)$$

Onde,

E_D – Energia de apoio por dia [kWh/dia];

E_M – Energia de Apoio por mês [kWh/mês];

N – Número de dias do mês [dia/mês].

Devido ao Solterm não fornecer a informação das horas do dia que há necessidade de energia de apoio e quanto de energia é necessário fornecer nessas horas, estipulou-se que a Bomba de Calor iria funcionar consoante o perfil de consumo de AQS, definido no Solterm e representada na Tabela 14. Deste modo, a energia de apoio necessária por cada hora de utilização é calcula através da equação (4.2).

$$E_h = E_D \times Q_{AQS} \quad (4.2)$$

Em que,

E_h – Energia de apoio de AQS por hora [kWh];

Q_{AQS} – Percentagem de consumo de AQS [%].

Tabela 14 – Perfil de consumo de AQS.

<i>Horário de consumo</i>	<i>Q_{AQS} [%]</i>
7h-8h	40
13h-14h	10
19h-20h	20
20h-21h	10
22h-23h	20

A carga de apoio de AQS, numa determinada hora, é igual à energia de apoio sobre o tempo. Sendo o tempo de 1 hora a carga de apoio terá o mesmo valor da energia de apoio de AQS.

Ou seja,

$$P_{AQS} = \frac{E_h}{\Delta t} \quad (4.3)$$

Onde,

P_{AQS} – Carga de apoio de AQS [kW];

Δt – Tempo [h].

A Figura 29 demonstra esquematicamente as cargas pertencentes aos equipamentos do sistema, permitindo uma melhor compreensão do cálculo das cargas descritas abaixo.

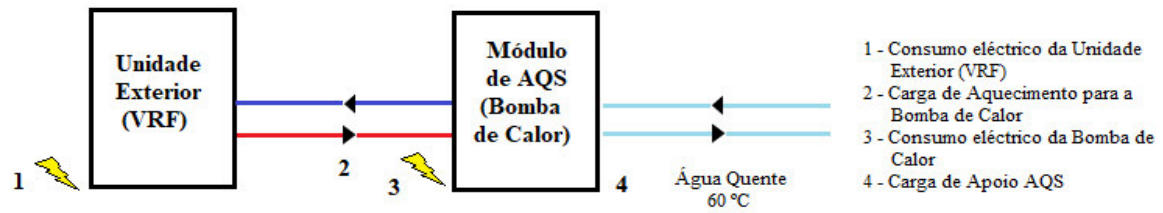


Figura 29 – Representação esquemática do Sistema A com as respetivas cargas.

Sabendo que o módulo de AQS (Bomba de Calor) selecionada tem um COP de 3,7, o consumo elétrico da Bomba de Calor será obtido através da equação (4.4).

$$P_{E_BC} = \frac{P_{AQS}}{COP} \quad (4.4)$$

Sendo,

P_{E_BC} – Consumo elétrico da Bomba de Calor [kW].

Por fim, a Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor por hora de consumo, obtém-se através da equação (4.5).

$$P_{Aq. BC} = P_{AQS} - P_{E_BC} \quad (4.5)$$

Onde,

$P_{Aq. BC}$ – Carga de aquecimento para BC [kW].

A carga de aquecimento sensível considerada foi a maior carga diária existente no ano, relativamente ao horário definido, sendo esta de 5403 W ($P_{Aq. sen.}$) no mês de dezembro e janeiro (1º *Schedule*).

Definida a potência de aquecimento sensível que a unidade exterior terá de fornecer é necessário definir os respetivos horários (*Schedule*) que definem a percentagem de utilização dessa potência consoante o necessário para a carga de aquecimento para a Bomba de Calor (BC). A percentagem de utilização é definida pela equação (4.6).

$$Ut. = \frac{P_{Aq. BC}}{P_{Aq. sen.}} \times 100\% \quad (4.6)$$

Sendo,

Ut. – Percentagem de utilização da carga sensível [%];

$P_{Aq. \text{ sen.}}$ – Carga de aquecimento sensível [kW].

A Tabela 15 indica a percentagem de utilização da potência sensível nos diferentes horários (*Schedule* do HAP).

Tabela 15 – Percentagem de utilização da carga sensível nos diferentes horários (*Schedule*).

<i>Horário de Consumo</i>	<i>1° Schedule [%]</i>	<i>2° Schedule [%]</i>	<i>3° Schedule [%]</i>	<i>4° Schedule [%]</i>	<i>5° Schedule [%]</i>	<i>6° Schedule [%]</i>	<i>7° Schedule [%]</i>	<i>8° Schedule [%]</i>
<i>7h-8h</i>	40	18	12	24	34	29	17	34
<i>13h-14h</i>	10	5	3	7	9	7	4	9
<i>19h-20h</i>	20	9	6	12	17	14	8	17
<i>20h-21h</i>	10	4	3	6	9	7	4	9
<i>22h-23h</i>	20	9	6	12	17	15	9	17

Na Tabela 16 é demonstrado um exemplo de cálculo para o 2° *Schedule*. Repetindo o mesmo método para os outros *Schedule* obtém-se as percentagens de utilização da carga sensível.

Tabela 16 – Exemplo de cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para o 2° *Schedule*.

<i>Horário de consumo</i>	<i>Dados do Solterm</i>			<i>P_{AQS} meses de maio/junho [kW]</i>	<i>P_{E_BC} [kW]</i>	<i>P_{Aq. BC} [kW]</i>	<i>Ut relativamente a janeiro/dezembro [%]</i>
	<i>Consumo [%]</i>	<i>P_{AQS} maio [kW]</i>	<i>P_{AQS} junho [kW]</i>				
<i>7h-8h</i>	40	1,316	1,400	1,335	0,361	0,975	18,0
<i>13h-14h</i>	10	0,329	0,350	0,334	0,090	0,244	4,5
<i>19h-20h</i>	20	0,658	0,700	0,668	0,180	0,487	9,0
<i>20h-21h</i>	10	0,329	0,350	0,334	0,090	0,244	4,5
<i>22h-23h</i>	20	0,658	0,700	0,668	0,180	0,487	9,0
Total		3,290	3,500	3,339	0,902	2,437	-

Cálculo da carga de apoio nos sistemas B e C

Foram realizados dois tipos de simulação para a definição da carga de apoio no software HAP no menu *Plant*, para o *Service Hot Water*, por forma a conseguir valores de carga de apoio mais aproximados dos valores requeridos pelo Solterm.

A primeira simulação (Tabela 17) foi baseada na definição da carga de apoio através de uma energia de consumo de 8 kWh/dia à qual foi associado um horário (8 kW/h é a energia máxima diária de apoio ao AQS, obtida pelo Solterm). Como esta simulação obteve desvios percentuais elevados ao longo dos meses e no final do ano um desvio percentual de 8% relativamente ao que se pretende da carga de apoio definida no HAP, foi necessário realizar uma segunda simulação.

Tabela 17 – Primeira simulação, definição da carga de apoio através de uma energia de consumo de 8kWh/dia.

<i>Meses</i>	<i>P_{AQS} necessária por mês [kWh] (Solterm)</i>	<i>P_{AQS} por mês [kWh] (HAP)</i>	<i>Diferença percentual relativamente ao Solterm [%]</i>
<i>janeiro</i>	224	248	-10,7
<i>fevereiro</i>	177	190	-7,3
<i>março</i>	165	179	-8,5
<i>abril</i>	133	145	-9,0
<i>maio</i>	102	117	-14,7
<i>junho</i>	105	114	-8,6
<i>julho</i>	76	77	-1,3
<i>agosto</i>	65	77	-18,5
<i>setembro</i>	92	101	-9,8
<i>outubro</i>	146	149	-2,1
<i>novembro</i>	190	206	-8,4
<i>dezembro</i>	235	248	-5,5
<i>Total</i>	1710	1851	-8,2

A primeira simulação produz mais energia do que a necessária para produção de AQS.

A segunda simulação consiste na definição do caudal de 0,1 l/s e horário (*Schedule*) associado. Esta simulação permitiu ter desvios percentuais mais baixos e no final do ano um desvio de 1% (Tabela 18). Estas simulações foram realizadas para o sistema B, visto este sistema produz água quente sanitária a 60 °C.

Tabela 18 – Segunda simulação, definição da carga de apoio através do caudal de 0,1 l/s.

<i>Meses</i>	<i>P_{AQS}</i> <i>necessária por mês</i> <i>[kWh]</i> <i>(Solterm)</i>	<i>P_{AQS}</i> <i>por mês</i> <i>[kWh]</i> <i>(HAP)</i>	<i>Diferença percentual</i> <i>relativamente ao Solterm</i> <i>[%]</i>
<i>janeiro</i>	224	232	-4
<i>fevereiro</i>	177	179	-1
<i>março</i>	165	164	1
<i>abril</i>	133	137	-3
<i>maio</i>	102	108	-6
<i>junho</i>	105	104	1
<i>julho</i>	76	74	3
<i>agosto</i>	65	74	-14
<i>setembro</i>	92	93	-1
<i>outubro</i>	146	142	3
<i>novembro</i>	190	186	2
<i>dezembro</i>	235	232	1
<i>Total</i>	1710	1725	-1

No Anexo C estão apresentadas as tabelas com a definição dos horários para cada tipo de simulação efetuada, para os diversos horários definidos. De seguida, será apresentado o cálculo para a definição dos horários de funcionamento consoante o caudal de água de 0,1

l/s. Para simular a carga de Apoio nos sistemas B e C, estipulou-se um caudal de água de 0,1 l/s, sendo o mínimo permitido no HAP.

A potência necessária a fornecer nas horas de consumo corresponde ao perfil de consumo de AQS estipulado no Solterm (ver Tabela 14). A percentagem de caudal utilizada, segundo o perfil de consumo de AQS, obtém-se através da equação (4.7).

$$Q_n = P \times cp_{\text{água}} \times \Delta T_{\text{água}} \quad (4.7)$$

Onde,

Q_n – Caudal de água para satisfazer as necessidades de consumo [l/s];

P – Potência térmica necessária para aquecer a água [kW];

$cp_{\text{água}}$ – Calor específico da água a 60°C (4,19 kJ/kg.K);

$\Delta T_{\text{água}}$ – Diferença de temperatura entre a água da rede e a água de consumo [°C].

Em que,

$$\Delta T_{\text{água}} = T_1 - T_2 \quad (4.8)$$

Sendo,

T_1 – Temperatura da água a 60°C;

T_2 – Temperatura da água da rede [°C].

A temperatura da água da rede varia ao longo do ano. A Tabela 19 indica as temperaturas médias da água da rede nos diferentes meses do ano.

Devido ao facto do programa HAP permitir apenas definir oito horários, foi efetuado o mesmo agrupamento dos meses que o sistema A (ver Tabela 13). Desta forma, a temperatura da água da rede nos meses de maio e junho terá de ser a média das temperaturas médias da água da rede, sendo a temperatura média da água da rede de 17°C. O mesmo sucede nos meses de abril e outubro em que se considera a temperatura média da água da rede de 16°C.

A percentagem de caudal necessária para satisfazer as necessidades de consumo, é obtido através da equação (4.9)

$$Q_{\%} = \frac{Q_n}{Q_{HAP}} \times 100\% \quad (4.9)$$

Onde,

$Q_{\%}$ – Percentagem de caudal [%];

Q_{HAP} – Caudal de água introduzido no programa HAP – 0,1 l/s.

Tabela 19 – Temperatura média da água da rede ao longo dos meses (dados obtidos através do programa Solterm).

<i>Meses</i>	<i>Temperatura média da água da rede [°C]</i>
janeiro, fevereiro e dezembro	14
março, abril e novembro	15
maio	16
outubro	17
junho e setembro	18
julho e agosto	19

A Tabela 20 demonstra o cálculo da percentagem de caudal necessário para o 1º *Schedule*.

Tabela 20 – Cálculo da percentagem de caudal necessário para o 1º *Schedule*.

<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo de AQS [%]</i>	<i>Q_{AQS} meses de janeiro/ dezembro [kW]</i>	<i>Q_n [l/s]</i>	<i>$Q\%$ [%]</i>	<i>$Q\%$ introduzir no HAP [%]</i>
<i>7h-8h</i>	40	2,961	0,015	15,4	15
<i>13h-14h</i>	10	0,740	0,004	3,8	4
<i>19h-20h</i>	20	1,481	0,008	7,7	8
<i>20h-21h</i>	10	0,740	0,004	3,8	4
<i>22h-23h</i>	20	1,481	0,008	7,7	9
<i>Total</i>	-	7,403	-	-	-

Os mesmos cálculos foram realizados para os restantes horários estando apresentados na Tabela 21 as percentagens de caudal necessário para os respetivos horários.

No programa HAP no menu *Plant*, separador *Service Hot Water*, foram definidos os parâmetros apresentados na Tabela 22.

Tabela 21 – Percentagem de caudal necessário nos diferentes horários (Schedule).

<i>Horário de Consumo</i>	<i>1° Schedule [%]</i>	<i>2° Schedule [%]</i>	<i>3° Schedule [%]</i>	<i>4° Schedule [%]</i>	<i>5° Schedule [%]</i>	<i>6° Schedule [%]</i>	<i>7° Schedule [%]</i>	<i>8° Schedule [%]</i>
<i>7h-8h</i>	15	8	5	10	14	11	7	13
<i>13h-14h</i>	4	2	1	2	3	3	2	3
<i>19h-20h</i>	8	3	3	5	7	6	3	7
<i>20h-21h</i>	4	2	1	3	4	3	2	4
<i>22h-23h</i>	9	4	3	5	7	6	3	7

Tabela 22 – Parâmetros introduzidos no Service Hot Water dos sistemas Chiller/Bomba de calor reversível e Chiller/Bomba de Calor com recuperação de calor.

<i>Parâmetros</i>	<i>Sistema C</i>	<i>Sistema B</i>
<i>Caudal máximo [l/s]</i>	0,1	0,1
<i>Schedule</i>	AQS para BC	AQS para BC
<i>Temperatura da água de consumo [°C]</i>	60	45
<i>Temperatura média da água [°C]</i>	15	15

Estes parâmetros caracterizam as condições de funcionamento para o AQS dos sistemas B e C.

4.2.4. Seleção dos equipamentos de climatização

Os equipamentos pertencentes aos sistemas foram selecionados com base nas cargas térmicas da Tabela 12.

Sistema A

O sistema A é constituído por uma unidade exterior, onde existe um condensador e um compressor. Este alimenta o controlador *Master* que permite fazer a distribuição de fluido frigorígeno consoante as necessidades térmicas. O controlador juntamente com a unidade exterior fornece arrefecimento e aquecimento em simultâneo, através de dois tubos, sendo a ida tubagem de gás a alta pressão e o retorno tubagem de líquido a baixa pressão. O

controlador *Master* vai alimentar cinco unidades interiores (a 2 tubos) do Piso 0, um módulo de AQS (a 2 tubos) e um controlador *Single*. O controlador *Single*, por sua vez, irá alimentar quatro unidades interiores pertencentes ao Piso 1 e 2 [46].

O módulo de AQS permite realizar o aquecimento das águas quentes sanitárias, com possibilidade de recuperação de calor. Este possui um compressor, onde circula o fluido frigorígeno R134A, e dois permutadores de placa. O módulo recupera energia através da energia absorvida dos espaços onde existem necessidades de arrefecimento, fornecendo o aquecimento para água quente sanitária. Deste modo, a recuperação de energia permite maximizar a eficiência do sistema VRF durante todo o ano, aumentando a economia de energia e reduzindo substancialmente os custos de funcionamento. A Figura 30 mostra o funcionamento do sistema VRF da Mitsubishi [46].

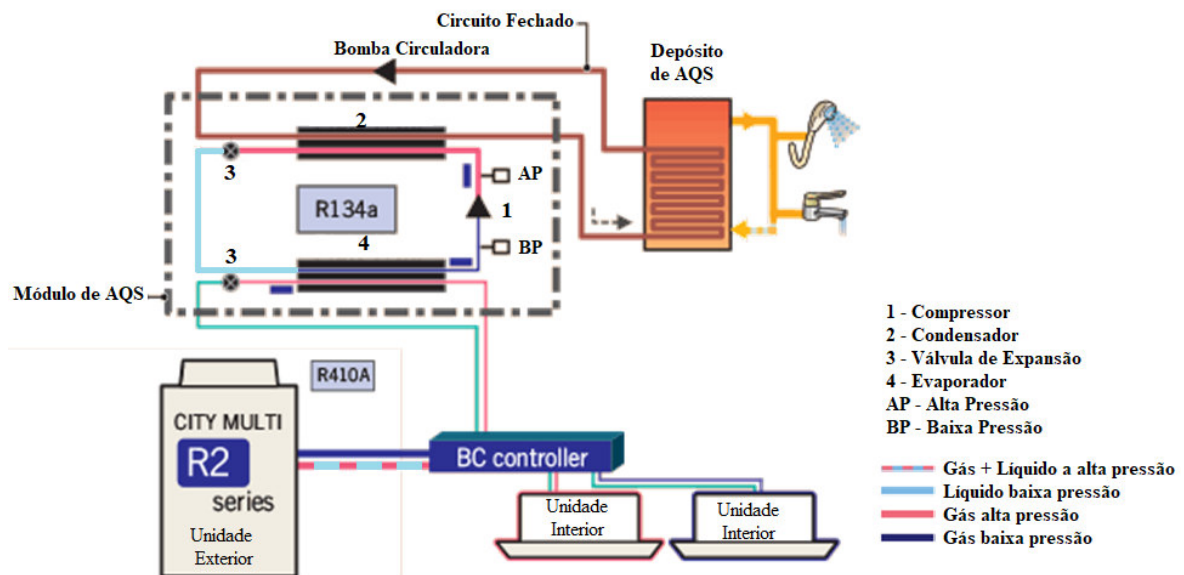


Figura 30 – Representação do funcionamento do sistema VRF da Mitsubishi [46].

O sistema VRF da Mitsubishi tem dois modos de recuperação de energia:

- Recuperação parcial

A unidade exterior produz uma mistura de gás/líquido (a alta pressão) para o controlador *Master*. No controlador existe um separador de líquido que tem a função de separar o gás do líquido. O gás (a alta pressão) é direcionado para as unidades interiores (com necessidades de aquecimento) e para o módulo de AQS, sendo o líquido (a baixa pressão) direcionado para as unidades interiores, onde existem necessidades de arrefecimento.

O fluido que retorna das unidades interiores com necessidades de arrefecimento, gás a baixa pressão é direcionado para o compressor. O fluido que retorna das unidades interiores com

necessidades de aquecimento é direcionado para as outras unidades interiores, onde existam necessidades de arrefecimento, havendo recuperação de energia.

A Figura 31 exemplifica o que foi descrito anteriormente.

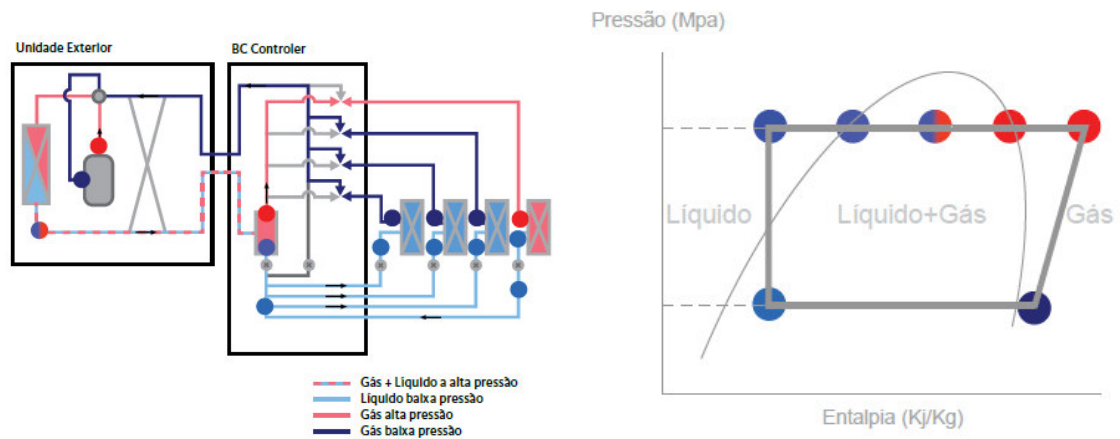


Figura 31 – Funcionamento do sistema VRF em modo de recuperação parcial (do lado esquerdo) e diagrama de Mollier do ciclo frigorífico do sistema VRF (do lado direito) (adaptado [47]).

- Recuperação total

Quando as necessidades de aquecimento e arrefecimento estão equilibradas praticamente não existe a necessidade do VRF funcionar, apenas existe a circulação do fluido.

Através da Tabela 23 podemos observar as características principais da unidade exterior e do módulo de AQS, sendo estes os dados inseridos no programa HAP, por forma a definir o sistema VRF. As características das unidades interiores encontram-se definidas nas fichas técnicas, descritas no Anexo H.

Tabela 23 – Características do Sistema VRF [48, 49].

Características	Sistema A	
	Unidade exterior	Módulo de AQS
Equipamento	Unidade exterior	Módulo de AQS
Marca	Mitsubishi	
Modelo	PURY-P250YLM-A1	PWFY-P100VM-E-BU
Potência de Arrefecimento Total [kW]	15,8	-
EER (condições de projeto)	2,26	-
Potência de Aquecimento [kW]	28,02	10,79
COP (condições de projeto)	3,83	4,35
Temperatura da água aquecida [°C]	-	60
Módulo hidráulico	-	Não

Sistema B e C

Os ventiloconvectores do sistema B e C são os mesmos, sendo estes da marca *Carrier* e apresentados nas fichas técnicas no Anexo H.

Na Tabela 24 estão representadas as características principais do Chiller/Bomba de Calor do sistema B e do sistema C.

Selecionados todos os equipamentos de climatização e as bombas circuladoras foram introduzidas as suas características no HAP, de modo a ser possível o cálculo das perdas de energia através da perda de carga da tubagem e a potência elétrica de consumo dos equipamentos.

Tabela 24 – Características do Chiller/Bomba de Calor do sistema B e do sistema C [50, 51].

Características	Sistema B	Sistema C
Equipamento	Chiller/Bomba de calor reversível com recuperação de calor	Chiller/Bomba de calor reversível
Marca	<i>RHOSS</i>	<i>Carrier</i>
Modelo	Chiller Bomba de Calor Compact-Y EXP SM-MD	Reversible Air to Water Heat Pump – 30AW
Potência de Arrefecimento Total [kW]	17,7	13,04
EER (condições de projeto)	2,68	2,95
Potência de Aquecimento [kW]	17,6	12,36
COP (condições de projeto)	2,84	3,02
Potência de Aquecimento recuperada [kW]	20,8	-
COP (condições de projeto)	4,24	-
Temperatura da água arrefecida [°C]	7 – 12	7 – 12
Temperatura da água aquecida [°C]	40 – 45	55 – 60
Módulo hidráulico	Não	Sim

De notar, que o dimensionamento e seleção das bombas circuladoras encontram-se no Subcapítulo 4.3. e no Anexo D.

4.2.5. Definição do menu *Plant* do HAP dos sistemas

O programa HAP apenas permite a definição do menu *Plant* em centrais a água. Deste modo foram só introduzidos os sistemas B e C.

De notar que o menu *Plant* permite definir uma central a água com vários equipamentos a água. Neste caso do sistema B e C apenas referimos a um equipamento (Chiller/Bomba de Calor), em que o sistema B tem um Chiller/Bomba de Calor com existência elétrica. Deste modo, iremos referir-nos apenas a sistema e não a centrais.

O sistema B é definido como um sistema *Heat Recovery Plant* com *Service Hot Water*, que define a carga de apoio necessária ao AQS. Neste sistema foram definidos dois equipamentos Chiller/Bomba de Calor e uma resistência elétrica com as características representadas na Tabela 24.

No menu *Plant* em modo *Heat Recovery Plant* com a configuração do Chiller em modo *One tower for each water-cooled chiller* e a configuração do recuperador de calor em modo *A/C chillers with heat recovery condenser*, considera um chiller a produzir água arrefecida a uma temperatura estipulada. Em modo normal, o chiller produz água arrefecida através do ciclo frigorífico em que o condensador rejeita o calor para o ar (Figura 32) [52].

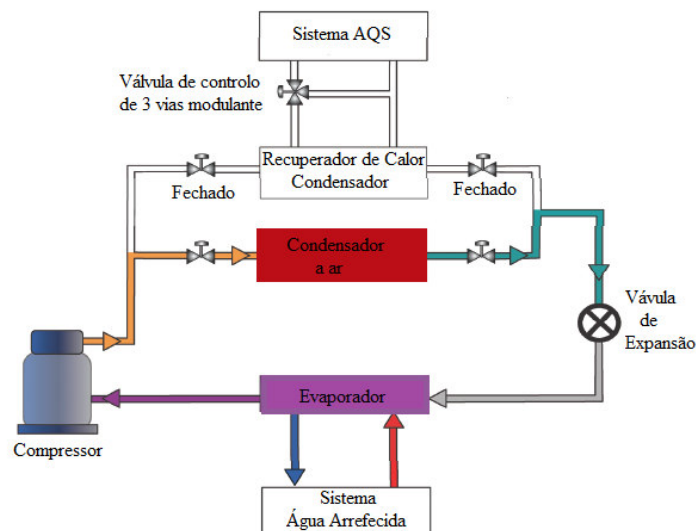


Figura 32 – Chiller com recuperação de calor em modo de arrefecimento sem recuperação de calor [52].

Para existir o modo de recuperação de calor é necessário que existam necessidades simultâneas de água arrefecida e água quente. Neste caso em modo recuperação, o chiller em vez de rejeitar calor para o condensador a ar, rejeita para o condensador a água, o que irá

permitir aquecer a água quente (Figura 33). De notar, que o chiller irá sempre garantir a temperatura de água fria, sendo a água quente um subproduto do ciclo frigorífico, podendo a necessidade de água quente não ser satisfeita na totalidade [52].

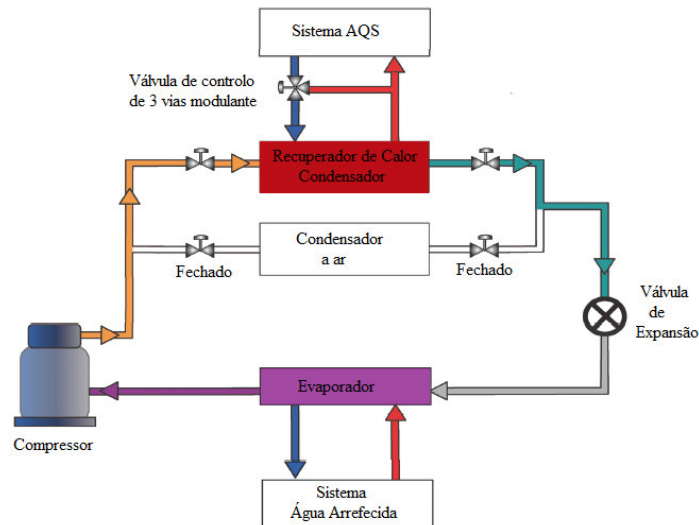


Figura 33 – Chiller com recuperação de calor em modo de arrefecimento com recuperação de calor [52].

O chiller opera em modo de recuperação de calor quando a temperatura de entrada da água quente é inferior à estipulada, atingida a temperatura o chiller irá funcionar em modo de arrefecimento sem recuperação [52].

No menu *Plant* referido acima, apenas permite introduzir um chiller com recuperação de calor e uma caldeira, que poderá ter uma resistência elétrica como fonte de energia. Fisicamente o sistema B é um chiller/bomba de calor reversível com recuperação de calor. Existindo essa impossibilidade de definir o equipamento a nível de software, optou-se por definir:

- Chiller com recuperação de calor que possui dois permutadores de calor, conforme demonstrado na Figura 32, com a potência de arrefecimento total e potência de aquecimento recuperada do equipamento (ver Tabela 24, sistema B) [52];
- Caldeira com resistência elétrica que irá possuir a mesma potência de aquecimento que a bomba de calor do equipamento (ver Tabela 24, sistema B).

O *Service Hot Water* foi definido consoante o caracterizado no subcapítulo 4.2.3. Também foram definidas as características da perda de carga, eficiência da bomba circuladora para os ventiloconvectores (o cálculo da perda de carga da bomba circuladora que serve os ventiloconvectores encontra-se no Subcapítulo 4.3. e no Anexo D).

De notar que a resistência elétrica referida no subcapítulo 4.2.3. 4.2.2. é uma resistência elétrica inserida no depósito de AQS que permite fazer o aquecimento da água de 45 °C para 60 °C (sendo a caldeira com resistência elétrica, acima mencionado).

O sistema C foi definido como *Changeover Plant* com *Service Hot Water*. As características do Chiller/Bomba de Calor foram introduzidas conforme as características da Tabela 24, bem como a perda de carga, eficiência da bomba circuladora para os ventiloconectores (o cálculo da perda de carga da bomba circuladora que serve os ventiloconectores encontra-se no Subcapítulo 4.3. e no Anexo D).

Referente ao *Service Hot Water* este foi definido consoante o caracterizado no subcapítulo 4.2.3. 4.2.2.

4.3. Dimensionamento hidráulico

4.3.1. Perda de carga da bomba circuladora do circuito Solar

O circuito solar térmico definido no Subcapítulo 4.1. possui uma bomba circuladora do kit solar que permite circular a água quente proveniente dos painéis solares até ao à serpentina do depósito de AQS. A bomba circuladora foi dimensionada para um caudal de 0,047 l/s com uma perda de carga de 11,56 kPa.

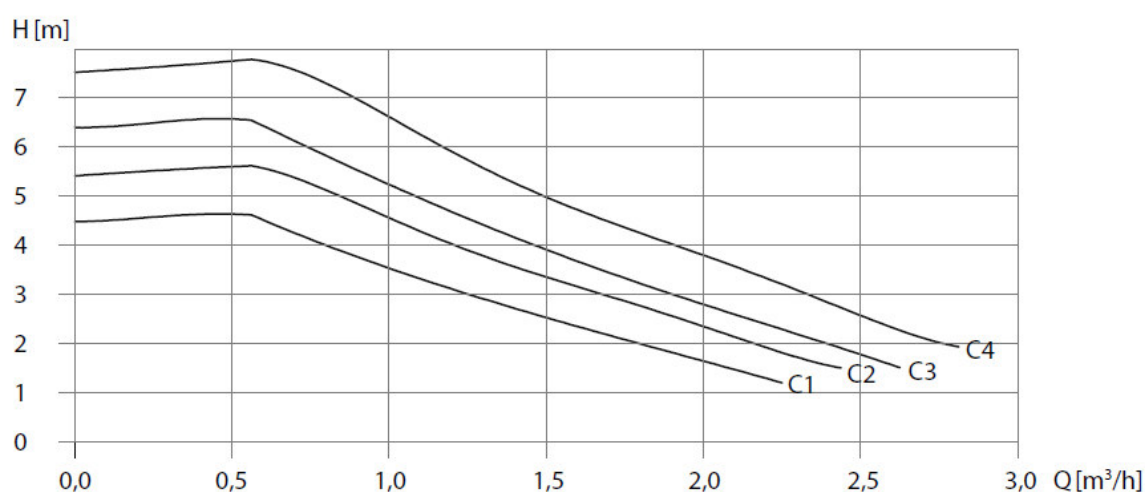


Figura 34 – Curva característica da bomba circuladora do Grupo hidráulico solar “Solar Hydraulic 15” [53].

A bomba circuladora do kit solar encontra-se caracterizada no Anexo H, nas fichas técnicas.

4.3.2. Perda de carga da bomba circuladora do sistema A

O módulo de AQS (Bomba de Calor) pertencente ao sistema A, possui um módulo hidráulico com bomba circuladora. Deste modo é necessário verificar se a bomba circuladora que pertencente ao módulo é a adequada para o caudal necessário e para a perda de carga existente no circuito.

Sabendo que a potência de aquecimento do módulo de AQS é de 10,74 kW, o caudal da bomba circuladora deverá ser de 0,06 l/s, considerando a água da rede a entrar a 15 °C e a sair a 60 °C. Como a bomba circuladora pertence ao módulo de AQS não tem possibilidade do seu caudal ser inferior a 0,14 l/s (como podemos observar na Figura 35). Neste sentido, considerou-se que a bomba circuladora irá funcionar com um caudal de 0,2 l/s com 19,8 kPa de perda de carga, de modo a funcionar num regime ótimo.

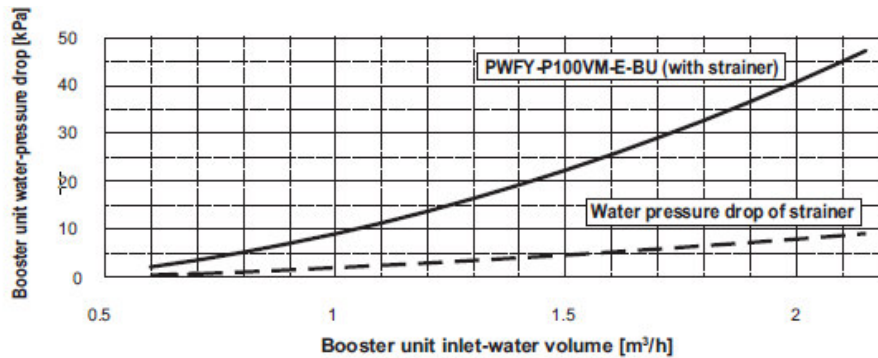


Figura 35 – Curva característica da bomba circuladora pertencente ao módulo de AQS [48].

No circuito hidráulico do sistema A, entre o módulo de AQS e o depósito de AQS é necessário um vaso de expansão que têm a função de compensar o aumento de volume da água provocado pela subida de temperatura da água. A instalação hidráulica do sistema A possui um volume total de 27,45 litros, sendo que será necessário um vaso de expansão com um volume de 2 litros, como podemos observar através da Tabela 25 que segue a metodologia de cálculo descrito no subcapítulo 3.5.4.

Nesta instalação não é necessário a instalação do depósito de inércia, pois o sistema tem pouco volume e o depósito de AQS permite acumular a energia em excesso produzida pela bomba de calor (módulo de AQS).

O cálculo da perda de carga da bomba circuladora do sistema A e respetivo dimensionamento do vaso de expansão encontram-se no Anexo D.

Tabela 25 – Dimensionamento do vaso de expansão para o sistema A.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>
Altura da instalação	h [m]	2,00
Pressão hidrostática	P _h [bar]	0,19
Pressão absoluta inicial	P _i [bar]	1,49
Pressão absoluta final	P _f [bar]	4,00
Conteúdo total da instalação	V _{int.} [l]	27,45
Temperatura	T [°C]	55
Coefficiente	e	0,0145
Volume do vaso de expansão	V _{VE} [l]	0,63

4.3.3. Perda de carga da bomba circuladora do sistema B e C

No Anexo D estão definidos os diâmetros nominais da rede de tubagem para os ventiloconvectores, consoante os caudais de água arrefecida dos ramais, pretendentes aos caudais de água necessários para alimentar os ventilocovectores (ver Tabela 26).

Tabela 26 – Caudais de água em arrefecimento e aquecimento dos ventiloconvectores

<i>Ventiloconvectores</i>	<i>Arrefecimento</i>	<i>Aquecimento</i>
	<i>Caudal de água [l/s]</i>	<i>Caudal de água [l/s]</i>
VC.01	0,02	0,02
VC.04	0,06	0,02
VC.05	0,04	0,02
VC.06	0,11	0,04
VC.07	0,1	0,01
VC1.10	0,04	0,02
VC1.14	0,06	0,03
VC1.15	0,04	0,02
VC2.17	0,1	0,05
<i>Caudal Total para os VC's</i>	0,57	0,23
<i>Caudal de AQS primário</i>	-	0,10
<i>Caudal Total</i>	-	0,33

A bomba circuladora terá de ser selecionada para funcionar a temperaturas até 60 °C, com um caudal de 0,57 l/s e para uma perda de carga de 52,17 kPa.

O Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor, pertencente ao sistema B, não possui módulo hidráulico. Deste modo, foi necessário selecionar uma bomba circuladora da marca Grundfos do modelo MAGNA23 32-60 N, estando representada a curva característica da bomba circuladora na Figura 36.

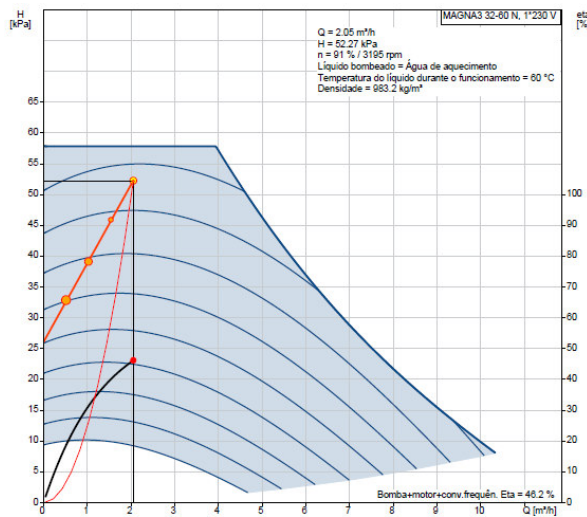


Figura 36 – Curva característica da bomba circuladora modelo MAGNA23 32-60 N da Grundfos, pertencente ao Sistema B [54].

No sistema C, o módulo hidráulico possui uma bomba circuladora cujo a curva características encontra-se representada na Figura 37, e verifica-se que a bomba circuladora é adequada para as condições acima referidas.

