



ESMAEL SOARES DIAS

**SISTEMAS TÉCNICOS DE AVAC  
E SOLAR TÉRMICO:  
INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E  
MANUTENÇÃO**

Projeto em Engenharia e Gestão de Energia  
do Mestrado em Engenharia e Gestão de  
Energia na Indústria e Edifícios

**ORIENTADOR**

Professor Paulo Fontes

**CO-ORIENTADOR**

Professor João Garcia

novembro de 2023



ESMAEL SOARES DIAS

**SISTEMAS TÉCNICOS DE AVAC  
E SOLAR TÉRMICO:  
INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E  
MANUTENÇÃO**

**JÚRI**

*Presidente: Professor João Francisco Fernandes,  
ESTSetúbal/IPS*

*Orientador: Professor Paulo Fontes,  
ESTSetúbal/IPS*

*Arguente: Professor Miguel Lança,  
ESTSetúbal/IPS*

dezembro de 2023

# Agradecimentos

Expresso o meu agradecimento a todos os que de alguma forma participaram no meu percurso académico e tornaram este trabalho possível, em especial, aos meus familiares, aos Professores Paulo Fontes e João Garcia, aos Engenheiros Telmo Fernandes e Nerysa Soares, aos Drs. José Carlos Freixinho e Miguel Ângelo Madeira Rodrigues e ao Sr. Rui Brito Técnico de Instalação e Manutenção de sistemas de AVAC.

# Resumo

É objeto deste trabalho, o desenvolvimento do tema “Instalação, Condução e Manutenção de sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico”, no âmbito do plano de estudo do curso de Mestrado em Engenharia e Gestão de Energia na Indústria e em Edifícios, unidade curricular Projeto em Engenharia e Gestão de Energia. Os principais objetivos, consistem na descrição detalhada de variáveis a levar em consideração no âmbito do desenvolvimento (projeto e execução) de sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico. Bem como formas de execução de trabalhos de Manutenção Preventiva e estratégias de Condução com vista à melhoria no desempenho.

Faz parte do desenvolvimento, um caso de estudo realizado no edifício do Centro Hospitalar Barreiro Montijo, onde é feita uma abordagem prática aos trabalhos de instalação, condução e manutenção de sistemas de AVAC e Solar Térmico.

Com o desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que atualmente, a execução de processos de Instalação de sistemas de AVAC e Solar Térmico em grandes edifícios de serviços, requer o cumprimento de regulamentação vigente, principalmente no que concerne à eficiência energética. As atividades de manutenção preventiva, são fundamentais quando se pretende efetivar a eficácia no funcionamento de sistemas técnicos. O processo de condução que comporta a atividade de monitorização por integração de sistemas técnicos, consiste em parametrização de sistemas que fornecem dados que permitem estudar e melhorar a eficiência dos mesmos.

**Palavras-chave:** Energia, AVAC, solar, instalação, condução, manutenção.

# Abstract

The object of this work is the development of the theme “Installation, Driving and Maintenance of technical HVAC and Solar Thermal systems”, within the scope of the study plan of the master’s course in Energy Engineering and Management in Industry and Buildings, curricular unit Project in Energy Engineering and Management. The main objectives consist of the detailed description of variables to be taken into consideration in the development (design and execution) of technical HVAC and Solar Thermal systems. As well as ways of carrying out Preventative Maintenance work and Driving strategies with a view to improving performance.

Part of the development is a case study carried out in the Centro Hospitalar Barreiro Montijo building, where a practical approach is taken to the installation, conduction and maintenance of HVAC and Solar Thermal systems.

With the development of this work, it is concluded that currently, the execution of HVAC and Solar Thermal systems installation processes in large service buildings requires compliance with current regulations, mainly about energy efficiency. Preventative maintenance activities are essential when you want to ensure the effectiveness of the functioning of technical systems. The conduction process that involves the monitoring activity through the integration of technical systems, consists of parameterizing systems that provide data that allow studying and improving their efficiency.

**Keywords:** Energy, HVAC, solar, installation, driving, maintenance.

# Índice

|                                                                   |             |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Agradecimentos .....</b>                                       | <b>i</b>    |
| <b>Resumo .....</b>                                               | <b>ii</b>   |
| <b>Abstract .....</b>                                             | <b>iii</b>  |
| <b>Índice.....</b>                                                | <b>iv</b>   |
| <b>Lista de Figuras.....</b>                                      | <b>vi</b>   |
| <b>Lista de Tabelas .....</b>                                     | <b>viii</b> |
| <b>Lista de Siglas e Acrónimos .....</b>                          | <b>ix</b>   |
| <b>Capítulo 1.....</b>                                            | <b>1</b>    |
| <b>Introdução.....</b>                                            | <b>1</b>    |
| <b>1.1. Enquadramento .....</b>                                   | <b>1</b>    |
| <b>1.2. Objetivos do Trabalho .....</b>                           | <b>2</b>    |
| <b>1.3. Estrutura do relatório.....</b>                           | <b>2</b>    |
| <b>Capítulo 2.....</b>                                            | <b>4</b>    |
| <b>Sistemas Técnicos de AVAC e Solar Térmico.....</b>             | <b>4</b>    |
| <b>2.1. Sistemas de AVAC .....</b>                                | <b>5</b>    |
| 2.1.1. <i>Sistemas tudo-ar .....</i>                              | <i>6</i>    |
| 2.1.2. <i>Sistemas ar-água.....</i>                               | <i>6</i>    |
| 2.1.3. <i>Sistemas totalmente a água.....</i>                     | <i>7</i>    |
| 2.1.4. <i>Sistemas de expansão direta .....</i>                   | <i>8</i>    |
| <b>2.2. Projeto de AVAC - Generalidades.....</b>                  | <b>8</b>    |
| 2.2.1. <i>Dados geográficos e climáticos .....</i>                | <i>9</i>    |
| 2.2.2. <i>Métodos de cálculos.....</i>                            | <i>9</i>    |
| <b>2.3. Sistemas Solar Térmico.....</b>                           | <b>9</b>    |
| <b>2.4. Projeto Solar Térmico - Generalidades .....</b>           | <b>12</b>   |
| <b>2.5. Condução de Instalações de AVAC e Solar Térmico .....</b> | <b>14</b>   |
| <b>Capítulo 3.....</b>                                            | <b>16</b>   |
| <b>Caso de Estudo .....</b>                                       | <b>16</b>   |
| <b>3.1. Caracterização do edifício em estudo .....</b>            | <b>16</b>   |
| <b>3.2. Sistemas técnicos do edifício .....</b>                   | <b>17</b>   |

|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1. <i>Instalação de AVAC</i> .....                                                               | 18        |
| 3.2.2. <i>Instalação Solar Térmico</i> .....                                                         | 36        |
| <b>3.3. Trabalhos de instalação</b> .....                                                            | <b>39</b> |
| <b>3.4. Gestão da manutenção das instalações de AVAC e Solar Térmico no edifício em estudo</b> ..... | <b>42</b> |
| <b>3.5. Condução do sistema técnico em estudo</b> .....                                              | <b>45</b> |
| 3.5.1. <i>Descrição do SGTC</i> .....                                                                | 46        |
| 3.5.2. <i>Detalhes de Funcionamento do SGTC</i> .....                                                | 47        |
| <b>Conclusões</b> .....                                                                              | <b>51</b> |
| <b>Bibliografia</b> .....                                                                            | <b>53</b> |
| <b>Anexos</b> .....                                                                                  | <b>1</b>  |
| <i>Anexo I - Preparação de AQ - Caldeiras</i> .....                                                  | 1         |
| <i>Anexo II - Preparação de AQS – Solar Térmico</i> .....                                            | 2         |
| <i>Anexo III - Central de Arrefecimento 1 e UTA e UTAN Agregados</i> .....                           | 3         |
| <i>Anexo IV - Central de Arrefecimento 5 e UTA e UTAN Agregados</i> .....                            | 4         |
| <i>Anexo V- Recomendações Técnicas da ACSS para AVAC de Bloco Operatório</i> .....                   | 5         |
| <i>Anexo VI- Listagem de filtros para UTAN do Bloco Operatório</i> .....                             | 6         |
| <i>Anexo VII- Verificação de pressão da água em válvula reguladora de fluxo (Caleffi)</i> .....      | 7         |
| <i>Anexo VIII- Gráfico de regulação de fluxo em válvulas estáticas de ½’’ (Caleffi)</i> .....        | 8         |
| <i>Anexo IX- Gráfico de regulação de fluxo em válvulas estáticas de ¾’’ (Caleffi)</i> .....          | 9         |

# Lista de Figuras

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2-1. Distribuição do consumo de energia em alojamentos por tipo de uso [5].                                              | 5  |
| Figura 2-2. Sistema de ventilação com insuflação e extração de ar [32].                                                         | 6  |
| Figura 2-3. Sistema ar-água [9].                                                                                                | 7  |
| Figura 2-4. Sistema totalmente água [10].                                                                                       | 7  |
| Figura 2-5. Sistema de expansão direta [11].                                                                                    | 8  |
| Figura 2-6. Exemplo de sistema solar térmico [17].                                                                              | 11 |
| Figura 2-7. Funcionamento de um sistema solar térmico [18].                                                                     | 12 |
| Figura 3-1. Localização do edifício em estudo (imagem Google Eart).                                                             | 16 |
| Figura 3-2 – Imagens da Central Térmica (Caldeiras e depósitos).                                                                | 18 |
| Figura 3-3- Imagem Central Térmica (termómetros, manómetros, fluxostatos, diferenciais de pressão, sondas de temperatura, etc). | 20 |
| Figura 3-4. Disposição das caldeiras no SGTC do Centro Hospitalar.                                                              | 22 |
| Figura 3-5. Central térmica de arrefecimento 5 (imagem SGTC).                                                                   | 25 |
| Figura 3-6. Recuperador de calor de fluxos cruzados [26].                                                                       | 28 |
| Figura 3-7. Recuperador rotativo [26].                                                                                          | 28 |
| Figura 3-8. Recuperador de calor por bateria [26].                                                                              | 29 |
| Figura 3-9. UTAN (imagem GTC).                                                                                                  | 30 |
| Figura 3-10. Tipologia de radiadores instalados no Centro Hospitalar [28].                                                      | 33 |
| Figura 3-11. Unidade ventiloconvector (imagem SGTC).                                                                            | 34 |
| Figura 3-12. Funcionamento de uma Unidade split [33].                                                                           | 35 |
| Figura 3-13- Instalação Solar Térmico do Centro Hospitalar.                                                                     | 36 |
| Figura 3-14- Produção de energia pelo sistema Solar Térmico (Imagem SGTC).                                                      | 37 |
| Figura 3-15. Disposição do sistema Solar Térmico (imagem SGTC).                                                                 | 38 |
| Figura 3-16. Depósito termoacumulador 1 do sistema técnico em estudo.                                                           | 41 |
| Figura 3-17- Trabalhos de regulação de válvulas de equilíbrio.                                                                  | 42 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3-18 – OT de uma manutenção preventiva.....                                                          | 44 |
| Figura 3-19- Painel de entrada no SGTC.....                                                                 | 46 |
| Figura 3-20. Monitorização da temperatura no piso 5 (imagem SGTC). ....                                     | 47 |
| Figura 3-21. Monitorização da produção de energia térmica pelo sistema<br>solar térmico (Imagem SGTC). .... | 48 |
| Figura 3-22. Dados de produção e energia térmica e consumo de energia<br>elétrica (imagem SGTC). ....       | 49 |
| Figura 3-23. Monitorização de consumo de gás natural pelas caldeiras<br>(imagem SGTC). ....                 | 49 |
| Figura 3-24. Monitorização da produção de energia térmica pelas<br>caldeiras (imagem do SGTC).....          | 50 |

# Lista de Tabelas

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1- Consumo diário de AQS para edifícios de comércio e serviços,.....           | 13 |
| Tabela 2 - Características dos equipamentos de produção de águas<br>aquecida .....    | 19 |
| Tabela 3- Características de equipamentos chiller e chiller/BC .....                  | 23 |
| Tabela 4 - comparação entre a potência nominal da central 1 e o<br>somatório da ..... | 24 |
| Tabela 5 - comparação entre a potência nominal da central 5 e o<br>somatório da ..... | 24 |

# Lista de Siglas e Acrónimos

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

ADENE – Agência para a Energia

AQ – Água Quente

AQS – Água Quente Sanitária

BC – Bomba de Calor

CE – Caderno de Encargos

COP – Coeficiente de Desempenho

DC – Dissipador

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EER – Índice de Eficiência de Energia

GES – Grande Edifício de Comércio e Serviços

GT – Gestão Técnica

GTC – Gestão Técnica Centralizada

LER – Lista Europeia de Resíduos

OT – Ordens de Trabalho

PDCA – Planear, Executar, Verificar e Atuar

PO SEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos

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

SACE – Sistema de Automação e Controlo dos Edifícios

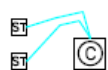
SIE – Serviço de Instalações e Equipamentos

SP – Setpoint

VC – Ventiloinvetor

VRV – Volume de Refrigerante Variável

# Lista de Símbolos



- Contador de Entalpia



- Eletrobomba (Bomba Circuladora)



- Filtro



- Junta Antivibrática



- Manómetro



- Pressostato Diferencial



- Purgador



- Separador de Ar



- Sensor de Fluxo



- Sensor de Temperatura



- Termómetro



- Vazo de Expansão



-Válvula de Macho Esférico



- Válvula de 2 Vias Motorizada



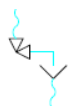
- Válvula de 3 Vias Motorizada



- Válvula de Regulação Estática



- Válvula de Retenção



- Válvula de Segurança



- Válvula Reguladora de Caudal

# Capítulo 1

## Introdução

O presente trabalho final de mestrado sob a forma de relatório de Projeto em Engenharia e Gestão de Energia, visa a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão de Energia na Indústria e em Edifícios. Pretende-se neste capítulo, fazer uma breve introdução ao tema em desenvolvimento e abordar a estruturação deste relatório.

### 1.1. Enquadramento

O processo de instalação de um sistema técnico de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e/ou Solar Térmico, exige a existência de um estudo prévio sob forma de um projeto. É fundamental na fase de projeto, a partir da localização geográfica do edifício e da respetiva tipologia, definir as características dos equipamentos a instalar, os parâmetros de conforto a suprir, dentre outros requisitos importantes que serão abordados no desenvolvimento deste trabalho.

Os trabalhos de manutenção são indispensáveis em sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico. Pela diversificação de equipamentos existentes numa instalação AVAC e pela complexidade de uma instalação Solar Térmico de um Grande Edifício de Comércio e Serviços (GES) moderno, justificam-se as exigências impostas por entidades como a ADENE e DGEG quanto à certificação de técnicos responsáveis pela monitorização de sistemas técnicos e pela execução de tarefas de manutenção.