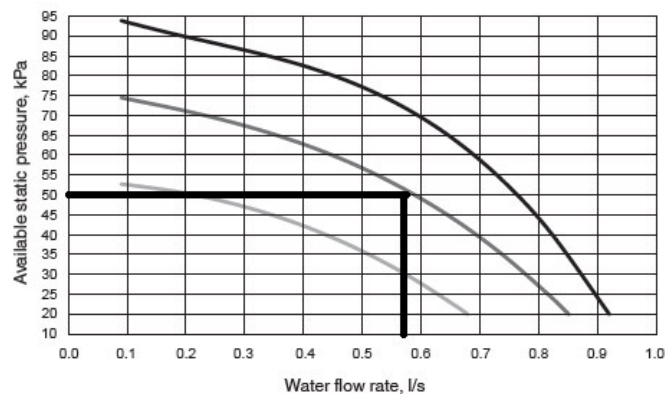


Figura 37 – Curva característica da bomba circuladora pertencente ao módulo hidráulico do Sistema C [51].

Nestes sistemas quando se está a funcionar em carga mínima é necessário o uso de um depósito de inércia que permita acumular energia, permitindo assim que o Chiller/Bomba de Calor forneça energia.

Sabendo que o Chiller/Bomba de Calor reversível tem uma capacidade de arrefecimento de 13,02 kW e com 4 escalões de funcionamento, o escalão mínimo funcionará com uma potência de 3,26 kW. A instalação tem uma necessidade mínima de 0,1 kW de arrefecimento. Assim sendo será necessário um depósito de inércia de 60 litros (ver cálculo das equações (4.10) e (4.11)).

$$\dot{V} = \frac{3,26 - 0,1}{3,19 \times 5} = 0,198 \text{ l/s} \quad (4.10)$$

$$V_{DI} = 0,198 \times 5 \times 60 = 59,4 \text{ l/s} \quad (4.11)$$

Num circuito hidráulico são também necessários vasos de expansão que têm a função de compensar o aumento de volume da água provocado pela subida de temperatura da água. Sendo os circuitos hidráulico do sistema B e C iguais, pois têm os mesmos ventiloconvectores, ambas as instalações hidráulicas têm uma capacidade de 117 litros sendo que será necessário vaso de expansão com um volume de 5 litros, como podemos observar através da Tabela 27 que segue a metodologia de cálculo descrito no subcapítulo 3.5.4.

Tabela 27 – Dimensionamento do vaso de expansão para o sistema B e C.

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>
Altura da instalação	h [m]	7,5
Pressão hidrostática	P _h [bar]	0,73
Pressão absoluta inicial	P _i [bar]	2,03
Pressão absoluta final	P _f [bar]	4,00
Conteúdo total da instalação	V _{int.} [l]	117,36
Temperatura	T [°C]	55
Coefficiente	e	0,0145
Volume do vaso de expansão	V _{VE} [l]	3,44

O cálculo da perda de carga da bomba circuladora do sistema A, o dimensionamento do vaso de expansão e do depósito de inércia encontram-se no Anexo D.

4.4. Sistema de ventilação mecânica

Na moradia estão instalados Arejadores autorreguláveis, instalados nas paredes exteriores (Figura 38). Este permite a entrada de ar novo de uma forma regulada, permitindo garantir a qualidade do ar do espaço.

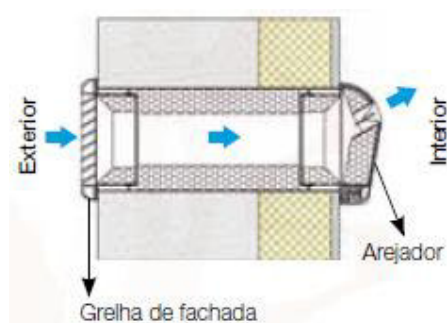


Figura 38 – Arejadores autorreguláveis, modelo SILEM KIT 30 da Soler &Paul [55].

Na moradia foi previsto instalar dois sistemas de extração de ar em que realizam a extração das casas de banho e cozinha.

Os caudais de ar novo e ar extraído foram calculados segundo a EN 15251 : 2007 e o decreto de lei nº118/2013 de 20 de agosto., sendo o caudal definido o maior dos dois critérios (definido no Anexo E). O caudal de Ar Extraído, apresentado na Tabela 28, é o caudal obtido através do balanceamento de caudais. O balanceamento de caudais e instalação de condutas de extração estão apresentados nos desenhos de instalação de ventilação (desenho: AVC.011, AVC.012, AVC.013 e AVC.14), pertencentes ao Anexo G.

O caudal de ar da extração do ventilador que realiza a extração das casas de banho (VE.WC) é de 165 l/s, em que o ventilador terá que ter uma pressão estática disponível de 178 Pa. O ventilador que efetua a extração da cozinha (VE.COZ) possui um caudal de 96 l/s e uma pressão estática disponível de 197 Pa.

O ventilador de extração das casas de banho selecionado é da marca Systemair do modelo KVK 200 Ins. Circ. duct fan, é um ventilador axial do tipo “in line” [56].

O ventilador de extração da cozinha selecionado é da mesma marca do ventilador das casas de banho, sendo o modelo KBR 280EC Thermo fan [57].

Tabela 28 – Caudais de Ar Novo e de Extração [10, 12].

<i>Espaços</i>	<i>Caudal de Ar Novo [l/s]</i>	<i>Caudal mínimo de Ar Extraído [l/s]</i>	<i>Caudal de Ar Extraído [l/s]</i>
<i>0.01 – Circulação 1</i>	0	0	0
<i>0.02 – Escadas 1</i>	0	0	0
<i>0.03 – I.S. 1</i>	0	10	15
<i>0.04 – Sala de Jantar</i>	55	0	0
<i>0.05 – Study</i>	15	0	0
<i>0.06 – Sala de Estar</i>	60	0	0
<i>0.07 - Cozinha</i>	0	20	96
<i>0.08 – Circulação 2</i>	0	0	0
<i>0.09 – I.S.2</i>	0	15	35
<i>1.10 – Quarto 1</i>	25	0	0
<i>1.13 – I.S. 3</i>	0	15	25
<i>1.14 – Suite</i>	35	0	0
<i>1.15 – Quarto 2</i>	25	0	0
<i>1.16 – I.S. 4</i>	0	15	25
<i>2.17 – Sala de Jogos</i>	55	0	0
<i>2.18 – I.S. 5</i>	0	10	55

Na Figura 39 estão representadas as curvas características e a potência consumida dos ventiladores de extração (VE.WC e VE.COZ) que são em função do caudal e da pressão estática disponível do ventilador.

No Anexo E estão apresentadas as tabelas de cálculo da perda de carga dos vários equipamentos:

- Para cada ventilador, em que se considera a perda de carga linear em cada troço;
- Perda de carga nas curvas e Tê a 45° (ramal principal);
- Perdas de cargas localizadas, como grelha de extração, grelha de exaustão no caso do ventilador VE.WC, para o ventilador VE.COZ as perdas de carga localizadas são hote de extração e filtro.

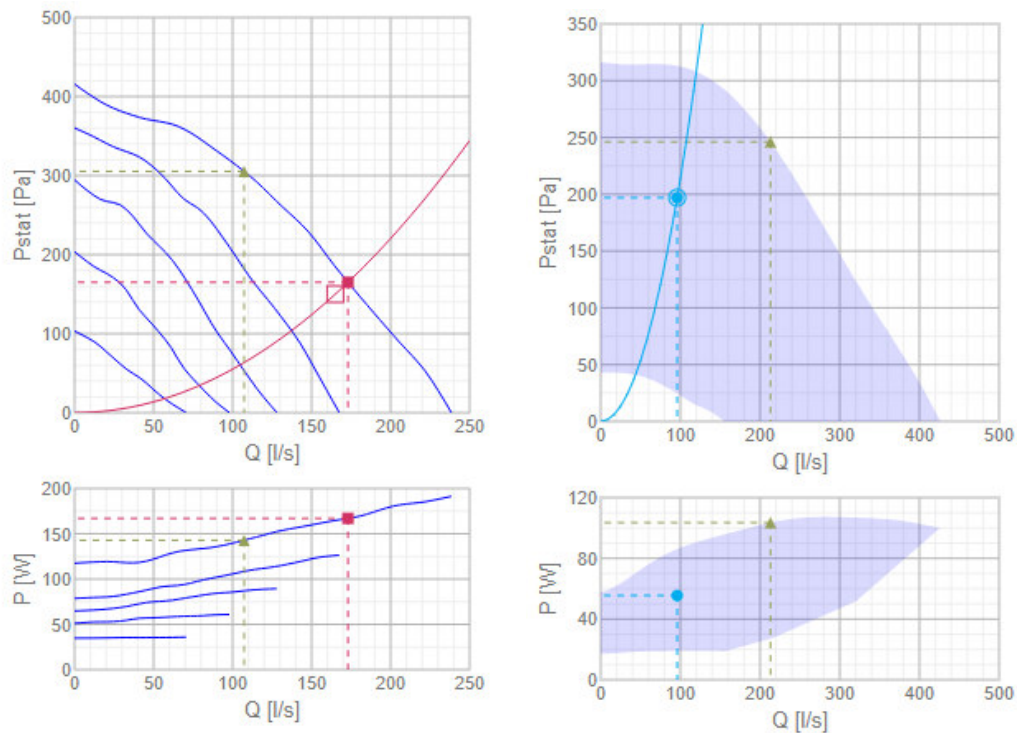


Figura 39 – Curvas características dos ventiladores VE.WC (direita) e VE.COZ (esquerda) [56, 57].

As características dos ventiladores, hote de extração e grelha de extração estão descritas no Anexo H, nas fichas técnicas.

4.5. Resultados e análise

4.5.1. Resultados dos sistemas superfície radiante

A Tabela 29 representa as cargas térmicas necessárias a remover em cada espaço, para sistema pavimento radiante. As cargas térmicas necessárias foram obtidas através do software HAP em que foram definidas as temperaturas secas de projeto 26 °C para verão e 20 °C para inverno. Como referido no subcapítulo 3.1.6. a capacidade máxima admissível de arrefecimento no pavimento é de 42 W/m² e de 165 W/m² em aquecimento. Deste modo, na Tabela 29 podemos verificar que em aquecimento a capacidade de arrefecimento por metro quadrado não é excedida. No entanto em arrefecimento essa condição não se verifica na maioria dos espaços.

Tabela 29 – Carga térmica necessária por espaço (definido pelo HAP) e a capacidade térmica por área disponível no sistema pavimento radiante.

Espaços	Carga Térmica necessária		Área útil [m ²]	Capacidade térmica por área	
	Aquecimento [W]	Arrefecimento [W]		Aquecimento [W/m ²]	Arrefecimento [W/m ²]
<i>0.01 – Circulação 1</i>	600	300	9,1	65,93	32,97
<i>0.04 – Sala de Jantar</i>	600	700	15,1	39,74	46,36
<i>0.05 – Study</i>	400	600	11,7	34,19	51,28
<i>0.06 – Sala de Estar</i>	1100	1600	33,7	32,64	47,48
<i>0.07 – Cozinha</i>	300	1600	14,2	21,13	112,68
<i>1.10 – Quarto 1</i>	600	500	13,2	45,45	37,88
<i>1.14 – Suite</i>	700	800	16	43,75	50,00
<i>1.15 – Quarto 2</i>	400	500	18	22,22	27,78
<i>2.17 – Sala de Jogos</i>	1300	1500	21,4	60,75	70,09

A Tabela 30 representa as cargas térmicas necessárias a remover em cada espaço, para sistema parede radiante. As cargas térmicas necessárias foram obtidas através do software HAP, nas mesmas condições de projeto que o sistema pavimento radiante, onde as cargas térmicas serão as mesmas. No caso da parede radiante a capacidade máxima admissível em arrefecimento é de 72 W/m² e de 160 W/m² em aquecimento. Assim sendo a Tabela 30 mostra que apenas na cozinha e na sala de jogos a capacidade térmica por área ultrapassa a capacidade máxima admissível segundo a norma EN 15377-1. Não foi realizado a análise para o sistema teto radiante, pois a capacidade máxima admissível de aquecimento é muito baixa, sendo as cargas térmicas a remover dos espaços muito elevadas.

Desta forma conclui-se que não foi exequível realizar um sistema de superfície radiante para esta tipologia de edifício, de modo a garantir o conforto humano. O aquecimento e arrefecimento não podem ser efetuados por este sistema pois existe uma maior necessidade térmica por metro quadrado do que aquela que é permitida.

Para além destas incompatibilidades nas capacidades de arrefecimento e aquecimento, não era viável o estudo de sistemas de superfícies radiantes pois o software HAP não permite a análise do mesmo.

Tabela 30 – Carga térmica necessária por espaço (definido pelo HAP) e a capacidade térmica por área disponível no sistema parede radiante.

Espaços	Carga Térmica necessária		Área útil [m ²]	Capacidade térmica por área	
	Aquecimento [W]	Arrefecimento [W]		Aquecimento [W/m ²]	Arrefecimento [W/m ²]
<i>0.01 – Circulação 1</i>	600	300	4,8	126,05	63,03
<i>0.04 – Sala de Jantar</i>	500	700	12,5	39,95	55,93
<i>0.05 – Study</i>	400	600	8,7	45,79	68,68
<i>0.06 – Sala de Estar</i>	1100	1600	27,5	40,01	58,19
<i>0.07 – Cozinha</i>	300	1600	11,0	27,26	145,40
<i>1.10 – Quarto 1</i>	600	500	13,2	45,45	37,88
<i>1.14- Suite</i>	700	800	11,5	60,68	69,35
<i>1.15 – Quarto 2</i>	400	500	10,5	38,10	47,62
<i>2.17 – Sala de Jogos</i>	1300	1500	15,5	83,85	96,75

4.5.2. Resultados dos sistemas A, B e C

O consumo energético dos três sistemas foi obtido através do tratamento e análise dos relatórios do programa HAP.

As Tabelas 31, 32, 33, 34, 35 e 36 representam um resumo das energias térmicas e elétricas ao longo do ano associadas a cada tipo de equipamento pertencente a cada sistema, sendo estas obtidas através das simulações energéticas do software HAP.

A Tabela 31 indica a capacidade de aquecimento e arrefecimento das unidades interiores e exteriores (Sistema A) para a climatização dos espaços nos diversos meses do ano. Associada a essa energia térmica de climatização a mesma representa os consumos elétricos em modo de aquecimento e arrefecimento ($C_{E-VRF-aq}$ e $C_{E-VRF-arref.}$, respetivamente). A energia de aquecimento que o VRF fornece para o módulo de AQS ao longo do ano consta na Tabela 31 ($E_{aq. - VRF/BC}$). A capacidade de aquecimento e o consumo elétrico do módulo de AQS, ao longo dos meses, estão descritos na Tabela 32. Na mesma tabela também é indicada: a recuperação de calor que o sistema A realizada ao longo do ano; o consumo elétrico da bomba circuladora do circuito hidráulico, entre o módulo de AQS e serpentina do depósito de AQS ($C_{E-BCir/AQS}$); consumo elétrico dos ventiladores das unidades interiores (C_{E-VEN}); o consumo elétrico total do sistema A ($C_{E-Total}$).

Tabela 31 – Capacidades e consumo elétrico em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior, sistema A (resultados obtidos do HAP).

Meses	$E_{arref.}$		$C_{E-VRF-arref.}$ [kWh]	$E_{aq.}$		$C_{E-VRF-aq.}$ [kWh]	$E_{aq. - VRF/BC}$ [kWh]
	UI [kWh]	UE (VRF) [kWh]		UI [kWh]	UE (VRF) [kWh]		
janeiro	13	13	0	1632	1817	546	166
fevereiro	24	24	1	1114	1257	375	129
março	79	83	10	680	809	237	120
abril	179	192	30	415	518	149	98
maio	437	474	85	141	217	55	74
junho	1229	1339	270	21	93	13	72
julho	2273	2478	549	8	57	3	49
agosto	2286	2493	563	7	56	3	49
setembro	1653	1802	385	13	80	10	67
outubro	483	525	100	137	240	58	101
novembro	92	99	15	749	896	256	138
dezembro	20	21	2	1506	1690	499	166
Total	8768	9543	2010	6423	7730	2204	1229

Tabela 32 – Capacidade de aquecimento e consumo elétrico do módulo de AQS, recuperação de calor do sistema A, consumo elétrico da Bomba Circuladora, consumo elétrico dos ventiladores e consumo elétrico total do sistema A.

Meses	$E_{aq. - BC/AQS}$ [kWh]	$C_{E - BC/AQS}$ [kWh]	Recuperação de calor		$C_{E-BCir/AQS}$ [kWh]	C_{E-VEN} [kWh]	$C_{E - Total}$ [kWh]
			Arref. [kWh]	Aq. [kWh]			
janeiro	228,00	62,00	12,3	2	0,085	215	823,1
fevereiro	176,82	47,82	21,6	6,5	0,077	194	617,9
março	163,58	44,58	39,4	23,1	0,085	217	508,7
abril	134,47	36,47	46,5	24,3	0,082	213	428,6
maio	101,96	27,96	39,4	30,9	0,085	226	394,0
junho	99,06	27,06	14,2	48,7	0,082	228	538,1
julho	68,05	19,05	5,7	46,3	0,085	241	812,1
agosto	68,05	19,05	4,8	45,9	0,085	239	824,1
setembro	91,85	24,85	17,7	42,5	0,082	228	647,9
outubro	138,69	37,69	31,4	35,5	0,085	223	418,8
novembro	189,33	51,33	30,9	18,2	0,082	209	531,4
dezembro	228,00	62,00	13,7	6,3	0,085	215	778,1
Total	1687,84	459,84	277,6	330,2	1	2648	7322,8

Relativamente ao sistema B as capacidades e consumos elétricos em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior e a capacidade de aquecimento da água a 45°C, constam na Tabela 33 para os diversos meses do ano.

Tabela 33 – Capacidades e consumo elétrico em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior e capacidade de aquecimento do AQS a 45°C, sistema B (resultados obtidos do HAP).

<i>Meses</i>	<i>E_{arref.}</i>		<i>C_E - arref.</i> [kWh]	<i>E_{aq.}</i>			<i>C_E - aq.</i> [kWh]
	<i>UI</i> [kWh]	<i>Chiller</i> [kWh]		<i>UI</i> [kWh]	<i>AQS a 45 °C</i> [kWh]	<i>BC</i> [kWh]	
<i>janeiro</i>	15	26	6	1652	156	1770	548,0
<i>fevereiro</i>	27	44	10	1124	120	1185	366,9
<i>março</i>	82	111	28	696	111	715	221,4
<i>abril</i>	179	214	55	423	92	426	131,9
<i>maio</i>	434	477	125	152	72	140	43,3
<i>junho</i>	1220	1265	337	24	70	25	7,7
<i>julho</i>	2262	2307	624	9	50	4	1,2
<i>agosto</i>	2276	2321	631	8	50	6	1,9
<i>setembro</i>	1644	1688	454	14	63	13	4,0
<i>outubro</i>	480	523	137	143	95	159	49,2
<i>novembro</i>	96	122	31	759	125	811	251,1
<i>dezembro</i>	22	35	8	1512	156	1628	504,0
<i>Total</i>	8737	9133	2446	6516	1160	6882	2130,7

A Tabela 34 refere o consumo elétrico da bomba circuladora, ventiladores das unidades interiores, energia de aquecimento, fornecido pela resistência elétrica (R_{E-AQS}) e o consumo elétrico total do sistema B.

A capacidade de aquecimento e arrefecimento, consumo elétrico das unidades interiores e exterior, o consumo elétrico da bomba circuladora, dos ventiladores e consumo elétrico total do sistema C, para os diversos meses do ano, encontram-se na Tabela 35.

A Tabela 36 descreve a energia de arrefecimento e energia de aquecimento dos sistemas A, B e C e a recuperação de energia do sistema A e B.

Como podemos observar o sistema A recupera energia em arrefecimento e energia em aquecimento e o sistema B só recupera energia em aquecimento, sendo essa energia de recuperação maior que a energia total recuperada no sistema A.

Tabela 34 – Consumo elétrico da Bomba Circuladora, consumo elétrico dos ventiladores, recuperação de calor da Bomba de Calor, resistência elétrica para AQS e consumo elétrico total do sistema B.

Meses	C _{E-BCir} [kWh]	C _{E-VEN} [kWh]	Recuperação de calor [kWh]	E _{RE-AQS} (45°C a 60°C) [kWh]	C _{E-Total} [kWh]
janeiro	51	203	31	68	876,0
fevereiro	53	184	48	57	670,9
março	70	206	78	54	579,4
abril	71	203	76	41	501,9
maio	71	215	75	30	484,3
junho	59	217	64	35	655,7
julho	58	229	52	26	938,2
agosto	58	228	50	15	933,9
setembro	57	217	61	29	761,0
outubro	69	212	71	51	518,2
novembro	63	199	62	65	609,1
dezembro	53	204	33	79	848,0
Total	733	2517	701	550	8376,7

Tabela 35 – Capacidades e consumo elétrico em arrefecimento e aquecimento das unidades interiores e unidade exterior, consumo elétrico da Bomba circuladora, consumo elétrico dos ventiladores e consumo elétrico total do sistema C (resultados do HAP).

Meses	E _{arref.}		C _{E-arref.} [kWh]	E _{aq.}			C _{E-aq.} [kWh]	C _{E-BCir} [kWh]	C _{E-VEN} [kWh]	C _{E-Total} [kWh]
	UI [kWh]	Chiller [kWh]		UI [kWh]	AQS [kWh]	BC [kWh]				
janeiro	15	16	6	1652	232	1855	789	33	203	1031
fevereiro	27	28	11	1124	179	1279	605	28	184	828
março	82	87	35	696	164	839	449	29	206	719
abril	179	189	77	423	137	544	308	27	203	615
maio	434	453	186	152	108	251	151	29	215	581
junho	1220	1246	481	24	104	125	71	30	217	799
julho	2262	2290	786	9	74	81	38	32	229	1085
agosto	2276	2304	803	8	74	81	38	32	228	1101
setembro	1644	1671	608	14	93	105	56	31	217	912
outubro	480	500	208	143	142	276	163	30	212	613
novembro	96	102	42	759	186	925	474	29	199	744
dezembro	22	23	9	1512	232	1716	761	32	204	1006
Total	8737	8909	3252	6516	1725	8077	3903	362	2517	10034

Tabela 36 – Energia térmica em arrefecimento e aquecimento dos três sistemas e recuperação de energia dos sistemas A e B.

Meses	Sistema A				Sistema B			Sistema C	
	E _{arref.} [kWh]	E _{aq.} [kWh]	RE _{arref.} [kWh]	RE _{aq.} [kWh]	E _{arref.} [kWh]	E _{aq.} [kWh]	RE _{aq.} [kWh]	E _{arref.} [kWh]	E _{aq.} [kWh]
janeiro	13	1817	12	2	26	1838	31	16	1855
fevereiro	24	1257	22	6	44	1242	48	28	1279
março	83	809	39	23	111	769	78	87	839
abril	192	518	47	24	214	467	76	189	544
maio	474	217	39	31	477	170	75	453	251
junho	1339	93	14	49	1265	60	64	1246	125
julho	2478	57	6	46	2307	30	52	2290	81
agosto	2493	56	5	46	2321	21	50	2304	81
setembro	1802	80	18	43	1688	42	61	1671	105
outubro	525	240	31	36	523	210	71	500	276
novembro	99	896	31	18	122	876	62	102	925
dezembro	21	1690	14	6	35	1707	33	23	1716
Total	9543	7730	278	330	9133	7432	701	8909	8077

A Figura 40 representa a energia térmica de arrefecimento produzida nos três sistemas, sendo uma representação gráfica da Tabela 36. Como se pode observar o sistema A é o sistema que produz maior energia térmica de arrefecimento, sendo este nos meses de junho, julho, agosto e setembro. Existem pequenos fornecimentos de energia térmica de arrefecimento nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro devido ao facto de existirem cargas internas de aquecimento na cozinha em dias que a temperatura exterior está acima dos 16 °C [28].

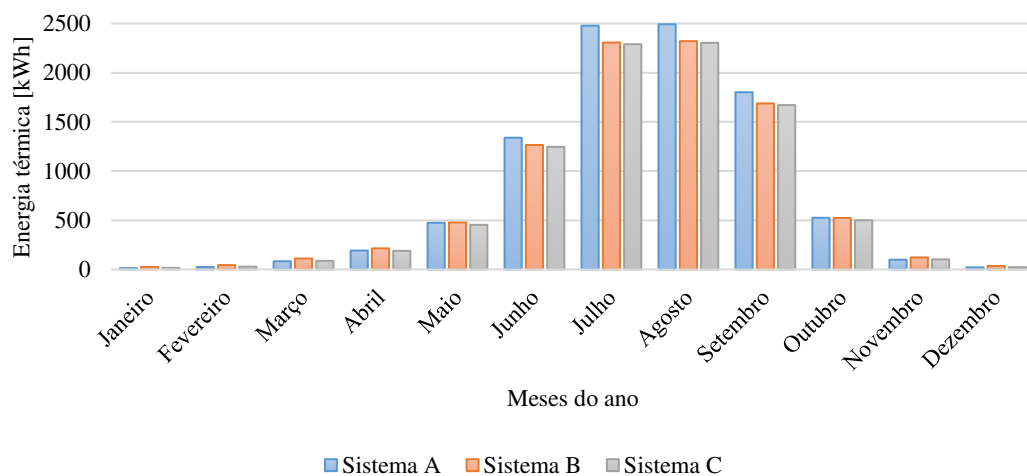


Figura 40– Energia térmica de arrefecimento produzida nos sistemas para climatização dos espaços

Como podemos verificar na Figura 41, existem necessidades de arrefecimento acima de 0,9 kWh nos dias 9, 10, 11, 27 e 28 de janeiro. Essas necessidades devem-se à existência de cargas térmicas na cozinha e nesses dias observa-se, através da Figura 42, que a temperatura exterior está acima dos 16 °C. Nos meses de fevereiro e dezembro verifica-se as mesmas condições que no mês de janeiro.

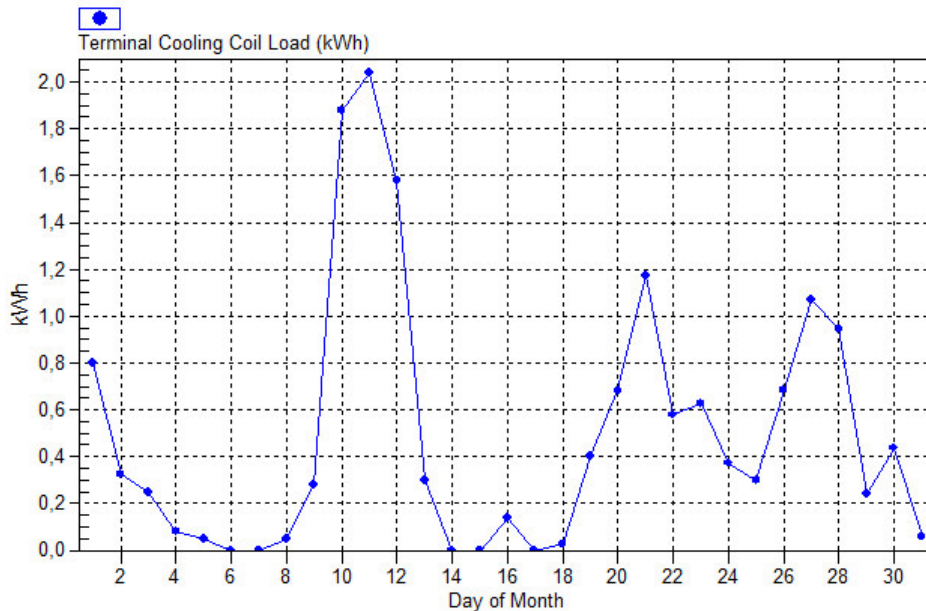


Figura 41 – Energia térmica de arrefecimento no mês de janeiro – relatório do HAP – Daily Simulation Results for January – sistema B [28].

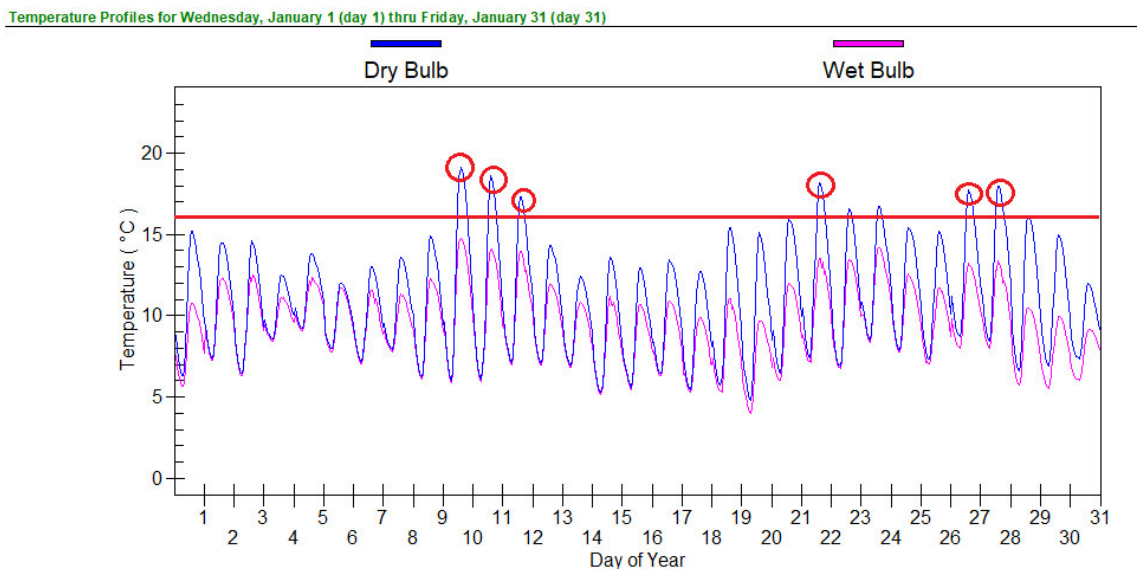


Figura 42 – Perfil de temperaturas exteriores de janeiro para Cascais – relatório do HAP Simulation Weather Graph for Cascais (adaptado de [28]).

O sistema que produz maior energia térmica de aquecimento nos espaços é o sistema C, pois é o sistema que não tem recuperação de energia e quando existem necessidades de aquecimento e arrefecimento ao mesmo tempo, este apenas realiza as necessidades de aquecimento, ver Figura 43.

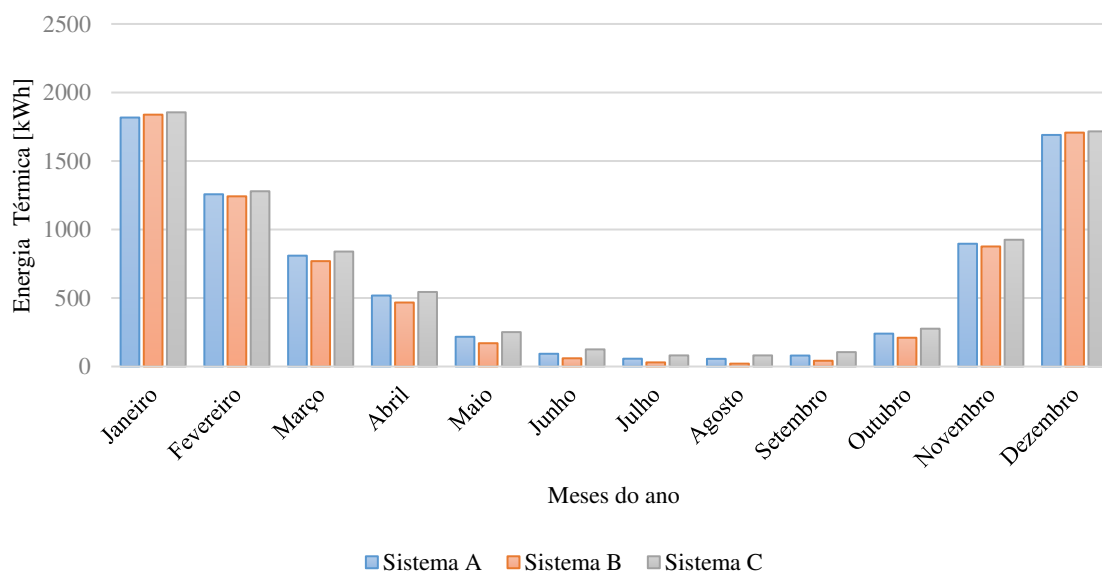


Figura 43 – Energia térmica de aquecimento produzida nos sistemas para climatização dos espaços.

Na Tabela 37 estão descritas as cargas térmicas de aquecimento, para AQS, existentes para cada mês do ano e os consumos elétricos associados a essas cargas para o sistema A. Na mesma tabela podemos observar a coluna da diferença percentual entre a carga de aquecimento da Bomba de Calor para AQS e a carga de apoio para AQS, obtida no Solterm. Verifica-se que o mês de junho e julho foram os meses em que não se conseguiu simular a carga térmica necessária. No final do ano as necessidades energéticas para aquecer as águas quentes sanitárias foram suprimidas quase na totalidade (99% das necessidades foram suprimidas).

A Figura 44 demonstra graficamente a energia térmica fornecida ao longo dos meses do ano e a energia necessária para cada um desses meses. Nos meses de junho, julho e dezembro observa-se que a Bomba de Calor não fornece energia de apoio suficiente para colmatar as necessidades de aquecimento das águas quentes sanitárias.

Tabela 37 – Cargas térmicas para AQS, consumos elétrico da Bomba de Calor (módulo de AQS), no sistema A.

Meses	E_M (Solterm) [kWh]	$E_{aq. BC}$ [kWh]	$E_{aq. - BC/AQS}$ [kWh]	$C_{E - BC}$ [kWh]	Diferença percentual relativamente à E_M [%]
janeiro	224	166,00	228,00	62,00	-2
fevereiro	177	129,00	176,82	47,82	0
março	165	119,00	163,58	44,58	1
abril	133	98,00	134,47	36,47	-1
maio	102	74,00	101,96	27,96	0
junho	105	72,00	99,06	27,06	6
julho	76	49,00	68,05	19,05	10
agosto	65	49,00	68,05	19,05	-5
setembro	92	67,00	91,85	24,85	0
outubro	146	101,00	138,69	37,69	5
novembro	190	138,00	189,33	51,33	0
dezembro	235	166,00	228,00	62,00	3
Total	1710	1228,00	1687,84	459,84	1

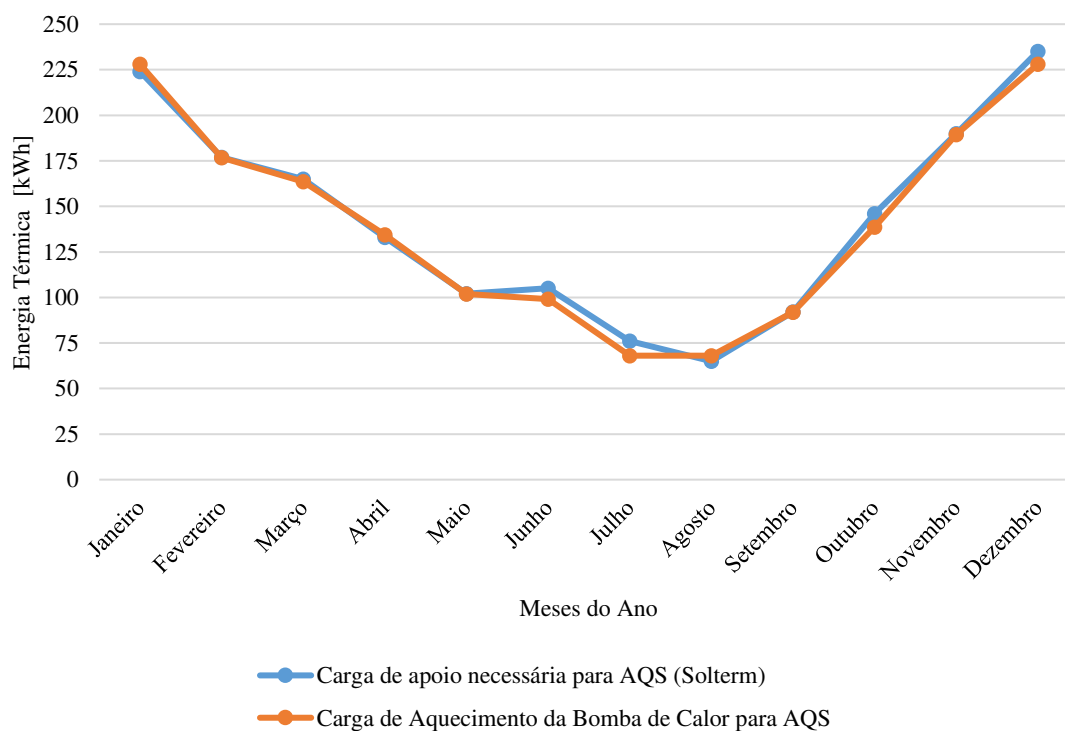


Figura 44 – Energia térmica necessária para AQS (Solterm) Vs energia térmica produzida da Bomba de Calor para AQS, sistema A.

A Tabela 38 descreve a energia térmica produzida pelo sistema B e C para a produção de água quente sanitária. Referente à mesma tabela podemos observar para o sistema C a diferença percentual relativamente às necessidades de AQS, definidas pelo Solterm, para o mês de maio e agosto foram os meses em que se produziu maior energia térmica do que o necessário. A Bomba de Calor do sistema C produz mais de 14% do que o necessário para o mês de agosto, devido ao horário (3º *Schedule*) ser o mesmo que o mês de julho. Deste modo a energia térmica produzida para esses meses é a média da energia necessária, como o mês de julho tem maior energia necessária, a média dos dois será maior que a energia necessária para agosto. Sendo assim a energia térmica produzida foi maior para o mês de agosto. O mesmo se sucede para o mês de maio em que a Bomba de Calor produz mais AQS do que o necessário, devido ao horário (*Schedule*) ser o mesmo para o mês de junho, em que este tem maiores necessidades de AQS. Por fim, no final do ano as necessidades energéticas para aquecimento das águas quentes sanitárias foram suprimidas na totalidade, sendo produzido cerca de 1% de energia a mais que o necessário.

Tabela 38 – Energias térmicas produzidas para o AQS do sistema B e C.

Meses	Dados do Solterm	Simulação do HAP		E_M Sistema B - $R_e - AQS$ 45°C para 60°C [kWh]	Diferença percentual relativamente ao Solterm	
	E_M [kWh]	E_M Sistema C [kWh]	E_M Sistema B - AQS a 45°C [kWh]		Sistema C [%]	Sistema B - AQS a 45°C [%]
janeiro	224	232	156	68	-4	30
fevereiro	177	179	120	57	-1	32
março	165	164	111	54	1	33
abril	133	137	92	41	-3	31
maio	102	108	72	30	-6	29
junho	105	104	70	35	1	33
julho	76	74	50	26	3	34
agosto	65	74	50	15	-14	23
setembro	92	93	63	29	-1	32
outubro	146	142	95	51	3	35
novembro	190	186	125	65	2	34
dezembro	235	232	156	79	1	34
Total	1710	1725	1160	550	-1	32

A Figura 45 representa a energia térmica necessária para AQS e a energia térmica produzida da Bomba de calor para AQS do sistema C, ao longo dos meses.

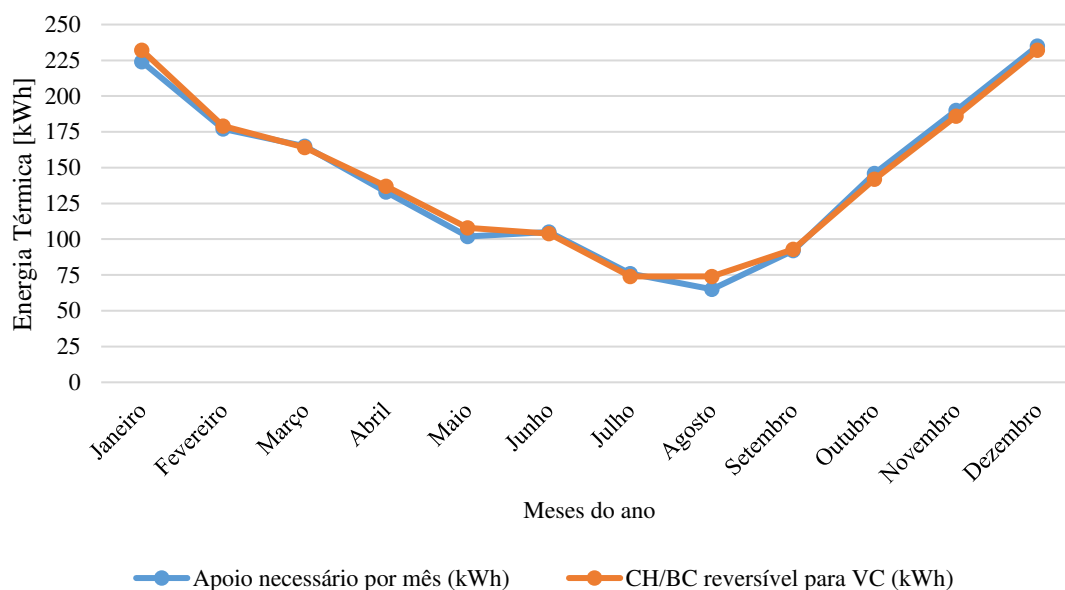


Figura 45 – Energia térmica necessária para AQS (Solterm) Vs energia térmica produzida da Bomba de Calor para AQS, sistema C.

Como descrito anteriormente no subcapítulo 4.2.2. , a produção de AQS no sistema B no software HAP foi para uma temperatura de 45 °C, esta energia térmica produzida não permitiu satisfazer as necessidades térmicas em 32% no final do ano. Por forma a colmatar essas necessidades térmicas para o aquecimento do AQS foi introduzida uma resistência elétrica, como podemos observar na Tabela 38.

A Figura 46 representa a energia térmica necessária para AQS e a energia térmica produzida da Bomba de calor para AQS a 45 °C do sistema B, ao longo dos meses.

Resumidamente as necessidades de AQS e a energia térmica produzida pelos sistemas para AQS está apresentada na Figura 47. Verifica-se que o sistema C é o sistema que melhor satisfaz as necessidades de AQS durante todo o ano, sendo por vezes superior ao necessário. O sistema B não satisfaz as necessidades de AQS devido ao Chiller/Bomba de Calor com recuperação não conseguir aquecer água até 60 °C, mas somente até aos 45 °C. Por forma a ultrapassar essa limitação, como referido anteriormente, foi inserida uma resistência elétrica que permite satisfazer a restante necessidade de AQS.

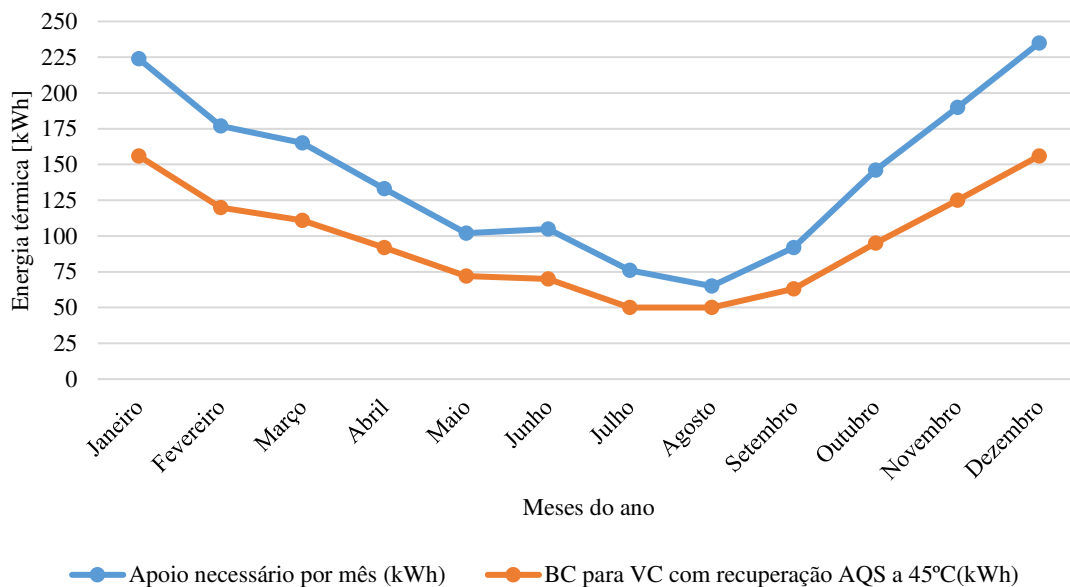


Figura 46 – Energia térmica necessária para AQS (Solterm) Vs energia térmica produzida da Bomba de Calor para AQS a 45 °C, sistema B.

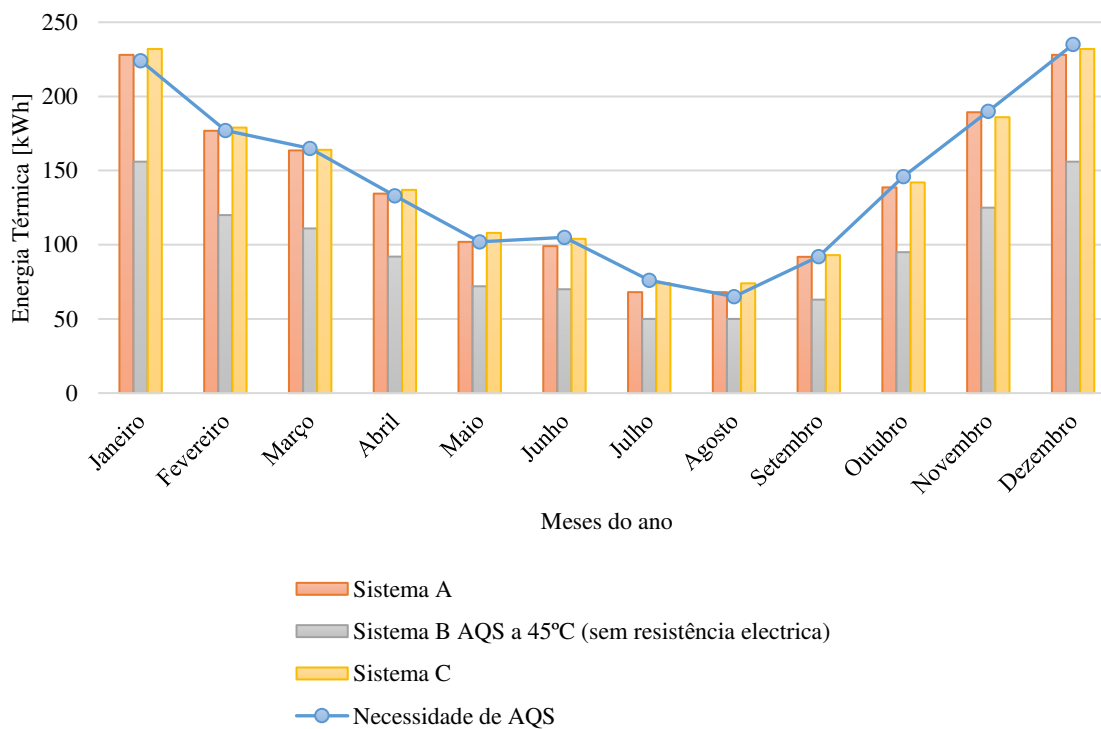


Figura 47 – Energia térmica produzida pelos sistemas para AQS.

A Tabela 39 indica o consumo total elétrico de todos os equipamentos pertencentes aos sistemas de climatização definidos. O consumo elétrico do Sistema A contabiliza o consumo

elétrico do compressor do VRF (em arrefecimento e em aquecimento) e do compressor do módulo de AQS, consumo elétrico da bomba circuladora para o circuito AQS e o consumo elétrico dos ventiladores das unidades interiores de climatização. O consumo elétrico do Sistema B contabiliza o consumo elétrico do compressor do Chiller/Bomba de calor com recuperação (em arrefecimento e em aquecimento), consumo elétrico da resistência elétrica, consumo elétrico da bomba circuladora para o circuito AQS e o consumo elétrico dos ventiladores dos ventiloconvectores. O consumo elétrico do Sistema C contabiliza o consumo elétrico do compressor do Chiller/Bomba de calor reversível (em arrefecimento e em aquecimento), consumo elétrico da bomba circuladora para o circuito AQS e o consumo elétrico dos ventiladores dos ventiloconvectores.

O sistema que apresentou maior consumo elétrico, ao longo dos meses do ano foi o sistema C com cerca de 10034 kWh. Sendo A o sistema que apresentou menor consumo elétrico ao longo de todo o ano, cerca de 7323 kWh.

Tabela 39 – Consumo elétrico total dos sistemas A, B e C.

<i>Meses</i>	<i>Consumo elétrico do Sistema A [kWh]</i>	<i>Consumo elétrico do Sistema B [kWh]</i>	<i>Consumo elétrico do Sistema C [kWh]</i>
<i>janeiro</i>	823,1	876,0	1031,0
<i>fevereiro</i>	617,9	670,9	828,0
<i>março</i>	508,7	579,4	719,0
<i>abril</i>	428,6	501,9	615,0
<i>maio</i>	394,0	484,3	581,0
<i>junho</i>	538,1	655,7	799,0
<i>julho</i>	812,1	938,2	1085,0
<i>agosto</i>	824,1	933,9	1101,0
<i>setembro</i>	647,9	761,0	912,0
<i>outubro</i>	418,8	518,2	613,0
<i>novembro</i>	531,4	609,1	744,0
<i>dezembro</i>	778,1	848,0	1006,0
Total	7322,8	8376,7	10034,0

Na Figura 48 é representada graficamente o consumo energético ao longo dos meses, sendo o sistema C o que consome maior energia elétrica e o sistema B o que menos consome durante todo o ano.

Sabendo que o custo elétrico por cada kWh é de 0,1659 €/kWh (tarifa simples com potência contratada de 10.35kVA) [58], a Tabela 40 apresenta o custo associado ao consumo elétrico, ao longo dos meses, para cada sistema. Como era de esperar, devido ao referido consumo elétrico, o sistema C apresenta um custo anual de 1664,64 € sendo superior em 27% ao custo do sistema A (1214,86 €) e superior em cerca de 17% do sistema B (1389,69 €).

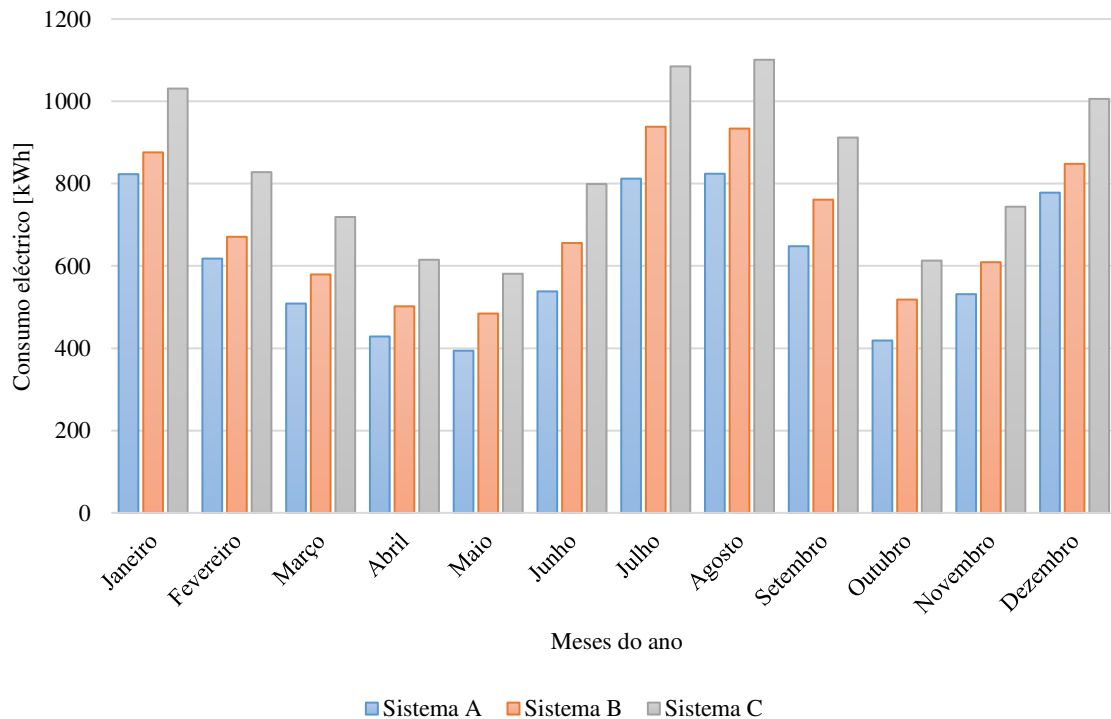


Figura 48 – Consumo total elétrico dos sistemas.

Através da Figura 49, podemos observar que o maior custo de consumo de energia elétrica, ocorre em julho e agosto no sistema C. Este custo é mais elevado devido ao Chiller/Bomba Calor reversível ter muitos picos de arranque do compressor, quando o Chiller/Bomba de Calor inverte o ciclo frigorífico, o que não acontece nos outros sistemas com tanta frequência devido à recuperação de calor que estes realizam.

Em janeiro e dezembro, no sistema C, existe também um maior custo de consumo de energia elétrica, devido à maior produção de energia térmica de aquecimento que os outros sistemas. Como o Chiller/Bomba de Calor reversível do sistema C tem um COP mais baixo que os outros sistemas o compressor irá consumir mais energia elétrica, como podemos observar na Figura 48 ($COP_A=3,83$; $COP_B=4,24$ em recuperação; $COP_C=3,02$).

Tabela 40 – Custo associado ao consumo elétrico dos sistemas A, B e C.

<i>Meses</i>	<i>Custo elétrico do Sistema A [€]</i>	<i>Custo elétrico do Sistema B [€]</i>	<i>Custo elétrico do Sistema C [€]</i>
<i>janeiro</i>	136,55	145,33	171,04
<i>fevereiro</i>	102,51	111,30	137,37
<i>março</i>	84,39	96,12	119,28
<i>abril</i>	71,10	83,26	102,03
<i>maio</i>	65,37	80,35	96,39
<i>junho</i>	89,28	108,79	132,55
<i>julho</i>	134,73	155,65	180,00
<i>agosto</i>	136,72	154,93	182,66
<i>setembro</i>	107,49	126,25	151,30
<i>outubro</i>	69,47	85,97	101,70
<i>novembro</i>	88,16	101,05	123,43
<i>dezembro</i>	129,08	140,69	166,90
Total	1214,86	1389,69	1664,64

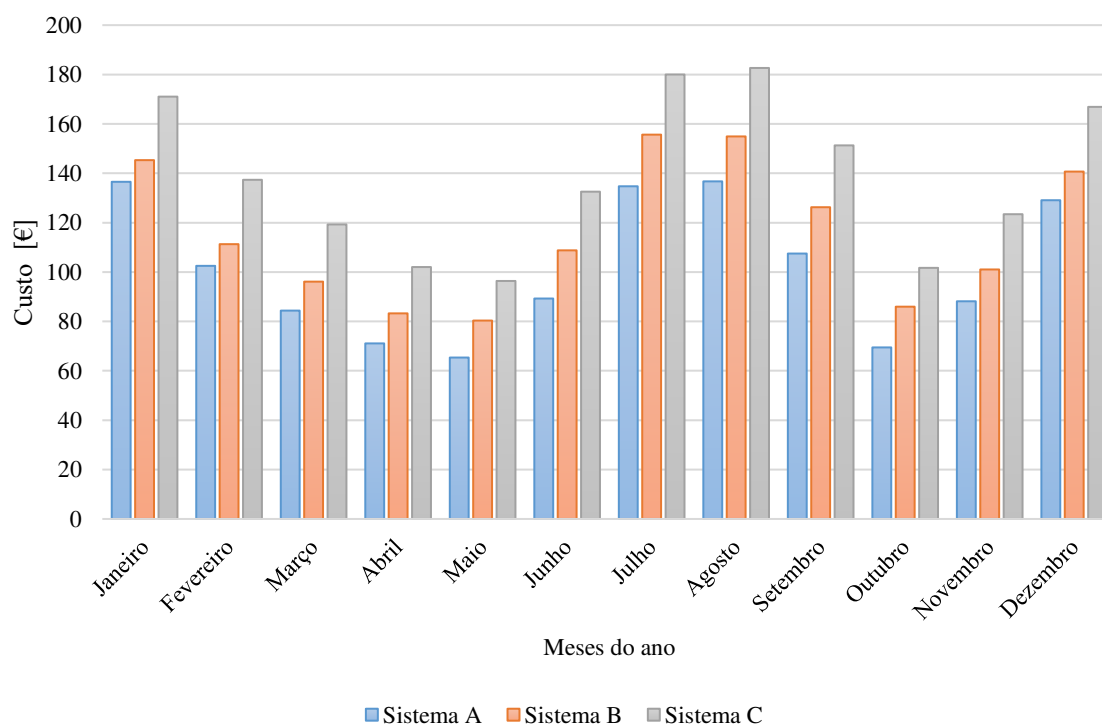


Figura 49 – Custo associado ao consumo elétrico dos sistemas A, B e C.

4.5.3. Análise energética

As simulações energéticas no software HAP permitiram fazer uma avaliação anual do consumo energético, energia fornecida e a energia recuperada dos sistemas.

A Tabela 41 representa a análise energética da energia térmica produzida pelos sistemas para o AQS. Verifica-se que o sistema VRF não consegue satisfazer em 1% as necessidades anuais de AQS, o contrário acontece no sistema C em que este produz mais energia térmica anual do que o necessário, sendo mais de 1% da energia necessária. O sistema C sem resistência elétrica não satisfaz em 32% as necessidades de AQS. As diferenças percentuais obtidas entre os softwares HAP e *Solterm* para os sistemas A e C são somente devido à introdução de dados no programa HAP.

Tabela 41 – Análise energética da energia térmica produzida pelos sistemas para o AQS.

<i>Sistema</i>	<i>Consumo [kWh]</i>	<i>Apoio [kWh]</i>	<i>Energia térmica produzida [kWh]</i>	<i>Diferença percentual relativamente à necessidade de AQS [%]</i>
<i>Sistema A</i>	3725	1710	1688	1
<i>Sistema B sem resistência elétrica</i>			1160	32
<i>Sistema B com resistência elétrica</i>			1710	0
<i>Sistema C</i>			1725	-1

A Tabela 42 indica a energia térmica fornecida em arrefecimento e aquecimento dos sistemas durante um ano, a energia térmica recuperada dos mesmos e o consumo elétrico anual. O sistema A tem um menor consumo elétrico e maior fornecimento de energia térmica, 7322,8 kWh e 9543,0 kWh, respetivamente. Apesar da razão da eficiência energética (EER) do VRF ser inferior à dos restantes sistemas, este apresenta maior precisão na temperatura do espaço devido ao controlo utilizado.

A energia total recuperada do sistema A foi de 607,8 kWh, onde 227,6 kWh é de arrefecimento e 330,2 kWh de aquecimento. No sistema B foi obtida uma energia total recuperada de 93,2 kWh superior ao do sistema A, sendo esta diferença possivelmente devida à modelação dos parâmetros do equipamento Chiller/Bomba de Calor do sistema B no software HAP.

Tabela 42 – Consumo elétrico, energia térmica total fornecida e energia total recuperada dos sistemas de climatização.

<i>Sistema de climatização</i>	<i>Consumo elétrico Total do sistema [kW]</i>	<i>Energia térmica total fornecida em arrefecimento do sistema [kWh]</i>	<i>Energia térmica total fornecida em aquecimento do sistema [kWh]</i>	<i>Energia total recuperada</i>	
				<i>Em Arrefecimento [kWh]</i>	<i>Em Aquecimento [kWh]</i>
<i>VRF com recuperação de calor (Sistema A)</i>	7322,8	9543,0	9417,8	277,6	330,2
<i>CH/BC com recuperação de calor (Sistema B)</i>	8376,7	9133,0	7432,0	0	701,0
<i>CH/BC reversível para VC's (Sistema C)</i>	10034,0	8909,0	8077,0	0	0

4.5.4. Análise económica

A análise económica pretendeu analisar o sistema A e B relativamente ao sistema C. O sistema C foi considerado o sistema de referência devido ao menor custo de investimento (13 353,3 €) e o consumo mais elevado ao longo do ano (10034 kWh elétricos).

O sistema A tem um investimento inicial de 30 007 €, com um consumo elétrico anual de 7322,8 kWh. A poupança elétrica ao fim de um ano é de 2711,2 kWh, representando um custo de 449,79 €. Para aquisição do sistema B é necessário um investimento de 17 044,4 €, obtendo-se um consumo elétrico anual de 8376,7 kWh. Ao fim de um ano, a poupança elétrica relativamente ao sistema C é de 1657,3 kWh, representando um custo de 274,94 €.

Comparando a poupança anual do sistema A e a diferença de investimento entre o sistema A e C, o período de retorno simples é de 39,2 anos. O tempo de vida útil dos equipamentos é na ordem dos 25 anos, logo o período de retorno simples obtido para o sistema A é superior em 14,2 anos. O investimento de aquisição do sistema A não é viável, uma vez que só existirá retorno de investimento muito depois da vida útil dos equipamentos.

No caso do sistema B o período de retorno simples é de 17,1 anos. É aceitável realizar o investimento deste equipamento, dado que o período de retorno simples é inferior ao tempo de vida útil dos equipamentos. No anexo I encontram-se os preços de cada sistema.

Capítulo 5. Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

A realização do estágio permitiu consolidar e aprofundar conhecimentos adquiridos na licenciatura e mestrado, adquirindo também novas competências para desenvolvimento de projetos de climatização e fluidos industriais, nomeadamente aprendizagem de procedimentos e conceitos de projeto. O estágio também permitiu desenvolver capacidades de comunicação entre colegas de trabalho, fornecedores e clientes.

O caso de estudo teve como base num projeto desenvolvido na empresa, projeto Moradia Cascais, em que consistiu no dimensionamento do sistema de climatização e dimensionamento do sistema solar térmico para aquecimento de águas quentes sanitárias. Ao cliente foram apresentadas três soluções de climatização e realizada a orçamentação de cada solução, indicando as vantagens e desvantagens de modo o cliente poder tomar uma decisão conscienciosa. Para além do caso de estudo, foram realizados projetos na área fluidos industriais nomeadamente o projeto Adigrat, Recipharm II e ZEE Luanda, que consistiram no dimensionamento de tubagem e seleção de equipamentos, como exemplo, caldeiras de vaporização rápida.

No caso de estudo foi pretendido selecionar o sistema mais económico a implementar numa habitação unifamiliar. Deste modo foram realizadas análises energéticas de consumo e económicas do ponto de vista da aquisição de equipamento. As soluções apresentadas ao cliente não foram as estudadas neste trabalho pois o cliente pretendia realizar apenas aquecimento no piso 0 e arrefecimento e aquecimento nos pisos 1 e 2. Sendo que o objetivo do caso de estudo é a apresentação de três soluções distintas que permitissem ambas realizarem aquecimento e arrefecimento em toda a moradia. Permitindo assim a realização da análise energética de forma coerente e objetiva.

Numa fase de estudo de quais os sistemas viáveis a climatizar a moradia, foi equacionada o sistema de superfície radiante que permitiria realizar aquecimento e arrefecimento dos espaços. A solução poderia ser um sistema de pavimento radiante ou um sistema de parede radiante, em que é usual selecionar apenas uma parede do espaço a climatizar para servir de parede radiante. A solução sistema superfície radiante foi abandonada devido às necessidades térmicas por metro quadrado serem maiores que a necessidades térmicas

permitidas pela norma EN 15377-1. Notando-se que na moradia existem maiores necessidades térmicas de arrefecimento, por metro quadrado, do que em aquecimento.

Assim sendo, os sistemas selecionados para análise foram o sistema VRF com recuperação de calor (sistema A), o sistema Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor (Sistema B) e o sistema Chiller/Bomba de Calor reversível (Sistema C). Ambos os sistemas permitem realizar o aquecimento das águas quentes sanitárias, colmatando a necessidades térmicas existentes do sistema solar térmico.

Os dimensionamentos dos equipamentos de climatização foram realizados para as condições de projeto definidas pelo software HAP, em que estes sistemas possuem as mesmas cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento, sendo que os sistemas B e C, em aquecimento, têm uma maior necessidade de carga térmica, cerca de 200 W a mais relativamente ao sistema A. Selecionados os equipamentos para cada sistema de climatização foram inseridos os seus parâmetros de funcionamento no software de modo a realizar a análise energética dos sistemas.

Apesar do software HAP ser um programa acessível na modelação de sistemas, este é pouco flexível na possibilidade de introduzir sistemas alternativos de climatização, nomeadamente sistemas radiantes, sendo um dos muitos motivos pelo qual não foi analisado o sistema.

Relativamente à modelação dos sistemas em estudos, sentiram-se dificuldades na definição de parâmetros de funcionamento do sistema A e B. O sistema A foi um sistema complexo na definição de parâmetros de funcionamento da unidade condensadora relativamente à simulação da carga térmica do módulo de AQS. Neste caso o software não permite a definição das necessidades de água quente sanitária nos sistemas de expansão direta, como é possível nos sistemas a ar-água. No sistema B, também existiram dificuldades na definição do Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperador de calor, no menu *Plant* do software HAP. Sendo que este apenas permite a definição da caldeira e do Chiller para arrefecimento que permite recuperar calor. Deste modo, foi necessário arranjar uma alternativa que permitisse simular o sistema.

Da análise energética obtida através do software podemos concluir que o sistema A possui menos 27% do consumo energético relativamente ao sistema C. Este fornece mais energia térmica aos espaços e ao AQS, fornecendo mais de 7% de energia térmica em arrefecimento que o sistema C e mais de 26% de energia térmica em aquecimento que o sistema B. Contudo, este sistema não é viável a nível de investimento, pois tem um período de retorno

simples muito elevado (39,2 anos), sendo um sistema extremamente dispendioso para uma moradia.

O sistema que permite um consumo energético baixo e viável para este tipo de edifício é o sistema B, pois consome menos de 17% de energia elétrica relativamente ao sistema C e permite um período de retorno simples de 17,1 anos inferior à vida útil dos equipamentos.

Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, seria interessante utilizar indicadores de eficiência energética na análise da eficiência dos sistemas, realizar uma análise económica mais detalhada, onde fossem contabilizados custos de instalação e de manutenção de sistemas e uma análise da influência das medidas passivas que foram introduzidas na moradia, sendo estas melhoramento do isolamento das paredes e substituição para janelas mais eficientes.

Referências

- [1] Consumidores Inteligentes Casas Eficientes, Porto: ENERGUIA, 2017.
- [2] Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais, Lisboa: DGGE, 2004.
- [3] A. Alahmer e S. Alsaqoor, “Simulation and optimization of multi-split variable refrigerant flow systems,” *Ain Shams Engineering Journal*, pp. 1-11, 2017.
- [4] E. Özahi, A. Abusoglu, Í. Kutlar e O. Dagcı, “A comparative thermodynamic and economic analysis and assessment of a conventional HVAC and a VRF system in a social and cultural center building,” *Energy and Buildings*, pp. 1-14, 2017.
- [5] *Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de julho*.
- [6] T. A. Reddy, J. F. Kreider, P. S. Curtiss e A. Rabl, *Heating and Cooling of Buildings - Principles and Practice of Energy Efficient Design*, CRC Press, 2017.
- [7] L. Roriz, A. Gonçalves, C. Soares, F. Lourenço, J. B. Barreto, J. Jesus, L. Vazquez e L. Malheiro, *Climatização - Conceção, instalação e condução de sistemas*, Alfragide: Edições Orion, 2007.
- [8] A. J. C. Curado, *Conforto Térmico e Eficiência Energética nos Edifícios de Habitação Social Reabilitados*, Porto: Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2014.
- [9] ASHRAE, “Chapter 9 - Thermal Comfort,” em *ASHRAE Handbook - Fundamentals*, ASHRAE, 2009, p. 9.1; 9.2; 9.10; 9.11; 9.17; 9.19.
- [10] *EN 15251:2007 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, 2007.
- [11] A. Litiu, B. Brook, S. Corgnati, S. D'Oca, V. Fabi, M. Keel, H. Kranz, J. Kurnitski, P. Schoenenberger e R. Ullmann, *Introdução à Automação, Controlo e Gestão Técnica de Edifícios*, Lisboa: REHVA, 2017.
- [12] ITeCons, *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) - Síntese da Regulamentação Aplicável*, Coimbra: ITeCons - Universidade de Coimbra.

- [13] V. Moteiro, *Refrigeração I - Técnicas e competências ambientais - Bases e Fundamentos*, Lisboa: ETEP, 2015.
- [14] A. Sampaio, *A importância de uma boa distribuição do ar*, Lisboa: Contimetra, 2011.
- [15] T. Anyur, "Variable refrigerant flow systems: A review," *Energy Buildings*, pp. 1106-1112, 2010.
- [16] W. Goetzler, "Variable Refrigerant Flow Systems," *ASHRAE Journal*, pp. 24-31, 2007.
- [17] V. Monteiro, *Refrigeração II - Técnicas e competências ambientais - Aplicações e Certificação*, Lisboa: ETEP, 2016.
- [18] BE Air Conditioning, "VRV," [Online]. Available: http://www.beairconditioning.co.uk/air_conditioning_vrv.htm. [Acedido em 20 02 2018].
- [19] MITSUBISHI ELECTRIC, "GAMA ECODAN - ECODAN BY CITY MULTI - HWS, ATW (Produção água quente/fria e AQS) e WCB (caixa de ligações)," MITSUBISHI ELECTRIC, [Online]. Available: <http://www.mitsubishielectric.pt/site/produto.php>. [Acedido em 18 02 2018].
- [20] K.-N. Rhee, B. W. Olesen e K. W. Kim, "Ten questions about radiant heating and cooling systems," *Building and Environment*, pp. 367-381, 2016.
- [21] J. Babiak, B. W. Olesen e D. Petrás, *Aquecimento a baixa temperatura e arrefecimento a temperatura elevada*, Lisboa: REHVA, 2009.
- [22] UPONOR, *Manual técnico de Climatização Invisível residencial UPONOR*, Olival: UPONOR, 2013.
- [23] *Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro de 2013*.
- [24] M. Trčka e J. L. M. Hensen, "Overview of HVAC system simulation," *Automation in Construction*, pp. 93-99, 2009.
- [25] P. D. V. Ribeiro, *Análise de Programas de Cálculo de Consumo de Energia em Edifícios*, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

- [26] D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert e B. T. Griffith, “Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs,” *Building and Environment*, pp. 661-673, 2006.
- [27] C. A. P. Santos e L. Matias, Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- [28] Carrier, *Software Carrier's Hourly Analysis Program - versão 4.91*.
- [29] Revista Edifícios e Energia, “Gestão Técnica centralizada - Um enorme potencial de poupança!,” [Online]. Available: <http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/tema-capa>. [Acedido em 20 09 2017].
- [30] L. Carvalho, J. Barbosa, T. Teixeira e V. Calado, Manual de Instalação de Sistemas Solares Térmicos, Porto: Publindústria, 2012.
- [31] AIMinho - Associação Empresarial, Guia de Orientação para utilização das Energia Renováveis nas Empresas, Braga, 2010.
- [32] Solar Keymark, “Press room Solar Keymark Certification,” [Online]. Available: <http://www.estif.org/solarkeymarknew/press-room/solar-keymark-certification>. [Acedido em 6 06 2017].
- [33] Certif - Associação para Certificação, “Arquivo de Notícias - 17ª Reunião plenária do SKN,” Outubro 2014. [Online]. Available: <http://www.certif.pt/arqnoticias.asp>. [Acedido em 10 06 2017].
- [34] Certif - Associação para a Certificação, “Marcas Atribuídas - Marcas próprias,” [Online]. Available: <http://www.certif.pt/marcas.asp#pcertificado>. [Acedido em 10 06 2017].
- [35] E. P. Lebeña e C. J. Costa, Instalações Solares Térmicas, Lisboa: Instituto nacional de Engenharia e Tecnologia e Inovação, IP, 2007.
- [36] L. Roriz, J. Rosendo, F. Lourenço e K. Calhau, Energia Solar em Edifícios, Amadora: Edições Orion, 2010.
- [37] Direção-Geral de Energia e Geologia, Guia de utilização do software SCE.ER, Lisboa, 2016.

- [38] R. Aguiar e R. E. Coelho, *Manual de Instalação e Utilização do software Solterm*, Lisboa: Laboratório nacional de Energia e Geologia, I.P., 2012.
- [39] ASHRAE, “Chapter 22 - Pipe Sizing,” em *ASHRAE Handbook - Fundamentals*, ASHRAE, 2009, p. 22.1; 22.2; 22.7.
- [40] Caleffi, *Vaso de expansão séries 555- 5558 - 556*.
- [41] ASHRAE, “Chapter 21 - Duct Design,” em *ASHRAE Handbook - Fundamentals*, ASHRAE, 2009, p. 21.8; 21.16.
- [42] Google Maps, “R. António de Nola 89,” [Online]. Available: <https://www.google.pt/maps/place/R.+Ant%C3%B3nio+de+Nola+89,+2750-642+Cascais/@38.6979405,-9.4330157,75m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd1ec422984e9f0d:0x5d26f2b8d5ecc08d!8m2!3d38.6982894!4d-9.4330044?hl=pt-PT>. [Acedido em 20 02 2018].
- [43] R. Aguiar, R. E. Coelho e M. J. Carvalho, *Software SolTerm 5.1.3 - Análise do Desempenho de Sistemas Solares Térmicos e Fotovoltaicos*, Lisboa: Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., 2012.
- [44] *BAXI MEDITERRANEO SLIM 200*, Keymark Certificate - Solar thermal energy, 2016.
- [45] Laboratório Nacional de Energia e Geologia, *Simulador Anos Meteorológico da Referência, do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.*, Lisboa.
- [46] MITSUBISHI ELECTRIC, “CITY MULTI PWFY-P~BU Series,” [Online]. Available: <http://www.mitsubishi-electric.co.nz/citymulti/c/8133/pwfy-pbu-series> . [Acedido em 10 02 2018].
- [47] MITSUBISHI ELECTRIC, “Controladores BC - Informação Técnica,” [Online]. Available: <http://mitsubishielectric.pt/admin/uploadedfiles/dfcda36a7a08d77917830e31390724f7.pdf>. [Acedido em 10 02 2018].
- [48] MITSUBISHI ELECTRIC, *OUTDOOR UNIT R2 Series - PURY-P YLM-A1 (-BS) - Specifications*.
- [49] MITSUBISHI ELECTRIC, *DATA BOOK - PWFY-P100VM-E-BU*.