Analisando a situação energética atual de Portugal, constata-se que este está entre os países da União Europeia mais afetados pela pobreza energética [1]. A preocupação em garantir a sustentabilidade energética, com metas ambiciosas definidas para o desenvolvimento de um sistema energético sustentável, concorrencial, competitivo, eficiente, seguro e descarbonizado até 2050, faz da ação de condução um forte aliado das instalações técnicas [2]. “Conduzir” um sistema técnico e implementar sistemas de monitorização em tempo real de uma panóplia de parâmetros ligados ao consumo energético, permite a obtenção de dados que favorecem a planificação de intervenções com vista à melhoria no desempenho energético. A ação de condução por um sistema de Gestão Técnica (GT) ou Gestão Técnica Centralizada (GTC), quando combinada com a monitorização de técnicos especializados e capazes de fazer análises críticas aos dados fornecidos, traduz-se na possibilidade de identificação de pontos de maior consumo energético.

A sinergia no funcionamento de sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico, no domínio

da produção de energia térmica, tem contribuído para a garantia de conforto e aumento da eficiência energética em GES. Considera-se importante o desenvolvimento deste trabalho que explana os “Sistemas Técnicos de AVAC e Solar Térmico” e considera-se absolutamente necessário que trabalhos neste âmbito continuem a ser desenvolvidos.

## **1.2. Objetivos do Trabalho**

Definiu-se como principais objetivos deste trabalho, o desenvolvimento e a abordagem às técnicas de instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico.

Para atingir esses fins, há a necessidade de responder a um conjunto de objetivos mais específicos, e são eles:

- 1) Descrição de variáveis a levar em consideração na elaboração de um projeto AVAC, nomeadamente instalação de Unidades de Tratamento de Ar (UTA) e Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN), equipamentos chiller, caldeiras, ventiloconvectores (VC) e equipamentos de ar condicionado split;
- 2) Descrição de variáveis a levar em consideração na elaboração de um projeto Solar Térmico e a sua execução;
- 3) Enumeração de estratégias a adotar na realização de trabalhos de manutenção preventiva em instalações técnicas de AVAC e Solar Térmico;
- 4) Dedução de formas de condução de instalações de AVAC e Solar Térmico, com vista à melhoria no desempenho energético de GES.
- 5) Estudo de um sistema técnico no âmbito da instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico.

## **1.3. Estrutura do relatório**

A estrutura definida para a elaboração do presente relatório, consiste no desenvolvimento de cinco capítulos, incluindo o capítulo de introdução, um capítulo final de conclusões, e ainda anexos.

O primeiro e presente capítulo apresenta um enquadramento sobre o tema a desenvolver, os objetivos a atingir e a estruturação do presente relatório.

No capítulo 2 faz-se uma abordagem geral aos sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico. Isto é, tipos de sistemas de AVAC, metodologias de dimensionamento de sistemas de

AVAC, caracterização de um sistema Solar Térmico, descrição do funcionamento de um painel Solar Térmico e generalidades de um projeto Solar Térmico.

O capítulo 3, surge como a parte fundamental deste trabalho, pois, é apresentado um estudo a um sistema técnico no âmbito da instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico. Neste é feito uma apresentação do edifício sobre o qual se desenvolveu o estudo, caracteriza-se de forma detalhada, os sistemas de produção térmica, formas de transporte e transferência da energia térmica no âmbito de instalações de AVAC e descreve-se o sistema Solar Térmico instalado.

Por fim, no Capítulo 4, apresentam-se as conclusões sobre o tema desenvolvido e em anexo apresentam-se informações que complementam o trabalho.

# Capítulo 2

## Sistemas Técnicos de AVAC e Solar Térmico

A engenharia de energia, é um ramo da engenharia com uma ampla área de atuação, nomeadamente no âmbito da geração, conservação, distribuição e utilização de formas de energia. Nas vertentes de AVAC e Solar Térmico, pela sinergia entre vários recursos, é possível gerir e orientar a energia até a fase de utilização por meio de fluidos térmicos.

A ventilação, o aquecimento e a refrigeração de GES constituem uma grande fonte de procura de energia na Europa. Estima-se, que a principal fonte de energia utilizada no setor dos edifícios é o gás natural, que representa cerca de 36% dos consumos, seguida da eletricidade com 32% [3].

Em Portugal, as estimativas rápidas do consumo energético apontaram que o consumo de eletricidade e de gás natural no setor doméstico, em 2020, tenha registado um aumento de 7,1 % e de 14,6 % respetivamente face ao período homólogo de 2019 [4]. Este aumento muito significativo no consumo de energia nos alojamentos, conjugado com fenómenos climáticos extremos e adversos que contribuem para aumentar ainda mais o consumo de energia, pela necessidade de assegurar maior conforto térmico na habitação, representou um agravamento da despesa das famílias com a energia, afetando particularmente as famílias economicamente mais vulneráveis ou em situação de pobreza.

No que diz respeito ao consumo de energia por tipo de utilização, e de acordo com os resultados preliminares do Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico, verifica-se na Figura 2-1, que foi na cozinha que se verificou a maior parte do consumo global (34,8 %), seguido do **aquecimento de águas com 22,0 %**, dos equipamentos elétricos (21,4 %) e do **consumo de energia para o aquecimento do ambiente com 19,1 %** do consumo total de energia [5].

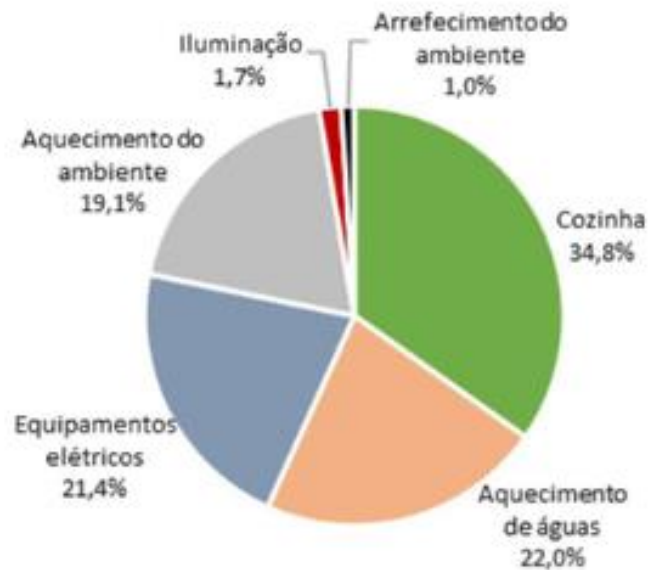


Figura 2-1. Distribuição do consumo de energia em alojamentos por tipo de uso [5].

## 2.1. Sistemas de AVAC

A sigla AVAC, é proveniente do termo em inglês Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC). Este é categorizado pelo método usado para produzir, fornecer e controlar o **aquecimento, a ventilação e o ar condicionado** numa determinada área condicionada [6].

Um sistema de AVAC é projetado para satisfazer os requisitos ambientais de conforto ou de um processo, em um edifício específico ou em parte deste em um determinado local geográfico [7].

Os sistemas de AVAC recebem amplas classificações, isto é, com base no meio usado para transferir o calor dentro do sistema. Existem muitas variações e combinações nos sistemas de AVAC. É importante entender o esquema básico de classificação destes.

Os tipos básicos de sistema são:

- Tudo-ar;
- Ar-água;
- Totalmente a água;
- Expansão direta.

### 2.1.1. Sistemas tudo-ar

Os sistemas tudo-ar, executam todos os processos de condicionamento do ar. Os processos são de arrefecimento e desumidificação, aquecimento e humedificação, juntamente com o tratamento e distribuição do ar (ventilação). O condicionamento do ar geralmente é feito em equipamentos de estações centrais localizadas remotamente do espaço. Um sistema tudo-ar fornece apenas ar condicionado ao espaço [8].

Conforme apresentado na Figura 2-2, o ar depois de tratado é distribuído até aos locais a ventilar e/ou climatizar, onde será insuflado por acessórios terminais.

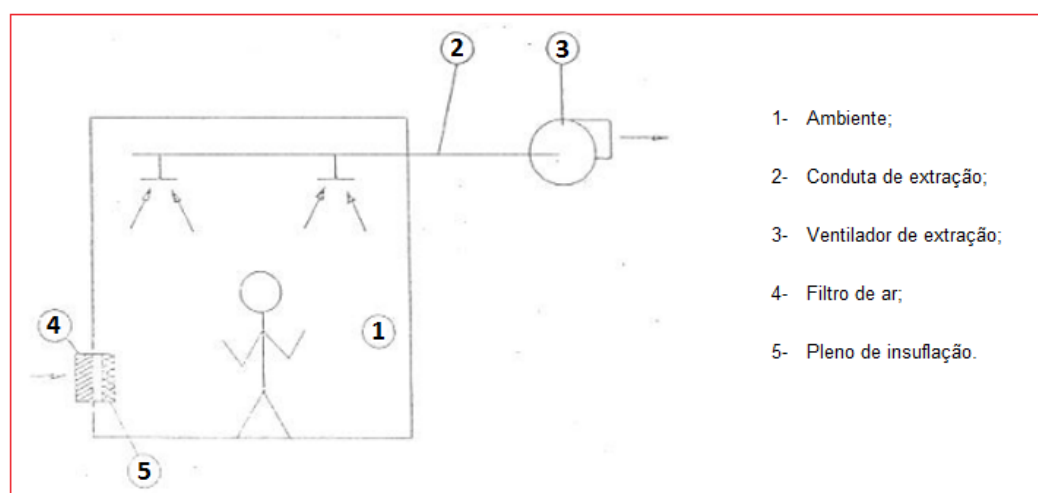


Figura 2-2. Sistema de ventilação com insuflação e extração de ar [32].

Os equipamentos de tipologia tudo-ar normalmente instalados em GES são Roof-Tops UTA e UTAN, ventiladores, cortinas de ar e recuperadores de calor.

### 2.1.2. Sistemas ar-água

Os sistemas ar-água, usam ar e água para os efeitos de arrefecimento e aquecimento. O condicionamento do ar e da água é feito em um equipamento central remoto, para posterior distribuição em unidades terminais no espaço a satisfazer as cargas de arrefecimento e aquecimento ambiente e os requisitos de ventilação. A distribuição de água refrigerada e aquecida, é normalmente feita a partir de 2 ou 4 tubos, que definem assim, a comutação, conforme as características do equipamento terminal.

Dos sistemas ar-água, conforme a Figura 2-3, destacam-se em GES as unidades ventiloconvectoras, terminais de rea aquecimento por indução e unidades de tratamento de ar e unidades de tratamento de ar novo (UTA e UTAN).

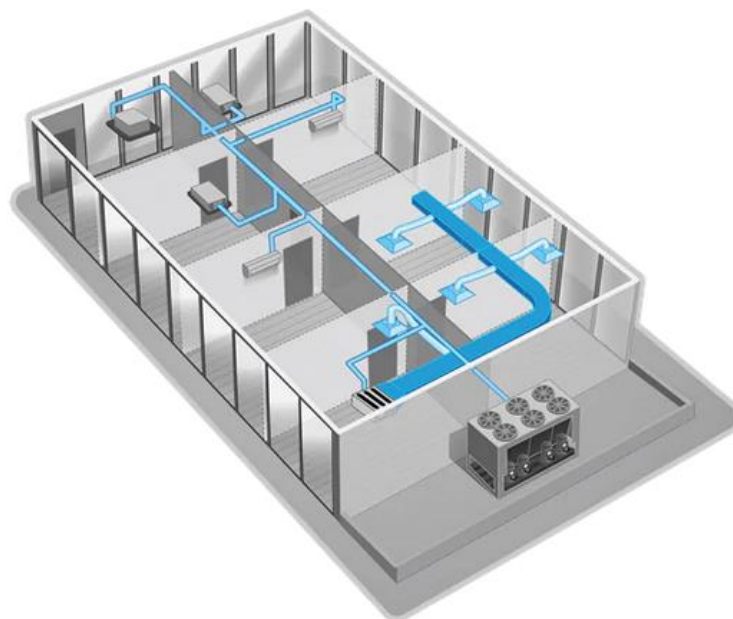


Figura 2-3. Sistema ar-água [9].

### 2.1.3. Sistemas totalmente a água

Os sistemas totalmente a água, usam água aquecida ou refrigerada que circula por uma unidade terminal situado no espaço condicionado. A unidade terminal, conforme as suas características e tipologia da instalação, poderá suprir as necessidades de aquecimento, arrefecimento e desumidificação. Num sistema totalmente a água, o ar externo para ventilação é introduzido por infiltração através de janelas e portas ou através de entradas específicas para o efeito, localizadas próximas da unidade terminal.

Em GES, relativamente aos sistemas totalmente a água, de acordo com a Figura 2-4, destacam-se radiadores utilizados para efeitos de aquecimento ambiente.

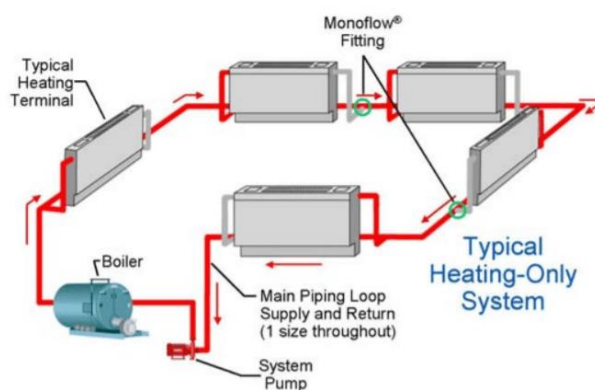


Figura 2-4. Sistema totalmente a água [10].

#### 2.1.4. Sistemas de expansão direta

Os sistemas de expansão-direta ou sistemas integrados são semelhantes aos sistemas tudo-ar, no entanto, é utilizado um fluido designado por fluido frigorigéneo para efetuar o aquecimento e ou arrefecimento do local a climatizar. Nestes sistemas existem aparelhos localizados no espaço condicionado e ainda da mesma forma que nos sistemas tudo-ar, a distribuição do ar poderá ser feita por meio de condutas e acessórios terminais como grelhas e difusores [9].

Conforme exemplificado na Figura 2-5, os equipamentos pertencentes a sistemas de expansão direta normalmente instalados em GES para suprir as necessidades de aquecimento e arrefecimento, são split, multi-split, VRV, UTA e UTAN.

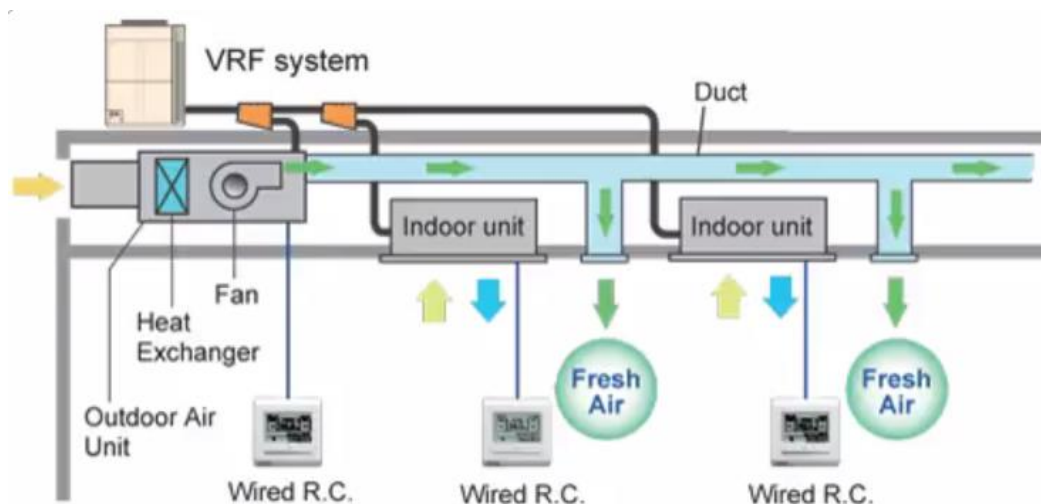


Figura 2-5. Sistema de expansão direta [11].