- [50] RHOSS, *Compact-Y EXP SM TXAEY 117÷130*.
- [51] Carrier, *Reversible Air to Water Heat Pump 30AW*, 2013.
- [52] Carrier, *HEAT RECOVERY FROM AIR-COOLED CHILLERS - Applications for Heat Reclaim Chillers*, 2009.
- [53] Baxi, *Grupo hidráulico Solar - Instrucciones de instalación y funcionamiento para el instalador especializado*.
- [54] GRUNDFOS, *MAGNA 32-60 N*, 2018.
- [55] Soler & Palau, “Entradas de ar (arejadores) Autoreguláveis - SILEM KIT,” em *Catálogo*, p. 741.
- [56] Systemair, “KVK 200 Ins. Circ. duct fan,” [Online]. Available: <https://www.systemair.com/Global/Products/fans--accessories/circular-duct-fans/box-fans/kvk/kvk-200-ins.-circ.-duct-fan/?version=1>. [Acedido em 2018 01 10].
- [57] Systemair, “KBR 280EC Thermo fan,” [Online]. Available: <https://www.systemair.com/Global/Products/fans--accessories/other-fans/ec-thermobox/kbr-ec/KBR-280EC-Thermo-fan/>. [Acedido em 10 01 2018].
- [58] EDP, “Tarifários - Electricidade Simples,” [Online]. Available: <https://www.edp.pt/particulares/energia/tarifarios/>. [Acedido em 17 12 2018].
- [59] A. M. B. Teixeira, *Impacto da Norma de Conforto Europeia EN 15251 na certificação energética em edifícios de serviços*, Porto: Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2009.
- [60] Grundfos, “Combinar caudais constantes e variáveis”.
- [61] Sauter Portugal, “Gestão de energia em dez passos,” [Online]. Available: <https://www.sauteriberica.com/pt/empresa-sauter/sauter-eco10-sauter.html>. [Acedido em 2018 01 10].

Anexo A. Dimensionamento dos Páineis Solares Térmicos

Para o dimensionamento do sistema solar térmico recorreu-se ao programa SolTerm, versão 5.1. Inicialmente definiu-se o concelho onde se localiza a moradia, Cascais, seguindo-se a caracterização do sombreamento, entre outros detalhes sobre a localização dos coletores solares (Figura A.1).

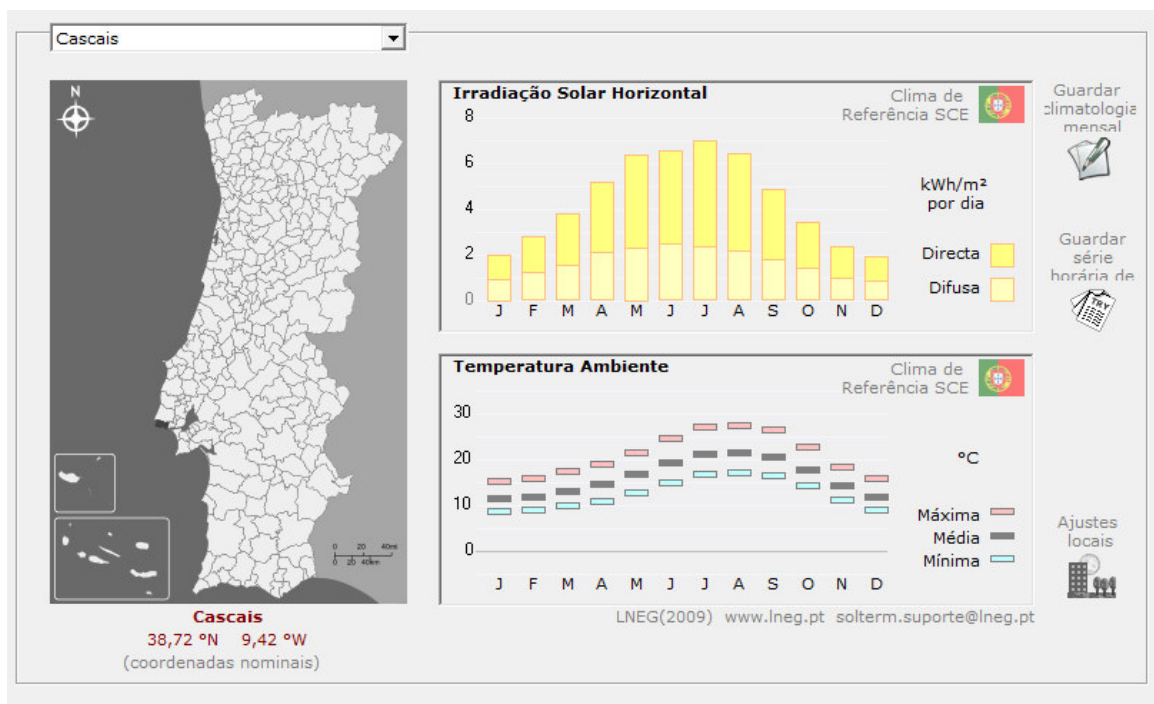


Figura A.1 – Seleção do concelho no SolTerm.

Considerou-se uma turbidez da atmosfera com conteúdo médio em aerossóis e poluição, visto a moradia encontra-se numa zona pouco poluída perto do mar. Relativamente ao albedo definiu-se outras situações/valor típico de 20%.

O sistema térmico da moradia é constituído por dois coletores, um depósito de 350 litros, duas bombas circuladoras e uma bomba de calor, que permite colmatar a falta de água aquecida que os coletores não conseguem (ver Figura A.1). Na Figura A.2 estão definidas as características do circuito primário, sendo a perda de carga calculada no Anexo D.

Relativamente aos coletores solares foram definidos dois coletores do modelo SLIM 2.0 da marca BAXIROCA com as seguintes características:

- Rendimento óptimo – $\eta_0=0,732$;
- $a_1=3,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$;
- $a_2=0,017 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$;
- Área de abertura $a=1,92\text{m}^2$

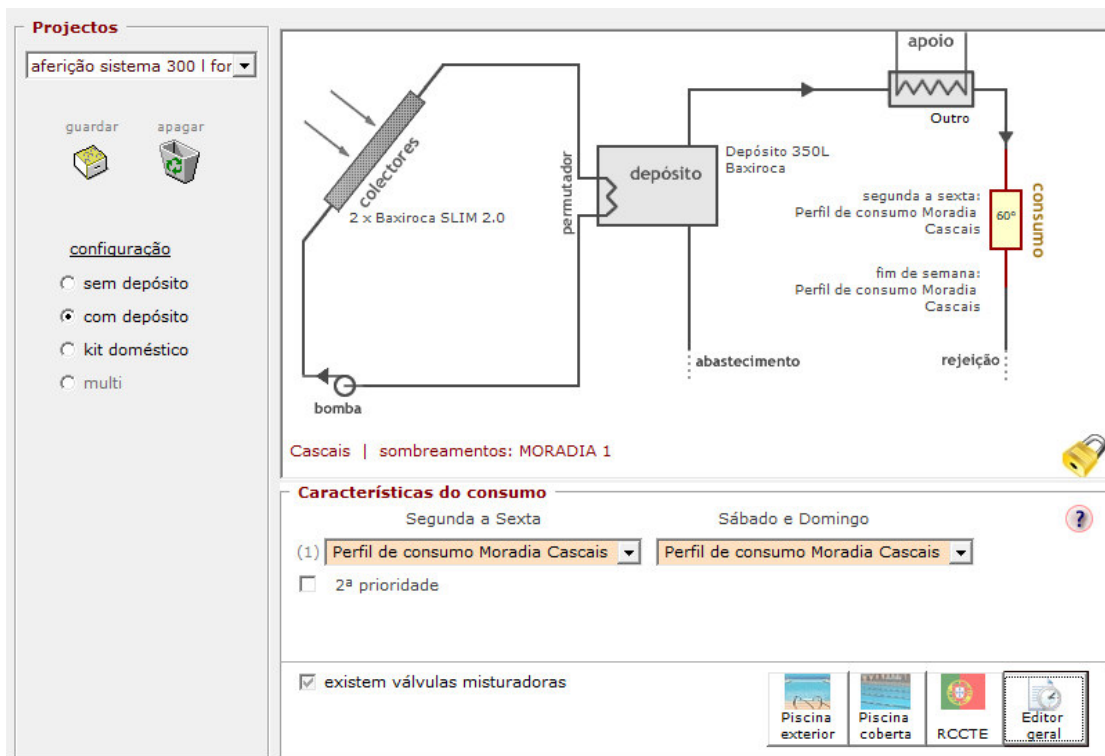


Figura A.2 – Diagrama esquemático do sistema Solar Térmico.

Na Tabela A.1. estão descritos os parâmetros do circuito primário que foram inseridos no programa Solterm.

Tabela A.1 – Características do circuito primário.

	<i>Circuito Primário</i>
<i>Comprimento Total da Tubagem</i>	54,3 m
<i>Comprimento Exterior da Tubagem</i>	24,3
<i>Diâmetro do tubo</i>	DN 17
<i>Velocidade</i>	0,26 m/s
<i>Caudal</i>	0,047
<i>Perda de carga</i>	11,56kPa

Segundo o decreto de lei, define o consumo de 40 litros por dia por pessoa, sendo uma moradia de tipologia T4, considera-se que moram 5 pessoas, deste modo o consumo médio diário de referência é de 200 litros. Na Figura A.3 está definido o perfil de consumo semanal, através de valores absolutos de consumo de água aquecida e as características do depósito de AQS.

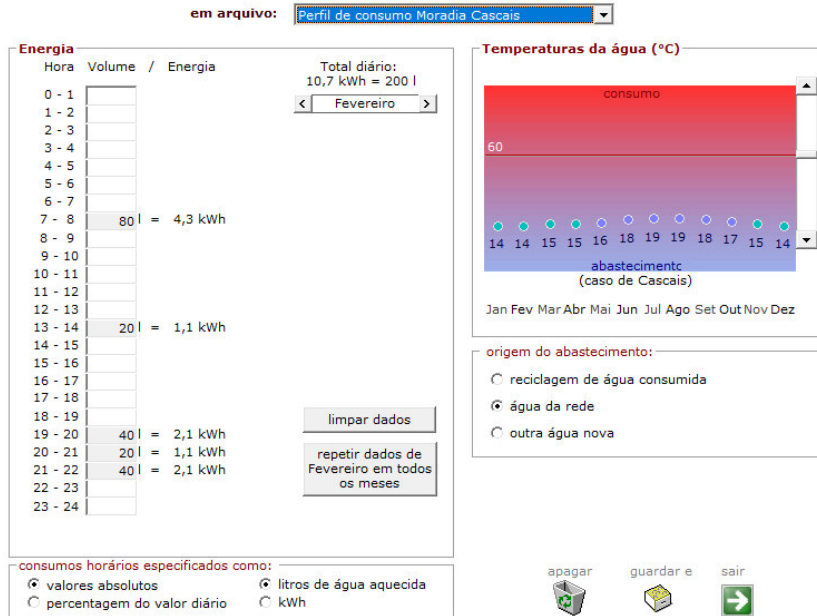


Figura A.3 – Perfil de consumo semanal (esquerda) e características do depósito de AQS (direita).

A Figura A.4 representa as características do depósito de AQS inseridas no programa Solterm.

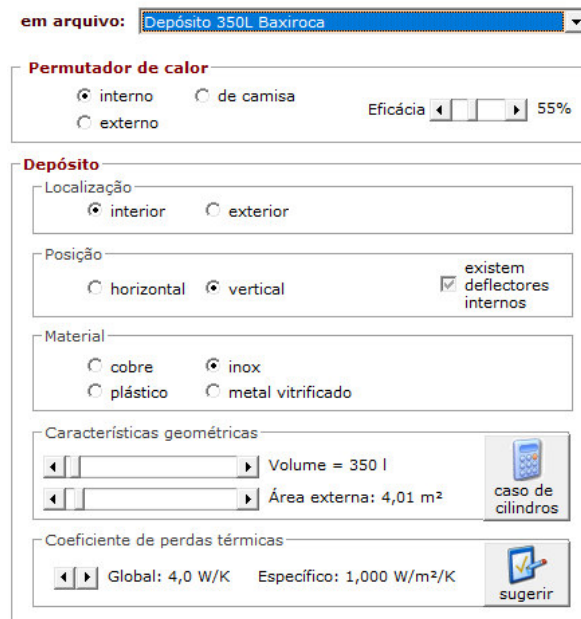


Figura A.4 – Características do depósito de AQS.

Anexo B. Definição dos Spaces

Tabela B.1 – Descrição da parede exterior 1.

Parede exterior 1	Parede dupla reabilitada com ETICS 2					
Elemento de Camada	e_1 [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	m_{ti} [kg/m ³]	m_i [kg/m ²]
Resistência exterior	-	-	0,040	0,330	-	0,232
Argamassa e reboco não tradicional	0,005	0,55	0,009		1200	
Poliestireno expandido (EPS)	0,08	0,036	2,222		14	
Argamassa e reboco tradicional	0,02	1,3	0,015		2000	
Tijolo cerâmico furado (11cm)	0,11	0,407	0,270		875,5	
Caixa de ar não ventilada	0,04	-	0,160		-	
Alvenaria de tijolo furado	0,11	0,688	0,160		930	
Gesso projectado acabamento com estuque	0,015	0,57	0,026		1150	
Resistência interior	-	-	0,13		-	

Tabela B.2 – Descrição da parede exterior 2.

Parede exterior 2	Parede dupla reabilitada com ETICS 1					
Elemento de Camada	e_1 [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	m_{ti} [kg/m ³]	m_i [kg/m ²]
Resistência exterior	-	-	0,040	0,334	-	0,237
Argamassa e reboco não tradicional	0,005	0,55	0,009		1200	
Poliestireno expandido (EPS)	0,08	0,036	2,222		14	
Argamassa e reboco tradicional	0,02	1,3	0,015		2000	
Alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,15	0,652	0,230		920	
Caixa de ar não ventilada	0,04	-	0,160		-	
Alvenaria de tijolo furado	0,11	0,688	0,160		930	
Gesso projectado acabamento com estuque	0,015	0,57	0,026		1150	
Resistência interior	-	-	0,13		-	

Tabela B.3 – Descrição da parede exterior 3.

Parede exterior 3	Fachada de um pano com isolamento pelo exterior , sistema 'ETICS'					
Elemento de Camada	e_1 [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	m_{ti} [kg/m ³]	m_i [kg/m ²]
Resistência exterior	-	-	0,040	0,393	-	0,219
Argamassa decorativa Morcemcrlil "GRUPO PUMA"	0,003	1	0,003		1800	
Argamassa base argamassa para fixação e protecção do isolamento "GRUPO PUMA"	0,005	1	0,005		1800	
Painel Rígido de poliestireno expandido	0,08	0,038	2,105		20	
Argamassa base argamassa para fixação e protecção do isolamento "GRUPO PUMA"	0,005	1	0,005		1800	
Alvenaria de tijolo furado	0,22	0,956522	0,230		920	
Gesso projectado acabamento com estuque	0,015	0,57	0,026		1150	
Resistência interior	-	-	0,13		-	

Tabela B.4 – Descrição da parede exterior 4.

Parede exterior 4	Fachada revestida com argamassa monomassa, de alvenaria, com revestimento interior autoportante					
Elemento de Camada	e_1 [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	m_{ti} [kg/m ³]	m_i [kg/m ²]
Resistência exterior	-	-	0,0400	0,370	-	0,210
Argamassa monomassa	0,015	0,7	0,0214		550	
Alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,15	0,652174	0,2300		920	
Acustilaine E	0,08	0,037	2,1622		40	
Placa de gesso laminado	0,015	0,25	0,0600		731,333	
Placa de gesso laminado	0,015	0,25	0,0600		731,333	
Resistência interior	-	-	0,1300		-	

Tabela B.5 – Descrição da parede interior.

Parede interior	Alvenaria interior com tijolo de 22 com sistema ITICS					
Elemento de Camada	e_1 [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	mti [kg/m ³]	mi [kg/m ²]
Resistência interior	-	-	0,1300	0,362	-	0,278
Ladrilhamento com ladrilhos cerâmicos	0,005	1,3	0,0038		2300	
Emboço de cimento	0,015	1,3	0,0115		1900	
Argamassa e reboco não tradicional	0,005	0,55	0,0091		1200	
Poliestireno expandido (EPS)	0,08	0,042	1,9048		14	
Tijolo cerâmico furado (22cm)	0,22	0,385	0,5714		728	
Resistência interior	-	-	0,1300		-	

Tabela B.6 – Descrição do pavimento em contacto com o terreno.

Pavimento em contacto com o terreno						
Elemento de Camada	e_1 [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	mti [kg/m ³]	mi [kg/m ²]
Resistência exterior	-	-	-	0,438	-	0,127
Massame de betão armado	0,1	2,3	0,043		2500	
Betão celular autoclavado	0,1	0,19	0,526		550	
Poliestireno extrudido (XPS)	0,05	0,037	1,351		40	
Betonilha	0,04	1,3	0,031		2000	
Pavimento com revestimento de mosaicos cerâmicos de grés esmaltado	0,01	2,3	0,160		2500	
Resistência interior	-	-	0,17		-	

Tabela B.7 – Descrição da Cobertura plana.

Cobertura plana						
Elemento de Camada	e_i [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]	U [W/m ² .K]	mt_i [kg/m ³]	mi [kg/m ²]
<i>Resistência exterior</i>	-	-	0,040	0,358	-	0,184
<i>Pavimento de grés rústico</i>	0,01	2,3	0,004		2500	
<i>Argamassa de cimento</i>	0,04	1,3	0,031		1900	
<i>Geotêxtil de poliéster</i>	0,0008	0,038	0,021		250	
<i>Poliestireno extrudido</i>	0,06	0,034	1,765		38	
<i>Geotêxtil de poliéster</i>	0,0006	0,038	0,016		250	
<i>Impermeabilização asfáltica monocamada colada</i>	0,0036	0,23	0,016		1100	
<i>Camada de regularização de argamassa de cimento</i>	0,04	1,3	0,031		1900	
<i>Formação de pendentos com argila expandida descarregada a seco</i>	0,1	0,19	0,526		600	
<i>Laje aligeirada 12+3 cm</i>	0,15	1	0,150		1446,8 9	
<i>Gesso projectado acabamento com estuque</i>	0,015	0,57	0,026		1150	
<i>Resistência interior</i>	-	-	0,17	-		

Anexo C. Definição da carga de apoio

Cálculo da carga de aquecimento do sistema A

Tabela C.1 – Cálculo da carga de Aquecimento para a Bomba de Calor nos meses de janeiro e dezembro (1º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio para AQS para os meses de janeiro/dezembro [kWh]</i>	<i>Consumo elétrico da Bomba de Calor [kWh]</i>	<i>Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio janeiro [kW]</i>	<i>Carga de Apoio dezembro [kW]</i>			
1º Schedule	7h-8h	40	2,890	3,032	2,961	0,800	2,161
	13h-14h	10	0,723	0,758	0,740	0,200	0,540
	19h-20h	20	1,445	1,516	1,481	0,400	1,081
	20h-21h	10	0,723	0,758	0,740	0,200	0,540
	22h-23h	20	1,445	1,516	1,481	0,400	1,081
	Total		7,226	7,581	7,403	2,000	5,403

Tabela C.2 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para os meses de maio e junho (2º Schedule).

	Horário de consumo	Dados do Solterm			Carga de Apoio para AQS para os meses de maio/junho [kWh]	Consumo elétrico da Bomba de Calor [kWh]	Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]	Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]
		Consumo [%]	Carga de Apoio maio [kW]	Carga de Apoio junho [kW]				
2º Schedule	7h-8h	40	1,316	1,400	1,335	0,361	0,975	18,0%
	13h-14h	10	0,329	0,350	0,334	0,090	0,244	4,5%
	19h-20h	20	0,658	0,700	0,668	0,180	0,487	9,0%
	20h-21h	10	0,329	0,350	0,334	0,090	0,244	4,5%
	22h-23h	20	0,658	0,700	0,668	0,180	0,487	9,0%
	Total			3,290	3,500	3,339	0,902	2,437

Tabela C.3 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para os meses de julho e agosto (3º Schedule).

	Horário de consumo	Dados do Solterm			Carga de Apoio para AQS para os meses de julho/agosto [kWh]	Consumo elétrica da Bomba de Calor [kWh]	Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]	Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]
		Consumo [%]	Carga de Apoio julho [kW]	Carga de Apoio agosto [kW]				
3º Schedule	7h-8h	40	0,9806	0,8387	0,910	0,246	0,664	12,3%
	13h-14h	10	0,2452	0,2097	0,227	0,061	0,166	3,1%
	19h-20h	20	0,4903	0,4194	0,455	0,123	0,332	6,1%
	20h-21h	10	0,2452	0,2097	0,227	0,061	0,166	3,1%
	22h-23h	20	0,4903	0,4194	0,455	0,123	0,332	6,1%
	Total			2,4516	2,0968	2,274	0,614	1,660

Tabela C.4 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para os meses de abril e outubro (4° Schedule).

	Horário de consumo	Dados do Solterm			Carga de Apoio para AQS para os meses de abril/outubro [kWh]	Consumo elétrico da Bomba de Calor [kWh]	Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]	Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]
		Consumo [%]	Carga de Apoio abril [kW]	Carga de Apoio outubro [kW]				
4° Schedule	7h-8h	40	1,773	1,884	1,800	0,486	1,314	24,3%
	13h-14h	10	0,443	0,471	0,450	0,122	0,328	6,1%
	19h-20h	20	0,887	0,942	0,900	0,243	0,657	12,2%
	20h-21h	10	0,443	0,471	0,450	0,122	0,328	6,1%
	22h-23h	20	0,887	0,942	0,900	0,243	0,657	12,2%
	Total			4,433	4,710	4,500	1,216	3,284

Tabela C.5 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para fevereiro (5° Schedule).

	Horário de consumo	Dados do Solterm		Consumo elétrico da Bomba de Calor [kWh]	Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]	Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]
		Consumo [%]	Carga de Apoio para fevereiro [kW]			
5° Schedule	7h-8h	40	2,529	0,683	1,845	34,2%
	13h-14h	10	0,632	0,171	0,461	8,5%
	19h-20h	20	1,264	0,342	0,923	17,1%
	20h-21h	10	0,632	0,171	0,461	8,5%
	22h-23h	20	1,264	0,342	0,923	17,1%
	Total			6,321	1,708	4,614

Tabela C.6 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para março (6º Schedule).

	<i>Horário de consumo</i>	<i>Dados do Solterm</i>		<i>Consumo elétrico da Bomba de Calor [kWh]</i>	<i>Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]</i>	<i>Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]</i>
		<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para março [kW]</i>			
6º Schedule	7h-8h	40	2,129	0,575	1,554	28,8%
	13h-14h	10	0,532	0,144	0,388	7,2%
	19h-20h	20	1,065	0,288	0,777	14,4%
	20h-21h	10	0,532	0,144	0,388	7,2%
	22h-23h	20	1,065	0,288	0,777	14,4%
	Total			5,323	1,438	3,885

Tabela C.7 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para setembro (7º Schedule).

	<i>Horário de consumo</i>	<i>Dados do Solterm</i>		<i>Consumo elétrico da Bomba de Calor [kWh]</i>	<i>Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]</i>	<i>Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]</i>
		<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para setembro [kW]</i>			
7º Schedule	7h-8h	40	1,227	0,331	0,895	16,6%
	13h-14h	10	0,307	0,083	0,224	4,1%
	19h-20h	20	0,613	0,166	0,448	8,3%
	20h-21h	10	0,307	0,083	0,224	4,1%
	22h-23h	20	0,613	0,166	0,448	8,3%
	Total			3,067	0,828	2,238

Tabela C.8 – Cálculo da percentagem de utilização da carga sensível para novembro (8º Schedule).

	<i>Horário de consumo</i>	<i>Dados do Solterm</i>		<i>Consumo elétrico da Bomba de Calor [kW]</i>	<i>Carga de Aquecimento para a Bomba de Calor [kWh]</i>	<i>Percentagem de utilização da carga sensível, relativamente a janeiro/dezembro [%]</i>
		<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para novembro [kW]</i>			
8º Schedule	7h-8h	40	2,533	0,684	1,849	34,2%
	13h-14h	10	0,633	0,171	0,462	8,6%
	19h-20h	20	1,267	0,342	0,924	17,1%
	20h-21h	10	0,633	0,171	0,462	8,6%
	22h-23h	20	1,267	0,342	0,924	17,1%
	Total			6,333	1,711	4,622

Cálculo da carga de apoio nos sistemas B e C

Cálculo da carga de apoio através de uma energia de consumo diário

O maior consumo diário de energia térmica de aquecimento ocorre no 1º Schedule, sendo uma energia de consumo de 7,403kWh. Devido ao HAP só permitir valores inteiros, estipulou-se uma energia de consumo diário de 8kWh/dia.

Tabela C.9 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de janeiro e dezembro, relativamente a 8kWh/dia (1º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio para os meses janeiro/dezembro [kWh]</i>	<i>Percentagem relativamente a 8kWh/dia [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para janeiro [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio para dezembro [kWh]</i>		
<i>1º Schedule</i>	7h-8h	40	2,890	3,032	2,961	37,0%
	13h-14h	10	0,723	0,758	0,740	9,3%
	19h-20h	20	1,445	1,516	1,481	18,5%
	20h-21h	10	0,723	0,758	0,740	9,3%
	22h-23h	20	1,445	1,516	1,481	18,5%
	Total	-	7,226	7,581	7,403	

Tabela C.10 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de maio e junho, relativamente a 8kWh/dia (2º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio para os meses maio/junho [kWh]</i>	<i>Percentagem relativamente a 8kWh/dia [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para maio [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio para junho [kWh]</i>		
<i>2º Schedule</i>	7h-8h	40	1,316	1,400	1,335	16,7%
	13h-14h	10	0,329	0,350	0,334	4,2%
	19h-20h	20	0,658	0,700	0,668	8,3%
	20h-21h	10	0,329	0,350	0,334	4,2%
	22h-23h	20	0,658	0,700	0,668	8,3%
	Total	-	3,290	3,500	3,339	-

Tabela C.11 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de julho e agosto, relativamente a 8kWh/dia (3º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio para os meses julho/agosto [kWh]</i>	<i>Percentagem relativamente a 8kWh/dia [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para julho [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio para agosto [kWh]</i>		
3º Schedule	7h-8h	40	0,9806	0,8387	0,910	11,4%
	13h-14h	10	0,2452	0,2097	0,227	2,8%
	19h-20h	20	0,4903	0,4194	0,455	5,7%
	20h-21h	10	0,2452	0,2097	0,227	2,8%
	22h-23h	20	0,4903	0,4194	0,455	5,7%
	Total	-	2,4516	2,0968	2,274	-

Tabela C.12 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de abril e outubro, relativamente a 8kWh/dia (4º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio para os meses abril/outubro [kWh]</i>	<i>Percentagem relativamente a 8kWh/dia [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para abril [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio para outubro [kWh]</i>		
4º Schedule	7h-8h	40	1,773	1,884	1,800	22,5%
	13h-14h	10	0,443	0,471	0,450	5,6%
	19h-20h	20	0,887	0,942	0,900	11,3%
	20h-21h	10	0,443	0,471	0,450	5,6%
	22h-23h	20	0,887	0,942	0,900	11,3%
	Total	-	4,433	4,710	4,500	-

Tabela C.13 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de fevereiro, relativamente a 8kWh/dia (5° Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Percentagem relativamente a 8kWh [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para fevereiro [kWh]</i>	
5° Schedule	7h-8h	40	2,529	31,6%
	13h-14h	10	0,632	7,9%
	19h-20h	20	1,264	15,8%
	20h-21h	10	0,632	7,9%
	22h-23h	20	1,264	15,8%
	Total	-	6,321	-

Tabela C.14 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de março, relativamente a 8kWh/dia (6° Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Percentagem relativamente a 8kWh [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para março [kWh]</i>	
6° Schedule	7h-8h	40	2,129	26,6%
	13h-14h	10	0,532	6,7%
	19h-20h	20	1,065	13,3%
	20h-21h	10	0,532	6,7%
	22h-23h	20	1,065	13,3%
	Total	-	5,323	-

Tabela C.15 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de setembro, relativamente a 8kWh/dia (7º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Percentagem relativamente a 8kWh [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para setembro [kWh]</i>	
7º Schedule	7h-8h	40	1,227	15,3%
	13h-14h	10	0,307	3,8%
	19h-20h	20	0,613	7,7%
	20h-21h	10	0,307	3,8%
	22h-23h	20	0,613	7,7%
	Total	-	3,067	-

Tabela C.16 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de novembro, relativamente a 8kWh/dia (8º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Percentagem relativamente a 8kWh [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio para novembro [kWh]</i>	
8º Schedule	7h-8h	40	2,533	31,7%
	13h-14h	10	0,633	7,9%
	19h-20h	20	1,267	15,8%
	20h-21h	10	0,633	7,9%
	22h-23h	20	1,267	15,8%
	Total	-	6,333	-

Cálculo da carga de apoio através de um caudal

Estipulado um caudal de 0,1l/s, definiram-se as percentagens de caudal para cada horário, por forma a obter a carga de apoio necessária.

Tabela C.17 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de janeiro e dezembro, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (1º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio nos meses de janeiro/dezembro [kWh]</i>	<i>Caudal que necessita [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de janeiro [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de dezembro [kWh]</i>			
1º Schedule	7h-8h	40	2,890	3,032	2,961	0,015	15,4%
	13h-14h	10	0,723	0,758	0,740	0,004	3,8%
	19h-20h	20	1,445	1,516	1,481	0,008	7,7%
	20h-21h	10	0,723	0,758	0,740	0,004	3,8%
	22h-23h	20	1,445	1,516	1,481	0,008	7,7%
	Total	-	7,226	7,581	7,403	-	-

Tabela C.18 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de maio e junho, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (2º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio nos meses de maio/junho [kWh]</i>	<i>Caudal que necessita [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de maio [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de junho [kWh]</i>			
2º Schedule	7h-8h	40	1,316	1,400	1,335	0,0074	7,4%
	13h-14h	10	0,329	0,350	0,334	0,0019	1,9%
	19h-20h	20	0,658	0,700	0,668	0,0037	3,7%
	20h-21h	10	0,329	0,350	0,334	0,0019	1,9%
	22h-23h	20	0,658	0,700	0,668	0,0037	3,7%
	Total	-	3,290	3,500	3,339	-	-

Tabela C.19 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de julho e agosto, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (3º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio nos meses de julho/agosto [kWh]</i>	<i>Caudal que necessito [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de julho [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de agosto [kWh]</i>			
3º Schedule	7h-8h	40	0,9806	0,8387	0,910	0,0053	5,3%
	13h-14h	10	0,2452	0,2097	0,227	0,0013	1,3%
	19h-20h	20	0,4903	0,4194	0,455	0,0026	2,6%
	20h-21h	10	0,2452	0,2097	0,227	0,0013	1,3%
	22h-23h	20	0,4903	0,4194	0,455	0,0026	2,6%
	Total	-	2,4516	2,0968	2,274	-	-

Tabela C.20 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para os meses de abril e outubro, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (4º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>				<i>Carga de Apoio nos meses de abril/outubro [kWh]</i>	<i>Caudal que necessito [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de abril [kWh]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de outubro [kWh]</i>			
4º Schedule	7h-8h	40	1,773	1,884	1,800	0,010	9,8%
	13h-14h	10	0,443	0,471	0,450	0,002	2,4%
	19h-20h	20	0,887	0,942	0,900	0,005	4,9%
	20h-21h	10	0,443	0,471	0,450	0,002	2,4%
	22h-23h	20	0,887	0,942	0,900	0,005	4,9%
	Total	-	4,433	4,710	4,500	-	-

Tabela C.21 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de fevereiro, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (5° Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Caudal que necessita [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de fevereiro [kWh]</i>		
5° Schedule	7h-8h	40	2,529	0,013	13,1%
	13h-14h	10	0,632	0,003	3,3%
	19h-20h	20	1,264	0,007	6,6%
	20h-21h	10	0,632	0,003	3,3%
	22h-23h	20	1,264	0,007	6,6%
	Total	-	6,321	-	-

Tabela C.22 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de março, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (6° Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Caudal que necessita [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de março [kWh]</i>		
6° Schedule	7h-8h	40	2,129	0,011	11,0%
	13h-14h	10	0,532	0,003	2,8%
	19h-20h	20	1,065	0,006	5,5%
	20h-21h	10	0,532	0,003	2,8%
	22h-23h	20	1,065	0,006	5,5%
	Total	-	5,323	-	-

Tabela C.23 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de setembro, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (7º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Caudal que necessita [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de setembro [kWh]</i>		
<i>7º Schedule</i>	7h-8h	40	1,227	0,007	7,0%
	13h-14h	10	0,307	0,002	1,7%
	19h-20h	20	0,613	0,003	3,5%
	20h-21h	10	0,307	0,002	1,7%
	22h-23h	20	0,613	0,003	3,5%
	Total	-	3,067	-	-

Tabela C.24 – Cálculo da percentagem de utilização da carga de apoio para o mês de novembro, relativamente a um caudal de 0,1 l/s (8º Schedule).

	<i>Dados do Solterm</i>			<i>Caudal que necessita [l/s]</i>	<i>Percentagem de caudal [%]</i>
	<i>Horário de consumo</i>	<i>Consumo [%]</i>	<i>Carga de Apoio no mês de novembro [kWh]</i>		
<i>8º Schedule</i>	7h-8h	40	2,533	0,013	13,4%
	13h-14h	10	0,633	0,003	3,4%
	19h-20h	20	1,267	0,007	6,7%
	20h-21h	10	0,633	0,003	3,4%
	22h-23h	20	1,267	0,007	6,7%
	Total	-	6,333	-	-

Anexo D. Cálculo Hidráulico

Cálculo da perda de carga para a bomba circuladora para o circuito hidráulico

O cálculo da perda de carga para o circuito solar térmico encontra-se descrito na Tabela D1. A tubagem deste circuito é em cobre. Deste modo, a perda de carga que o a bomba circuladora pertencente ao kit solar tem de vencer 10,53 kPa com um caudal de 0,047 l/s.

Tabela D.1 – Cálculo da perda de carga da Bomba Circuladora para circuito solar térmico.

n.º	Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Troços
					0-1
	Tubagem				
1.	Comprimento total de tubagem		L	m	45,34
	Material		M	-	Cobre
	Diâmetro nominal da tubagem		D	mm	13,85
	Diâmetro interior da tubagem	Tabela "Tubagem"	Di	m	13,85
	Secção de passagem	$\text{Pi} \times (\text{Di}/1000)^2 / 4$	A	m ²	0,00015
	Caudal de água		q	l/s	0,05
	Velocidade da água	$(q / 1000) / A$	v	m/s	0,31
	Pressão dinâmica	$((1000 \text{ (kg/m}^3) \times v^2) / 2) / 1000$	Pd	kPa	0,05
	Temperatura da água		T	°C	60,00
	Massa específica	Tabela "massa específica"	ρ	kg/m ³	995,65
	Coefficiente de rugosidade	Tabela "materiais"	C	-	150,00
	Perda de carga linear	Hazen-Williams (ASHRAE-Fund.Chap.35)	dp	Pa/m	105,91
	Perda Total Linear	dp x L	DP1	kPa	4,80
2.	Curvas a 90°				
	Quantidade		Q2	-	8,00
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS - 35.2	C2	-	2,50
	Perda Curvas a 90°	Pd x C2 x Q2	DP2	kPa	0,97
Perda Total na Secção		DP1 + ... + DP14	DPtot	kPa	5,82
Coefficiente de Segurança		Admitido	CS	-	1,15
Total Tubagem		DPc x CS	P	kPa	6,69
3.	Perdas de Carga Adicionais				
	2 Painéis solares SLIM 200		DPtot	kPa	0,30
	Serpentina circuito primário	Depósito AQS de 350litros	DPtot	kPa	0,07

	Solar Hydraulic 15 (kit hidráulico)		DP _{tot}	kPa	4,50
	Pressão da Bomba	DP_c x CS	P	kPa	11,56

Cálculo da perda de carga para a bomba circuladora do módulo de AQS

A Tabela D.2 representa o cálculo da perda de carga que a bomba circuladora do módulo de AQS terá que vencer. De notar, que não foram consideradas mais perdas de cargas de outros acessórios devido à falta de informação, deste modo foi adicionado um coeficiente de 20% para a perda de carga em acessórios e tubagens.

Tabela D.2 – Cálculo da perda de carga da Bomba Circuladora para módulo de AQS.

n.º	Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Troço
					0-1
1.	Tubagem				
	Comprimento total de tubagem		L	m	5,00
	Material		M	-	Aço Inoxidável
	Diâmetro nominal da tubagem		D	mm	25,00
	Diâmetro interior da tubagem	Tabela "Tubagem"	Di	m	28,50
	Secção de passagem	$\text{Pi} \times (\text{Di}/1000)^2 / 4$	A	m ²	0,00064
	Caudal de água		q	l/s	0,20
	Velocidade da água	$(q / 1000) / A$	v	m/s	0,31
	Pressão dinâmica	$((1000 \text{ (kg/m}^3) \times v^2) / 2) / 1000$	Pd	kPa	0,05
	Temperatura da água		T	°C	60,00
	Massa específica	Tabela "massa específica"	ρ	kg/m ³	995,65
	Coefficiente de rugosidade	Tabela "materiais"	C	-	150,00
	Perda de carga linear	Hazen-Williams (ASHRAE-Fund.Chap.35)	dp	Pa/m	46,05
Perda Total Linear	dp x L	DP1	kPa	0,23	
2.	Curvas a 90°				
	Quantidade		Q2	-	2,00
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS - 35.2	C2	-	1,50
	Perda Curvas a 90°	Pd x C2 x Q2	DP2	kPa	0,15
3.	Válvulas de Macho Esférico				
	Quantidade		Q8	-	8,00
	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	KV	m ³ /h	72,00
	Perda Válvulas Macho Esférico	d _{pv} x Q8	DP8	kPa	0,08
4.	Filtros Tipo Y				
	Quantidade		Q13	-	1,00

	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	dpf	kPa	5,00
	Perda Filtros Tipo Y	dpv x Q13	DP13	kPa	5,00
	Perda Total na Secção	DP1 + ... + DP14	DPtot	kPa	5,55
	Coefficiente de Segurança	Admitido	CS	-	1,20
	Total Tubagem	DPc x CS	P	kPa	6,66
	Perdas de Carga Adicionais				
	Bomba de Calor		DPtot	kPa	8,00
	Serpentina circuito primário BC	Depósito AQS de 350litros	DPtot	kPa	2,57
	Separador de ar		DPtot	kPa	2,60
	Pressão da Bomba	DPc x CS	P	kPa	19,83

Dimensionamento da rede de tubagem para ventiloconvectores

Através dos Report do software HAP foi possível definir os caudais para os ventiloconvectores em arrefecimento e aquecimento, como podemos observar na Tabela D.3.

Tabela D.3 – Caudais de água em arrefecimento e aquecimento dos ventiloconvectores

<i>Ventiloconvectores</i>	<i>Arrefecimento</i>	<i>Aquecimento</i>
	<i>Caudal de água [l/s]</i>	<i>Caudal de água [l/s]</i>
<i>VC.01</i>	0,02	0,02
<i>VC.04</i>	0,06	0,02
<i>VC.05</i>	0,04	0,02
<i>VC.06</i>	0,11	0,04
<i>VC.07</i>	0,1	0,01
<i>VC1.10</i>	0,04	0,02
<i>VC1.14</i>	0,06	0,03
<i>VC1.15</i>	0,04	0,02
<i>VC2.17</i>	0,1	0,05
<i>Caudal Total para os VC's</i>	0,57	0,23
<i>Caudal de AQS primário</i>	-	0,10
<i>Caudal Total</i>	-	0,33

A Tabela D.4 indica os caudais existentes em cada troço, representados nas figuras abaixo, e o diâmetro correspondente. Diâmetro esse obtido através do ábaco para o caudal de arrefecimento.

Tabela D.4 – Caudais de arrefecimento e aquecimento e diâmetros nominais em cada troço.

<i>Piso</i>	<i>Unidades Terminais</i>	<i>Troço</i>	<i>Arrefecimento</i>	<i>Diâmetro Nominal [DN]</i>	<i>Aquecimento</i>
			<i>Caudais [l/s]</i>		<i>Caudais [l/s]</i>
<i>Piso 0</i>	-	Troço 0-1	0,57	32	0,23
	-	Troço 1-2	0,33	25	0,11
	VC.05	Troço 2-2'	0,04	15	0,02
	-	Troço 2-3	0,29	25	0,09
	VC.04	Troço 3-3'	0,06	15	0,02
	-	Rama 3-4	0,23	25	0,07
	-	Troço 4-5	0,21	25	0,05
	VC.06	Troço 5-5'	0,11	20	0,04
	VC.07	Troço 5-6	0,1	20	0,01
	VC.01	Troço 4-7	0,02	15	0,02
<i>Piso 0/1</i>	-	Troço 1-8	0,24	25	0,12
<i>Piso 1</i>	-	Troço 8-9	0,14	20	0,07
	VC1.10	Troço 9-9'	0,04	15	0,02
	-	Troço 9-10	0,1	20	0,05
	VC1.15	Troço 10-10'	0,04	15	0,02
	VC1.14	Troço 10-11	0,06	15	0,03
<i>Piso 2</i>	VC2.17	Troço 8-12	0,1	20	0,05



Figura D.3 – Definição dos troços do Piso 2.

O comprimento total da instalação é de 50,57m e o comprimento em altura de 7m.

O cálculo da perda de carga é realizado para o ramal com maior perda de carga, sendo este constituído pelo troço 0-1, troço 1-8 e troço 8-12. A perda de carga da existente no ramal é de 52,17kPa, calculada na Tabela .

Deste modo, a bomba ciculadora para os ventiloconectores terá de ser seleccionada para funcionar a temperaturas até 70°C, com um caudal de 0,57l/s e para uma perda de carga de 52,17kPa.

De notar, que não foram consideradas mais perdas de cargas de outros acessórios devido à falta de informação, deste modo foi adicionado um coeficiente de 20% para a perda de carga em acessórios e tubagens.

Tabela D.5 – Cálculo da perda de carga da Bomba Circuladora para Ventiloinvectores.

	Item	Observações	Parâmetro	Unidade	Troços		
					0-1	1-8	8-12
1.	Tubagem						
	Comprimento total de tubagem		L	m	4,69	11,00	10,03
	Material		M	-	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável	Aço Inoxidável
	Diâmetro nominal da tubagem		D	mm	25,00	20,00	15,00
	Diâmetro interior da tubagem	Tabela "Tubagem"	Di	m	28,50	22,30	17,30
	Secção de passagem	$\text{Pi} \times (\text{Di}/1000)^2 / 4$	A	m ²	0,00064	0,00039	0,00024
	Caudal de água		q	l/s	0,57	0,24	0,10
	Velocidade da água	$(q / 1000) / A$	v	m/s	0,89	0,61	0,43
	Pressão dinâmica	$((1000 \text{ (kg/m}^3) \times v^2) / 2) / 1000$	Pd	kPa	0,40	0,19	0,09
	Temperatura da água		T	°C	7,00	7,00	7,00
	Massa específica	Tabela "massa específica"	ρ	kg/m ³	999,97	999,97	999,97
	Coefficiente de rugosidade	Tabela "materiais"	C	-	150,00	150,00	150,00
	Perda de carga linear	Hazen-Williams (ASHRAE-Fund.Chap.35)	dp	Pa/m	321,69	214,12	145,74
Perda Total Linear	dp x L	DP1	kPa	1,51	2,36	1,46	
2.	Curvas a 90º						
	Quantidade		Q2	-	2,00	3,00	5,00
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS - 35.2	C2	-	1,50	1,70	2,10
	Perda Curvas a 90º	Pd x C2 x Q2	DP2	kPa	1,20	0,96	0,95
3.	Tês em Linha						
	Quantidade		Q5	-	5,00		
	Coefficiente de perda de carga	ASHRAE-FUNDAMENTALS - 35.2	C5	-	0,90	0,90	0,90
	Perda Tês em linha	Pd x C5 x Q5	DP5	kPa	1,80	0,00	0,00
4.	Válvulas de Macho Esférico						
	Quantidade		Q8	-	8,00		
	Coefficiente de perda de carga	Fabricante	KV	m3/h	72,00		
	Perda Válvulas Macho Esférico	d _{pv} x Q8	DP8	kPa	0,65	0,00	0,00

Filtros Tipo Y						
5.	Quantidade		Q13	-	1,00	
	Coeficiente de perda de carga	Fabricante	d _{pf}	kPa	5,00	
	Perda Filtros Tipo Y	d _{pv} x Q13	DP13	kPa	5,00	0,00
Perda Total na Secção		DP1 + ... + DP14	DP_{tot}	kPa	10,15	3,71
Coeficiente de Segurança		Admitido	CS	-	1,15	
Total Tubagem		DP_c x CS	P	kPa	18,97	
Perdas de Carga Adicionais						
6.	Bomba de Calor		DP _{tot}	kPa	28,00	
	Separador de ar		DP _{tot}	kPa	2,60	
	VC2.17		DP _{tot}	kPa	2,60	
Pressão da Bomba		DP_c x CS	P	kPa	52,17	

Anexo E. Cálculo Aeráulico

O ventilador VE.WC vai realizar a extração de ar nas casas de banho (I.S.1, I.S.2, I.S.3, I.S.4 e I.S.5), sendo o troço 1, 2, 3 e 4 pertencentes à conduta de extração do mesmo ventilador. Na Tabela estão definidos os diâmetros, velocidade do ar e perda de carga linear através do ábaco.

O cálculo da perda de carga linear nas condutas foi realizado através do método da perda de carga constante. Como podemos observar através da Tabela E.1, no espaço I.S:1 e I.S.3 a perda de carga linear é bastante maior que na outras devido à necessidade de existir uma velocidade de ar de cerca de 3 m/s para conseguir extrair o ar das casas de banho, pois o diâmetros acima iria baixar demasiada a velocidade de escoamento do ar.

Tabela E.1 – Definição dos diâmetros nominais, velocidade do ar e perda de carga linear através do ábaco, para cada troço.

<i>Troço</i>	<i>Caudal de ar extraído [l/s]</i>	<i>Diâmetro nominal [mm]</i>	<i>Velocidade [m/s]</i>	<i>Perda de carga [Pa/m]</i>
<i>I.S.1</i>	15	80	3	2
<i>I.S.2</i>	35	125	2,8	1,2
<i>I.S.3</i>	25	100	3	2
<i>I.S.4</i>	35	125	2,8	1,2
<i>I.S.5</i>	55	150	3	1,1
<i>Troço 1</i>	70	160	3,2	1
<i>Troço 2</i>	95	180	3,2	1
<i>Troço 3</i>	130	200	3,8	1,1
<i>Troço 4</i>	165	250	3,6	0,8
<i>Cozinha</i>	96	180	3,5	1,1

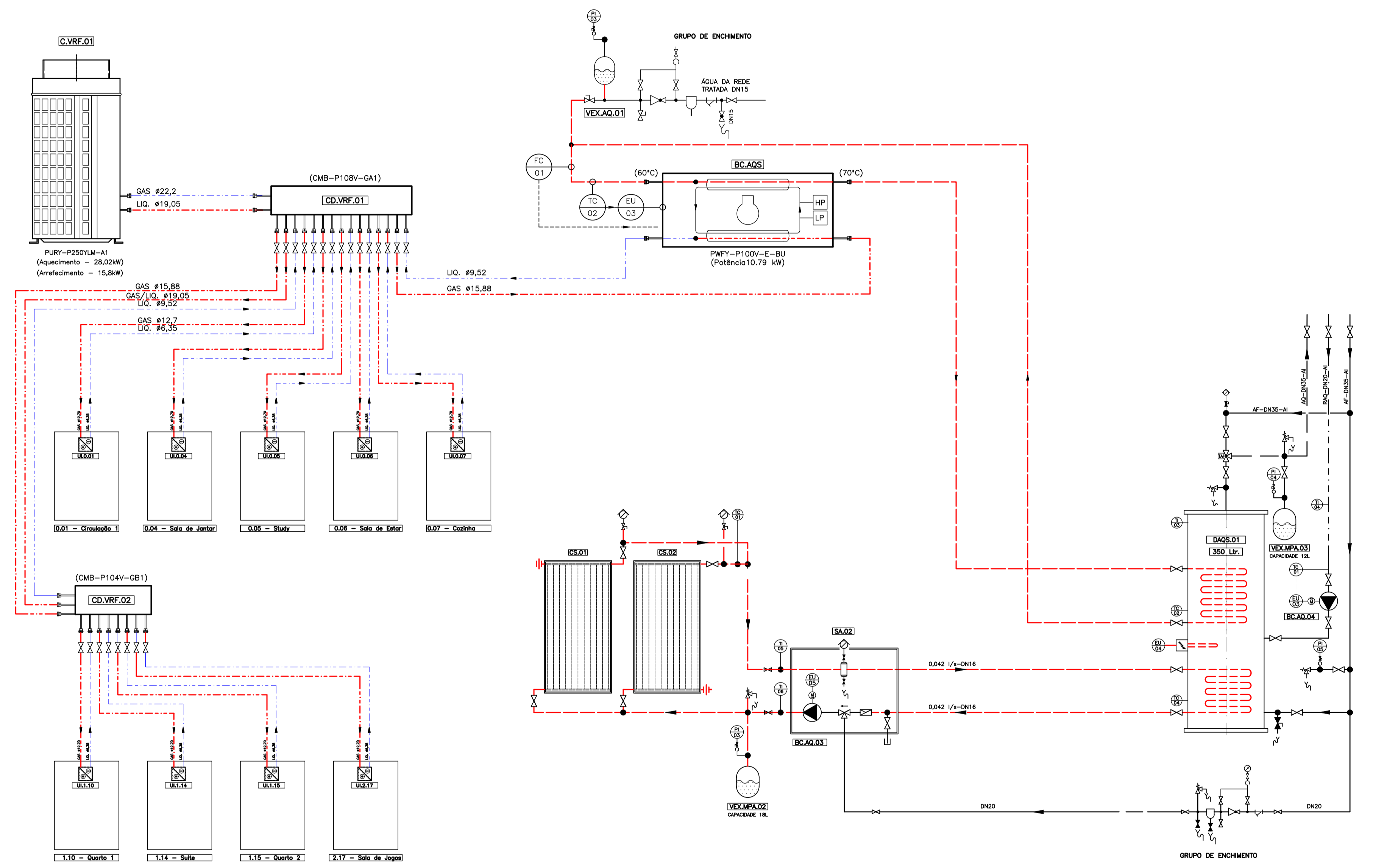
Na Tabela E.2 é calculada a perda de carga para o ramal mais desfavorecido do ventilador VE.WC, sendo contabilizadas as perdas de carga na conduta, curvas a 90°, Tê a 45° (ramal principal), e grelha de extração. Para o cálculo da perda de carga que o ventilador da cozinha terá de vencer é considerado a perda de carga linear, perdas de cargas nas curvas a 90°, Tê a 45° (ramal principal), hotte, filtro e grelha de exaustão.

Tabela E.2 – Cálculo da perda de carga do ventilador do ventilador VE.WC e VE.COZ, através do ramal com maior perda de carga.

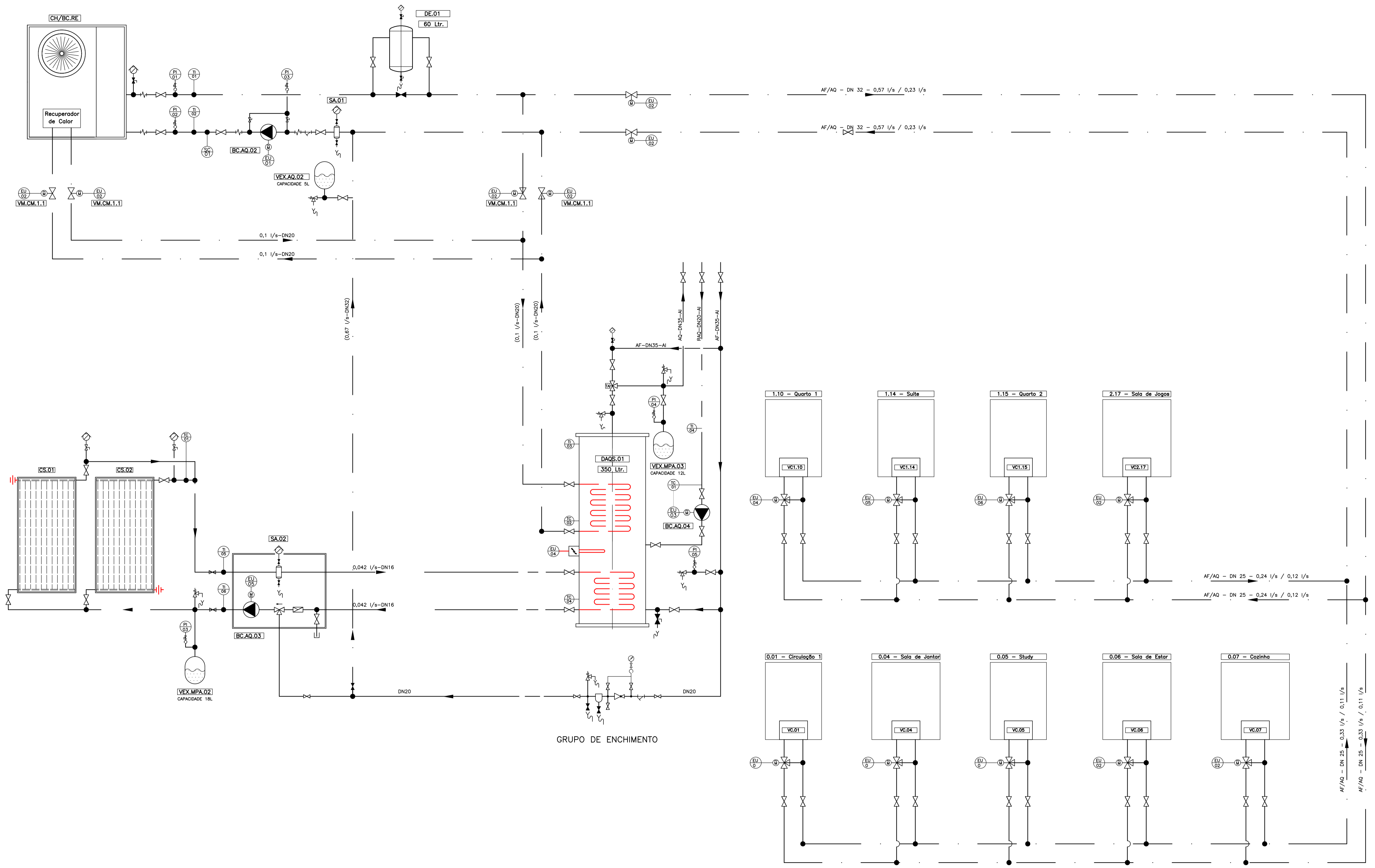
Conduta	Parâmetro	Unidade	VEN.WC					VE.M.COZ.
			IS.1	Troço 1	Troço 2	Troço 3	Troço 4	Cozinha
Comprimento do troço	L	m	5	6	3,4	5	1	11
Perda de carga linear	ΔP	Pa/m	2	1	1	1,1	0,8	1,1
Caudal de ar	q	l/s	15	70	95	130	165	96
Velocidade do ar	v	m/s	3	3,2	3,2	3,8	3,6	3,5
Diâmetro nominal da conduta	D	mm	80	160	180	200	250	180
Perda total	ΔP	Pa	10,00	6,00	3,40	5,50	0,80	12,10
Dispositivo terminal	Parâmetro	Unidade						
Curvas								
Curvas a 90°			2,00	1,00	0,00	1,00	2,00	4,00
Quantidade	-	-						
Perdas	Leq	m	0,96	1,92	2,16	2,40	3,00	2,16
Perda total	ΔP	Pa	3,84	1,92	0,00	2,64	4,80	9,50
Tê a 45° (Ramal principal)								
Quantidade	-	-		1,00	1,00	1,00	1,00	
V2/V1				1,00	0,94	0,88	0,97	
n				0,53	0,54	0,55	0,53	
Pressão dinâmica (mm.ca)				0,58	0,58	0,49	0,49	
Perdas	ΔP	mm.ca		0,31	0,31	0,27	0,26	

Perda total	ΔP	Pa	0,00	2,99	3,04	2,64	2,56	0,00
Grelha de extracção								
Quantidade	-	-	1,00					
Perda	ΔP	Pa	54,00					
Perda total	ΔP	Pa	54,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grelha de exaustão								
Quantidade	-	-					1,00	
Perda	ΔP	Pa					50,00	
Perda total	ΔP	Pa	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	
Filtro								
Quantidade	-	-						1,00
Perda	ΔP	Pa						150,00
Perda total	ΔP	Pa						150,00
Perdas totais do troço	ΔP	Pa	67,84	10,91	6,44	10,78	58,16	171,60
Coefficiente de Segurança	-	-	1,15					1,15
Perdas totais do ramal mais desfavorável		Pa	177					197

Anexo F. Diagrama P&ID

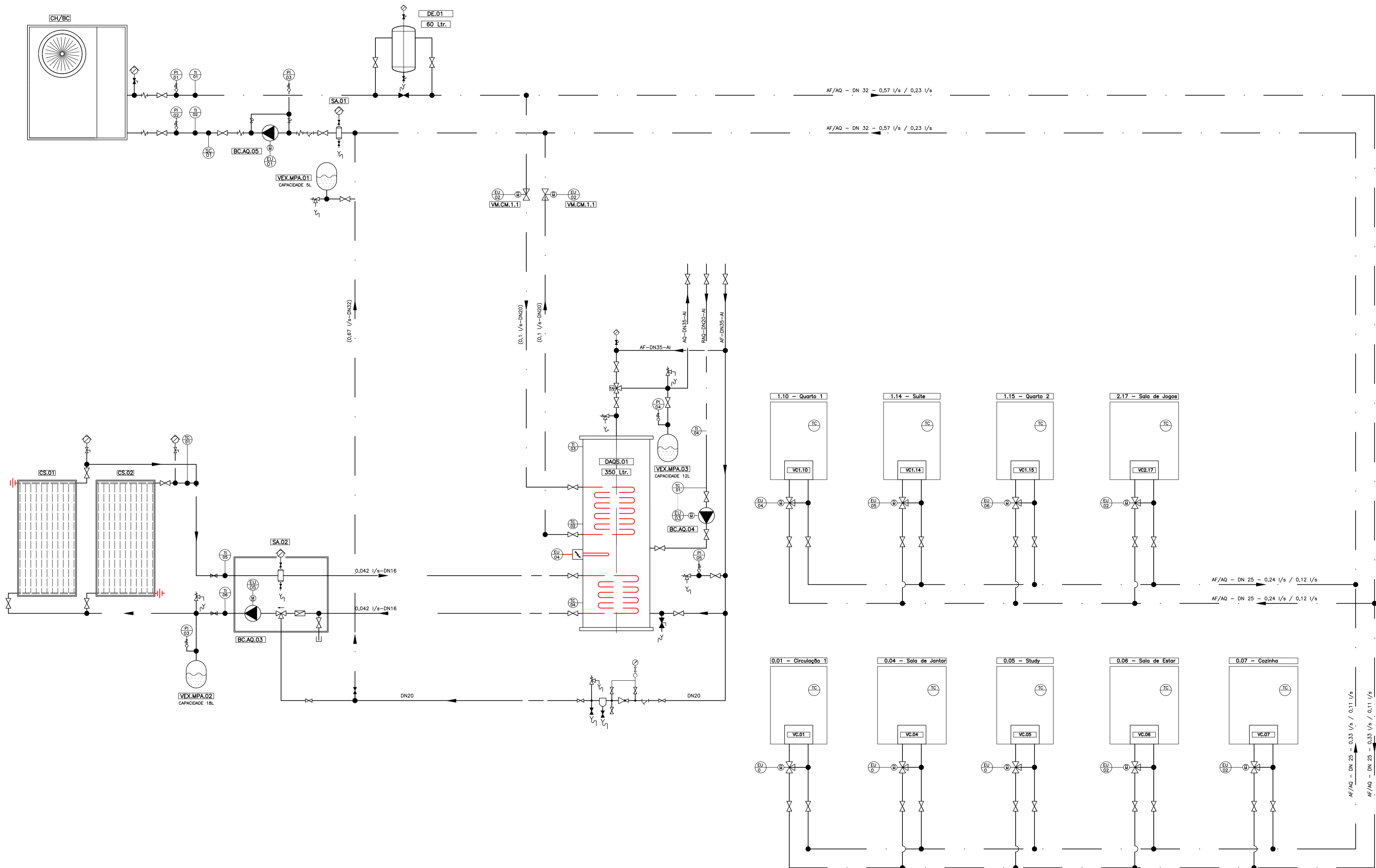


Especialidades		Designação		
		DIAGRAMA P&ID HIDRÁULICO - SISTEMA A		
Desenho	M.C.	Verificou		
Data	Março 2016	Substituído	Cliente	
Escalas	SE	Substituído	Fase do projecto	Desenho nº
			EXECUÇÃO	AVC.001
				Índice
				E0



GRUPO DE ENCHIMENTO





Especialidades		Designação		
		DIAGRAMA P&ID HIDRÁULICO - SISTEMA B		
Desenhou	M.C.	Verificou		
Data	Março 2018	Substituiu	Cliente	
Escolas	S/E	Substituído	Fase do projecto	Desenho nº
			EXECUÇÃO	AVC.002
				Índice
				E0

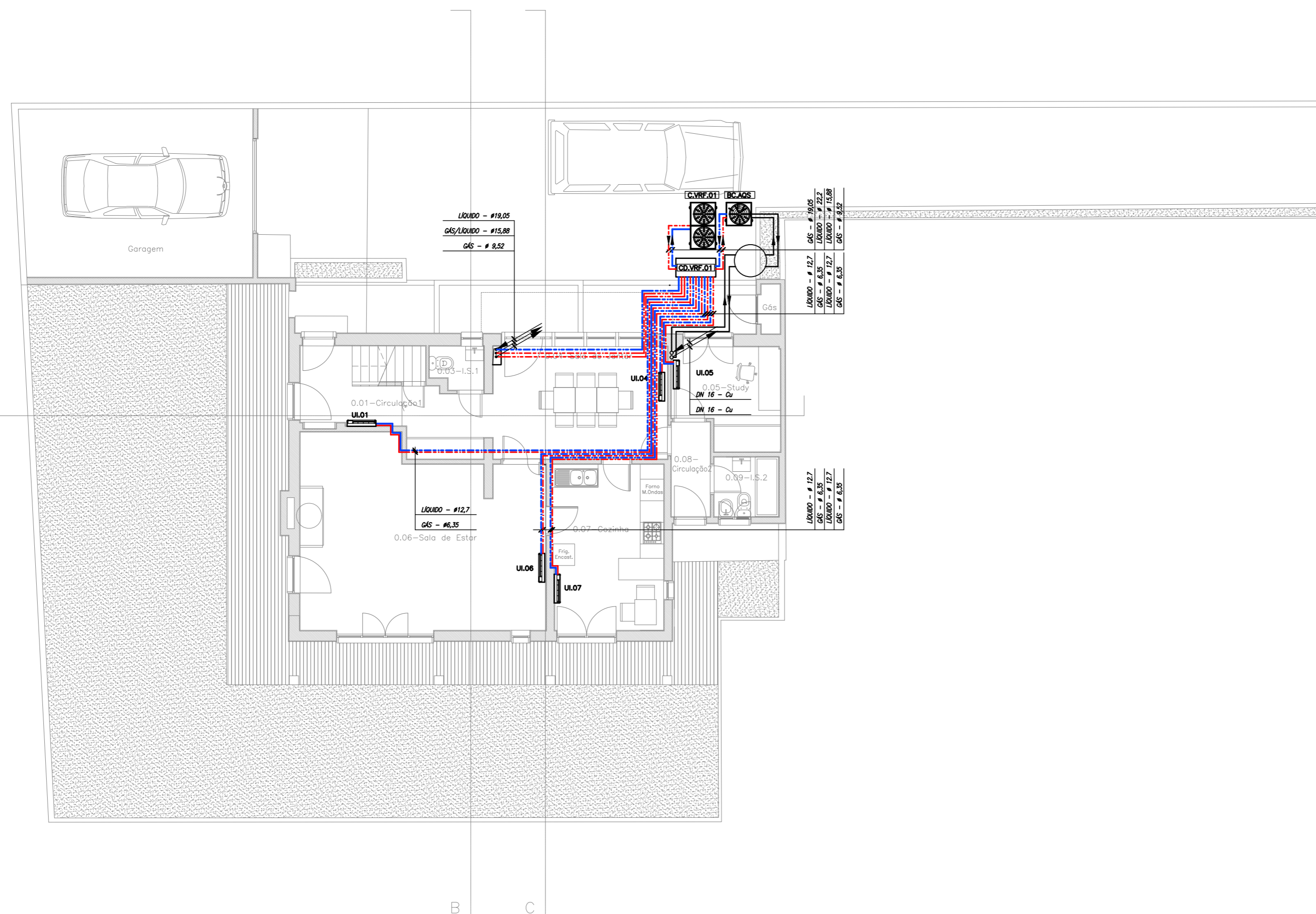


Especialidades		Designação		
		DIAGRAMA P&ID HIDRÁULICO - SISTEMA C		
Desenhou	M.C.	Verificou		
Data	Março 2018	Substitui	Cliente	
Escolas	S/E	Substituído	Fase do projecto	Desenho nº
			EXECUÇÃO	AVC.003
				Índice
				E0

**Anexo G. Desenhos de
implementação de
equipamentos**





SIMBOLOGIA:

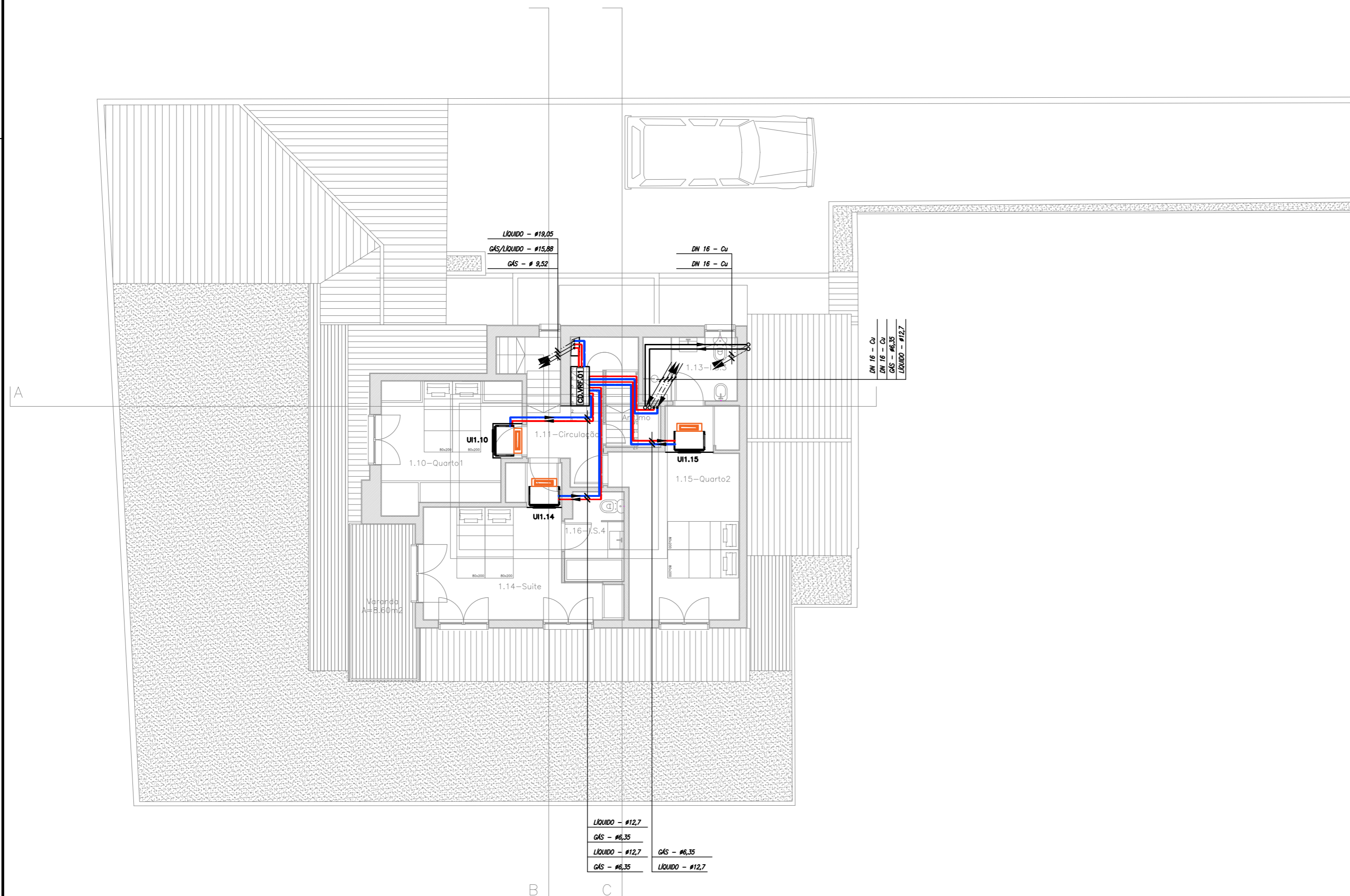
- - Tubagem Freon do Sistema VRF (Gás)
- - Tubagem Freon do Sistema VRF (Líquido)
- — — — — - TUBAGEM DE ÁGUA DO SISTEMA SOLAR
-  Unidade exterior - VRF
-  Unidade Interior - unidade de teto
-  Unidade Interior - unidade de conduta
-  Depósito de AQS



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM - SISTEMA A			
Desenhou	M.C.	Verificou	J.C.	Piso 0	
Data	Março 2018	Substitui		Cliente	
Escalas	1:100	Substituído		Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.004
					Índice EO





SIMBOLOGIA:

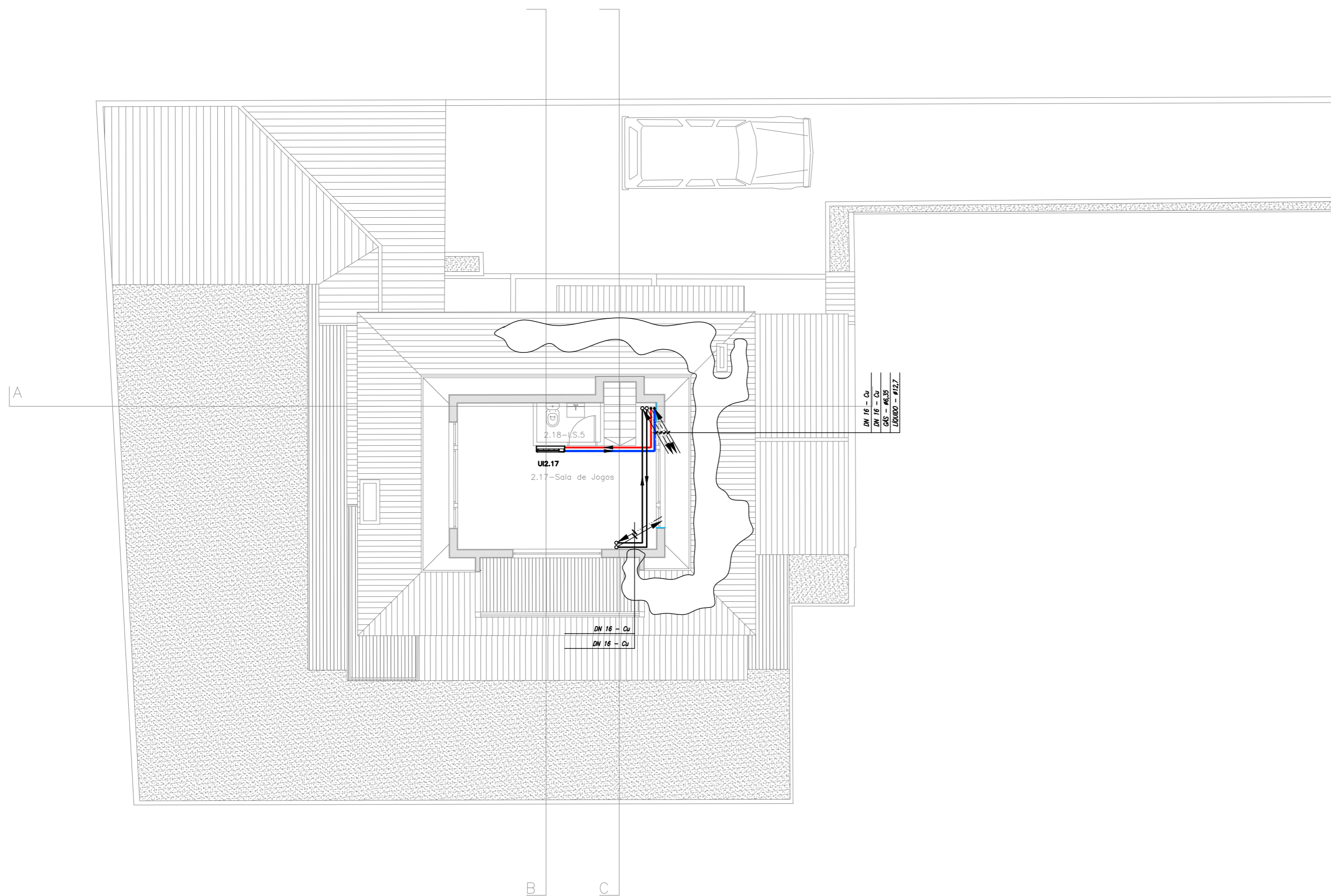
- - Tubagem Freon do Sistema VRF (Gás)
- - Tubagem Freon do Sistema VRF (Líquido)
- - - - - TUBAGEM DE ÁGUA DO SISTEMA SOLAR
-  Unidade exterior - VRF
-  Unidade Interior - unidade de teto
-  Unidade Interior - unidade de conduta
-  Depósito de AQS



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM - SISTEMA A			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 1			
Data Março 2018	Substituiu	Cliente -			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.005	Índice EO	





SIMBOLOGIA:

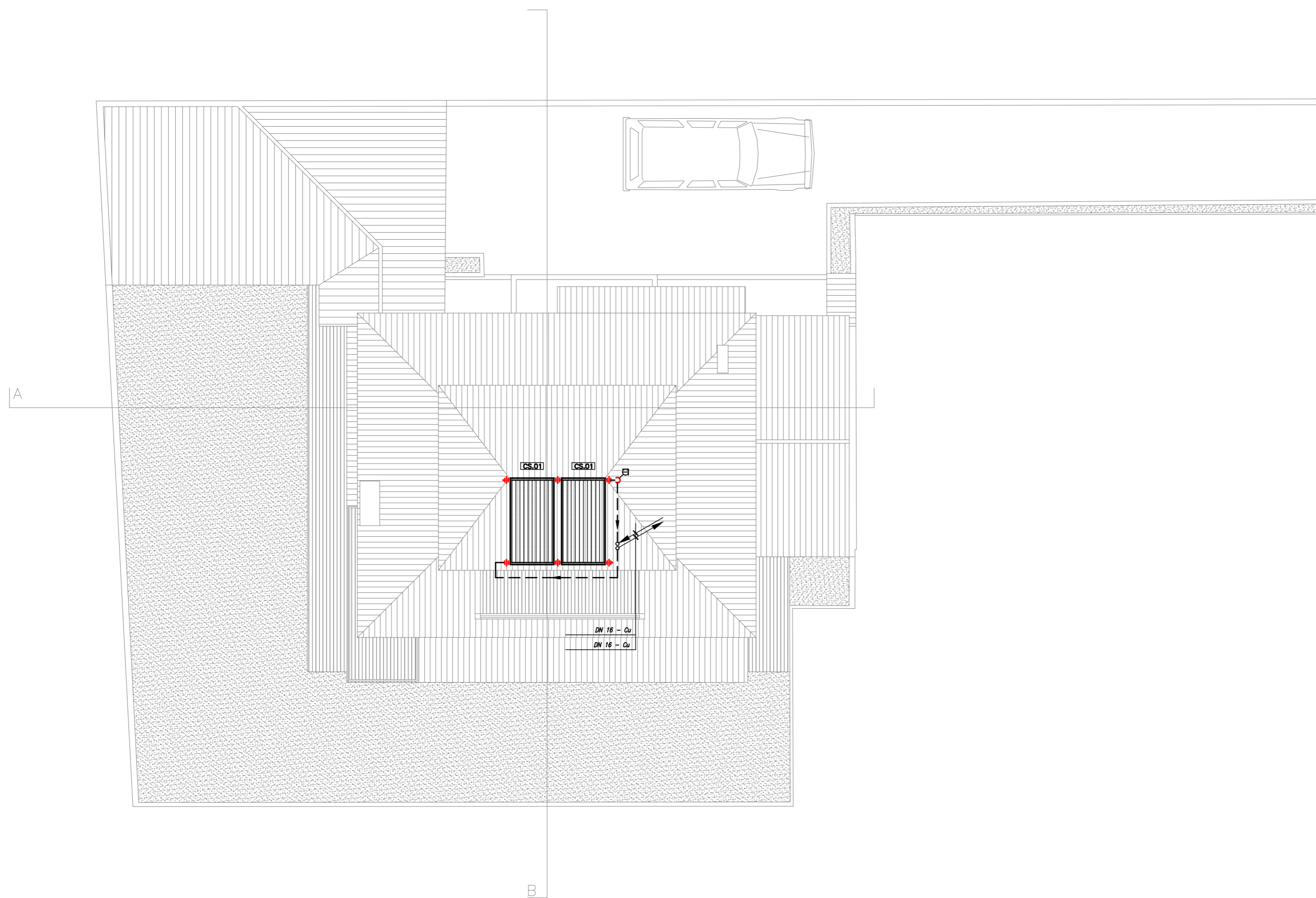
- - Tubagem Freon do Sistema VRF (Gás)
- - Tubagem Freon do Sistema VRF (Líquido)
- - - - - TUBAGEM DE ÁGUA DO SISTEMA SOLAR
-  Unidade exterior - VRF
-  Unidade Interior - unidade de teto
-  Unidade Interior - unidade de conduta
-  Depósito de AQS



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM - SISTEMA A			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 2			
Data Março 2018	Substitui	Cliente -			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.006	Índice EO	

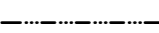





SIMBOLOGIA:

- - - - - - Tubagem Freon do Sistema VRF (Gás)
- - - - - - Tubagem Freon do Sistema VRF (Líquido)
- — — — — - TUBAGEM DE ÁGUA DO SISTEMA SOLAR
-  Unidade exterior - VRF
-  Unidade Interior - unidade de teto
-  Unidade Interior - unidade de conduta
-  Depósito de AQS



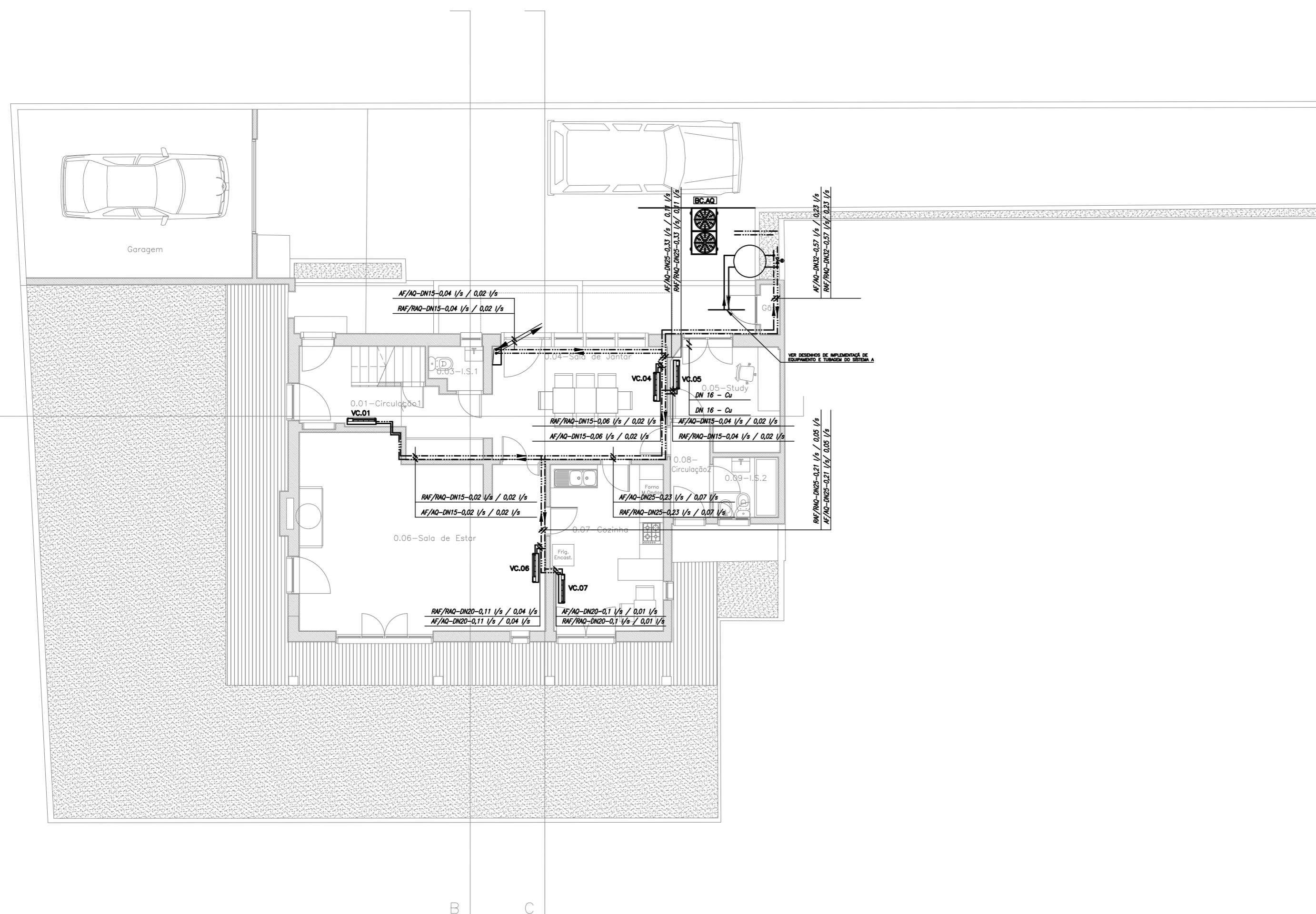
Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM - SISTEMA A			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Cobertura			
Data Março 2018	Substitui	Cliente —			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.007	Índice EO	

SIMBOLOGIA:

-  Rede de tubagem de refrigeração/aquecimento
-  Tubagem de água do Sistema Solar
-  Chiller / Bomba de Calor reversível
-  Evaporador – unidade de teto
-  Evaporador – unidade de conduta
-  Depósito de AQS







NOTA:

A rede de tubagens dos Sistema Solar Térmico encontram-se representados nos desenhos AVC.004, AVC.005, AVC.006, AVC.007.



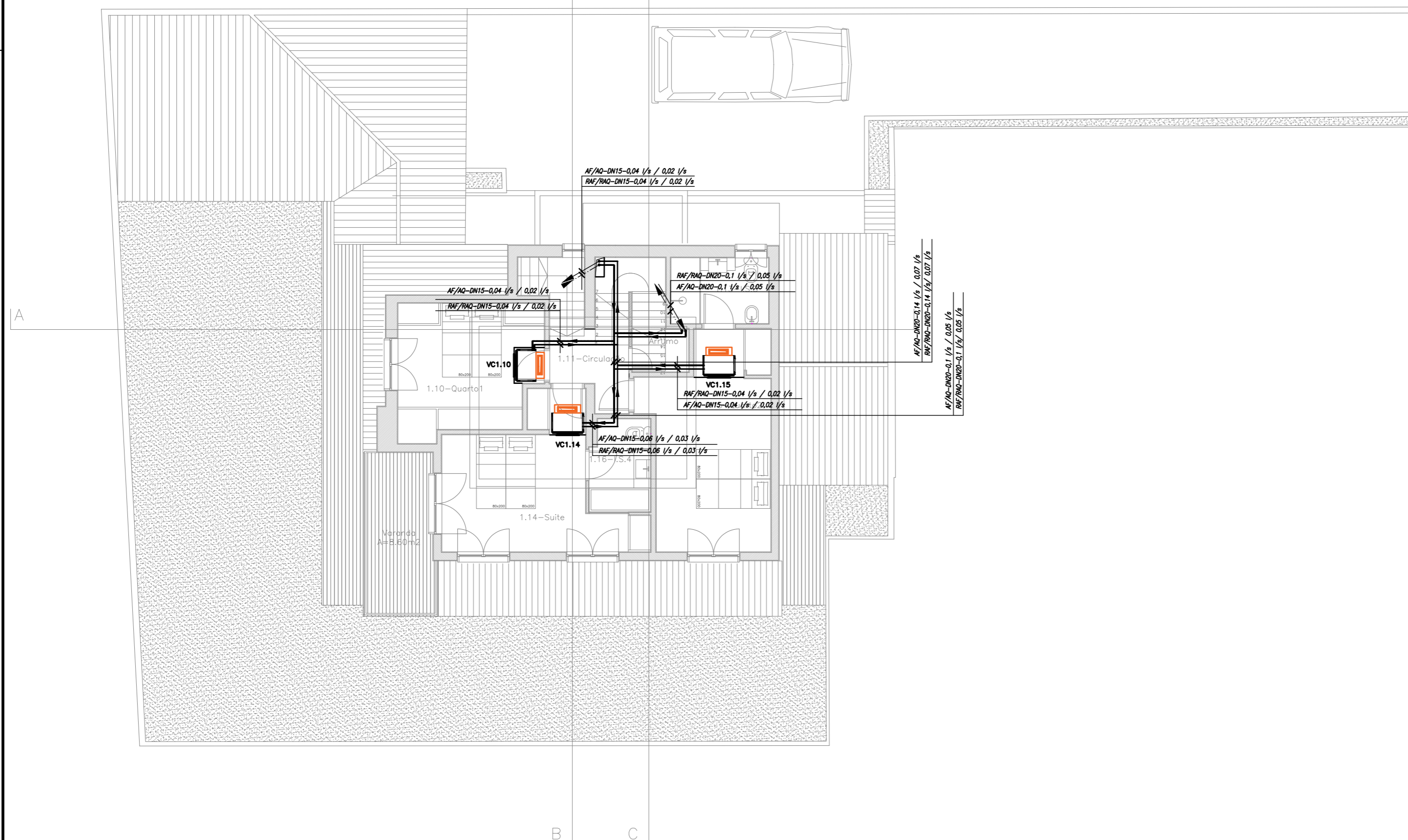
Especialidades		Designação			
		AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO			
		IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM – SISTEMA B/C			
		Piso 0			
Desenhou	M.C.	Verificou	J.C.	Cliente	
Data	Março 2018	Substitui		-	
Escalas	1:100	Substituído		Fase do projecto	Desenho n°
				EXECUÇÃO	AVC.008
				Índice	EO

SIMBOLOGIA:

-  Rede de tubagem de refrigeração/aquecimento
-  Tubagem de água do Sistema Solar
-  Chiller / Bomba de Calor reversível
-  Evaporador - unidade de teto
-  Evaporador - unidade de conduta
-  Depósito de AQS





NOTA:

A rede de tubagens dos Sistema Solar Térmico encontram-se representados nos desenhos AVC.004, AVC.005, AVC.006, AVC.007.



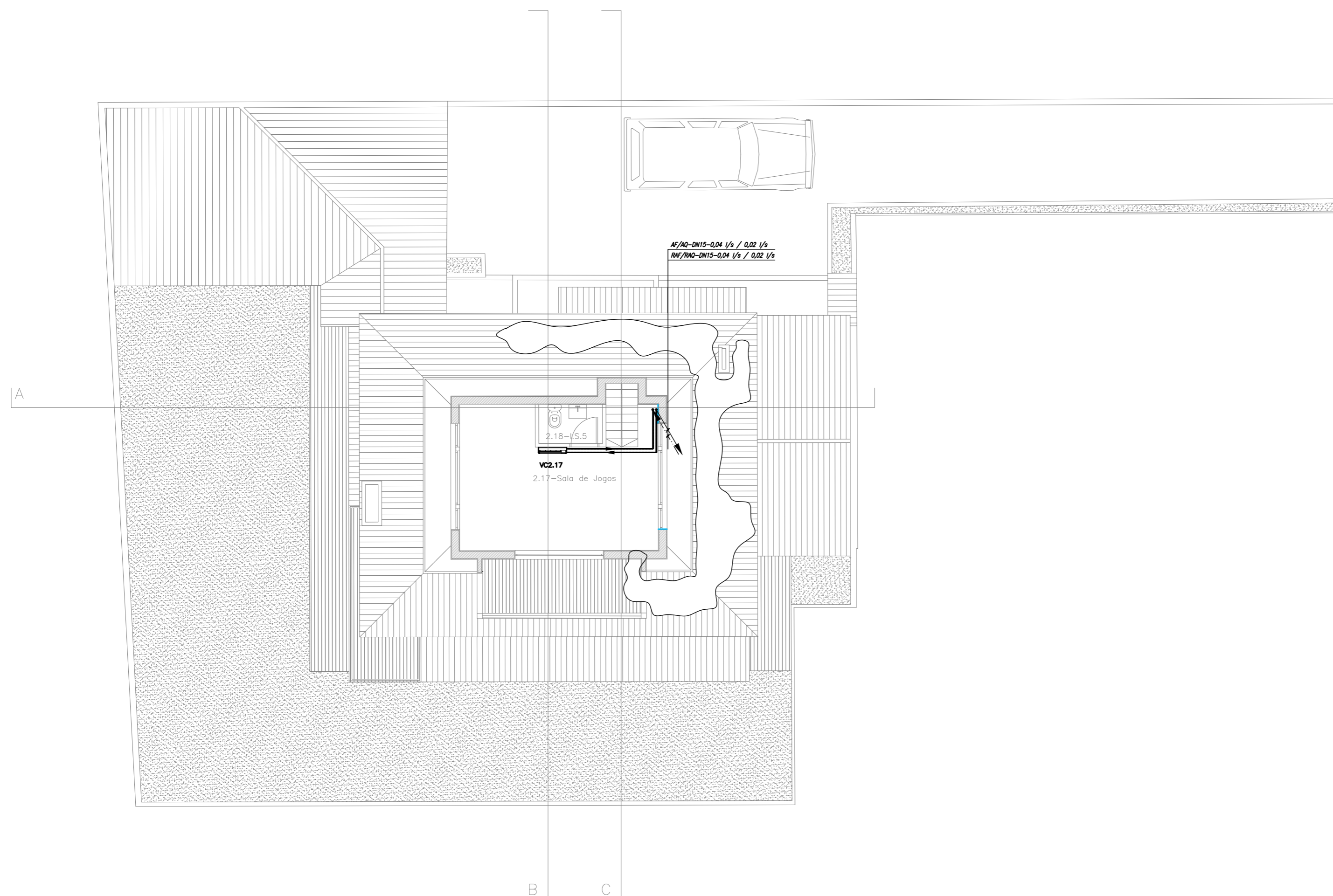
Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM – SISTEMA B/C			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 1			
Data Março 2018	Substituiu	Cliente			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.009	Índice EO	

SIMBOLOGIA:

- Rede de tubagem de refrigeração/aquecimento
- Tubagem de água do Sistema Solar
-  Chiller / Bomba de Calor reversível
-  Evaporador – unidade de teto
-  Evaporador – unidade de conduta
-  Depósito de AQS






NOTA:

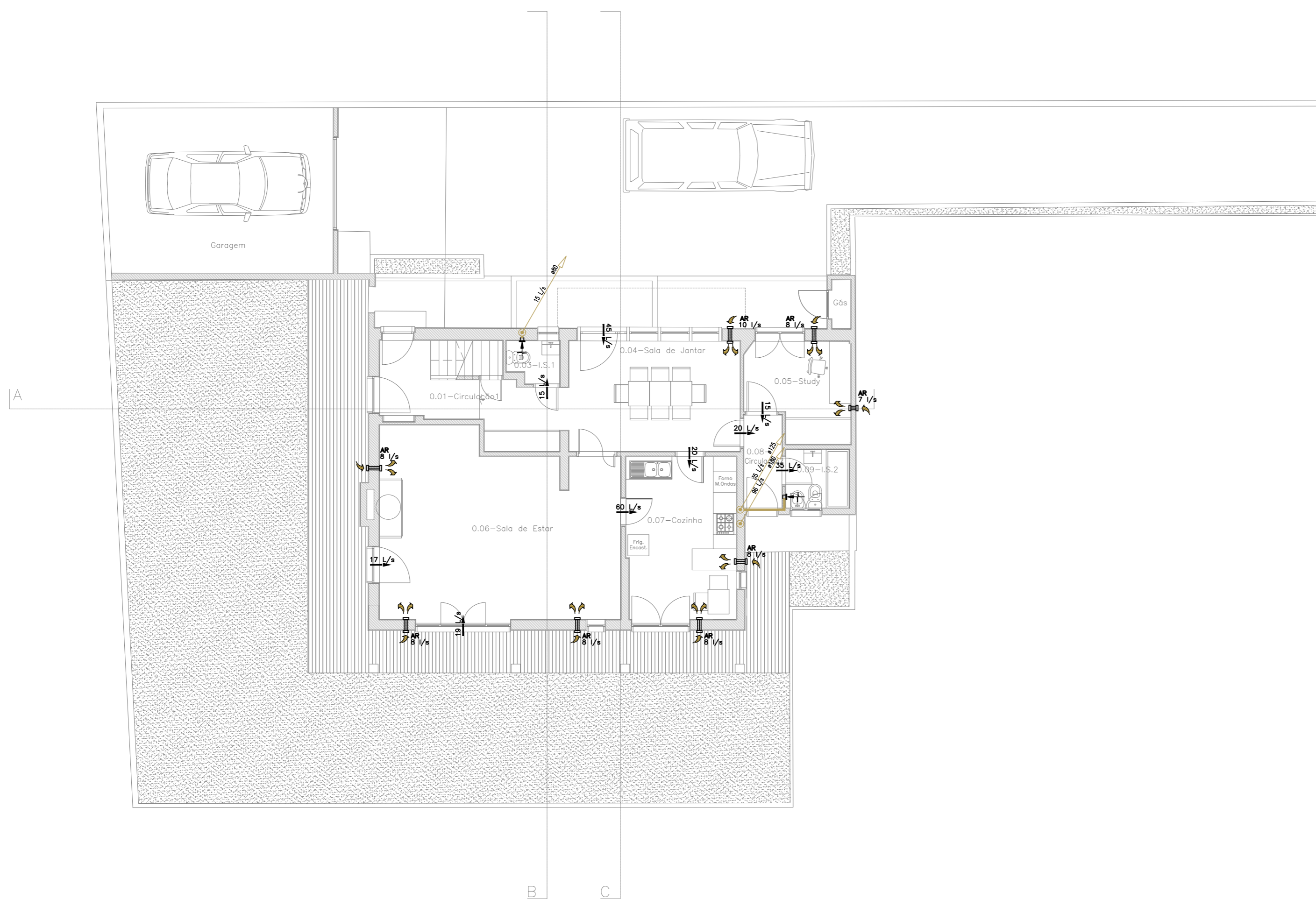
A rede de tubagens dos Sistema Solar Térmico encontram-se representados nos desenhos AVC.004, AVC.005, AVC.006, AVC.007.



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E TUBAGEM – SISTEMA B/C			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 2			
Data Março 2018	Substitui	Cliente —			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.010	Índice EO	






SIMBOLOGIA:

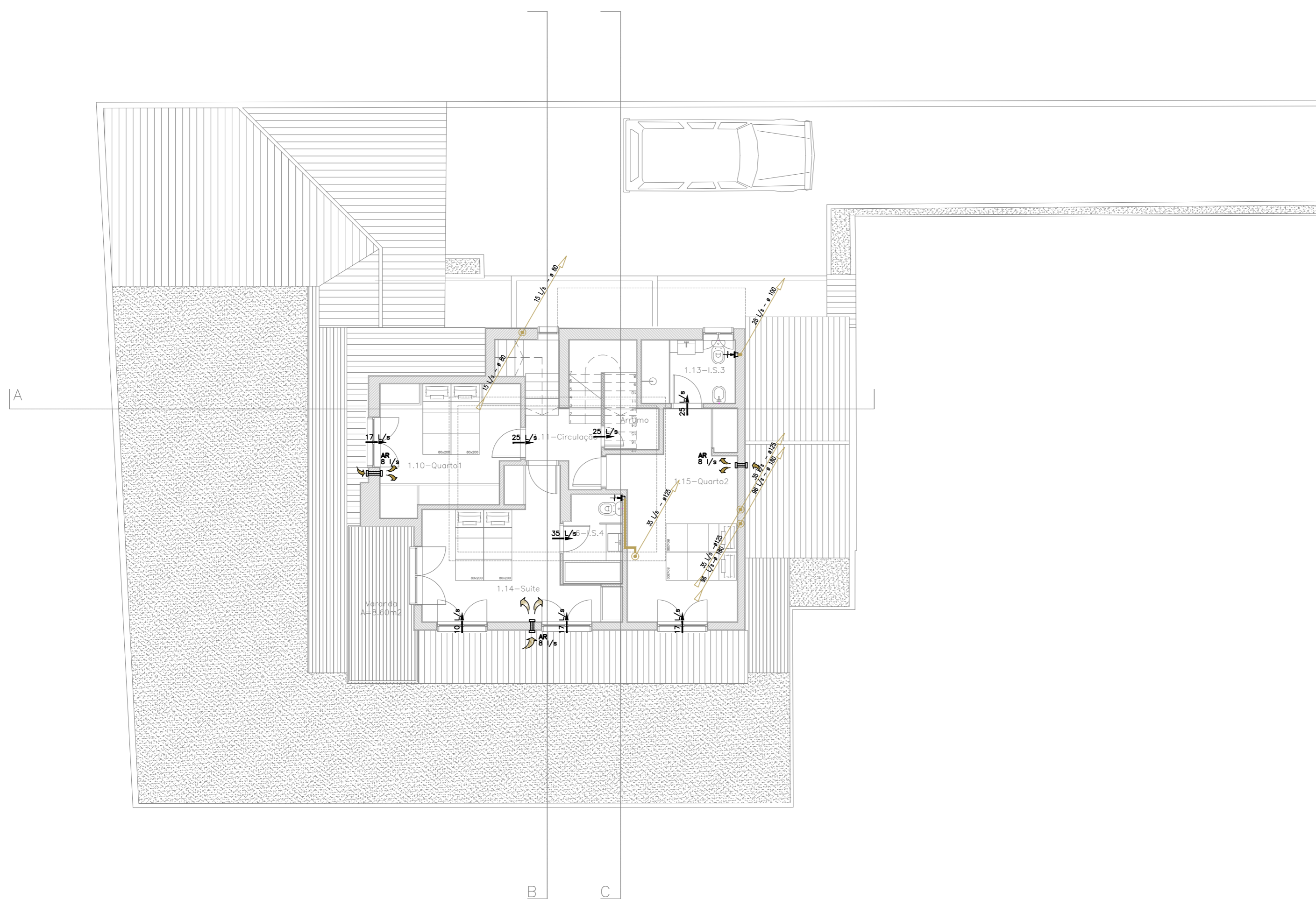
-  Rede de condutas de extracção
-  Arrejador
-  Grelha de extracção
-  Chapéu de ventilação
-  Ventilador de Extracção "in line"



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E CONDUTAS			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 0			
Data Março 2018	Substitui	Cliente -			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.011	Índice EO	






SIMBOLOGIA:

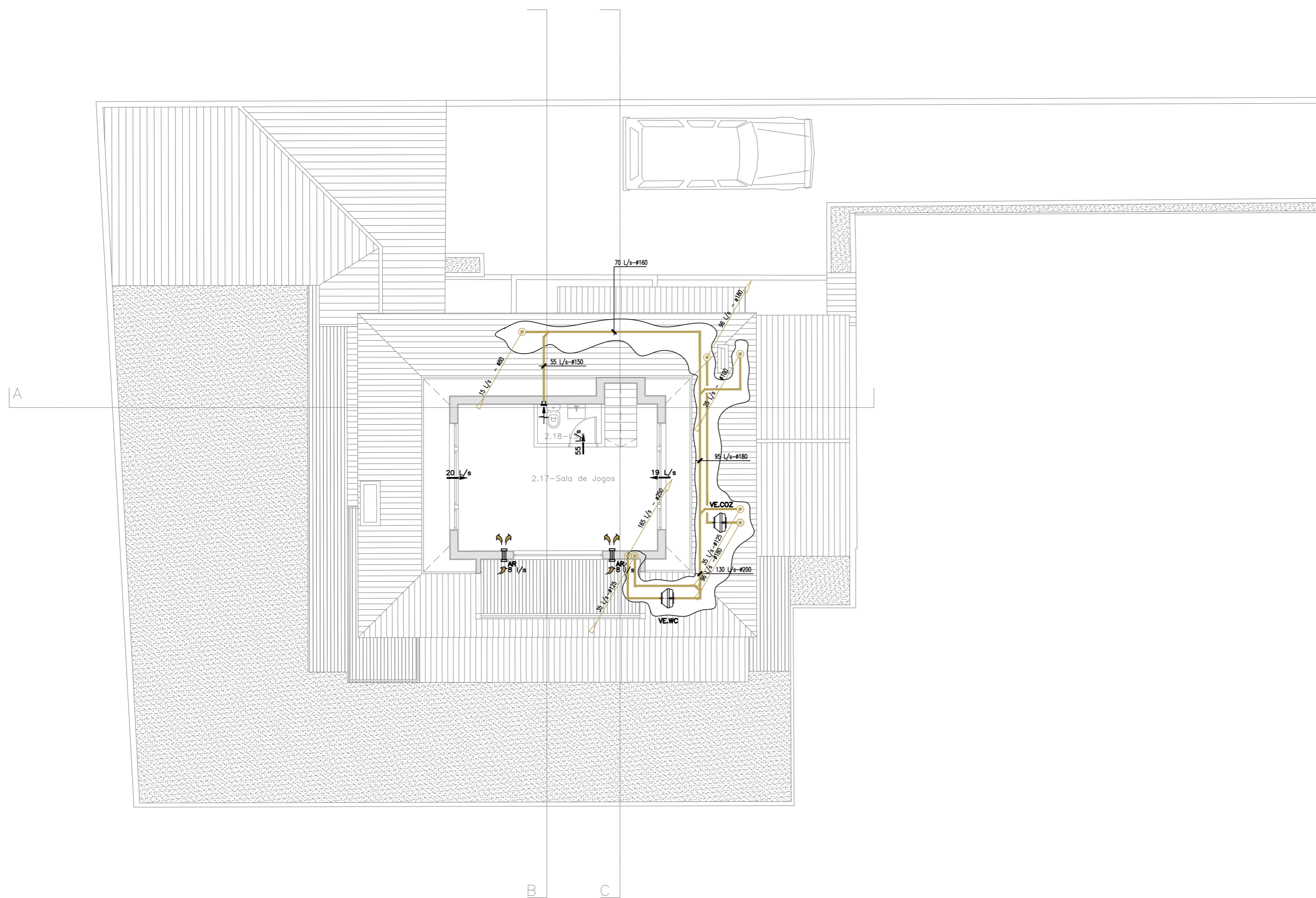
-  Rede de condutas de extracção
-  Arrejador
-  Grelha de extracção
-  Chapéu de ventilação
-  Ventilador de Extracção "in line"



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E CONDUTAS			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 1			
Data Março 2018	Substitui	Cliente -			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.012	Índice EO	






SIMBOLOGIA:

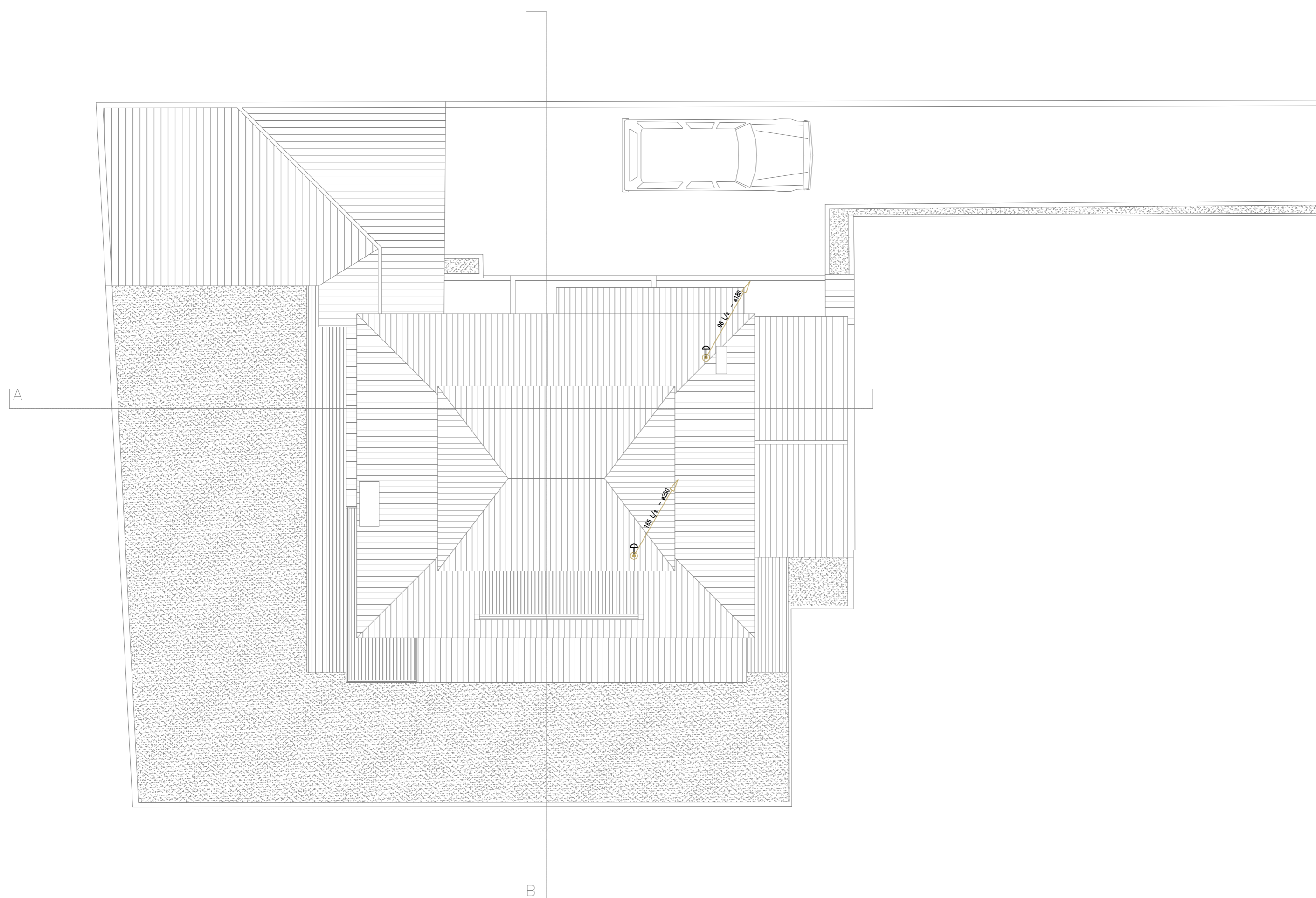
-  Rede de condutas de extracção
-  Arrejador
-  Grelha de extracção
-  Chapéu de ventilação
-  Ventilador de Extracção "in line"



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E CONDUTAS			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	Piso 2			
Data Março 2018	Substitui	Cliente -			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.013	Índice EO	

SIMBOLOGIA:

-  Rede de condutas de extracção
-  Arrejador
-  Grelha de extracção
-  Chapéu de ventilação
-  Ventilador de Extracção "in line"



Especialidades		Designação AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO IMPLEMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTO E CONDUTAS			
Desenhou M.C.	Verificou J.C.	COBERTURA			
Data Março 2018	Substitui	Cliente —			
Escalas 1:100	Substituído	Fase do projecto EXECUÇÃO	Desenho n° AVC.014	Índice EO	

Anexo H. Lista de Salas e Fichas Técnicas

Tabela H.1 – Designação das salas e caracterização das mesmas (área, altura e volume).

<i>Piso</i>	<i>N.º da Sala</i>	<i>Designação</i>	<i>Área [m²]</i>	<i>Altura [m]</i>	<i>Volume [m³]</i>
0	0.01	Circulação 1	9,1	2,80	25,5
0	0.02	Escadas 1			
0	0.03	I.S. 1	1,7	1,93	3,2
0	0.04	Sala de Jantar	15,1	2,50	37,8
0	0.05	Study	11,7	2,80	32,7
0	0.06	Sala de Estar	33,7	2,80	94,4
0	0.07	Cozinha	14,2	2,80	39,8
0	0.08	Circulação 2	2,8	2,80	7,9
0	0.09	I.S. 2	3,0	2,80	8,3
1	1.10	Quarto 1	13,2	2,80	36,9
1	1.11	Circulação 3	8,3	2,80	23,2
1	1.12	Escadas 2			
1	1.13	I.S. 3	4,7	2,80	13,2
1	1.14	Suite	16,0	2,80	44,8
1	1.15	Quarto 2	18,0	2,80	50,3
1	1.16	I.S. 4	4,0	2,80	11,2
2	2.17	Sala de jogos	21,4	2,40	51,4
2	2.18	I.S. 5	2,0	2,40	4,8

Tabela H.2. – Cargas internas, condições interiores, caudal de ar novo e extrações localizadas nos diversos espaços da habitação.

N.º da Sala	Designação	Ilum. [W]	Cargas Internas						Somatório das cargas [W]	Condições Interiores		Pressão Relativa [Pa]	Ar Novo [l/s]	Extração Localizada	
			Designação	Equip. [W]	Fator de Potência	Fator de Exaustão	Fator de Simult.	Carga [W]		TS [°C]	HR [%]			Nº Pontos	Caudal mínimo [l/s]
0	Garagem							0,0	0,0	NC	NC	NC			
0.01	Circulação 1	20						0,0	0,0	22 ± 2	NC	NC			
0.02	Escadas 1							0,0	0,0	NC	NC	NC			
0.03	I.S. 1							0,0	0,0	NC	NC	NC	1	10	
0.04	Sala de Jantar	40						0,0	0,0	22 ± 2	NC	NC	55		
0.05	Study	60	Impressora Multifunções	600,0	5%	100%	50%	15,0	140,1	22 ± 2	NC	NC	15		
			PC	480,0	10%	100%	90%	44,1							
			LCD	240,0	38%	100%	90%	81,0							
0.06	Sala de Estar	40	TV LED 55'	39	100%	100%	70%	27,3	27,3	22 ± 2	NC	NC	60		
0.07	Cozinha	70	Frigorífico	791,0	41%	100%	25%	80,5	197,4	22 ± 2	NC	NC			20
			Microondas	1 050,0	60%	100%	10%	63,0							

			TV LED 55'	39	60%	100%	70%	16,4							
			Forno	1500	50%	50%	10%	37,5							
0.08	Circulação 2							0,0	0,0	22 ± 2	NC	NC			
0.09	I.S. 2							0,0	0,0	NC	NC	NC			15
1.10	Quarto 1	30	TV LED 55'	39	100%	100%	80%	31,2	45,7	22 ± 2	NC	NC	25		
			Portátil	90	32%	100%	50%	14,5							
1.11	Circulação 3							0,0	0,0	NC	NC	NC			
1.12	Escadas 2							0,0	0,0	NC	NC	NC			
1.13	I.S. 3							0,0	0,0	NC	NC	NC			15
1.14	Suite	30	TV LED 55'	39	100%	100%	80%	31,2	45,7	22 ± 2	NC	NC	35		
			Portátil	90	32%	100%	50%	14,5							
1.15	Quarto 2	30	TV LED 55'	39	100%	100%	80%	31,2	45,7	22 ± 2	NC	NC	25		
			Portátil	90	32%	100%	50%	14,5							
1.16	I.S. 4							0,0		NC	NC	NC			15
2.17	Sala de jogos	50	TV LED 55'	39	100%	100%	90%	35,1	61,2	22 ± 2	NC	NC	55		

			Portátil	90	32%	100%	90%	26,1						
2.18	I.S. 5							0,0	0,0	NC	NC	NC		10

Tabela H.3 – Caracterização dos ventiloconvectores de cada espaço.