## 2.2. Projeto de AVAC - Generalidades

Atualmente, um projetista deste ramo deve entender muito além do projeto básico do sistema AVAC e do clima externo. Este deve também entender o processo ou os requisitos normativos para assegurar as condições de conforto, saúde e bem-estar dos ocupantes e promover a eficiência energética do edifício em projeto.

No âmbito do projeto AVAC, em Portugal, este visa sempre que possível, o cumprimento de requisitos mínimos da legislação de conforto térmico e de desempenho energético em vigor, em particular no que diz respeito ao Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, que estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios [2].

Como exetável, as soluções a projetar, isto é, sistemas de climatização, ventilação e tratamento de ar, devem ser capazes de promover as condições técnicas, o conforto térmico

aos utilizadores e responder de forma adequada às orientações dos requisitos mínimos da legislação em vigor.

### *2.2.1. Dados geográficos e climáticos*

Como era de se esperar, a primeira etapa de um projeto AVAC baseia-se no estudo de dados geográficos (altitude, longitude e latitude) e climáticos (zonas de inverno e verão, graus dia e temperaturas médias nas estações de arrefecimento e aquecimento). O conhecimento de condições climáticas na localização do edifício em projeto, torna-se fundamental no que concerne à seleção de métodos de cálculos a considerar e na definição de tipologia de equipamentos a instalar.

### *2.2.2. Métodos de cálculos*

#### **a) Norma de Conforto prEN15251**

Trata-se de uma norma europeia direcionada aos temas “qualidade do ar, conforto térmico, iluminação e acústica”. Nesta podem ser consultados parâmetros de avaliação de edifícios quanto ao seu desempenho no âmbito dos parâmetros de conforto. A norma de conforto prEN15251, destaca as categorias de avaliação de edifícios, referente à insuflação de ar de forma mecânica. O fluxo pode ser determinado de acordo com o número de ocupantes e a área do edifício em projeto [13].

#### **b) Norma ANSI/ASHRAE Standard 62-2001**

Trata-se de uma norma americana, e assim como a norma anterior, dispõe de tabelas com valores a considerar no cálculo de caudais de insuflação e extração mecânica consoante a tipologia do edifício em projeto [14].

#### **c) SCE – Portaria 138-I/2021**

O caudal mínimo de ar novo a que os espaços de edifícios de comércio e serviços estão sujeitos, corresponde ao valor máximo obtido através da comparação de critérios (ocupação/edifício) determinados por métodos (analítico/prescritivo) de cálculos previstos no Manual SCE nos termos do n.º 4 do artigo [15].

## **2.3. Sistemas Solar Térmico**

Num sistema Solar Térmico, por meio de painéis/coletores solares é feito a captação da radiação solar e conversão desta em energia térmica que é transferida para um fluido, nomeadamente água, mistura de água e glicol ou óleo (para temperaturas elevadas).

A captação de energia solar para conversão em energia térmica tem como objetivo reduzir o consumo de gás e eletricidade de origem de fontes fósseis. Assim, este tipo de energia é classificado como “renovável”. Este sistema de transformação de energia é utilizado para produção de energia térmica, com o objetivo de melhorar a eficiência energética de edifícios. Os coletores solares térmicos são normalmente aplicados para produção de águas quentes sanitárias (AQS), aquecimento central, produção de água aquecida para aplicação em processos industriais e aquecimento de piscinas.

A tecnologia de aquecimento solar é extremamente flexível, visto que tem a sua aplicação em edifícios de habitação a GES. Dependendo da tipologia de aplicação, um sistema Solar Térmico é capaz de gerar valores de potência na ordem de megawatt (MW). A aplicação comum varia para o aquecimento da água entre 40°C e 70°C.

A produção de energia limpa é a principal evidência de um sistema Solar Térmico, entretanto destacam-se ainda as seguintes vantagens:

- Custo de produção de água quente inferior quando comparado com sistemas de geração de calor por meio de caldeiras;
- É facilmente integrável com outras fontes de energia, que utilizam para o aquecimento da água, sistemas convencionais baseados em combustíveis fósseis, o que o torna um fator positivo para renovação de edifícios;
- A radiação captada provém de uma fonte infinita de energia que não produz CO<sub>2</sub>;
- Solução tecnológica económica e predominante na produção de energia térmica;
- Tendo em conta a situação energética atual, denota-se o autoconsumo e a independência energética de edifícios que utilizam este sistema.

Espera-se que as soluções de aquecimento renovável apresentem um papel de destaque para alcançar uma UE descarbonizada em 2050 [16].

É apresentado na Figura 2-6, o exemplo de uma instalação Solar Térmico, formada por todos os elementos necessário para o seu bom funcionamento. Isto é, coletores responsáveis pela captação da radiação solar e transferência de energia para a água, depósito termoacumulador para a permuta e acumulação de energia, sistema de controlo de funcionamento do circuito primário e da respetiva circulação da água no mesmo, vaso de expansão destinado a compensar o aumento do volume da água provocado pela subida da temperatura e a respetiva válvula de segurança, sistema de enchimento formado por filtro e válvulas de regulação e segurança, válvula 3 vias e sistema de monitorização e controlo da

água disponibilizada para o consumo, ponto de consumo de AQS e tubagem responsável pela circulação da água na instalação.

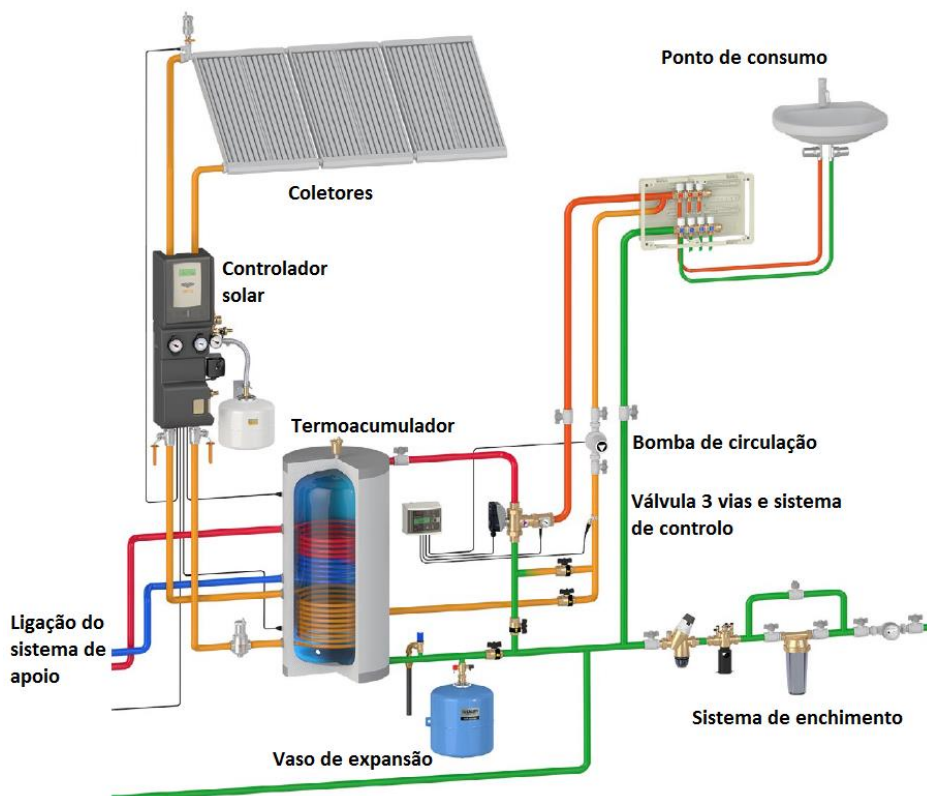


Figura 2-6. Exemplo de sistema solar térmico [17].

O funcionamento de um coletor solar térmico baseia-se no princípio de transformar a energia da radiação solar, que incide no coletor, em energia térmica. Juntamente com o reservatório térmico, compõem o sistema de geração de energia solar térmica.

Os coletores solares térmicos são relativamente simples, formados por uma estrutura externa, normalmente em alumínio e uma placa que absorve a radiação solar. Geralmente, a cobertura é em vidro, o que permite a passagem dos raios solares e reduz a perda de calor. O interior é formado por uma placa de captação ligada a tubos de cobre ou de aço inox.

No processo de aquecimento, pela circulação (normalmente forçada em grandes instalações/GES) na tubagem interior do coletor solar, o fluido aquecido, por estratificação é impulsionado para o ponto mais alto do sistema, que será encaminhado para reservatório térmico. O fluido de retorno ou de reposição, que geralmente encontra-se a temperatura inferior, é enviado para ponto inferior do coletor. Assim, o fluido a aquecer passa pela tubulação do coletor, é aquecido e devolvido ao reservatório térmico. Por último, é distribuído pela instalação de consumo, que poderá ser residencial, comercial ou industrial.

A transferência de energia dá-se pelos processos de condução e convecção, isto é, a radiação absorvida pela placa é transmitida ao fluido que circula na tubagem interior do coletor.

A circulação do fluido aquecido, proporciona o transporte de calor até ao reservatório de armazenamento e/o transferência de energia.

Como forma de exemplo, é ilustrado na Figura 2-7, o princípio de funcionamento de um sistema Solar Térmico de AQS, nesta é possível verificar que a água fria que entra no depósito e/ou proveniente do retorno, após o aquecimento no coletor estende-se para a parte superior deste e é conduzido até o depósito de armazenamento para a preparação de AQS e posterior consumo.

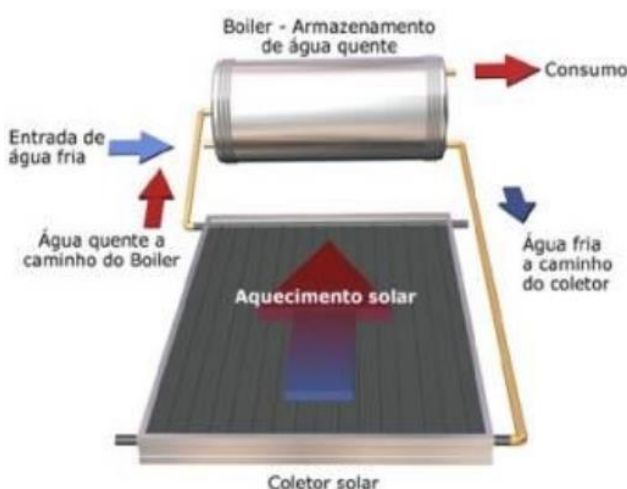


Figura 2-7. Funcionamento de um sistema solar térmico [18].

## 2.4. Projeto Solar Térmico - Generalidades

No que ao projeto solar térmico diz respeito, deve-se observar a localização e a orientação do edifício em estudo, por forma a identificar a melhor forma de dimensionamento do sistema para a produção energética e alinhar a solução ao orçamento disponível. Devido à radiação solar disponível variar de acordo com a localização, o caso de Portugal, que está no hemisfério norte, a maior incidência solar estará voltada para região sul [18].

Nos termos do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e dos respetivos requisitos definidos na Portaria nº 349-D/2013 de 2 de dezembro, com as alterações resultantes da Portaria nº 17-A/2016 de 4 de fevereiro de 2016, Artigo 8º, independentemente do tipo de sistema a instalar para a preparação de AQS, este deve incluir obrigatoriamente soluções para o aproveitamento de energia solar térmica, sempre que exista área de cobertura disponível.

Nestes termos, além de conferir os parâmetros climáticos, deve-se verificar se a área disponível na cobertura do edifício em projeto, é ou não compatível com as necessidades de implantação de um sistema de painéis solares para o aquecimento de AQS.

Assim, nos termos da legislação aplicável anteriormente citada, as necessidades de energia para preparação das AQS, são estimadas, pela Equação 1 a seguir apresentada [29]:

$$Q_a = \frac{(C_{aqs} \cdot 4,187 \cdot \Delta T)}{3600} \quad [\text{kWh/ano}]$$

Equação 1 - Necessidades de energia para preparação de AQS [29]

Onde:

- $Q_a$  - Energia Global necessária para a preparação de AQS, [kWh/ano];
- $C_{aqs}$  - Consumo Anual de AQS, (l/ano);
- $\Delta T$  - Aumento de temperatura necessário à preparação de AQS [°C].

Relativamente à parcela de consumo anual de AQS ( $C_{aqs}$ ), o regulamento Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação, Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho estima os seguintes valores, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Consumo diário de AQS para edifícios de comércio e serviços, conforme previsto na Norma EN 12831 -3

| Tipo de utilização                                               | Consumo de AQS (¹) | Variável                 |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Cuidados de saúde sem dormida . . . . .                          | 10                 | Litros/cama              |
| Cuidados de saúde com dormida e sem lavandaria . . . . .         | 56                 |                          |
| Cuidados de saúde com dormida e com lavandaria . . . . .         | 88                 |                          |
| Escolas . . . . .                                                | (¹)                |                          |
| Escritórios . . . . .                                            |                    |                          |
| Teatros e anfiteatros . . . . .                                  |                    |                          |
| Lojas . . . . .                                                  |                    |                          |
| Serviço de refeições tradicional, 2 refeições por dia . . . . .  | 21                 | Litros/(pessoa.refeição) |
| Serviço de refeições self-service, 2 refeições por dia . . . . . | 8                  |                          |
| Serviço de refeições tradicional, 1 refeição por dia . . . . .   | 10                 |                          |
| Serviço de refeições self-service, 1 refeição por dia . . . . .  | 4                  |                          |
| Hotéis 1 estrela, sem lavandaria . . . . .                       | 56                 | Litros/cama              |
| Hotéis 1 estrela, com lavandaria . . . . .                       | 70                 |                          |
| Hotéis 2 estrelas, sem lavandaria . . . . .                      | 76                 |                          |
| Hotéis 2 estrelas, com lavandaria . . . . .                      | 90                 |                          |
| Hotéis 3 estrelas, sem lavandaria . . . . .                      | 97                 |                          |
| Hotéis 3 estrelas, com lavandaria . . . . .                      | 111                |                          |
| Hotéis 4 estrelas ou superior, sem lavandaria . . . . .          | 118                |                          |
| Hotéis 4 estrelas ou superior, com lavandaria . . . . .          | 132                |                          |
| Outros edifícios com dormida . . . . .                           | 28                 | Litros/chuveiro          |
| Recintos desportivos . . . . .                                   | 101                |                          |

(¹) Sem consumo de AQS, podendo ser usados valores de outras tipologias de utilização caso estejam previstas.

## 2.5. Condução de Instalações de AVAC e Solar Térmico

A indústria de automação encontra-se em constante evolução, apresentando um papel preponderante no apoio aos trabalhos de condução de sistemas técnicos. Um sistema de condução ou gestão, deve permitir ao técnico responsável por um determinado sistema técnico, realizar remotamente, inúmeras funções básicas de controle.

Relativamente às instalações de AVAC, o sistema deverá permitir realizar, pelo menos, as seguintes funções básicas de condução [20]:

- Ligar, desligar e variar a velocidade/frequência de motores dos ventiladores de UTA e UTAN;
- Alterar Setpoint (SP) de funcionamento de equipamentos, nomeadamente temperaturas de funcionamento e fluxos de insuflação e extração;
- Acionar automaticamente os sistemas de emergência devido à segurança em situações de grandes flutuações nos valores de temperatura ou pressão, deteção de fumaça e alarmes de incêndio;
- Em UTA e UTAN, posicionar os dampers das secções de admissão e mistura de ar, de forma a minimizar a utilização de energia térmica e melhorar a eficiência energética do equipamento;
- Programar o período de funcionamento dos equipamentos, conforme o período de ocupação;
- Consultar parâmetros como temperatura, pressão, fluxo, etc.

Por outro lado, a integração de um sistema de energia Solar Térmico, confere a possibilidade de gerir os seguintes parâmetros [16]:

- Temperatura a partir da qual o sistema entra em funcionamento;
- Produção energética mediante a captação solar;
- Temperatura de dissipação;
- Temperatura do ciclo de aquecimento (ida e retorno).

Importa referenciar que a condução por meio de um Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) só é possível pela instalação e interligação de dispositivos de monitorização, que de forma constante fazem a monitorização de parâmetros de funcionamento de um sistema técnico. Cabe à central, a partir do controle de funcionamento de válvulas, dampers, variadores de velocidade e demais acessórios, manter os parâmetros de

funcionamento de sistemas técnicos conforme a programação do técnico responsável pela condução da instalação e conforme as configurações iniciais definidas.

Quanto ao Técnico Responsável pela Instalação e Manutenção (TRM) de sistemas técnicos, cabe a contribuição para a melhoria contínua no funcionamento destes e redução no consumo energético através de implementação de ações preventivas. Além de seguir as disposições constantes no Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, cabe ainda ao TRM cumprir as seguintes funções na condução de um sistema técnico:

- a) Identificar anomalias que comprometem o normal funcionamento do sistema;
- b) Desenvolver ações preventivas e/ou corretivas para solucionar as anomalias detetadas;
- c) Avaliar a eficácia das ações realizadas;
- d) Analisar as causas do mau funcionamento do sistema e implementar ações para as eliminar;
- e) Promover a utilização racional da energia em sistemas técnicos.

# Capítulo 3

## Caso de Estudo

Neste capítulo, pretende-se estudar o Edifício do Hospital Nossa Senhora do Rosário do Centro Hospitalar Barreiro Montijo (CHBM), no âmbito das atividades de instalação, condução e manutenção das instalações de AVAC e Solar Térmico, executados no âmbito do projeto de eficiência energética, Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR) 2020.

### 3.1. Caracterização do edifício em estudo

Apresentado na Figura 3-1, o edifício em estudo situa-se na Avenida Movimento das Forças Armadas 123, 2830-046 Barreiro, na freguesia do Alto do Seixalinho, Santo André e Verderena. Este encontra-se em ambiente urbano, rodeado por edifícios com alturas semelhantes e é caracterizado pelas seguintes referências climáticas e geográficas:

- Zona Climática: I1-V3;
- Temperatura média da estação de aquecimento: 10,8°C
- Latitude: 38,654° N;
- Longitude: 9,059° W;
- Altitude: 37 m.

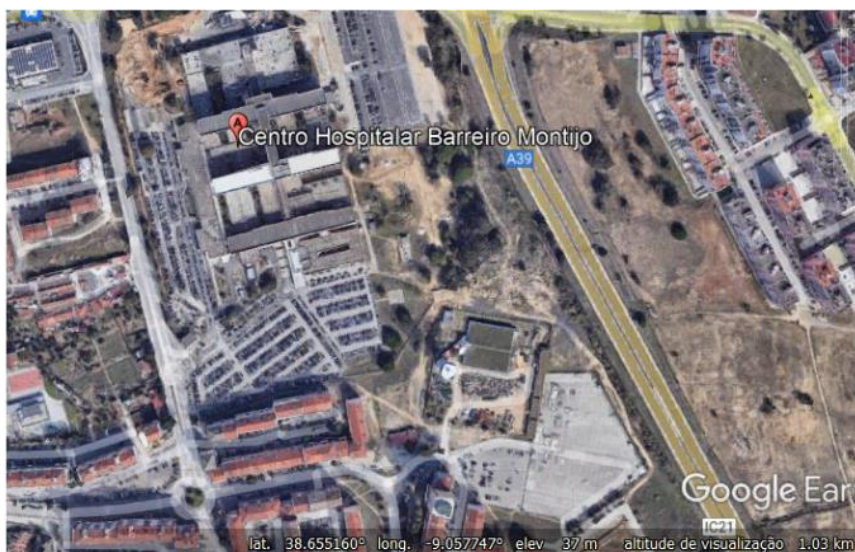


Figura 3-1. Localização do edifício em estudo (imagem Google Eart).

O Hospital Nossa Senhora do Rosário é um edifício que apresenta uma área útil de 41.962 m<sup>2</sup>, enquadra-se na tipologia de GES, é caracterizado pela tipologia de Centro Hospitalar com internamento e é formado por 8 pisos que se dividem nos seguintes serviços:

- 1) Piso 0
  - Radioterapia;
  - Casa Mortuária;
- 2) Piso 1
  - Bloco Operatório;
  - Bloco de Partos;
  - UCI;
  - Urgência Geral;
  - Gabinetes de exames e consultas externas;
  - Cozinha e refeitório;
- 3) Piso Técnico
  - Zona técnica de equipamentos de AVAC e demais instalações (elétricas, hidráulicas, gases medicinais).
- 4) Pisos 2, 3, 4 e 5
  - Enfermarias;
  - Gabinetes Médicos.
- 5) Piso 6
  - Zona técnica de equipamentos de AVAC.

Além dos serviços principais, é de referir que na maioria dos pisos observam-se zonas de circulação, salas de espera, instalações sanitárias, gabinetes de consultas e administrativos, etc.

### **3.2. Sistemas técnicos do edifício**

São diversos os sistemas que caracterizam as instalações técnicas do edifício Centro Hospitalar, entretanto neste trabalho serão apenas apresentados os sistemas relacionados com as instalações de AVAC e Solar Térmico.

### 3.2.1. Instalação de AVAC

O tratamento térmico de vários espaços, é do tipo centralizado formado por unidades individuais de permuta, constituído por equipamentos chiller, split e VRV. A admissão de ar novo nos espaços é realizada por UTA e UTAN, estas apresentam diferentes formas de recuperação de energia térmica. A distribuição dos fluidos (água e freon) nos equipamentos de AVAC, dá-se em tubos termicamente isolados. No caso da água, existem bombas de caudal variável e constante que apoiam na distribuição. Nos espaços a difusão é efetuada por difusores e por VC.

#### 3.2.1.1. Produção Térmica

A produção de energia térmica (água quente e refrigerada) é assegurada pelos seguintes equipamentos:

##### 1) Caldeira

Na central térmica, a produção de AQ e AQS é atualmente realizada por caldeiras de condensação. A água por estas aquecida, fornece energia térmica diretamente aos equipamentos de aquecimento. No caso de AQS, a sua produção é efetuada em depósitos de acumulação pela permuta com a água aquecida pelas caldeiras.

A central térmica, localizada na área técnica do piso 1 do Centro Hospitalar e representada na Figura 3-2, é constituída pelos seguintes elementos principais:

- a) Três Caldeiras de condensação a gás natural;
- b) Monocoletor de produção e distribuição;
- c) Coletores de retorno de AVAC, aquecimento central e AQS;
- d) Seis depósitos de produção de AQS;
- e) Eletrobombas simples montadas no circuito secundário (consumo);
- f) Eletrobombas de cabeça dupla montadas no circuito primário (produção).



Figura 3-2 – Imagens da Central Térmica (Caldeiras e depósitos).

As três caldeiras, cujas características são apresentadas na Tabela 2, têm um rendimento aproximado de 99%, baseado no PCI do combustível gás natural. Foram instaladas recentemente e vieram substituir as caldeiras a vapor que apresentavam rendimento na ordem dos 75%.

Tabela 2 - Características dos equipamentos de produção de água aquecida

| Equipamento | Qtd | Permuta Exterior | Pot. (kW) | Eficiência PCI (%) |
|-------------|-----|------------------|-----------|--------------------|
| Caldeira    | 3   | água             | 1725      | 99                 |

As três caldeiras têm na sua constituição queimadores integrados, possibilitando o funcionamento em cascata com uma caldeira de reserva e possuem controladores eletrónicos que oferecem a possibilidade de ligação ao SGTC. Sendo caldeiras de condensação, possuem economizadores para o aproveitamento do calor dos gases antes da saída para a chaminé.

A circulação de água aquecida pelas caldeiras, ocorre através de eletrobombas de alta eficiência, ligadas ao monocoletor e controladas pelo SGTC.

Quanto à instalação, verifica-se o cumprimento dos requisitos da portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho, relativamente à regulação da temperatura e isolamento térmico das redes de transporte de energia térmica, cujo a condutibilidade térmica e espessura são conforme recomendações da referida portaria. Evitando assim, perdas térmicas consideráveis.

A disposição de equipamentos de campo, conforme apresentado na Figura 3-3, permite a monitorização de parâmetros como a temperatura, entalpia e consumo energético.



Figura 3-3- Imagem Central Térmica (termómetros, manómetros, fluxostatos, diferenciais de pressão, sondas de temperatura, etc).

Por outro lado, em pouco tempo de serviço, registaram-se avarias em eletrobombas, provocadas pela montagem em série destas entre as redes primária (produção) e secundária (retorno). Este problema foi solucionado através do ajuste no caudal de funcionamento das eletrobombas de caudal variável.

Relativamente ao funcionamento, verificam-se contrariedades ao nível do dimensionamento da instalação, pois esta tem sido ineficaz na preparação de AQS.

Aplicando a Equação 1 do segundo capítulo referente à necessidade de energia para preparação de AQS, verifica-se que a potência de 1.725 kW do sistema de apoio (caldeiras) deveria suprir as necessidades de produção. Recorrendo à Tabela 1 do mesmo capítulo, tratando-se de um GES de cuidados de saúde com dormida e sem lavandaria, considerou-se um consumo ( $Ca_{qs}$ ) de 56 litros por cama. Do relatório do plano de eficiência eco ap 2030 do Centro Hospitalar, constatou-se que no ano de 2019, o Centro Hospitalar praticou uma lotação média de 388 camas, acrescida de 25 berços, pelo que se considerou uma lotação máxima de 413 camas [23]. Dados levantados na central térmica demonstram que na rede de AQS, a média de temperatura de ida é de 65°C e retorno 45°C, logo o  $\Delta T$  é de 20°C:

$$Q_a = \frac{[(56 \times 413) \times 4,187 \times (65 - 45)]}{3600} \Leftrightarrow Q_a = 538 \text{ kW}$$

O valor obtido de 538kW, é inferior aos 575kW disponibilizado por cada uma das caldeiras do sistema de apoio. Logo, por esta via não se justifica a ineficácia do sistema na preparação de AQS.

Considera-se que o obstáculo poderá estar ligado ao dimensionamento hidráulico, na medida que a admissão de água aquecida nos depósitos é regulada por válvulas de equilíbrio estático, onde a regulação é feita de forma manual. Poderá ainda o fraco desempenho da instalação estar relacionado a possíveis avarias em equipamentos e acessórios como sondas de temperatura e fluxostatos que poderão estar a enviar dados imprecisos ao SGTC, ou em bombas de circulação e válvulas três vias instaladas a montante de cada depósito. Por último destaca-se o funcionamento automático assegurado pelo SGTC, neste poderão existir erros de programação que impossibilitam a utilização eficaz da potência instalada para a preparação de AQS.

### **1.1) Manutenção**

Relativamente à manutenção para garantir o ideal funcionamento das caldeiras, consultando as recomendações do fornecedor, verificam-se as seguintes tarefas básicas de manutenção preventiva:

#### **1.1.1) Desmontagem e limpeza de filtros e caixa de entrada de ar**

Conforme expetável, a admissão de ar acontece de forma a evitar a entrada de impurezas nos equipamentos. A limpeza de canais de admissão de ar de combustão, é fundamental para assegurar uma mistura ideal “ar-combustível”. As caldeiras não dispõem de dispositivos que detetam a colmatagem de filtros de admissão de ar, logo é importante proceder à limpeza conforme a periodicidade indicada pelo fornecedor, isto é, pelo menos uma vez por ano.

#### **1.1.2) Remoção e limpeza de queimadores com substituição de vedações**

Numa caldeira de combustão, o queimador é responsável pelo controle eficiente da chama, logo, considera-se importante garantir a limpeza e o bom estado dos elementos de vedação que o constituem. Faz ainda parte desta tarefa a regulação do queimador, caso se justifique. Esta regulação pode proporcionar uma melhor eficiência de queima e consequente reduções no consumo de combustível e emissão de poluentes para ar.

#### **1.1.3) Verificação geral**

Esta tarefa pressupõe averiguações de pelo menos uma vez por ano no isolamento da câmara de combustão, no elétrodo (ignição) e no funcionamento de equipamentos de campo

(válvulas, contadores, redutores e manómetros). O isolamento da câmara de combustão é fundamental, pois evita perdas de energia no processo de combustão. É essencial que todos os elementos se encontrem em perfeito estado de funcionamento, pois, anomalias em válvulas e redutores interferem no fornecimento de gás e anomalias nos contadores e manómetros levam a leituras ambíguas do consumo de gás e da pressão na rede, respetivamente.

De forma indireta, a verificação de equipamentos de campo (válvulas, contadores, diferenciais de pressão, fluxostatos, etc.) acontece regularmente, na medida que dados por estes registados no SGTC, são consultados diariamente.

É apresentado na Figura 3-2, a disposição das três caldeiras no SGTC, onde é possível conferir dados relativamente às temperaturas de funcionamento (ida e retorno), fluxo de água aquecida, potência e energia térmica produzidas e volume de gás consumido. Visa referenciar que o funcionamento em cascata implementado pelo SGTC, coordena o processo de aquecimento da água de forma eficiente e aumenta a vida útil de cada caldeira pela distribuição de horas de funcionamento de forma similar, alternando ciclicamente o funcionamento [24].