<i>Sala N°</i>	<i>Designação</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Aquecimento Sensível Terminal necessário [kW]</i>	<i>Arrefecimento Total Terminal necessário [kW]</i>	<i>Arrefecimento Sensível Terminal necessário [kW]</i>	<i>Tipo de VC</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Velocidade</i>
0.01	Circulação 1	VC.01	0,5	0,5	0,4	Unidades de tecto	Carrier	42NMS15F	Low Speed R4
0.04	Sala de Jantar	VC.04	0,5	1,4	1,1	Unidades de tecto	Carrier	42NMS26F	Low Speed R3
0.05	Study	VC.05	0,4	0,8	0,7	Unidades de tecto	Carrier	42NMS15F	Medium Speed R3
0.06	Sala de Estar	VC.06	0,9	2,3	1,9	Unidades de tecto	Carrier	42NMS26F	Medium Speed R2
0.07	Cozinha	VC.07	0,3	2	2	Unidades de tecto	Carrier	42NMS26F	Medium Speed R2
1.10	Quarto 1	VC1.10	0,5	0,7	0,6	Unidades de conduta	Carrier	42NPS26F	Medium Speed R3
1.14	Suite	VC1.14	0,6	1,1	0,9	Unidades de conduta	Carrier	42NPS26F	Medium Speed R3
1.15	Quarto 2	VC1.15	0,4	0,7	0,6	Unidades de conduta	Carrier	42NPS26F	Medium Speed R3
2.17	Sala de jogos	VC2.17	1,1	2,2	1,8	Unidades de conduta	Carrier	42NMS26F	Medium Speed R2

Tabela H.4 – Caracterização dos ventiloconvectores de cada espaço (continuação).

Sala N ^o	Designação	Equip.	Conteúdo de água		Água		Ar
			Arrefecimento [l]	Aquecimento [l]	Caudal Água Fria [l/s]	Caudal Água Quente [l/s]	Caudal [l/s]
0.01	Circulação 1	VC.01	0,6		0,044	0,044	28
0.04	Sala de Jantar	VC.04	1,4		0,108	0,108	93
0.05	Study	VC.05	0,6		0,050	0,050	69
0.06	Sala de Estar	VC.06	1,4		0,153	0,153	149
0.07	Cozinha	VC.07	1,4		0,153	0,153	149
1.10	Quarto 1	VC1.10	1,4		0,103	0,103	84
1.14	Suite	VC1.14	1,4		0,103	0,103	84
1.15	Quarto 2	VC1.15	1,4		0,103	0,103	84
2.17	Sala de jogos	VC2.17	1,4		0,153	0,153	149

Tabela H.5 – Caracterização dos ventiloconvectores de cada espaço (continuação).

Sala N°	Designação	Equip.	Potência de arrefecimento		Potência de Aquecimento [kW]	Potência ab. do motor [W]	Perda de carga		Dimensões [mmXmmXmm]
			Total [kW]	Sensível [kW]			Arrefecimneto [kPa]	Aquecimento [kPa]	
0.01	Circulação 1	VC.01	0,9	0,74	1,78	17	10,1	8,2	657X830X220
0.04	Sala de Jantar	VC.04	2,22	1,56	3,48	45	6,5	5,6	657x1030x220
0.05	Study	VC.05	1,05	0,87	2,09	19	12,7	10,3	657X830X220
0.06	Sala de Estar	VC.06	3,17	2,3	5	55	11,7	9,6	657x1030x220
0.07	Cozinha	VC.07	3,17	2,3	5	55	11,7	9,6	657x1030x220
1.10	Quarto 1	VC1.10	2,14	1,52	3,14	45	6,1	5,3	220x873x518
1.14	Suite	VC1.14	2,14	1,52	3,14	45	6,1	5,3	220x873x518
1.15	Quarto 2	VC1.15	2,14	1,52	3,14	45	6,1	5,3	220x873x518
2.17	Sala de jogos	VC2.17	3,17	2,3	5	55	11,7	9,6	657x1030x220

Tabela H.6 – Caracterização das unidades interiores de cada espaço.

<i>Sala N°</i>	<i>Designação</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Aquecimento Sensível Terminal [kW]</i>	<i>Arrefecimento Total Terminal [kW]</i>	<i>Arrefecimento Sensível Terminal [kW]</i>	<i>Tipo de unidade interior</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>
0.01	Circulação 1	UI 0.01	0,5	0,5	0,4	Unidades de teto	Mitsubishi	PKFY-P15VBM-E
0.04	Sala de Jantar	UI 0.04	0,4	1,3	1,1	Unidades de teto	Mitsubishi	PKFY-P15VBM-E
0.05	Study	UI 0.05	0,4	0,8	0,7	Unidades de teto	Mitsubishi	PKFY-P15VBM-E
0.06	Sala de Estar	UI 0.06	0,9	2,2	1,8	Unidades de teto	Mitsubishi	PKFY-P25VBM-E
0.07	Cozinha	UI 0.07	0,3	1,8	1,7	Unidades de teto	Mitsubishi	PKFY-P25VBM-E
1.10	Quarto 1	UI 1.10	0,5	0,7	0,6	Unidades de conduta	Mitsubishi	PEFY-P15VMS1-E
1.14	Suite	UI 1.14	0,6	1,1	0,9	Unidades de conduta	Mitsubishi	PEFY-P15VMS1-E
1.15	Quarto 2	UI 1.15	0,3	0,7	0,5	Unidades de conduta	Mitsubishi	PEFY-P15VMS1-E
2.17	Sala de jogos	UI 2.17	1,1	2,1	1,7	Unidades de conduta	Mitsubishi	PEFY-P20VMS1-E

Tabela H.7 – Caracterização das unidades interiores de cada espaço (continuação).

Sala N°	Designação	Ar	Potência de arrefecimento		Potência de Aquecimento [kW]	Potência ab. do motor [W]	Dimensões [mmXmmXmm]
		Caudal [Us]	Total [kW]	Sensível [kW]			
0.01	Circulação 1	88	1,49	1,2	1,61	0,04	295 x 815 x 225
0.04	Sala de Jantar	88	1,49	1,2	1,61	0,04	295 x 815 x 225
0.05	Study	88	1,49	1,2	1,61	0,04	295 x 815 x 225
0.06	Sala de Estar	98	2,8	1,9	2,72	0,04	295 x 815 x 225
0.07	Cozinha	98	2,8	1,9	2,72	0,04	295 x 815 x 225
1.10	Quarto 1	117	1,49	1,42	1,61	0,05	200 x 700 x 700
1.14	Suite	117	1,49	1,42	1,61	0,05	200 x 700 x 700
1.15	Quarto 2	117	1,49	1,42	1,61	0,05	200 x 700 x 700
2.17	Sala de jogos	133	2,2	1,8	2,12	0,05	200 x 700 x 700

ISEL

Morada Cascais

Fichas Técnicas

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	ELABORADO	VERIFICADO
	mai/18			

Moradia Cascais

Índice Geral

Designação do Equipamento ou Material	Nº da Ficha
Isolamentos Térmicos e Protecções	GE.01
Chiller / Bomba de Calor com recuperação de Calor	EQ.01
Chiller / Bomba de Calor com recuperação de Calor	EQ.02
Evaporadores VRF	EQ.03
Condensadores VRF	EQ.04
Caixa de Recuperação / Distribuidores VRF	EQ.05
Bombas Circuladoras	EQ.06
Ventiloconvectores	EQ.07
Ventilador de Extração	EQ.08
Hotte da cozinha	EQ.09
Depósito de Água Quente Sanitária	EQ.10
Depósito de Inércia	EQ.11
Vasos de Expansão	EQ.12
Colectores Solares	EQ.13
Arejadores (Entradas de Ar)	EQ.14
Válvulas de Extração	EQ.15
Conduitas de Ar Metálicas	AE.01
Tubagem para Água (Arrefecida e Aquecida)	HI.01
Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)	HI.02
Tubagem de Enchimento dos Circuitos Hidráulicos	HI.03
Tubagem para Fluido Frigorígeno	HI.04
Tubagem para Água (Circuito Solar)	HI.05

FICHA Nº GE.01											
Material / Equipamento:	Isolamentos Térmicos e Protecções										
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições										
Designação do Projecto:	-										
Marca e Modelo de Referência:	-										
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas										
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:											
DIN EN 12086 para a resistividade ao vapor de água. DIN EN 12667 para a condutibilidade térmica.											
Características de Funcionamento:											
Para condutas, tubagem e seus componentes, com temperaturas entre os 0°C e 80°C, utilizar-se-á espuma elastomérica Armacell. Onde especificado as tubagens e equipamentos serão protegidos mecanicamente com forra de alumínio com espessura entre 0,5 e 1,0 mm, com parafusos e fechos para caixas em aço inoxidável.											
Características Construtivas e de Montagem:											
<p><u>Espuma elastomérica:</u> Cor: negro Condutividade (a 0°C): 0.035 W/(m.K) Factor de resistência ao vapor de água: $\mu \geq 7000$ Reacção ao fogo: M1 Isolamento flexível de Espuma Elastomérica Estrutura celular estanque em quase toda espessura Resistência à difusão do vapor de água Barreira anti-vapor para evitar a condensação interior Protecção de alumínio incorporada quando em manta Fornecimento em coquilhas ou manta Montagem com fita auto-adesiva em toda a extensão Espessuras de Isolamento:</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>Diâmetros (polegadas)</th> <th>$d \leq 1$</th> <th>$1 \leq d \leq 2$</th> <th>$2 \leq d \leq 3$</th> <th>$d \geq 3$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espessura (mm)</td> <td>19</td> <td>22</td> <td>24</td> <td>26</td> </tr> </tbody> </table>		Diâmetros (polegadas)	$d \leq 1$	$1 \leq d \leq 2$	$2 \leq d \leq 3$	$d \geq 3$	Espessura (mm)	19	22	24	26
Diâmetros (polegadas)	$d \leq 1$	$1 \leq d \leq 2$	$2 \leq d \leq 3$	$d \geq 3$							
Espessura (mm)	19	22	24	26							
Características Dimensionais:											
Notas:											
Na execução do isolamento serão observadas as instruções técnicas de cada fabricante											

Moradia Cascais

CH-BC reversível com RE

FICHA Nº EQ.01						
Material / Equipamento:		Chiller / Bomba de Calor com recuperação de Calor				
Quantidade:		Ver em baixo				
Designação do Projecto:		Ver em baixo				
Marca e Modelo de Referência:		RHOSS				
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas				
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:						
EUROVENT; EN 15218; EN 14511-4. Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.						
Características de Funcionamento:						
Designação	Modelo	Capacidade de Arref. (kW)	EER	Capacidade de Aquec. (kW)	COP	Potência de Aquec. Recuperada (kW)
CH/BC.RE	Compact-Y EXP SM-MD	17,7	2,68	17,6	2,84	20,8
<p>Potência elétrica: 6,2 kW Temperaturas de funcionamento da água: Aquecimento: entrada a 40 °C e sada a 45°C Arrefecimento: entrada a 12 °C e saída a 7°C Alimentação: 380 V / 3 ph / 50 Hz Aquecimento > (T.Ext) -25°C a +35°C (garantindo 100% de rendimento entre +35°C a -7°C) Caudal Nominal de água – 17,9 ~ 40,1 l/min Nível Sonoro – 53 dB(A)</p>						
Características Construtivas e de Montagem:						
<p>A unidade exterior, é constituída por uma envolvente em chapa de aço galvanizada pintada. Os painéis são amovíveis de modo a possibilitar um fácil acesso aos componentes internos da unidade.</p> <p>Possui um compressor hermético, rotativo scroll inverter, placas electrónicas e controlo inverter do compressor.</p> <p>Possui dois permutadores, o principal e o secundário que permite recuperação de calor: permutador de placas de aço inoxidável com controlo de pressão diferencial da água e resistência elétrica para prevenir congelamento.</p> <p>Ventiladores axiais elétricos com rotor externo, equipados de protecção térmica e dispositivo eletrónico de protecção e regulação contínua da velocidade de rotação do ventilador.</p>						

FICHA Nº EQ.01

Material / Equipamento:

Chiller / Bomba de Calor com recuperação de Calor

Características Dimensionais:



Peso – 370 kg

Dimensões (L x P x A) – 1822 mm x 695 mm x 1510 mm

Notas:

A instalação deve ser efectuada por pessoal especializado e certificado pelo fabricante ou fornecedor.

FICHA Nº EQ.02						
Material / Equipamento:		Chiller / Bomba de Calor com recuperação de Calor				
Quantidade:		Ver em baixo				
Designação do Projecto:		Ver em baixo				
Marca e Modelo de Referência:		Carrier				
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas				
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:						
EUROVENT; EN 15218; EN 14511-4. Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.						
Características de Funcionamento:						
Designação	Modelo	Capacidade de Arref. (kW)	EER	Capacidade de Aquec. (kW)	COP	Potência eléctrica
CH/BC	Reversible Air to Water Heat Pump – 30AW - 015	13,0	2,95	12,4	3,02	20,8
<p>Temperaturas de funcionamento da água: Aquecimento: entrada a 40 °C e sada a 60°C Arrefecimento: entrada a 12 °C e saída a 7°C Alimentação: 380 V / 3 ph / 50 Hz Aquecimento > (T.Ext) -25°C a +35°C (garantindo 100% de rendimento entre +35°C a -7°C) Caudal Nominal de água – 17,9 ~ 40,1 l/min Nível Sonoro – 68 dB(A) Possui módulo hidráulico com bomba circuladora (não incluir vaso de expansão)</p>						
Características Construtivas e de Montagem:						
<p>A unidade exterior, é constituída por uma envolvente em chapa de aço galvanizada pintada. Os painéis são amovíveis de modo a possibilitar um fácil acesso aos componentes internos da unidade.</p> <p>Possui um compressor hermético, rotativo scroll inverter, placas electrónicas e controlo inverter do compressor.</p> <p>Possui dois permutadores, o principal e o secundário que permite recuperação de calor: permutador de placas de aço inoxidável com controlo de pressão diferencial da água e resistência eléctrica para prevenir congelamento.</p> <p>Ventiladores axiais eléctricos com rotor externo, equipados de protecção térmica e dispositivo electrónico de protecção e regulação contínua da velocidade de rotação do ventilador.</p>						

Moradia Cascais

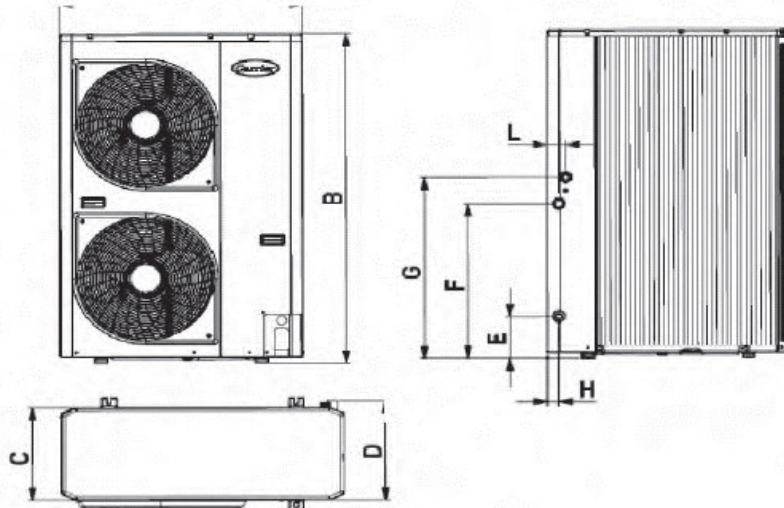
CH-BC reversível

FICHA Nº EQ.02

Material / Equipamento:

Chiller / Bomba de Calor com recuperação de Calor

Características Dimensionais:



Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
30AW - 015	908	1363	326	350	174	640

Modelo	G (mm)	H (mm)	L (mm)	Peso (mm)
30AW - 015	750	44	69	112

Notas:

A instalação deve ser efectuada por pessoal especializado e certificado pelo fabricante ou fornecedor.

FICHA Nº EQ.03					
Material / Equipamento:		Evaporadores VRF			
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições			
Designação do Projecto:		Ver lista em baixo			
Marca e Modelo de Referência:		Mitsubishi			
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas			
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:					
EUROVENT; EN 15218; EN 14511-4. Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.					
Características de Funcionamento:					
Designação	Modelo	Capacidade de Arref. (kW)	Capacidade de Aquec. (kW)	Potência Eléctrica (kW)	Observações
UI.0.01	PKFY-P15VBM-E	1,5	1,6	0,04	Sala 0.01
UI.0.04	PKFY-P15VBM-E	1,2	1,6	0,04	Sala 0.04
UI.0.05	PKFY-P15VBM-E	1,5	1,6	0,04	Sala 0.05
UI.0.06	PKFY-P25VBM-E	2,8	2,7	0,04	Sala 0.06
UI.0.07	PKFY-P25VBM-E	2,8	2,7	0,04	Sala 0.07
UI.1.10	PEFY-P15VMS1-E	1,5	1,6	0,5	Sala 1.10
UI.1.14	PEFY-P15VMS1-E	1,5	1,6	0,5	Sala 1.14
UI.1.15	PEFY-P15VMS1-E	1,5	1,6	0,5	Sala 1.15
UI.2.17	PEFY-P20VMS1-	2,2	2,1	0,5	Sala 2.17
BC.AQS	PWFY-P100V-E-BU	-	10,8	2,48	Módulo de AQS; COP=4,35
Alimentação: 230 V / 1 ph / 50 há					
Características Construtivas e de Montagem:					
<p>Tubagem em cobre isolada e protegida (ver ficha GE.01). Gás frigorígeno R410A. Encontram-se electricamente protegidas e dotadas de filtros de ar do tipo lavável.</p> <p>Unidades do tipo ligação a condutas de encastrar no tecto falso, dotadas de permutador fluído R410a / ar em tubo de cobre com alhetas em alumínio fixas por expansão mecânica, um ventilador do tipo centrífugo tangencial com média pressão estática (35 Pa a 150 Pa), acoplado a um motor eléctrico de três velocidades.</p> <p>Encontram-se electricamente protegidas e dotadas de filtros de ar do tipo lavável. O controlo destas unidades é efectuado por microprocessador do tipo PID (Proporcional, Integral e Derivativo), que actua sobre a válvula de expansão linear.</p> <p>Na moradia serão instaladas apenas 2 unidades interiores do tipo mural, que são as unidades E.VRF.0.04 e E.VRF.0.05. As unidades interiores de mural terão bombas de condensados.</p>					

Moradia Cascais

Evaporadores

FICHA Nº EQ.03						
Material / Equipamento:		Evaporadores VRF				
Características Dimensionais:						
Modelo	Largura (mm)	Comprim. (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Ligações (mm)	
					Líquido	Gás
PKFY-P15VBM-E	815	225	292	10	6,35	12,70
PKFY-P25VBM-E	815	225	292	10	6,35	12,70
PEFY-P15VMS1-E	700	700	200	19	6,35	12,70
PEFY-P20VMS1-E	700	700	200	19	6,35	12,70
PWFY-P100V-E-BU	450	300	800	60	9,52	15,88
Notas:						
As tubagens de frigorifénio deverão ser instaladas o mais linearmente possível.						

Moradia Cascais

Condensadores

FICHA Nº EQ.04						
Material / Equipamento:		Condensadores VRF				
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições				
Designação do Projecto:		Ver lista em baixo				
Marca e Modelo de Referência:		Mitsubishi, modelos e tamanhos em baixo				
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas				
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:						
EUROVENT; EN 15218; EN 14511-4 Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.						
Características de Funcionamento:						
Designação	Modelo	Capacidade de Arref. (kW)	EER	Capacidade de Aquec. (kW)	COP	Potência Eléctrica (kW)
C.VRF.01	PURY-P250YLM-A1	15,8	2,26	28,0	3,83	7,32
Alimentação: 400 V / 3 ph / 50 Hz						
Características Construtivas e de Montagem:						
<p>Tubagem em cobre isolada e protegida (ver ficha GE.01). Gás frigorígeno R410A. Compressor hermético scroll tipo Inverter. A instalação deve ser efectuada por pessoal especializado e certificado pelo fabricante ou fornecedor. Utilizar cablagem eléctrica especificada pelo fabricante. As ligações eléctricas deverão ser efectuadas de modo a que os terminais não fiquem sujeitos a forças exteriores. As ligações eléctricas devem ser efectuadas por electricistas credenciados. Instalar a unidade apoiada ou sobre um plinto de betão armado. Os apoios devem ser poisados sobre juntas de borracha antivibrática ou equivalente. Garantir que as ligações hidráulicas não têm quaisquer fugas de fluido refrigerante. As ligações de fluido refrigerante devem ser efectuadas por pessoal credenciado para manipulação de gases fluorados. A instalação da tubagem de condensados deve ser efectuada de modo a permitir a adequada drenagem. A tubagem deverá ser isolada para evitar condensação quando instalada no exterior. Após instalação, aguardar pelo menos 12 horas para colocar o equipamento em funcionamento. Evitar obstáculos à livre circulação do ar de condensação à entrada e à saída da unidade. Para mais detalhe relativo às operações de instalação, teste e colocação em funcionamento, seguir rigorosamente o manual do fabricante.</p>						
Características Dimensionais:						
Modelo	Largura (mm)	Comprim. (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Ligações (mm)	
					Líquido	Gás
PKFY-P15VBM-E	1710	740	920	205	19,05	22,20
Notas:						
As tubagens de frigorígeno deverão ser instaladas o mais linearmente possível.						

FICHA Nº EQ.05					
Material / Equipamento:		Caixa de Recuperação / Distribuidores VRF			
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições			
Designação do Projecto:		Ver lista em baixo			
Marca e Modelo de Referência:		Mitsubishi, modelos em baixo			
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas			
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:					
EUROVENT; EN 15218; EN 14511-4. Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.					
Características de Funcionamento:					
Designação	Modelo	Número de Saídas	Potência Eléctrica (kW)	Observações	
CD.VRF.01	CMB-P108V-GA1	8	0,161	Distribuidor principal.	
CD.VRF.02	CMB-P104V-GB1	4	0,076	Distribuidor secundário.	
Alimentação: 230 V / 1 ph / 50 Hz					
Características Construtivas e de Montagem:					
<p>Tubagem em cobre isolada e protegida (ver ficha GE.01). Gás frigorígeno R410A.</p> <p>Composto por um reservatório/separador (líquido/gás) onde estão interligadas válvulas de três vias (tantas quantas as saídas para as unidades interiores) que irão definir a distribuição de gás ou líquido para as unidades interiores.</p> <p>Por cada saída de BC Controller podem ser ligadas no máximo até 3 unidades interiores, cuja a potência não deverá exceder 9,3 kW.</p> <p>Para potências superiores, serão utilizadas 2 saídas do BC controller mediante a utilização de união.</p> <p>Esquema de funcionamento:</p>					
<p>The diagram illustrates the refrigerant flow between the Outdoor unit, BC controller, and Indoor unit. It shows four main lines: High pressure gas (red), Low pressure gas (blue), High pressure liquid (green), and Low pressure 2-phase (dashed green). The system can operate in Heating or Cooling modes. In Heating mode, the outdoor unit acts as the evaporator and the indoor units as condensers. In Cooling mode, the outdoor unit acts as the condenser and the indoor units as evaporators. The BC controller manages the flow to multiple indoor units.</p>					
Características Dimensionais:					
Modelo	Largura (mm)	Comprim. (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Observações
CMB-P108V-GA1	1110	520	289	43	
CMB-P104V-GB1	648	432	284	22	
Notas:					

Moradia Cascais

Bomba Cir.

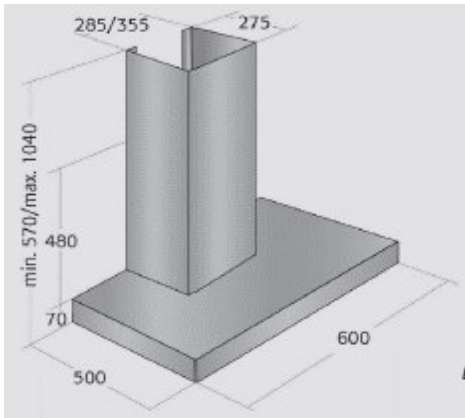
FICHA Nº EQ.06					
Material / Equipamento:		Bombas Circuladoras			
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições			
Designação do Projecto:		Ver peças desenhadas e lista de medições			
Marca e Modelo de Referência:		GRUNDFOS - MAGNA23 32-60 N			
		Baxiroca - Solar Hydraulic 15			
		GRUNDFOS - UPS 15-14 B PM DE			
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas			
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:					
Bombas com IEE $\leq 0,23$ segundo o REGULAMENTO (CE) N.º 641/2009 EN 12723; EN 809					
Motores eléctricos com nível de eficiência IE4 (ou nível IE3 se equipados com variador de velocidade), segundo o REGULAMENTO (CE) N.º 640/2009;					
Características de Funcionamento:					
Designação	Modelo	Caudal (l/s)	Altura Manométrica (KPa)	Potência (W)	Observações
BC.AQ.01	-	0,20	20	-	Sistema A - circuito hidráulico do módulo de AQS, pertence ao módulo hidráulico do mesmo (BC.AQS).
BC.AQ.02	MAGNA23 32-60 N	0,57	52	85,0	Pertence ao sistema B, circuito de água para ventiloconvectores
BC.AQ.03	Solar Hydraulic15	0,043	11	23,0	Circuito Solar Térmico; Temperatura máxima operação: 120°C
BC.AQ.04	UPS 15-14 B PM DE	0,070	3	6,0	Bomba circuladora para a água quente da torneira e toalheiros
BC.AQ.05	-	0,570	52	-	Pertence ao sistema C, circuito de água para ventiloconvectores (pertence ao módulo hidráulico do CH/BC reversível)
Gama de temperatura ambiente: 0 a 40°C Pressão máxima de funcionamento: 10 bar Temperaturas de funcionamento: 0 a 60 °C Fluido: Água Aquecida					
Características Construtivas e de Montagem:					
Características Dimensionais:					
Notas:					

FICHA Nº EQ.07							
Material / Equipamento:		Ventiloconectores					
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições					
Designação do Projecto:		Ver peças desenhadas e lista de medições					
Marca e Modelo de Referência:							
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas					
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:							
EUROVENT; NP EN 1886; EN 13053; EN 1397 A classe de filtragem será de acordo com as normas EUROVENT 4/9 e EN 779 .							
Características de Funcionamento:							
Designação	Modelo	Capacidade de Aquec. (kW)	Capacidade de Arref. Sensível (kW)	Caudal de Água Aquecida (l/s)	Caudal de Água Arrefecida (l/s)	Potência Eléctrica (kW)	Obser.
VC.01	42NMS15F	1,78	0,74	0,09	0,04	17	Unidade de teto (4 vias)
VC.04	42NMS26F	3,48	1,86	0,17	0,09	45	Unidade de teto (4 vias)
VC.05	42NMS15F	2,09	0,87	0,10	0,04	19	Unidade de teto (4 vias)
VC.06	42NMS26F	5	2,3	0,24	0,11	55	Unidade de teto (4 vias)
VC.07	42NMS26F	5	2,3	0,24	0,11	55	Unidade de teto (4 vias)
VC1.10	42NPS26F	3,14	1,52	0,15	0,07	45	Unidades de conduta (4 vias)
VC1.14	42NPS26F	3,14	1,52	0,15	0,07	45	Unidades de conduta (4 vias)
VC1.15	42NPS26F	3,14	1,52	0,15	0,07	45	Unidades de conduta (4 vias)
VC2.17	42NMS26F	5	2,3	0,24	0,11	55	Unidades de conduta (4 vias)
Condições de Selecção: 7/12°C na água de arrefecimento e 60/50 °C na água de aquecimento; Velocidade média							
Características Construtivas e de Montagem:							
Ventiloconectores a 4 tubos. Equipados com filtro G3 de material sintético lavável. Baterias construídas em tubos de cobre expandido em alhetas em alumínio Ventiladores directamente acoplados a motor eléctrico monofásico do tipo ECM Incluir para cada bateria: 2 válvulas de seccionamento; 1 válvula de dupla regulação (equilibradora de Caudal, de Controlo e Pressão Diferencial); 1 filtro tipo Y; 2 tomadas de pressão.							

FICHA Nº EQ.07																			
Material / Equipamento:	Ventiloconvectores																		
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições																		
Designação do Projecto:	Ver peças desenhadas e lista de medições																		
Marca e Modelo de Referência:																			
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas																		
As ligações hidráulicas deverão ser efectuadas sempre num nível inferior ao da respectiva serpentina, para uma fácil drenagem.																			
Características Dimensionais:																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Modelo</th> <th style="width: 20%;">Largura (mm)</th> <th style="width: 20%;">Comprim. (mm)</th> <th style="width: 30%;">Altura (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>42NMS15F</td> <td>830</td> <td>220</td> <td>657</td> </tr> <tr> <td>42NMS26F</td> <td>1030</td> <td>220</td> <td>657</td> </tr> <tr> <td>42NPS26F</td> <td>873</td> <td>518</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table>				Modelo	Largura (mm)	Comprim. (mm)	Altura (mm)	42NMS15F	830	220	657	42NMS26F	1030	220	657	42NPS26F	873	518	220
Modelo	Largura (mm)	Comprim. (mm)	Altura (mm)																
42NMS15F	830	220	657																
42NMS26F	1030	220	657																
42NPS26F	873	518	220																
Notas:																			

FICHA Nº EQ.8						
Material / Equipamento:		Ventilador de Extração				
Quantidade:		Ver em baixo				
Designação do Projecto:		Ver em baixo				
Marca e Modelo de Referência:		Systemair, modelo e tamanho referidos em baixo				
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas				
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:						
<p>Motores eléctricos com nível de eficiência IE2 (ou nível IE2 se equipados com variador de velocidade), segundo o REGULAMENTO (CE) N.º 640/2009</p> <p>Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.</p>						
Características de Funcionamento:						
Designação	Modelo	Caudal (l/s)	Pressão Estática Disponível (Pa)	Potência Eléctrica (W)	Obs.	
VE.WC	KVK 200 Ins. Circ. duct fan	165	178	191,0		
VE.COZ	KBR 280EC Thermo fan	96	197	55,5		
<p>Alimentação: 230V / 1ph / 50Hz. Limite de temperatura ambiente: 50°C.</p>						
Características Construtivas e de Montagem:						
<p>Ventilador centrífugo de turbina de impulso. Concebido para extracção de ar em habitações. Envoltente: Chapa de aço galvanizado. Controlador de velocidade integrado (régulateur RT Control). Incluir Kit pressostato diferencial 20-300 Pa Motor com protecção IP55.</p>						
Características Dimensionais:						
<u>KVK 200 Ins. Circ. duct fan</u>						
Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
KVK 200 Ins. Circ. duct fan	340	345	191	193	395	395

FICHA Nº EQ.8						
Material / Equipamento:		Ventilador de Extração				
Modelo	G (mm)	ØH (mm)	I (mm)			
KVK 200 Ins. Circ. duct fan	440	200	20			
<u>KBR 280EC Thermo fan</u>						
Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)
KBR 280EC Thermo fan	171,5	537	295	360	625	125
Modelo	ØG (mm)	H	J (mm)	K (mm)	L (mm)	M (mm)
KBR 280EC Thermo fan	280	234	291	70	620	5
Notas:						

FICHA Nº EQ.9			
Material / Equipamento:		Hotte da cozinha	
Quantidade:		Ver em baixo	
Designação do Projecto:		Ver em baixo	
Marca e Modelo de Referência:		France Air, modelo VIVALTO DESIGN II	
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas	
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:			
Características de Funcionamento:			
Modelo	Caudal (l/s)	Potência Eléctrica (W)	Nível Sonoro (db(A))
VIVALTO DESIGN II	196	210	54
Alimentação: 230V / 1ph / 50Hz.			
Características Construtivas e de Montagem:			
Hotte com: Duas lâmpadas 35W Filtro			
Características Dimensionais:			
			
Notas:			

FICHA Nº EQ.10						
Material / Equipamento:		Depósito de Água Quente Sanitária				
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições				
Designação do Projecto:		DAQS.01				
Marca e Modelo de Referência:		Baxiroca, modelo as 350-2E				
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas				
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:						
Características de Funcionamento						
Designação	Volume (L)	Temp. da Água (°C)	Pressão de Ensaio (bar)	Superfície da Serpentina Superior (m ²)	Superfície da Serpentina Inferior (m ²)	Peso em vazio (kg)
DAQS.01	350	55/15	8	3,5	1,3	164
Características Construtivas e de Montagem						
<p>DAQS.01</p> <p>O depósito AQS pertence a um sistema solar térmico compacto designado de Solar Easy AQS Eco BC. Montagem Vertical.</p> <p>Em aço esmaltado, com protecção de ânodo de magnésio.</p> <p>Depósito que incorpora duas serpentinas interiores, sendo a superior destinada ao sistema de apoio e o inferior ao sistema de colectores solares.</p> <p>Instalação de resistência eléctrica de apoio ao sistema de aquecimento e protecção eléctrica permanente da CORREX.</p> <p>Inserir Solar Hydraulic 15</p> <p>Incluir controlador solar, como indicado na ficha EM.02.</p> <p>Incluir de válvulas e afins conforme indicado nas peças desenhadas, nomeadamente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - Oito válvulas de secionamento 2 - Uma torneira de esvaziamento 4 - Termómetro no depósito 5 - Grupo de segurança para termoacumulador 6 - Manómetro 7 - Vaso de expansão (VEX.MPA.03) 8 - Purgador de ar 9 - Válvula mistura termostático <p>Outras características como as expressas nos catálogos dos modelos de referência.</p>						

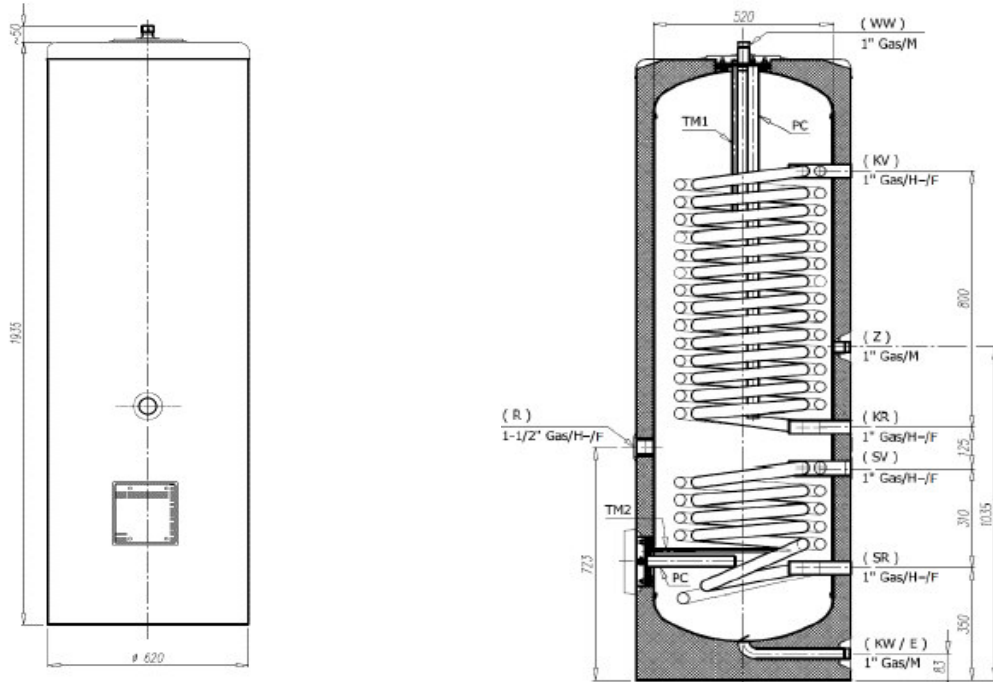
FICHA Nº EQ.10

Material / Equipamento:

Depósito de Água Quente Sanitária

Características Dimensionais

DAQS.01



Notas:

FICHA Nº EQ.11					
Material / Equipamento:		Depósito de Inércia			
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições			
Designação do Projecto:		Ver em baixo			
Marca e Modelo de Referência:		Insuatherm - 290510			
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas			
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:					
Características de Funcionamento:					
Designação	Volume (L)	Temperatura da Água		Pressão máxima de serviço (bar)	Observações
		Entrada (°C)	Saída (°C)		
DE.01	60	15	55	10	
Pressão de funcionamento: 6 bar Temperaturas de funcionamento: 60 °C Fluido: Água					
Características Construtivas e de Montagem:					
Depósito em aço inoxidável - AISI 304. Isolamento em Poliuretano Protecção catódica por ânodo de magnésio. O conjunto de cada depósito deverá conter: 2 válvulas de seccionamento 1 purgador automático 1 válvula de segurança 1 válvula de descarga Isolado conforme ficha técnica GE.01, incluindo barreira anti-vapor e protecção mecânica com chapa de alumínio.					
Características Dimensionais:					
Designação	A	B	C	D	E
290510	Ø 1 1/2"	Ø 1 1/4"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"
Altura [mm]	Diâmetro [mm]				
900	440				
Ver peças desenhadas.					
Notas:					

Moradia Cascais

Dep. Inércia

FICHA Nº EQ.11	
Material / Equipamento:	Depósito de Inércia
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições
Designação do Projecto:	Ver em baixo
Marca e Modelo de Referência:	Insuatherm - 290510
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Outras características como as expressas nos catálogos dos modelos escolhidos.	