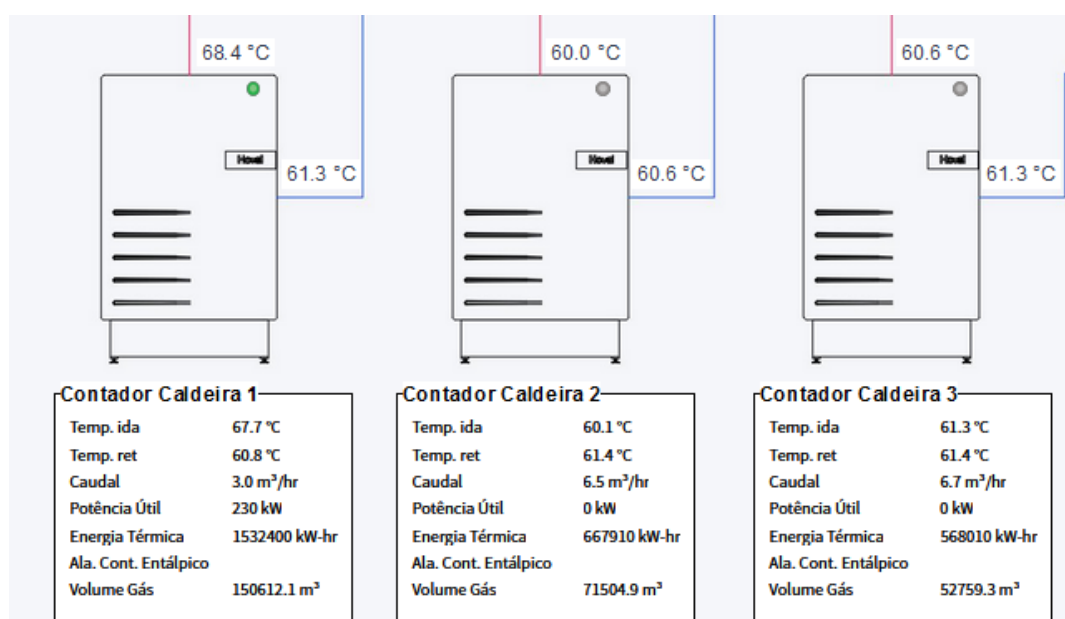


Figura 3-4. Disposição das caldeiras no SGTC do Centro Hospitalar.

## 2) Chiller/bombas de calor (BC)

Para a produção de água refrigerada, o Centro Hospitalar tem à sua disposição, centrais de produção formadas por equipamentos do tipo chiller e chiller/BC, agregados a componentes de um circuito hidráulico e instalados em zonas específicas do edifício. Constatou-se que os equipamentos chiller instalados nas centrais de arrefecimento, apresentam as seguintes características:

- Compressores acionados por inversor de parafuso de alta eficiência, caracterizados por dois rotores em forma de parafuso (macho e fêmea) que são interligados e giram em sentido contrário. O design de compressor de parafuso é normalmente utilizado para gamas de média e alta potência;
- Compressores scroll, caracterizados por duas partes separadas e em formato espiral cujo funcionamento é baseado no movimento orbital de uma espiral. Estes são amplamente aplicados em equipamentos de climatização e destacam-se no âmbito da eficiência energética e no baixo nível de ruído.

Fazem ainda parte dos equipamentos chiller, secções de condensação otimizadas por ventiladores de condensador e evaporadores de troca de calor de placas e tubos.

Os equipamentos chiller instalados em várias zonas específicas do edifício, apresentam diferentes níveis de eficiência, isto é, o ERR varia entre 2,7 e 3,45.

Da mesma forma que na central de produção de água quente, as centrais de água fria são formadas por equipamentos de produção (chiller), coletores primários e secundários (produção e distribuição/consumo) e eletrobombas de alta eficiência controladas pelo SGTC, responsáveis pela circulação de água refrigerada.

É apresentado na Tabela 3, as características dos equipamentos direccionados à produção de água refrigerada:

Tabela 3- Características de equipamentos chiller e chiller/BC

| Central de arrefecimento | Qtd. De equipamentos | Referência    | Permuta Exterior | Pot. Frio(kW)    | Eficiência em Frio (EER) | Pot. Quente (kW) | Eficiência a Quente (COP) |
|--------------------------|----------------------|---------------|------------------|------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|
| 1                        | 2                    | Geral 1       | ar               | 323,4            | 3,45                     | -                | -                         |
| 2                        | 1                    | Esterilização | ar               | 43,7             | 2,7                      | -                | -                         |
| 3                        | 1                    | Data Center   | ar               | ( <sup>1</sup> ) | ( <sup>1</sup> )         | -                | -                         |
| 4                        | 2                    | UCI           | ar               | 65,2             | 3,42                     | 54,8             | 2,96                      |
| 5                        | 4                    | Geral 2       | ar               | 143              | 2,7                      | -                | -                         |
| 6                        | 2                    | Urgência      | ar               | 108,5            | ( <sup>1</sup> )         | 102,6            | ( <sup>1</sup> )          |

(<sup>1</sup>) – Dados ilegíveis na chapa característica do equipamento

Devido às constantes reclamações de desconforto nos espaços servidos pelas centrais 1 e 5, decidiu-se realizar uma comparação entre a potência disponibilizada por estas e a potência instalada ou a suprir. Conforme os valores apresentados nas Tabelas 4 e 5, deparou-se com a incapacidade destas em abastecer as necessidades de consumo de água refrigerada em 165 kW e 123 kW, respetivamente:

Tabela 4 - comparação entre a potência nominal da central 1 e o somatório da potência dos equipamentos a esta agregados

| PRODUÇÃO TÉRMICA         |                              | TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA TÉRMICA |                     |                               |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| CENTRAL DE ARREFECIMENTO | Pot. Nominal da Central [kW] | Equipamentos                     | Pot. Instalada [kW] | Excedente/Défice de Pot. [kW] |
| 1                        | 612                          | Climac                           | 30                  |                               |
|                          |                              | Ventiloconvectores               | 72                  |                               |
|                          |                              | UTAs e UTANs                     | 675,38              |                               |
| Totais[kW]               | 612                          |                                  | 777,38              | -165                          |

Tabela 5 - comparação entre a potência nominal da central 5 e o somatório da potência dos equipamentos a esta agregados

| PRODUÇÃO TÉRMICA         |                              | TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA TÉRMICA |                     |                               |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| CENTRAL DE ARREFECIMENTO | Pot. Nominal da Central [kW] | Equipamentos                     | Pot. Instalada [kW] | Excedente/Défice de Pot. [kW] |
| 5                        | 572,2                        | Ventiloconvectores               | 160                 |                               |
|                          |                              | UTAs e UTANs                     | 535,05              |                               |
| Totais[kW]               | 572,2                        |                                  | 695,05              | -123                          |

**Nota:** O valor do excedente/défice de potência, foi determinado pela diferença entre potência nominal das centrais(produção) e a potência instalada (consumo).

Recorrendo ao SGTC, é apresentado na Figura 3-3 a disposição de uma das centrais responsável pela produção de água refrigerada. Neste caso a central nº5, formada por quatro equipamentos chiller. Assim como nas caldeiras, predomina nesta central o funcionamento em cascata. Na figura, verifica-se um SP mínimo de 8.1°C definido no chiller 1 e provavelmente por encontrar-se assegurada a produção de energia térmica, ou pela distribuição de horas de funcionamento, o equipamento 4 encontra-se desligado pelo SGTC. Verifica-se ainda, alerta para uma possível avaria no equipamento 2. Na restante instalação verificam-se redes de tubagem, depósito de inércia, eletrobombas, coletores e sondas de monitorização de temperatura. Importa ainda acrescentar que a água refrigerada é enviada para instalação a uma temperatura de 8.8°C e após a permuta em equipamentos terminais (consumo), constata-se um retorno a 9.8°C, permitindo afirmar que no momento em se fez registo, verificava-se uma fraca utilização da água refrigerada para efeitos de arrefecimento de espaços.

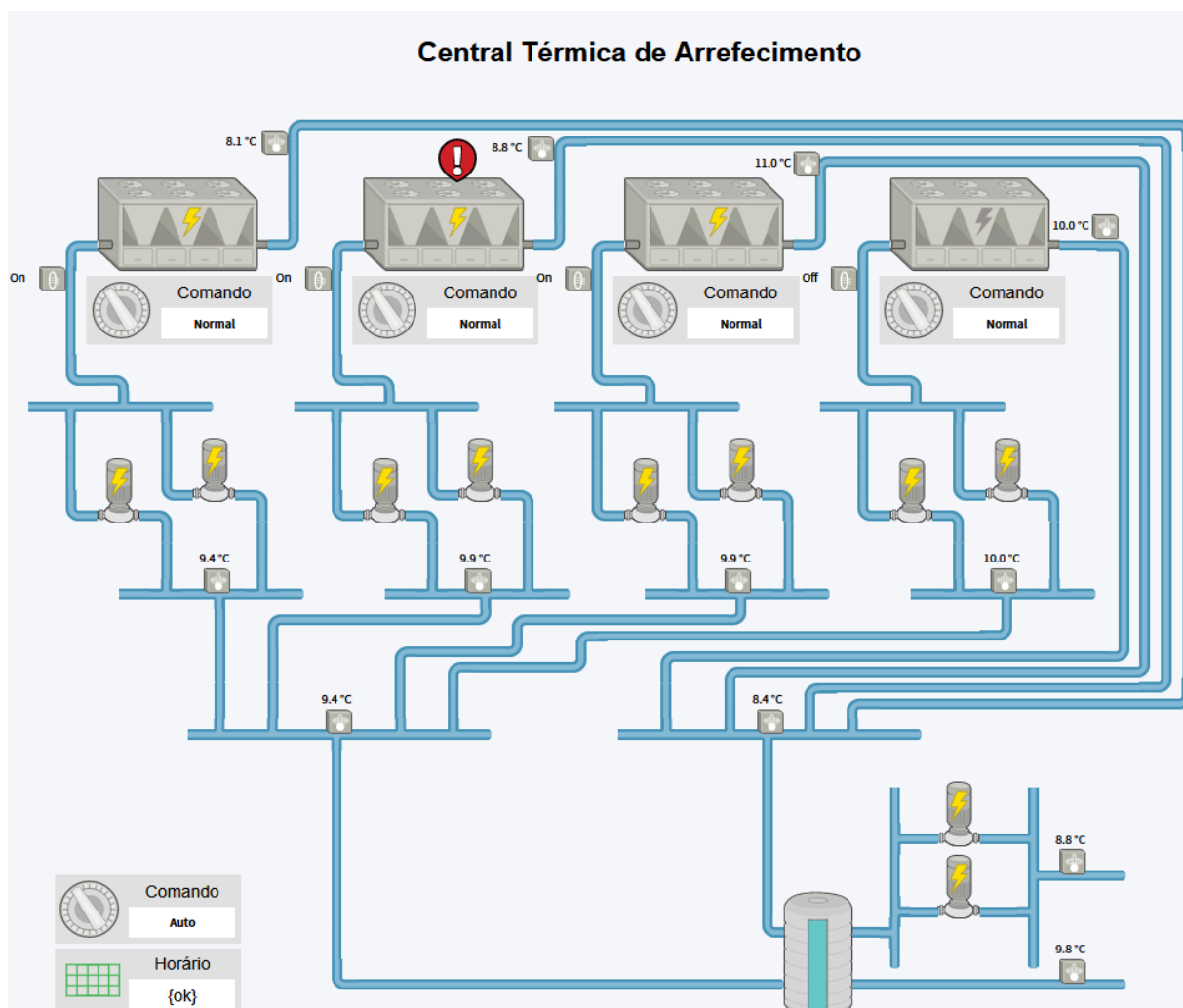


Figura 3-5. Central térmica de arrefecimento 5 (imagem SGTC).

## 2.1) Manutenção

De forma a garantir o fornecimento contínuo de água refrigerada, o TRM da instalação elaborou um plano de manutenção preventiva dos equipamentos chiller. Este, conforme recomendações de fabricantes, engloba por exemplo, as seguintes tarefas básicas de manutenção:

### 2.1.1) Verificação geral ao estado dos equipamentos

Esta verificação é feita com especial atenção aos compressores, ao nível de óleo, à estanquicidade de circuitos de refrigeração e à resistência elétrica. São averiguações que garantem o ideal funcionamento de compressores, nomeadamente ausência de vestígios de óleo e ruídos ou vibrações irregulares. A fuga do fluido refrigerante é vista como uma causa frequente de falha de um circuito de refrigeração e a sua inspeção é legalmente obrigatória e deverá ser de acordo com o regulamentado no Decreto-Lei n.º 145/2017.

#### **2.1.2) Limpeza geral dos equipamentos, com especial atenção aos condensadores**

Em qualquer equipamento, uma limpeza regular contribui para o aumento da vida útil. Condensadores/permutadores sujos ou em mau estado, contribuem para a diminuição da eficiência do equipamento chiller. Esta tarefa é realizada de 3 a 6 meses, conforme o estado dos condensadores que é a parte de maior exposição ao exterior;

#### **2.1.3) Verificação dos ventiladores**

A semelhança do referido no ponto anterior, um ventilador fora de serviço por queima de fusíveis, rolamentos desalinhados, dentre outros problemas que poderão surgir, leva a uma redução por vezes significativa na eficiência da permuta;

#### **2.1.4) Reaperto de componentes elétricos**

Tarefa normalmente realizada no quadro elétrico (QE) do equipamento e antecede a limpeza de disjuntores, interruptores, analisadores, autómatos e bases dos fusíveis.

#### **2.1.5) Medição de consumos elétricos de compressores e ventiladores**

Esta tarefa serve para garantir que compressores e ventiladores mantêm os parâmetros de consumo energético indicados pelo fornecedor. Desvios nos valores de consumo elétrico podem indicar possíveis avarias, comprometendo assim a eficiência do equipamento chiller;

#### **2.1.6) Medição da pressão de fluídos refrigerante**

A medição da pressão de fluídos refrigerante, conforme a legislação referenciada no ponto 2.1.1), deverá ser realizada por técnicos qualificados. Esta tarefa permite aferir que não existem fugas, que afetam negativamente a eficiência do equipamento e o meio envolvente, pela libertação de substâncias químicas com efeito prejudicial.

De uma forma geral, as tarefas anteriormente descritas, na instalação técnica em estudo são realizadas pelo menos uma vez por ano. Poderá afirmar-se que o custo associado é maioritariamente ligado à mão-de-obra qualificada para execução da manutenção preventiva desta tipologia de equipamento.

### **3.2.1.2. Distribuição de Fluídos Térmicos**

A energia térmica produzida nas centrais de água quente e água refrigerada, é transportada até às unidades terminais de conversão, pela ação de bombas hidráulicas instalada na rede de tubagem que formam circuitos a 2 e a 4 tubos.

A rede de tubagem de transporte de energia, encontra-se isolada termicamente e protegida mecanicamente, principalmente em percursos exteriores. Relativamente à

monitorização e proteção do circuito hidráulico, encontram-se instalados equipamentos de campo, como manómetros, termómetros e fluxostatos. Para o bom funcionamento da instalação, encontram-se ainda agregados ao circuito hidráulico, sistemas de tratamento de água e acessórios para o seu bom funcionamento, nomeadamente juntas-antivibráticas, filtros, válvulas de segurança, etc.

Importa ainda referir que nos circuitos hidráulicos primários, para efeitos de proteção face ao congelamento quando expostos a baixas temperaturas, o fluido que nestes circula, é uma mistura de água e glicol (cerca de 25%).

Um aspeto que não interfere no transporte da energia térmica é a identificação de tubagens, entretanto a identificação é muito importante para os trabalhos de manutenção e condução. Na altura da instalação da rede de transporte da energia térmica, dever-se-ia identificar todos os tubos através de marcas pintadas nas mesmas, indicando o sentido do fluxo de água, o circuito a que pertence, a unidade a que se destina, e se é de alimentação ou de retorno.

A rede de tubagem responsável pelo transporte de energia é alvo de ações preventivas que salvaguardam o normal funcionamento. A esta, realizam-se as seguintes verificações e inspeções:

- a) Inspeção visual para a deteção de fugas e sinais de corrosão;
- b) Inspeção visual para a deteção de degradação do isolamento térmico;
- c) Verificação da estanquicidade através dos valores de pressão indicados em manómetro existentes em vários pontos da instalação;
- d) Limpeza e verificação do funcionamento dos purgadores automáticos;
- e) Verificação do estado de funcionamento de bombas de circulação e permutadores de calor;
- f) Inspeção visual aos vasos de expansão para deteção de pontos de corrosão;
- g) Acionamento manual de válvulas para evitar incrustações, etc.

Mediante as diversas ações realizadas para garantir o funcionamento permanente da rede hidráulica, constata-se a falta de ferramentas como refratómetro para verificar se a temperatura de congelamento da solução (fluido de circulação) está em condições adequadas e caudalímetro para verificar o fluxo de água quente e refrigerada que é enviada para equipamentos como UTA, UTAN e ventiloconvectores.

### **3.2.1.3. Equipamentos Térmicos**

A transferência de energia produzida por equipamentos chiller e caldeiras para os espaços a condicionar, dá-se nos seguintes equipamentos terminais de permuta ar-água:

## 1) UTA e UTAN

Ao longo da área técnica, verificam-se UTA e UTAN de permuta ar-água que se diferenciam em vários aspetos, nomeadamente:

- Eficiência em termos de energia térmica e elétrica;
- Sistemas de recuperação de energia térmica;
- Tecnologias de sistemas de ventilação;
- Sistemas de humidificação.

A maioria dos equipamentos responsáveis pelo tratamento de ar, contêm motores elétricos eficientes e com a possibilidade de variação de velocidade, a fim de diminuir o consumo de energia elétrica e permitir assim alcançar uma maior eficiência energética.

Existem no edifício em estudo, UTA e UTAN caracterizados por diferentes sistemas de recuperação da energia térmica. Com destaque à seguinte classificação por tipo de sistema de recuperação de calor, conforme critérios da norma EN 13053 [25]:

- Recuperador de fluxos cruzados, cujo recuperador pode ser reconhecido por um módulo de grandes dimensões integrado entre a admissão/insuflação e o retorno/extração;

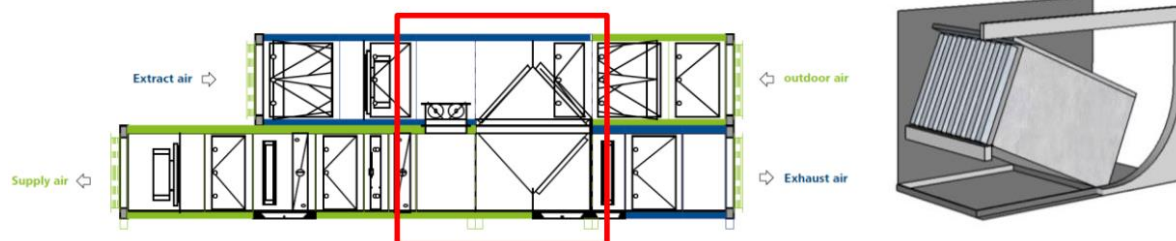


Figura 3-6. Recuperador de calor de fluxos cruzados [26].

- Recuperador rotativo, cujo recuperador pode ser reconhecido por um módulo rotativo (roda térmica), integrado entre a admissão/insuflação e o retorno/extração;

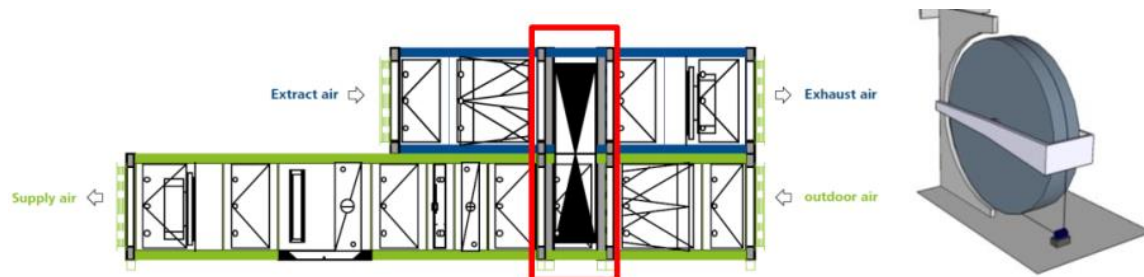


Figura 3-7. Recuperador rotativo [26].

- Recuperador de baterias (run-around coil), cujo recuperador pode ser reconhecido por 2 módulos de baterias interligados por tubagem entre a admissão/insuflação e o retorno/extração.

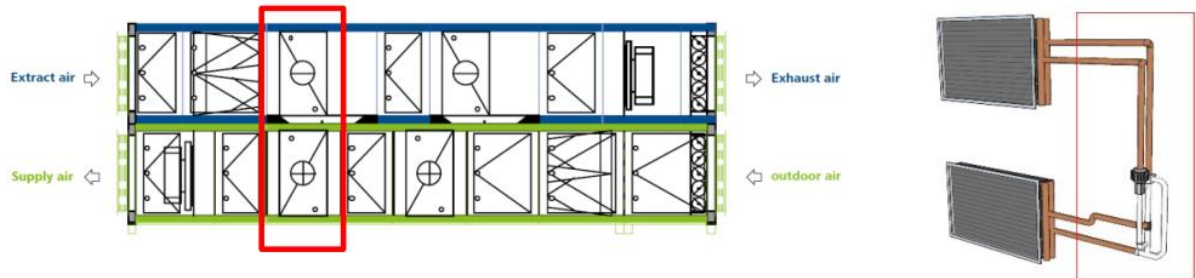


Figura 3-8. Recuperador de calor por bateria [26].

O principal objetivo de incluir módulos de recuperação de calor em UTA e UTAN, consiste na melhoria significativa da eficiência energética, na medida que se implementa um sistema que reaproveita a energia contida no ar de retorno/extração.

Em alguns equipamentos, encontram-se instalados humidificadores para a humedificação do ar a tratar, diferenciado de outros que de forma automática fazem a humedificação a partir de um SP pré-definido, isto é, a partir do controlo da admissão de água quente nas baterias para o processo de permuta.

Conforme apresentado na Figura 3-9, as UTA e UTAN do sistema técnico em estudo, são caracterizadas pelos seguintes módulos:

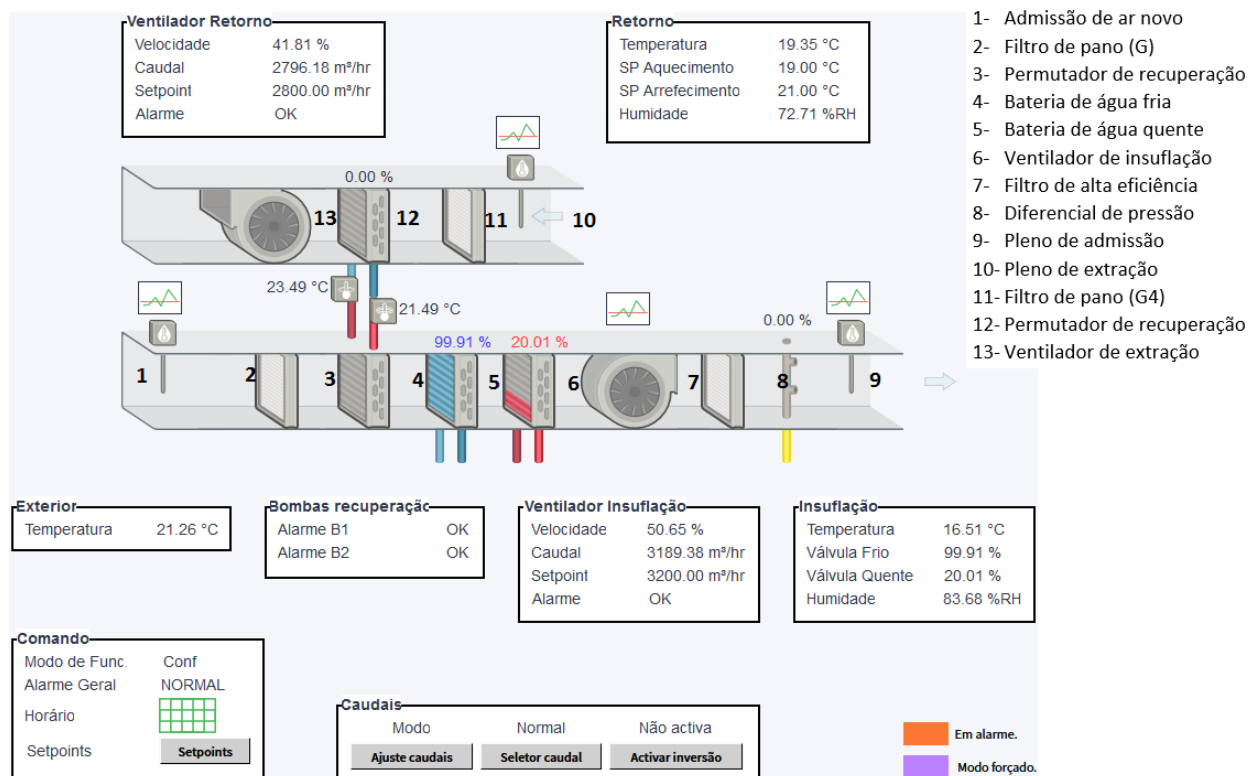


Figura 3-9. UTAN (imagem GTC).

Da figura anterior, pelo funcionamento do ventilador (6), o ar novo de admissão é filtrado por um módulo de pré-filtragem (2) de grandes partículas (normalmente manta filtrante classe G4 ou M6) e um módulo de filtragem de partículas médias (normalmente filtro de saco classe F7/F8/F9). Pela passagem do ar nas baterias (3, 4 e 5), dá-se a permuta ar-água. O ar tratado, passa pelo último módulo de filtragem (7) (normalmente filtro absoluto classe H13/H14) e é direccionado ao espaço a condicionar pela rede de condutas. O ar viciado, por sua vez, pela ação do ventilador de extração (13) é direccionado para o exterior. A interligação entre as baterias (3 e 13), caracteriza o tipo de recuperação de calor por bateria, onde é possível reaproveitar a energia contida no ar de extração. Encontram-se instalados nos pontos 1, 8, 9 e 10, dispositivos que permitem a monitorização da temperatura, humidade, caudal e perda de carga.

Tratando-se de um edifício Hospitalar, as UTA e UTAN foram dimensionadas de forma a suprirem as recomendações da Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS), para espaços dedicados a cuidados de saúde. Como exemplo, é apresentado em Anexo V, parâmetros de QAI no âmbito da ventilação e climatização de salas de operação, com destaque às condições ambiente (17°C a 27°C; 30% a 60% HR) e caudal de ar recirculado (20 Rec/h) [27].

A insuflação de ar tratado e a extração de ar viciado, é essencialmente veiculado por rede de condutas que se desenvolvem ao longo do piso técnico e entram nos espaços em tetos

falsos suspenso para ventilação e climatização através de difusores e grelhas lineares. A rede de condutas foi executada de forma a minimizar turbulências (pela passagem do fluxo de ar) e perdas térmicas. Garantindo assim, uma elevada atenuação acústica e uma ótima prestação a nível de isolamento térmico. Para as atividades de manutenção (limpeza e desinfeção), verificam-se portas de visita para o acesso ao interior da rede de condutas.

Importa ainda referir, que as UTA e UTAN, incorporam protocolos de comunicação e controlo (ModBus e Backnet IP) que permitem a ligação ao Sistema de Automação e Controlo dos Edifícios (SACE).

Tratando-se de um GES hospitalar, verifica-se que em fase de projeto teve-se o cuidado de optar por equipamentos com certificação CE e EUROVENT, cujo componentes de filtragem se encontram em conformidade com as normas EN779:2012 e EN1822-1:2009.

Relativamente à transferência de energia “ar-água”, permutadores de correntes cruzadas caracterizam esta tipologia de equipamentos, onde os dois fluidos percorrem o permutador em sentidos perpendiculares e o ar após o processo de permuta é direcionado ao terminal de admissão/insuflação.

### **1.1) Manutenção**

Verificou-se que o TRM, formalizou um plano de manutenção preventiva, cujo periodicidade varia de acordo com o serviço que o equipamento se destina. Os trabalhos de manutenção preventiva englobam tarefas como:

#### **1.1.1) Verificação geral a todos os acessórios dos equipamentos**

São alvos de verificação as válvulas de controlo de caudal de água quente e fria, registos de entrada e saída de ar e demais equipamentos de campo. Esta tarefa baseia-se na inspeção visual e na comparação de valores de caudal de água, temperatura, fluxo de ar, humidade e perdas de carga registadas no controlador local e no SGTC. São utilizados para a verificação, ferramentas como caudalímetro, termohigrómetro, termomanómetro e manómetro de pressão diferencial;

#### **1.1.2) Limpeza geral dos equipamentos**

A limpeza geral, além de manter o bom estado dos equipamentos, permite um aumento da vida útil. Em equipamentos UTA e UTAN, os tabuleiros de condensados e a respetiva tubagem de drenagem de condensados, requerem uma atenção redobrada, pois o seu entupimento ou acumulação de condensados poderá provocar o crescimento de microrganismos, incluindo a legionella, contaminando assim o ar tratado pela unidade. Para o tratamento preventivo de águas de condensação, após a limpeza são aplicadas pastilhas bactericidas, algicidas e fungicidas nos tabuleiros de condensados;

#### **1.1.3) Limpeza ou substituição de componentes de filtragem (pré-filtro, filtro de média eficiência, filtro absoluto)**

Filtros colmatados diminuem consideravelmente a eficiência de UTA e UTAN, pois, para manter o fluxo de ar definido em SP, a colmatção obriga a um maior esforço dos ventiladores, levando a um maior desgaste e consumo energético.

Conforme apresentado em Anexo VI, estima-se que o Centro Hospitalar tem uma despesa anual que ronda os 4 790,40 € + IVA, em aquisição de filtros para as UTAN do serviço de bloco operatório. Os custos unitários dos filtros foram consultados na tabela de preços do fornecedor de filtros do Centro Hospitalar para o ano de 2023. O custo total foi calculado mediante o número de intervenções e as quantidades a aplicar em cada uma delas.

#### **1.1.4) Verificação do estado de ventiladores**

Esta verificação é feita principalmente em apoios, rolamentos, correias, polias e todos os componentes mecânicos que após um certo período de funcionamento carecem de reaperto, lubrificação e substituição caso se justifique.

#### **1.1.5) Medição do consumo elétrico do motor**

Com o auxílio de um multímetro, realizam-se medições, a fim de aferir se o consumo energético de motores corresponde ao indicado pelo fornecedor. Esta verificação permite detetar anomalias e salvaguardar a eficiência energética de motores.