FICHA Nº EQ.12				
Material / Equipamento:		Vasos de Expansão		
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições		
Designação do Projecto:		VEX.MPA.#		
Marca e Modelo de Referência:		Caleffi e Baxiroca, modelo e tamanho referido em baixo		
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas		
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:				
DIN 4807-2 - Vasos de Expansão; Vasos de Expansão abertos e fechados utilizados em sistemas térmicos; Cálculos, requisitos e teste.				
Características de Funcionamento:				
O vaso de expansão fechado de membrana (diafragma) é constituído por um espaço fechado dividido em duas partes por uma membrana que separa a água do gás (geralmente o azoto) e que funciona como compensador da dilatação.				
Como consequência do aumento da temperatura, a pressão sobe no vaso relativamente ao valor de pré-carga a frio, até atingir o valor correspondente à dilatação máxima.				
Designação	Modelo	Volume (L)	Pressão de Serviço (bar)	Observações
VEX.AQ.01	Caleffi 555802	2	3	Temperatura máxima de serviço: 90°C. Pré-carga: 1 bar. - Sistema A pertence ao circuito do módulo de AQS
VEX.AQ.02	Caleffi 555805	5	3	Temperatura máxima de serviço: 90°C. Pré-carga: 1 bar. - Sistema B e C pertence do Ventiloinventores
VEX.MPA.02	Vasoflex 195200004	18	3	Temperatura máxima de serviço: 90°C. Pré-carga: 4 bar. Pressão máxima de trabalho: 10 bar - Sistema Solar Térmico, circuito primário
VEX.MPA.03	Caleffi 555812	12	3	Temperatura máxima de serviço: 70°C. Pré-carga: 1 bar. - Circuito solar térmico - circuito secundário, pertence ao depósito de AQS
Características Construtivas e de Montagem:				
VEX.MAP.01 e VEX.MPA.03				
Vaso de expansão agrafado circular plano para instalações de aquecimento.				
Ligação à tubagem:				
Ligação 3/4" M radial.				
Materiais:				
Corpo em aço;				
Membrana agrafada em borracha sintética SBR.				
Montagem no ponto de menor pressão da instalação.				
Incluir uma válvula de seccionamento, uma válvula de segurança para 3bar e uma válvula purgadora.				
Outras características expressas no catálogo do modelo de referência.				
VEX.MAP.02				
Vaso de expansão agrafado circular plano para instalações de aquecimento.				

FICHA Nº EQ.12	
Material / Equipamento:	Vasos de Expansão
<p>Câmara de gás contendo azoto sob pressão</p> <p>Ligação à tubagem: Ligação 3/4" M radial.</p> <p>Materiais: Corpo em aço;</p> <p>Montagem no ponto de menor pressão da instalação.</p> <p>Incluir uma válvula de seccionamento, uma válvula de segurança para 3bar, uma válvula purgadora, um manómetro.</p> <p>Outras características expressas no catálogo do modelo de referência.</p>	
Características Dimensionais:	
<p><u>Caleffi 555814</u></p> 	<p><u>Vasoflex 195200004</u></p> 
Notas:	

Moradia Cascais

Colectores Solares

FICHA EQ.13		
Material / Equipamento:	Colectores Solares	
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições	
Designação do Projecto:	CS.#.#	
Marca e Modelo de Referência:	Baxi Mediterraneo SLIM 2.0	
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas e lista de medições	
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:		
Características de Funcionamento		
Designação	CS.0.1 a 0.2	
Superfície Total [m2]	2,02	
Superfície de Abertura [m2]	1,92	
Capacidade [l]	1,1	
Pressão Máxima [bar]	10	
Temperatura de Estancamento [°C]	212,3	
Inclinação e azimute	35° e 45°	
Rendimento ótico	72%	
Características Construtivas e de Montagem:		
<p>Os colectores solares pertencem a um sistema solar térmico compacto designado de Solar Easy AQS Eco BC. Montagem horizontal; Incluir kits de montagem sob cobertura horizontal; Incluir estruturas de suporte para montagem sobre cobertura inclinada - Suporte Plug&Play;</p> <p>Incluir purgadores metálicos para exterior e para alta temperatura (1 por colector) e válvulas de seccionamento. Outras características como as espessuras nos catálogos dos modelos de referência.</p>		
Características Dimensionais		
Designação	CS.0.1 a 0.2	
Comprimento [mm]	1151	
Largura [mm]	1757	
Espessura [mm]	46	
Peso (vazio) [kg]	34,3	
Notas		
<p>O instalador terá de estar dispor de Certificado de Aptidão Profissional (CAP) de Técnico(a) Instalador(a) de Sistemas Solares Térmicos.</p>		

FICHA Nº EQ.14				
Material / Equipamento:		Arejadores (Entradas de Ar)		
Quantidade:		Ver em baixo		
Designação do Projecto:		Ver em baixo		
Marca e Modelo de Referência:		Soler & Paul, modelo e tamanho referidos em baixo		
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas		
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:				
Características de Funcionamento:				
Designação	Modelo	Caudal (m³/h)	Ø conduta (mm)	Obs.
AR	SILEM KIT 30	30	125	
Características Construtivas e de Montagem:				
Arejadores auto-reguláveis com silenciador. Colocam-se na parede com uma grelha exterior e o arejador acústico interior acoplados com um manguito de chapa de diâmetro 125mm				
Características Dimensionais:				
Notas:				

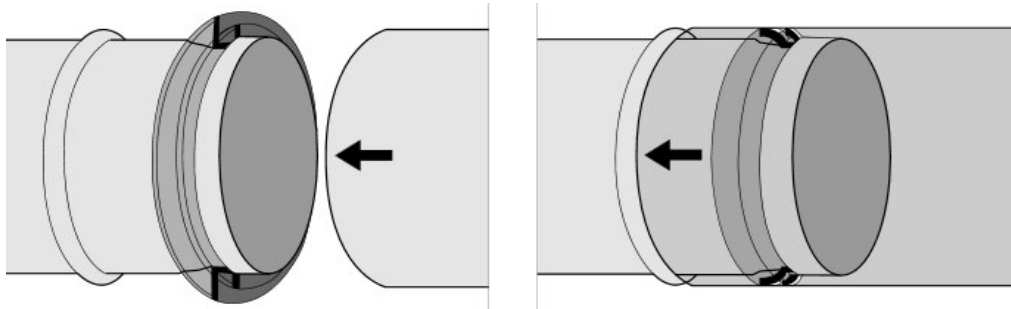
FICHA Nº EQ.15	
Material / Equipamento:	Válvulas de Extracção
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de quantidades
Designação do Projecto:	Ver peças desenhadas e lista de quantidades
Marca e Modelo de Referência:	France Air, modelo Australe
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
Características de Funcionamento:	
Caudais conforme indicado nos desenhos. Níveis sonoros não superiores a 30 dB(A).	
Características Construtivas e de Montagem:	
A válvula de extracção ou insuflação de pequeno caudal será aplicada numa zona de pressão de 40-150 Pa. Colar e disco em polipropileno branco, ferragens em material inoxidável.	
Características Dimensionais:	
<p>Diagrama de corte de uma válvula de extracção. O diagrama mostra um corpo cilíndrico com um núcleo regulável no interior, fixado por um parafuso de bloqueio. Duas dimensões de diâmetro são indicadas: Ø D1 para o diâmetro interno e Ø D2 para o diâmetro externo.</p>	
Notas:	

FICHA Nº AE.01	
Material / Equipamento:	Conduatas de Ar Metálicas
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições
Designação do Projecto:	-
Marca e Modelo de Referência:	SANDOMETAL
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
<p>NP EN 1505 e NP EN 1506 (dimensões para conduatas e acessórios rectangulares e circulares metálicos);</p> <p>NP EN 1751 (ensaio aerodinâmico de registos e válvulas);</p> <p>EN 12097 (requisitos dos componentes para facilitar a manutenção);</p> <p>EN 12220 (dimensões de flanges circulares metálicos);</p> <p>NP EN 12236 (suportes e suspensões de conduatas. Requisitos para a resistência mecânica);</p> <p>EN 12237 (resistência à pressão interior e estanquidade de conduatas circulares metálicas);</p> <p>NP EN 13180 (dimensões e requisitos mecânicos para conduatas flexíveis);</p> <p>EN 13779.</p>	
Características de Funcionamento:	
<p>Destinam-se ao transporte de ar tratado, de retorno e de extracção;</p> <p>Classe de estanquidade B, segundo a EN 12237</p>	
Características Construtivas e de Montagem:	
<p>Construção em chapa de aço galvanizada.</p> <p>Suspensão por suportes apropriados com fixação nos elementos estruturais por buchas e parafusos próprios para os materiais em questão. Quando justificável, os suportes deverão conter tampos e pampas de plástico.</p> <p>Conduatas Circulares:</p> <p>Conduatas com ligação do tipo SpiroSystem, conforme as normas DW142 class C (Eurovent 2.2 = IV DIN 24194).</p> <p>Ligação rápida e equipada com vedante EPDM montado em fábrica.</p> <p>O vedante isento de solventes assegura uniões fiáveis e sem fugas.</p> <p>Temperaturas de trabalho: -30 a +100°C.</p> <p>Pressão positiva de trabalho até 3000 Pa.</p> <p>Pressão negativa de trabalho até 5000 Pa.</p> <p>Pormenor do vedante na ligação de conduatas:</p>	

FICHA Nº AE.01

Material / Equipamento:

Condutas de Ar Metálicas

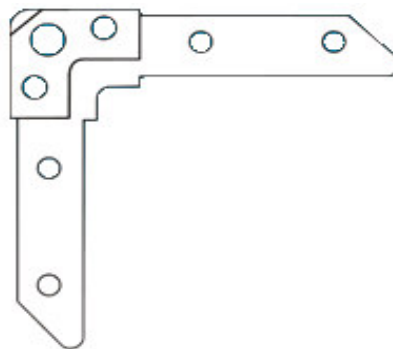


Condutas Rectangulares:

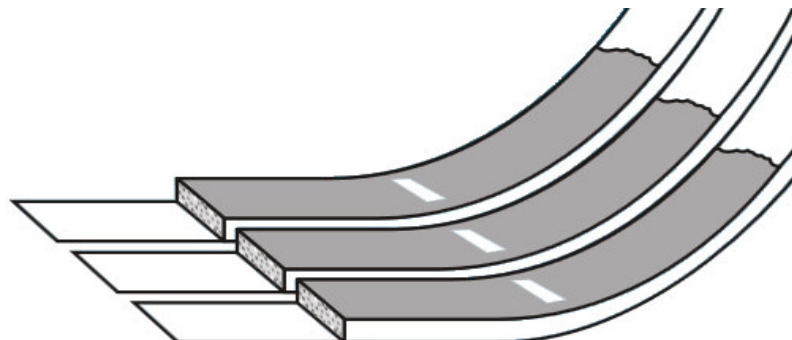
Ligações por flanges com conjuntos de perfil de ligação, cantos de esquadria, junta e grampo.
Perfis de ligação transversal do tipo SandoMez.



Cantos SandoMez para interligação dos perfis transversais utilizado na execução de aros e contra-aros.



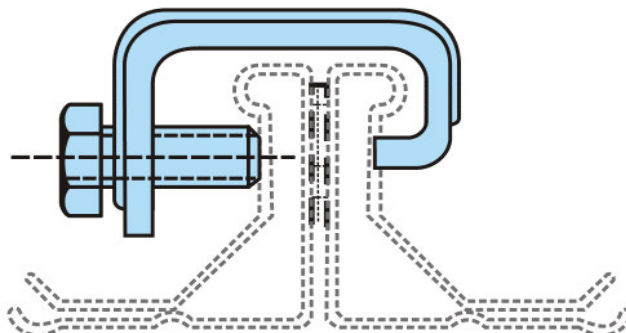
Junta vedante auto-adesiva em PVC de alta densidade, resistente aos raios ultravioletas.
Temperaturas de trabalho: -30 a +70°C.



FICHA Nº AE.01**Material / Equipamento:**

Condutas de Ar Metálicas

Grampo para reforço das ligações transversais, utilizados nos perfis SandoMez.



Ligações às máquinas e plenos de difusores e grelhas por juntas ou mangas flexíveis.

Espaçamento entre suspensões ou apoios não superior a 2m.

Terão registos de regulação manual do caudal nos pontos indicados nos desenhos.

As condutas deverão ser limpas e desengorduradas antes e após montagem.

As condutas de insuflação e as de retorno serão isoladas; as restantes condutas serão isoladas.

As condutas isoladas, quando se encontrem montadas no exterior, terão protecção mecânica, em chapa galvanizada.

Para o dimensionamento das condutas foram utilizadas velocidades de 7 a 8 m/s nos troços principais e 3 a 4 m/s nos seus ramais.

Características Dimensionais:

Ver peças desenhadas.

Notas:

As condutas deverão ser transportadas e armazenadas em condições de limpeza e ausência de água ou humidade.

Como garantia de qualidade no que diz respeito aos suportes e amarrações, aconselha-se a utilização da marca MüPRO, ou equivalente.

Moradia Cascais

Tubagem Água (Arref. e Aquec.)

FICHA Nº HI.01	
Material / Equipamento:	Tubagem para Água (Arrefecida e Aquecida)
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições
Designação do Projecto:	-
Marca e Modelo de Referência:	-
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
NP EN ISO 1127 - Dimensões para tubos em aço inoxidável. EN 10204 - Certificação de material em aço inoxidável.	
Características de Funcionamento:	
Pressão de funcionamento: PN10 Temperaturas de funcionamento: 0 a 95 °C Fluido: Água	
Características Construtivas e de Montagem:	
<p>Tubo de aço inoxidável, AISI 316, de montagem por aperto (press-fiting).</p> <p>Acessórios da tubagem, como cones de redução, uniões, flanges, cotovelos, etc., do mesmo material (do tubo) e próprios para rosca.</p> <p>Fixação de modo a que o tubo possa dilatar livremente, por braçadeiras simples ou múltiplas, em aço macio.</p> <p>Em trajectos verticais os tubos serão suportados por peças com cinta de fixação em barra metalizada, apertada por parafusos também metalizados.</p> <p>Peças de apoio e fixação convenientemente decapadas e galvanizadas por imersão.</p> <p>As braçadeiras e apoios de tubagem (não isolada), terão um material elástico anti vibrátil interposto (entre aqueles elementos e a tubagem).</p> <p>As distâncias entre suspensões ou apoios, dependendo dos diâmetros dos tubos, deverão respeitar os valores indicados em seguida:</p> <ul style="list-style-type: none">Para diâmetros até DN 25 - 1,5m.Para diâmetros DN 32 - 2,5m.Para diâmetros entre DN 40 e DN 65 - 3,0 m.Para diâmetros entre DN 80 e DN 100 - 3,5 m.Para diâmetros entre DN 125 e DN 150 - 4,0 m.Para diâmetros entre DN 200 e DN 300 - 5,0 m. <p>Para diâmetros superiores deve ser efectuado um cálculo específico.</p> <p>Os atravessamentos de paredes e pavimentos deverão ser feitos através de mangas de diâmetro igual a 1.5 vezes o diâmetro do tubo e o espaço entre a manga e o tubo deverá ser preenchido com material isolado elástico e resistente ao fogo.</p>	
Características Dimensionais:	
Ver peças desenhadas.	
Notas:	
<p>A tubagem deverá ser transportada e armazenada em condições de limpeza e ausência de água ou humidade.</p> <p>Como garantia de qualidade no que diz respeito aos suportes e amarrações, aconselha-se a utilização da marca MüPRO, ou equivalente.</p>	

Moradia Cascais

Válvulas Água (Arref. e Aquec.)

FICHA Nº HI.02	
Material / Equipamento:	Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições
Designação do Projecto:	Ver desenhos
Marca e Modelo de Referência:	Válvula de esfera de três vias desviadora monotorizada - Caleffi 644362 Válvulas de Macho Esférico - InterApp BVH22 Purgadores de Ar - Caleffi, automáticos, series 551 Seperador de micro-bolhas de ar - Caleffi Discal dearator 551 series Filtros Y - Frese strainer 41-1152 Grupo de segurança para termoacumulador - Caleffi, Série 5261 Válvula de segurança - Caleffi 313 ou 314 series Válvula redutora de pressão - Caleffi serie 53151 Válvula anti-poluição - Caleffi serie 304550 Válvula Misturadora termostática - Caleffi, 523170 Torneira MONOGIRO NT Termostática de esquadria União com fecho NT e 200 para roscar em esquadria Termómetros - Gesa Manómetros - SPIRAX SARCO, modelo MGS 18 Juntas anti-vibráteis - Pinto & Cruz
Local de Montagem:	
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
NP EN 736-2 NP EN 13190 NP EN 837-2/3	
Características de Funcionamento:	
Pressão máxima de funcionamento: 6 bar Temperaturas de funcionamento: 0 °C a 90 °C Fluido: Água	
Características Construtivas e de Montagem:	
<u>Válvula de esfera de três vias desviadora monotorizada (VM.CM.1.1)</u> Gama de temperaturas: -5 a 100°C Pressão máxima: 10 bar Motor assíncrono: Alimentação eléctrica: 230V - 50Hz Consumo de energia:4 VA Juntas: B=NBR (boracha de nitreto) Corpo: latão EN12165 CW617N Esfera : latão EN12165 CW617N	
<u>Válvula de seccionamento</u> Válvulas de seccionamento serão de macho esférico, de 2 corpos. As suas características serão as seguintes: Gammas de temperaturas: -10°C a 200°C Diâmetro DN 20; DN25; DN35 Corpo - Aço Inox Esfera - Aço Inox Pressão máxima: 63 bar	

FICHA Nº HI.02**Material / Equipamento:**

Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)

Separador de micro-bolhas de ar

Separador de micro-bolhas de ar com ligações roscadas para tubos horizontais de diâmetro DN25. As suas características serão as seguintes:

- Pressão máxima de funcionamento: 10 bar
- Pressão de descarga: 10 bar
- Gamas de temperaturas: 0°C a 110°C
- Peso de 1,7kg
- Flutuador em polipropileno (PP)
- Corpo e tampa: latão EN 12164 CW614N
- Juntas hidráulicas: EPDM
- Conexões de 1/2"

Purgadores de Ar

Purgadores de ar automáticos de altas prestações. As suas características serão as seguintes:

- Pressão máxima de funcionamento: 10 bar
- Pressão de descarga: 10 bar
- Gamas de temperaturas: 0°C a 110°C
- Conexões de 1/2" NPT fêmea
- Corpo e tampa em latão
- Flutuador em polipropileno
- Juntas hidráulicas: EPDM
- Peso de 1,36lb

Incluir válvula de seccionamento

Filtros:

Os filtros serão do tipo Y. Terão diâmetros de passagem iguais aos dos tubos onde ficam inseridos. O cesto para retenção dos defeitos será em aço inoxidável, sendo a sua remoção feita por abertura da tampa de limpeza. As características do filtro serão as seguintes:

- Pressão nominal: PN20
- Gama de temperaturas de -20°C a 150°C
- Junta - PTFE.
- Filtro - INOX
- Malha de 0,5 mm
- Conexões fêmea roscada

Grupo de segurança para termoacumulador

Grupo de segurança para termoacumulador, com corte e válvula de retenção classe A controlável. Cromado.

Ligação ao termoacumulador 3/4". Ligação de descarga 1".

Regulação: 7 bar. Temperatura máxima de funcionamento: 120°C.

Certificação NF D 36-401. Segundo as normas UNI 9940

Válvula de segurança

Válvula de segurança destina para os vasos de expansão e circuito de água fria.

Pressão de regulação: 3 bar. Temperatura máxima de funcionamento: 110°C.

Válvula redutora de pressão

Redutora de pressão pré-regulável com cartucho e filtro inspecionável. Com manómetro. As características da válvula redutora de pressão serão as seguintes:

- Pressão máxima a montante: 25 bar
- Campo de regulação da pressão a jusante: 1÷6 bar
- Regulação de fábrica: 3 bar
- Temperatura máxima de funcionamento: 40°C
- Escala de pressão manómetro: 1÷10 bar
- Capacidade de filtragem: 0,28 mm
- Fluidos de utilização: água

FICHA Nº HI.02**Material / Equipamento:**

Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)

Materiais:

- Corpo em latão
- Tampa PA66G30
- Haste em aço inoxidável
- Membrana e vedações em NBR
- Filtro em aço inoxidável

Válvula anti-polução

A válvula anti-polução é um dispositivo de protecção hidráulica, capaz de prevenir o refluxo de água poluída no sistema público de água.

Características:

- Pressão máxima de funcionamento: 10 bar
- Pressão mínima de abertura da válvula: 0,5kPa
- Temperatura máxima de funcionamento: 90°C

Válvula Misturadora Termostática

A mistura termostática é utilizada nas instalações de produção de água quente para uso sanitário. A sua função é manter constante, no valor definido, a temperatura da água misturada enviada para o ponto de utilização.

- Pressão máxima de funcionamento (estática): 14 bar
- Pressão máxima de funcionamento (dinâmica): 5 bar
- Pressão mínima de funcionamento (dinâmica): 0,2 bar
- Relação máxima entre as pressões na entrada (Q/F ou F/Q) 2:1
- Temperatura máxima entrada de água quente: 90 °C
- Temperatura mínima entrada de água quente: 50°C
- Temperatura máxima entrada de água fria: 25°C
- Temperatura mínima entrada de água fria: 5°C
- Diferença mínima de temperatura entre entrada de água quente e saída de água misturada, para garantir o melhor desempenho: 15°C

Materiais:

- Corpo: liga antidezincificação CR
- Obtunador: PPSG40
- Molas: aço inoxidável
- Elementos de vedação: EPDM

Torneira MONOGIRO NT Termostática de esquadria

Torneira termostaticável para radiadores de Aquecimento Central por água quente. Possui cabeçal termostático com escala graduada que permite seleccionar a temperatura ambiente desde 8°C (posição fechado) até 32°C (máxima temperatura).

- Temperatura máxima de trabalho: 110°C
- Pressão máxima de trabalho: 10 bar

União com fecho NT e 200 para roscar em esquadria

União com fecho para radiadores de aquecimento central por água quente.

- Temperatura máxima de trabalho: 110°C
- Pressão máxima de trabalho: 10 bar

Termómetros:

Termómetros tipo coluna de álcool, recto, caixa metálica 150 x 30 mm, com bainha de 63 mm / 100 mm, roscada Ø1/2". Capaz de abranger a gama de 0°C a 100°C.

Manómetros:

Manómetros - Serão de quadrante de fácil leitura, espelho de 100 mm de diâmetro, com torneira apropriada. Escala adequada às pressões a medir cujas leituras deverão aparecer sensivelmente a meio da escala.

Incluir válvula de secionamento DN15

FICHA Nº HI.02

Material / Equipamento:

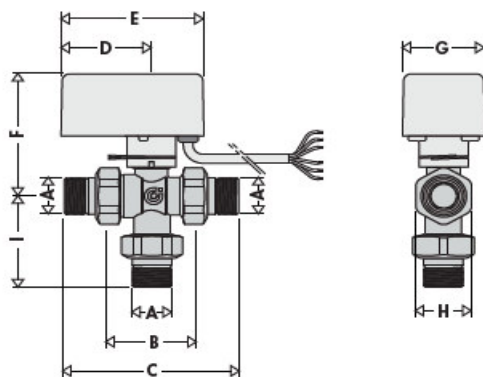
Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)

Juntas Anti-vibráteis:

Corpo interior e exterior: Bocha sintética;
 Reforço: Nylon;
 Junção, porca e extremo roscado: ferro galvanizado.
 Pressão máxima de trabalho: 7,5 bar
 Gama de temperaturas de -10°C a 80°C

Características Dimensionais:

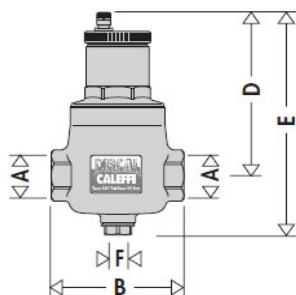
Válvula de esfera de três vias desviadora motorizada:



Designação	A	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]
644362	1"	78	159	60	95	91

G [mm]	G [mm]	I [mm]	Massa [kg]
55	Ex. 47	78	1,7

Separador de bolhas de ar



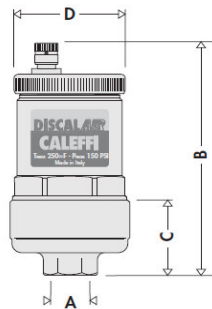
Designação	Tubo	A	B [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]
551006	DN 25	1"	110	146	205	1/2"

FICHA Nº HI.02

Material / Equipamento:

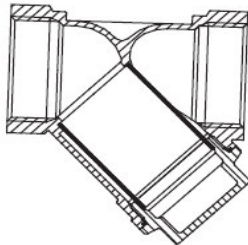
Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)

Purgador de ar



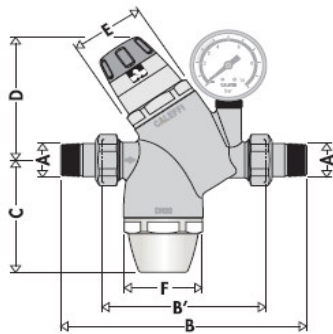
Designação	A	B	C	D
551004	1/2"	4 3/8"	1 3/8"	2 3/16"

Filtro Y



Designação	Kv	Peso	L [mm]	H [mm]
41-1152	6,5	0,44	82	62

Válvula redutora de pressão:



Designação	DN	A	B [mm]	B' [mm]	C [mm]	D [mm]
535150/1	20	3/4"	180	110	89	98

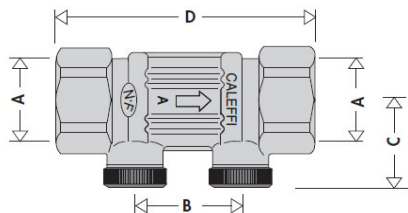
E [mm]	F [mm]	Massa [kg]
Ø54	Ø58	1,57

FICHA Nº HI.02

Material / Equipamento:

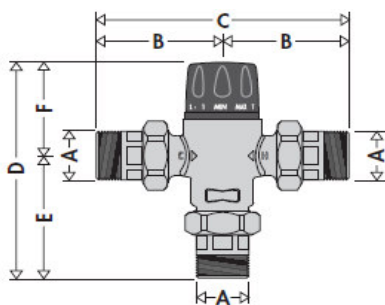
Válvulas e Afins para Água (Arrefecida e Aquecida)

Válvula anti-poluição:



Designação	DN	A	B [mm]	A [mm]	D [mm]	Massa [kg]
304550	20	3/4"	32	27,5	78	0,25

Válvula Misturadora Termostática



Designação	DN	A	B [mm]	A [mm]	D [mm]	E [mm]
523170	32	1 1/4"	104,5	209	195,5	109

F [mm]	Massa [kg]
86,5	2,47

Ver peças desenhadas.

Notas:

Todos os componentes deverão ser transportados e armazenados em condições de limpeza e ausência de água ou humidade.

FICHA Nº HI.03	
Material / Equipamento:	Tubagem de Enchimento dos Circuitos Hidráulicos
Quantidade:	Ver peças desenhadas e lista de medições
Designação do Projecto:	-
Marca e Modelo de Referência:	-
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
NP EN ISO 1127 - Dimensões para tubos em aço inoxidável. EN 10204 - Certificação de material em aço inoxidável.	
Características de Funcionamento:	
Pressão de funcionamento: PN6 Temperaturas de funcionamento: 0 a 95 °C Fluido: Água	
Características Construtivas e de Montagem:	
<p>Tubo de aço inox, de montagem por aperto (press-fitting).</p> <p>Acessórios da tubagem, como cones de redução, uniões, flanges, cotovelos, etc., do mesmo material (do tubo) e próprios para rosca.</p> <p>Fixação de modo a que o tubo possa dilatar livremente, por braçadeiras simples ou múltiplas, em aço macio.</p> <p>Em trajectos verticais os tubos serão suportados por peças com cinta de fixação em barra metalizada, apertada por parafusos também metalizados.</p> <p>Peças de apoio e fixação convenientemente decapadas e galvanizadas por imersão.</p> <p>As braçadeiras e apoios de tubagem (não isolada), terão um material elástico antivibrátil interposto (entre aqueles elementos e a tubagem).</p> <p>As distâncias entre suspensões ou apoios, dependendo dos diâmetros dos tubos, deverão respeitar os valores indicados em seguida:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para diâmetros até DN25 - 1,5m Para diâmetros DN 32 - 2,5m. Para diâmetros entre DN 40 e DN 65 - 3,0 m. Para diâmetros entre DN 80 e DN 100 - 3,5 m. Para diâmetros entre DN 125 e DN 150 - 4,0 m. Para diâmetros entre DN 200 e DN 300 - 5,0 m. Para diâmetros superiores deve ser efectuado um cálculo específico. <p>Os atravessamentos de paredes e pavimentos deverão ser feitos através de mangas de diâmetro igual a 1,5 vezes o diâmetro do tubo, sendo o espaço entre a manga e o tubo preenchido com material isolante elástico e resistente ao fogo.</p> <p>A rede de tubagem será equipada com purgadores automáticos isolados com torneira, instalados nos pontos altos onde a linha será estendida adequadamente.</p> <p>Isolado conforme ficha técnica GE.01, incluindo barreira anti-vapor e protecção mecânica com chapa de alumínio no exterior (ver mapa de quantidades).</p>	
Características Dimensionais:	
Ver peças desenhadas.	
Notas:	
A tubagem deverá ser transportada e armazenada em condições de limpeza e ausência de água ou humidade. Como garantia de qualidade no que diz respeito aos suportes e amarrações, aconselha-se a utilização da marca MüPRO, ou equivalente.	

FICHA Nº HI.04	
Material / Equipamento:	Tubagem para Fluido Frigorígeno
Quantidade:	Ver lista de quantidades
Designação do Projecto:	-
Marca e Modelo de Referência:	-
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
EN 12735-2 - Designação, Composição Química, Propriedades Mecânicas do Material, Dimensões, Tolerâncias e Ensaios	
Características de Funcionamento:	
Destinam-se ao transporte de frigorígeno entre a unidade exterior e a serpentina de expansão directa da unidade de tratamento de ar.	
Características Construtivas e de Montagem:	
<p>Tubo em cobre, montagem por soldadura.</p> <p>Os tubos serão fixados por braçadeiras simples ou múltiplas, mas de modo a poderem dilatar livremente.</p> <p>Todas as braçadeiras e apoios de tubagem (isolada) serão concebidos e executados de modo a além de impedirem a propagação das vibrações, não diminuírem as características do isolamento no ponto de fixação, quer quanto à criação de pontes térmicas, quer quanto a condensações sobre a sua superfície.</p> <p>Os atravessamentos de paredes e pavimentos deverão ser feitos através de mangas de PVC de diâmetro igual a 1,5 vezes o diâmetro dos tubos e o espaço entre a manga e os tubos deverá ser preenchido com material isolante elástico.</p> <p>Toda a tubagem será isolada com protecção nos troços interiores e exteriores.</p>	
Características Dimensionais:	
Ver peças desenhadas.	
Notas:	
<p>A tubagem deverá ser transportada e armazenada em condições de limpeza e ausência de água ou humidade.</p> <p>Como garantia de qualidade no que diz respeito aos suportes e amarrações, aconselha-se a utilização da marca MüPRO, ou equivalente.</p>	

FICHA Nº HI.05	
Material / Equipamento:	Tubagem para Água (Circuito Solar)
Quantidade:	Ver lista de quantidades
Designação do Projecto:	-
Marca e Modelo de Referência:	-
Local de Montagem:	Ver peças desenhadas
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:	
EN 1057	
Características de Funcionamento:	
Destinam-se ao transporte de fluido solar entre os colectores exteriores e a serpentina de imersão inserida no depósito de AQS.	
Características Construtivas e de Montagem:	
<p>Tubo em cobre, montagem por soldadura.</p> <p>Nas linha gerais, as ligações serão soldadas; nas ligações a equipamentos serão roscadas.</p> <p>Acessórios da tubagem, como cones de redução, uniões, flanges, cotovelos, etc., do mesmo material (do tubo) e próprios para soldar.</p> <p>Os tubos serão fixados por braçadeiras simples ou múltiplas, mas de modo a poderem dilatar livremente.</p> <p>Em trajectos verticais os tubos serão suportados por peças com cinta de fixação em barra metalizada, apertada por parafusos também metalizados.</p> <p>As braçadeiras e apoios de tubagem disporão de uma junta de material elástico anti-vibrático, interposto entre aqueles elementos e a tubagem.</p> <p>As distâncias entre suspensões ou apoios deverão respeitar os valores indicados em seguida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para tubo até Ø 3/4" - 1,5m • Para tubo de diâmetro superior - 2 m <p>Os atravessamentos de paredes e pavimentos deverão ser feitos através de mangas de diâmetro igual a 1.5 vezes o diâmetro do tubo, sendo o espaço entre a manga e o tubo preenchido com material isolante elástico e resistente ao fogo.</p> <p>A rede de tubagem será equipada com purgadores automáticos isolados com torneira, instalados nos pontos altos onde a linha será estendida adequadamente (conforme o diagrama de princípio).</p> <p>A tubagem será devidamente isolada com espuma elastomérica (ver ficha GER.01)</p> <p>Toda a tubagem será isolada com protecção nos troços interiores e exteriores.</p>	
Características Dimensionais:	
Ver peças desenhadas.	
Notas:	
<p>O instalador terá de estar dispor de Certificado de Aptidão Profissional (CAP) de Técnico(a) Instalador(a) de Sistemas Solares Térmicos.</p> <p>A tubagem deverá ser transportada e armazenada em condições de limpeza e ausência de água ou humidade.</p> <p>Como garantia de qualidade no que diz respeito aos suportes e amarrações, aconselha-se a utilização da marca MüPRO, ou equivalente.</p>	

Anexo I. Análise Económica

A Tabela I.1 representa os custos dos equipamentos e acessórios do sistema A. Todo o sistema A é da marca *Mitsubishi Electric*.

Tabela I.1 – Designação dos equipamentos do sistema A e custos associados.

<i>Designação</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Modelo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Preço Unitário [€]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço Total [€]</i>
Unidades interiores	UI 0.01	PKFY-P15VBM-E	Wall Mounted type Indoor Unit	671	1	671
	UI 0.04	PKFY-P15VBM-E	Wall Mounted type Indoor Unit	671	1	671
	UI 0.05	PKFY-P15VBM-E	Wall Mounted type Indoor Unit	671	1	671
	UI 0.06	PKFY-P25VBM-E	Wall Mounted type Indoor Unit	693	1	693
	UI 0.07	PKFY-P25VBM-E	Wall Mounted type Indoor Unit	693	1	693
	UI1.10	PEFY-P15VMS1-E	Ceiling Concealed type Indoor Unit	825	1	825
	UI 1.14	PEFY-P15VMS1-E	Ceiling Concealed type Indoor Unit	825	1	825
	UI 1.15	PEFY-P15VMS1-E	Ceiling Concealed type Indoor Unit	825	1	825
	UI 2.17	PEFY-P20VMS1-E	Ceiling Concealed type Indoor Unit	833	1	833
Unidade exterior	VRF	PURY-P250YLM-A1	R410A R2 Series Outdoor Unit	8559	1	8559
Bomba de Calor	BC	PWFY-P100VM-E-BU	Air to Water Booster Unit Indoor Unit	4901	1	4901
		CMB-P108V-GA1	BC controller main	3756	1	3756
		CMB-P104V-GB1	BC controller sub	2060	1	2060
Controlo		AE-200E	Central controller	2645	1	2645
		PAR-32MAA	MA remote controller	125	9	1125
		PAR-W21MAA	MA remote controller	178	1	178
		CMY-R160-J1	Joint pipe	76	1	76
Total						30007

A Tabela I.2 descreve os custos de cada ventiloconvetor, Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor e resistência elétrica. Foi acrescentada 25% aos custos dos equipamentos, por forma a considerar os custos dos acessórios que são necessários incluir, bem como o controlo dos equipamentos.

Tabela I.2 – Designação dos equipamentos do sistema B e custos associados.

<i>Designação</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Preço Unitário [€/unidade]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço Total [€]</i>
Ventiloconvectores	VC.01	Carrier	42NMS15F	Unidades de teto	357,17	1	357,17
	VC.04	Carrier	42NMS26F	Unidades de teto	398,73	1	398,73
	VC.05	Carrier	42NMS15F	Unidades de teto	357,17	1	357,17
	VC.06	Carrier	42NMS26F	Unidades de teto	398,71	1	398,71
	VC.07	Carrier	42NMS26F	Unidades de teto	398,72	1	398,72
	VC1.10	Carrier	42NPS26F	Unidades de conduta	375,42	1	375,42
	VC1.14	Carrier	42NPS26F	Unidades de conduta	375,43	1	375,43
	VC1.15	Carrier	42NPS26F	Unidades de conduta	375,44	1	375,44
	VC2.17	Carrier	42NMS26F	Unidades de conduta	398,73	1	398,73
Unidade exterior	CH/BC com recuperação	Rohss	Compact-Y EXP SM	Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor	10000	1	10000
			-	Resistência elétrica		1	200
Total							13635,52
Preço Final (25 %)							17044,4

A Tabela I.3 descreve os custos de cada ventiloconvetor, Chiller/Bomba de Calor reversível. Foi acrescentada 25% aos custos dos equipamentos, por forma a considerar os custos dos acessórios que são necessários incluir, bem como o controlo dos equipamentos.

Tabela I.3 – Designação dos equipamentos do sistema C e custos associados.

<i>Designação</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Preço Unitário [€/unidade]</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço [€]</i>
Ventiloconvectores	VC.01	Carrier	42NMS15F	Unidades de teto	357,17	1	357,17
	VC.04	Carrier	42NMS26F	Unidades de teto	398,73	1	398,73
	VC.05	Carrier	42NMS15F	Unidades de teto	357,17	1	357,17
	VC.06	Carrier	42NMS26F	Unidades de teto	398,71	1	398,71
	VC.07	Carrier	42NMS26F	Unidades de teto	398,72	1	398,72
	VC1.10	Carrier	42NPS26F	Unidades de conduta	375,42	1	375,42
	VC1.14	Carrier	42NPS26F	Unidades de conduta	375,43	1	375,43
	VC1.15	Carrier	42NPS26F	Unidades de conduta	375,44	1	375,44
	VC2.17	Carrier	42NMS26F	Unidades de conduta	398,73	1	398,73
Unidade exterior	CH/BC reversível (sem recuperação)	Rohss	Compact-Y EXP SM	Chiller/Bomba de Calor reversível com recuperação de calor	6449,50	1	6449,5
Total							9885,02
Preço final (25%)							12356,275