Regra geral as tarefas de manutenção acima referidas, em serviços como bloco operatório, salas brancas e UCI, são realizados pelos menos a cada 3 meses. Por outro lado, serviços cujo recomendações normativas acerca da climatização e ventilação dos seus espaços são de menor rigor, as intervenções preventivas são realizadas com uma periodicidade que varia de 4 a 6 meses.

### **2) Radiadores**

Os radiadores de aquecimento central fazem parte do tipo de sistema de aquecimento que utiliza água quente para aquecer o ar de um determinado espaço. A troca de calor com o espaço envolvente acontece por convecção natural e radiação. A água quente produzida pelas caldeiras, pela ação de eletrobombas, circula pela rede hidráulica até aos radiadores. O calor é então transferido do radiador para o ar circundante, conforme a regulação por termostato.

Para esta tipologia de equipamento, destacam-se vantagens de serem silenciosos e de não consumirem energia elétrica. Entretanto, apresentam baixa potência de aquecimento.

No Centro Hospitalar em estudo, denota-se a preocupação em instalar os radiadores em áreas onde eles possam aquecer os espaços de forma eficiente, pois estes encontram-se instalados em paredes abertas sem obstáculos e em partes mais frias do edifício.

É apresentado na Figura 3-10, um esquema representativo do princípio de funcionamento dos radiadores do Centro Hospitalar, isto é, em contra corrente, permuta perpendicular. A água aquecida pela caldeira (1), pela ação de uma eletrobomba (2), circula até os equipamentos terminais (6) para a permuta e aquecimento de espaços. Destacam ainda na figura, termostatos (5) para regulação de caudal de água a entrar no equipamento, o vaso de expansão (3) para compensar o aumento de volume da água causado pela alta da temperatura, purgador (4) para a saída de ar na instalação e rede de tuga para a distribuição da água (ida e retorno).

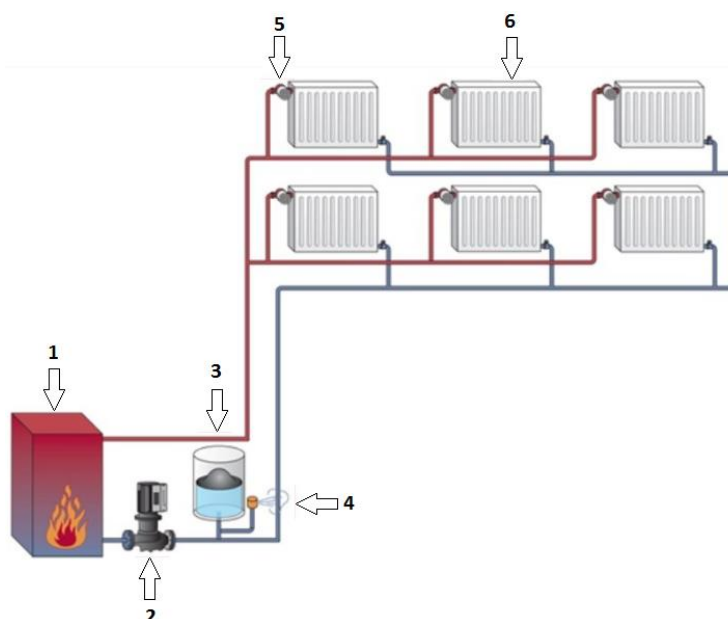


Figura 3-10. Tipologia de radiadores instalados no Centro Hospitalar [28].

### 3) Ventiloconvectores

As unidades VC instaladas em enfermarias do Centro Hospitalar, encontram-se interligadas às centrais térmicas e permitem a transferência de energia térmica de aquecimento e/ou arrefecimento para o ar através de um permutador ar-água. Estas, permitem variar o caudal de ar, assim como as temperaturas de SP.

O princípio de funcionamento, se equipara ao funcionamento dos radiadores, no entrando, pela ação de um ventilador, a convecção ocorre de forma forçada, melhorando assim a eficiência de permuta. Logo, os VC atuam a um SP superior relativamente ao radiador. Entretanto vigoram desvantagens como consumo elétrico do ventilador e ruído do funcionamento do mesmo.

A integração dos VC instalados ao longo dos pisos de Centro Hospitalar no SGTC, proporciona a possibilidade de medição e controlo da temperatura nos espaços e permite monitorizar o funcionamento e atuar de forma célere em situações de avaria.

A Figura 3-11, ilustra a monitorização de um equipamento ventiloconvector no SGTC do sistema técnico em estudo. Nesta destacam-se a bateria (2) de permuta ar-água e o ventilador centrífugo (1) que proporciona a convecção forçada. O SGTC, de forma remota permite por exemplo realizar operações de ligar, desligar ou bloquear o funcionamento dos VC, e da mesma forma permite modificar parâmetros de funcionamento, isto é, temperatura e velocidade do ventilador. Consta na Figura 3-6, que o equipamento se encontra em funcionamento para suprir a temperatura de 24°C definida em SP. Nesta é ainda possível verificar parâmetros como a temperatura ambiente, temperatura do ar no espaço (retorno), velocidade do ventilador, etc.

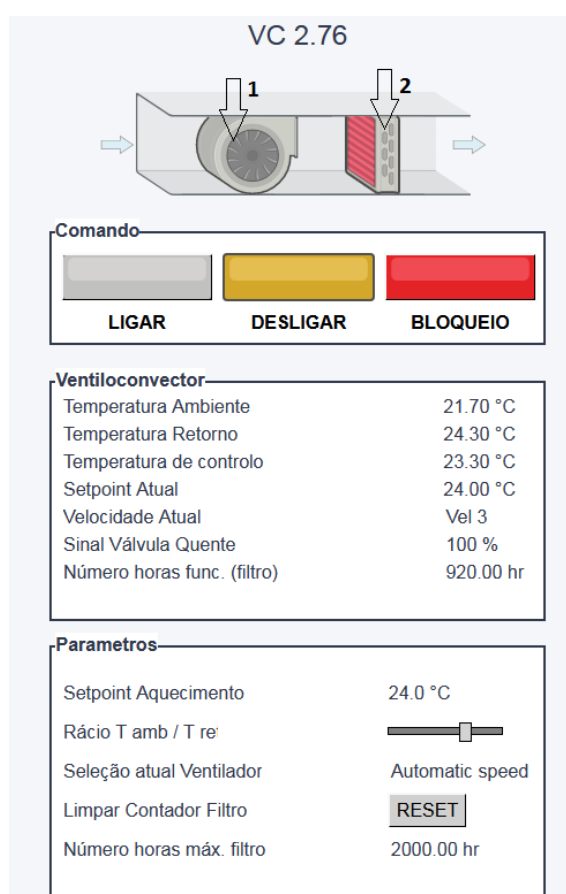


Figura 3-11. Unidade ventiloconvector (imagem SGTC).

Devido à pouca complexidade desta tipologia de equipamentos de permuta ar-água, o trabalho de manutenção preventiva realizada pelo menos uma vez por ano, compreende tarefas como limpeza e desinfeção de filtros de ar, limpeza de baterias de permuta e de filtros do circuito de água (também aplicável em radiadores) e reaperto de componentes elétricos.

Para a manutenção geral de unidades ventiloconvectores, contemplam-se custos de mão-de-obra (preventiva) e custos com a aquisição e/ou reparação de componentes como termostatos e ventiladores (curativa).

#### 4) Split

As unidades interiores que se encontram interligadas aos equipamentos do tipo split ou VRF, permitem transferir a energia térmica de aquecimento e de arrefecimento para o ar através de um permutador ar-fluido refrigerante.

Nesta tipologia de equipamentos, predomina a elevada potência e eficiência no processo de permuta. Em contrapartida, conforme o estado de conservação poderão ser ruidosos durante o funcionamento.

A Figura 3-12 ilustra a tipologia de um equipamento split, nesta destaca-se o funcionamento de um circuito de refrigeração, realçando aos seguintes elementos e as suas funções:

- Compressor, cujo a função é comprimir o fluido refrigerante, aumentando a pressão e temperatura;
- Condensador, responsável pelo arrefecimento do fluido refrigerante, tornando-o líquido, mas mantendo a alta pressão;
- Dispositivo de expansão, que visa reduzir a pressão e regular a quantidade de fluido a entra no evaporador;
- Evaporador, encarregue de realizar a permuta ou troca de calor entre o fluido e o espaço a condicionar.

Após a permuta, o fluido volta à sua condição normal, retornando ao compressor para reiniciar o processo.

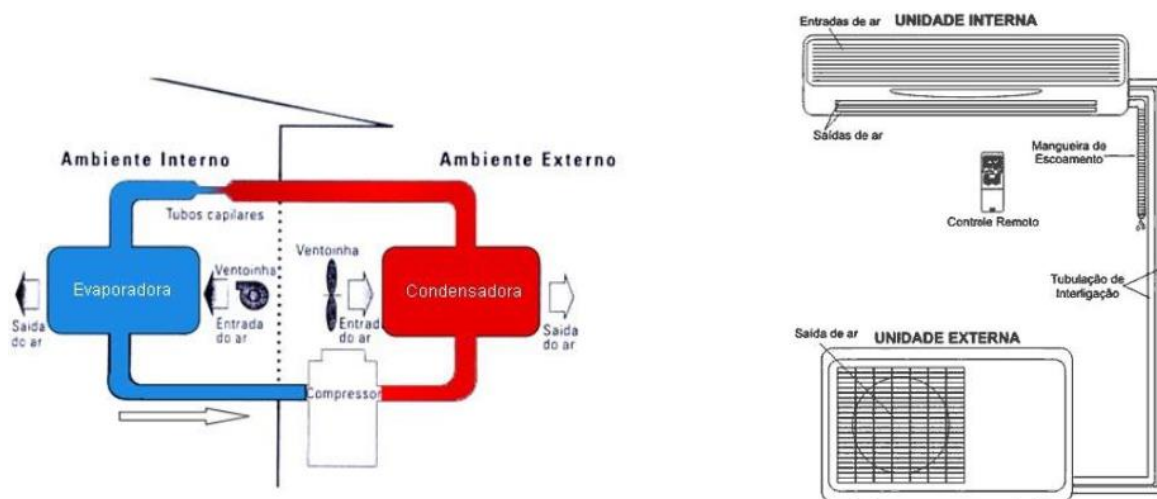


Figura 3-12. Funcionamento de uma Unidade split [33].

Conforme expetável, no edifício em estudo, estes equipamentos encontram-se instalados em gabinetes, salas multimédia e em zonas técnicas com equipamentos sujeitos ao

aquecimento e sem ventilação natural, por forma a vencer a carga térmica. Em espaços de tratamento clínico com critérios exigentes de ventilação, a instalação destes equipamentos é vetada pela impossibilidade de tomada de ar exterior e pela ausência de mecanismos de renovação de ar.

Nos trabalhos de manutenção preventiva, predominam-se tarefas como a verificação da ventilação do evaporador e do condensador, verificação da estanquidade do circuito refrigerante e do estado do compressor e do evaporador e medição do consumo elétrico.

### 3.2.2. Instalação Solar Térmico

Por forma a suprir as necessidades de consumo de AQS, o Centro Hospitalar tem instalado na sua cobertura painéis Solar Térmico, apresentados na Figura 3-13. Conforme explicado anteriormente, o princípio de funcionamento destes, leva à produção de água aquecida recorrendo a uma fonte natural de energia.



Figura 3-13- Instalação Solar Térmico do Centro Hospitalar.

Na sua totalidade, a instalação é formada por 200 painéis solares térmicos cujo rendimento ótico é de 85,1%. Fazem ainda parte da instalação, seis depósitos termoacumuladores, eletrobombas, dissipador de calor, permutador de placas, sistema automático de enchimento, rede de tubagem e demais equipamentos de campo necessários para o normal funcionamento.

Com base no número de painéis e as respetivas dimensões, constata-se a instalação de uma área de captação solar de aproximadamente 711 m<sup>2</sup>, montados com azimute de 0° (Sul) e com inclinação aproximada a 40°.

Conforme apresentado na Figura 3-14, dados do SGTC, demonstram a contabilização da energia produzida por este sistema do mês de abril a meados do mês de novembro. Conforme esperado, houve uma maior produção nos meses de verão, sendo o pico de produção atingido em agosto, cujo valores rondam os 180MW/h. A medida que se aproximam os meses de menor insolação, verifica-se a diminuição na produção de energia térmica.

Na Figura 3-14, é notável a diferença entre os valores de energia produzida no mês de agosto e os restantes meses. Tendo em conta que o SACE se encontra em fase de implementação, que contempla testes no funcionamento de autómatos/cartas de comunicação, poderão os valores contabilizados não corresponder à real produção energética do sistema.

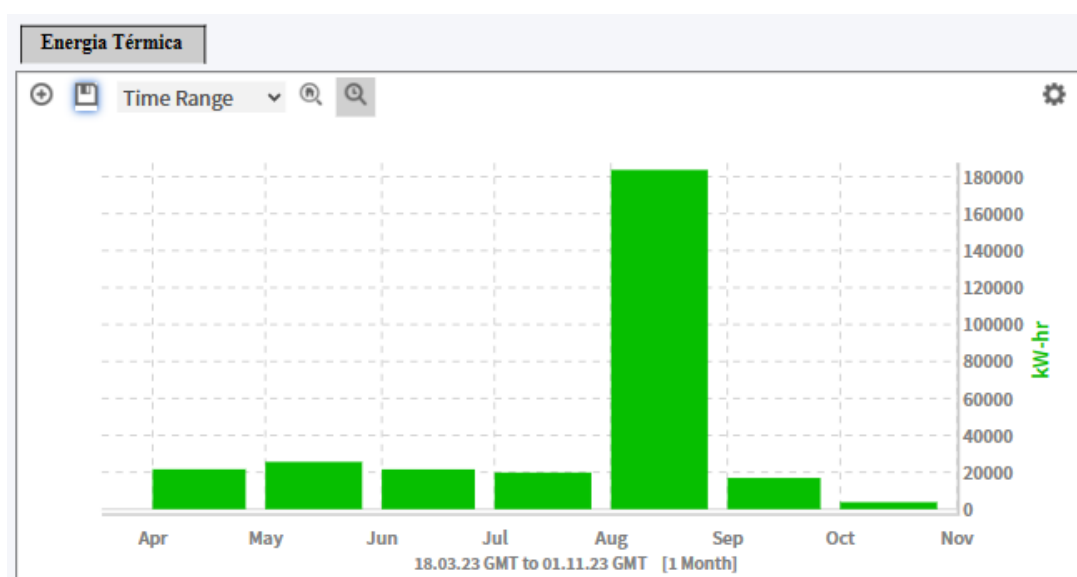


Figura 3-14- Produção de energia pelo sistema Solar Térmico (Imagem SGTC).

A existência de sistema de bombagem, caracteriza a circulação forçada do fluido (água glicolada) no circuito primário da instalação, isto é, entre os painéis instalados na cobertura e os termoacumuladores instalados no interior do edifício. Como os termoacumuladores não ficam expostos ao exterior e encontram-se termicamente isolados, assim não estão expostos às variações climáticas e uma das suas maiores vantagens é que são reduzidas as perdas de calor. Isto, em síntese, quer dizer que a instalação é significativamente eficiente, independentemente da estação do ano.

A disposição de dispositivos de monitorização, permite o controlo da temperatura do fluido que circula na instalação. Estes são responsáveis pelo acionamento automático do modo de dissipação, em caso de excesso de produção ou sobreaquecimento.

O modo de dissipação é acionado quando a temperatura máxima dos coletores ultrapassa 85°C. Uma válvula de 3 vias, diverge o fluxo para o dissipador de energia e é acionado o ventilador do dissipador. É apresentado na figura 3-15, a integração do sistema

Solar Térmico no SGTC. Sondas instaladas indicam a temperatura da água glicolada nos painéis (73°C a 77°C), a válvula 3 vias (Bypass) e o dissipador (DC1), conforma já referenciado, encontram-se parametrizados a entrar em funcionamento de forma a evitar o sobreaquecimento.

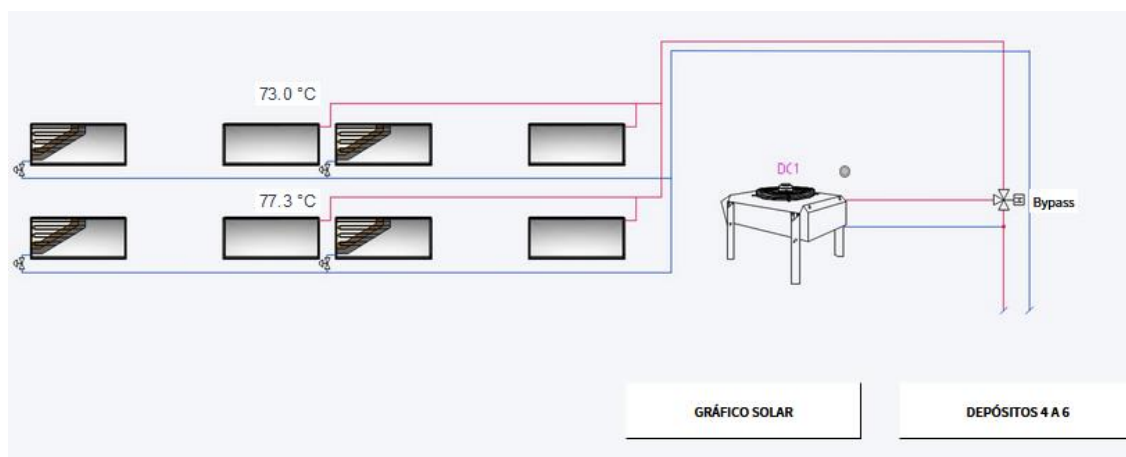


Figura 3-15. Disposição do sistema Solar Térmico (imagem SGTC).

## 1) Manutenção

A manutenção preventiva deste sistema (recentemente instalado no Centro Hospitalar) é assegurada pela realização das seguintes tarefas básicas:

### 1.1) Limpeza da face de captação solar dos painéis

A limpeza é feita com água e detergente neutro em horas de baixa insolação, com a finalidade manter a eficiência dos painéis. O número de limpezas num ano, varia de acordo com a acumulação de sujidade na face de captação, entretanto o fornecedor recomenda a realização desta tarefa mensalmente;

### 1.2) Verificação geral ao estado da instalação

Com especial atenção a anomalias na face envidraçada dos painéis, degradação da estrutura de suporte dos painéis, fugas em tubagens, degradação do isolamento mecânico e envelhecimento do isolamento térmico;

### 1.3) Limpeza e verificação do estado de funcionamento do dissipador solar

O dissipador é o elemento de proteção face ao sobreaquecimento dos painéis, a verificação deste consiste em garantir que o seu permutador se encontra livre de impurezas e que os ventiladores não apresentem irregularidades (ruídos e vibrações) no funcionamento.

### 1.4) Verificação do estado das ligações elétricas do controlador solar.

Esta tarefa consiste em reaperto de ligações elétricas do equipamento responsável por monitorar e controlar a instalação, isto é, o controlador que integra as sondas que medem a

temperatura dos coletores e dos depósitos acumuladores, e perante os dados obtidos, de forma eficiente controla a distribuição da água quente pelo acionamento de eletrobombas e válvulas motorizadas.

As tarefas básicas anteriormente apresentadas, por indicações do instalador, deverão ser realizadas, num período que varia de 1 a 3 meses. Este aconselha ainda a substituição do fluido de circulação da rede primárias (água glicolada), ao final de 5 anos de funcionamento.

### **3.3. Trabalhos de instalação**

Tendo em conta que na altura do estudo, encontrava-se em fase de remodelação, a instalação de AVAC, nomeadamente substituição de UTA e UTAN, equipamentos chiller e execução de uma nova instalação Solar Térmico, pretende-se neste ponto abordar os trabalhos realizados.

O trabalho de remodelação consistiu na substituição de 30 unidades de tratamento de ar e 2 equipamentos chiller. As unidades instaladas apresentam maior eficiência energética quando comparadas com os equipamentos removidos, que já apresentavam cerca de 20 anos de funcionamento, sendo alguns em estado de degradação.

De uma forma geral, os trabalhos anteriormente mencionados (remodelação AVAC e execução Solar Térmico), desenvolveram-se da seguinte forma:

#### **1) Planeamento dos Trabalhos**

Coube ao pessoal responsável pela gestão da obra, formalizar planos de trabalhos contendo cada etapa de execução. Fizeram parte do planeamento, a identificação de materiais e mão-de-obra necessários em cada etapa de execução das empreitadas. Desta forma, garantiu-se o bom funcionamento da obra, até o término da execução.

No planeamento, destacou-se o conhecimento e a competência da direção de obra no desempenho de funções que envolvem tarefas de coordenação de projetos, organização dos trabalhadores, aquisição de materiais e a sua logística e em suma a qualidade do trabalho em execução.

#### **2) Preparação**

Após o conhecimento da zona técnica para a execução dos projetos, fez parte da preparação, a verificação de todos os condicionantes que poderiam de certa forma interferir no desenvolvimento dos trabalhos.

#### **3) Elaboração de Planos de Gestão**

Formalizaram-se planos referentes à regulamentação aplicável em matéria de segurança no trabalho e gestão de resíduos resultantes dos trabalhos. Estes basearam-se em regras gerais de bom procedimento e recomendações a atender no decorrer dos trabalhos.

Com a elaboração destes planos, pretendeu-se reduzir os riscos associados à segurança de todos os intervenientes e garantir a gestão de resíduos no ponto de vista ambiental.

#### **4) Entrada em obra**

A entrada em obra deu-se com a instalação de estaleiro de obra e acondicionamento de ferramentas e materiais em obra. Nesta fase, destaca-se o cuidado no acondicionamento de condutas de ar, tubagens de cobre, válvulas motorizadas, equipamentos de grandes dimensões, etc.

#### **5) Execução dos Trabalhos**

Durante a execução dos trabalhos, constatou-se que a entidade executante, procura aplicar processos simples, tecnicamente fiáveis e que conferem níveis de qualidade aceitável. De forma resumida é a seguir apresentado o desenvolvimento dos trabalhos de execução das instalações de AVAC e Solar Térmico:

- a) Remoção de equipamentos em fim de vida e encaminhamento destes para o vazadouro, conforme guia de classificação de resíduos (código LER) definido no planeamento de gestão de resíduos;
- b) Preparação do espaço para a instalação dos novos equipamentos e acessórios;
- c) Posicionamento dos novos equipamentos/painéis nos repetitivos espaços de instalação (transporte e elevação de cargas realizado conforme normas de segurança em vigor);
- d) Execução da rede hidráulica através de processos de abertura de rosca e soldadura, instalação de equipamentos de campo (válvulas, termómetros, manómetros, fluxostatos, contadores de entalpia, etc.), proteção anticorrosiva, aplicação de camadas de fora térmica e proteção mecânica;
- e) Execução da rede aerólica pela utilização de parafusos “autoroscantes” na união de condutas e aplicação de camadas de fora térmica e proteção mecânica;
- f) Realização de provas hidráulicas às redes de tubagens;
- g) Teste de estanqueidade às redes aerólicas de insuflação e extração;

Importa referir que para a instalação Solar Térmico, tratando-se de uma instalação a executar de “raiz”, não foi necessário realizar os trabalhos mencionado em a) e não se

enquadram os trabalhos mencionados nas alíneas e) e g), pois não se trata de instalação composta por condutas de ar.

## 6) Conclusão dos Trabalhos

Finalizado os trabalhos de execução, procedeu-se à formação dos técnicos responsáveis pela manutenção dos sistemas instalados, realizou-se a vistoria final e fez-se a elaboração de autos de vistoria e receção.

O Plano de formação dos técnicos consistiu em apresentação de ações de diversas ordens, entretanto, salienta-se a utilização das instalações e dos equipamentos incorporados.

## 7) Ajustes realizados após a conclusão dos trabalhos

Foram inúmeras as situações simples e pontuais corrigidas após a realização dos trabalhos, entretanto a situação que levou a um maior investimento em material e recursos foi o equilíbrio hidráulico realizado no circuito primário dos termoacumuladores. Conforme já referenciado, foram instalados seis depósitos termoacumuladores de cinco mil litros, formados por duas serpentinas de aquecimento de AQS, conforme apresentado na Figura 3-16.

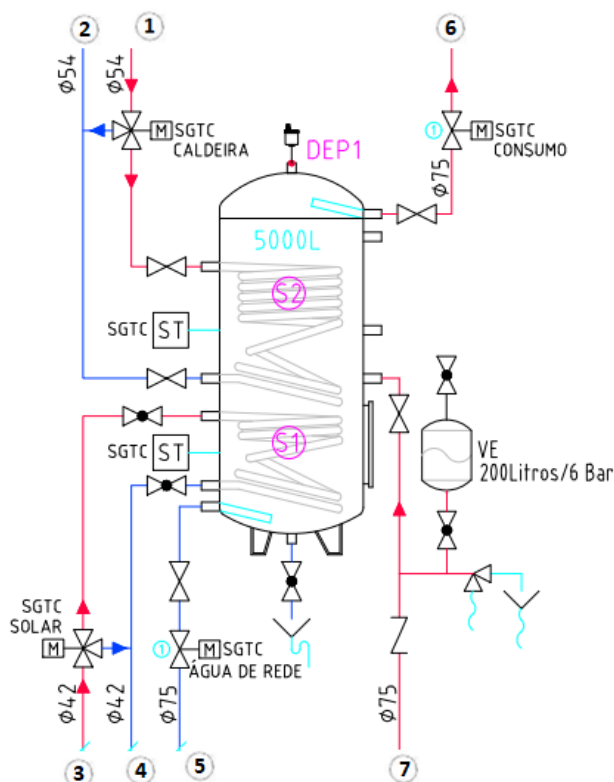


Figura 3-16. Depósito termoacumulador 1 do sistema técnico em estudo.

Com o intuito de garantir melhorias no processo de aquecimento de AQS, o trabalho de equilíbrio hidráulico, desenvolveu-se nos seguintes paços:

- a) Interligação entre as linhas de retorno e alimentação;

Tal interligação, deu-se de forma a permitir um pré-aquecimento da água da rede pela água do retorno de AQS antes da entrada nos termoacumuladores, proporcionando melhoria na eficiência energética do sistema.

- b) Instalação de válvulas de equilíbrio (estático) reguladoras de caudal

Nos circuitos de “ida para os termoacumuladores”, a montante das válvulas três vias, foram instaladas válvulas de equilíbrio estático para garantir a distribuição uniforme da água aquecida pelas caldeiras e pelo sistema Solar Térmico nos termoacumuladores. Conforme apresentado na figura 3-17, recorrendo a um diferencial de pressão e às curvas de funcionamento das válvulas instaladas, foram feitos ajustes manuais no valor de caudal de água aquecida a entrar nas serpentinas dos termoacumuladores. As curvas de funcionamento das válvulas são apresentadas no Anexo VIII e Anexo IX.



Figura 3-17- Trabalhos de regulação de válvulas de equilíbrio.

### **3.4. Gestão da manutenção das instalações de AVAC e Solar Térmico no edifício em estudo**

A manutenção dos equipamentos de AVAC e da instalação Solar Térmico, é garantida por técnicos residentes e técnicos pertencentes a empresas subcontratadas. Teve-se a

oportunidade de consultar contratos de manutenção, mais concretamente cadernos de encargos e constata-se a aplicação da norma EN 13269:2006, quanto à preparação dos contratos de manutenção. Pois, verificam-se cláusulas que abordam por exemplo os objetivos e âmbitos dos contratos, a identificação dos equipamentos a manter, as tarefas a realizar, o horário da realização dos trabalhos, as informações técnicas, as especificações das medidas de higiene e segurança no trabalho, etc.

Considera-se que a gestão de manutenção segue a abordagem do ciclo PDCA, alinhado à norma ISO 9001:2008 com vista à melhoria no funcionamento dos equipamentos.

O Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE), chefiada pelo responsável do sistema técnico, inspeciona regularmente os trabalhos de manutenção, no intuito de assegurar que estes decoram conforme os contratos.

Constata-se que a gestão da manutenção é realizada conforme a EN 13460, isto é, por meio de um software de manutenção, a partir da qual são geradas ordens de trabalho, controlam-se os fluxos, definem-se as tarefas e gerem-se recursos (custo com a mão-de-obra e consumíveis), indicadores (tempo de resposta, número de ordens de trabalhos (OT) finalizados por dia) e consequentemente a eficiência das oficinas.

As OT servem de relatórios de execução de trabalhos de manutenção. De seguida, na Figura 3-18, é apresentado o fluxo de definição de OT, e pode-se afirmar que estas, formalizadas no software de gestão do Centro Hospitalar, cujo exemplo é apresentado na Figura 3-18, encontra-se em concordância com fluxo da norma EN 13460 a apresentado na Figura 3-19.

| 0000014452 - Manutenção preventiva da UTA1 da Consulta Externa |                                     |                              |                             |                                        |                                          |                    |                    |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Tipo</b>                                                    | Manutenção Preventiva               |                              |                             | <b>Estado do Relatório Operacional</b> | Em Curso                                 |                    |                    |
| <b>Oficina</b>                                                 | AVAC                                |                              |                             | <b>Responsável</b>                     | [REDACTED]                               |                    |                    |
| <b>Data</b>                                                    | 13/11/2023 08:42                    |                              |                             | <b>Prioridade</b>                      | Normal                                   |                    |                    |
| <b>Tipo de Ativo</b>                                           | Equipamento                         |                              |                             | <b>Ativo</b>                           | SIE0698 - UTA 1                          |                    |                    |
| <b>Detalhes</b>                                                | : 123 - CONSULTAS EXTERNAS<br>: UTA |                              |                             |                                        | : OCRAM<br>: MU06<br>Série: 2264/OP20/42 |                    |                    |
| <b>Pedido</b>                                                  | <b>Descrição</b>                    | <b>Requisitado por</b>       |                             |                                        |                                          |                    |                    |
| <b>Data</b>                                                    | <b>Estado Anterior</b>              | <b>Novo Estado</b>           | <b>Responsável</b>          |                                        |                                          |                    |                    |
| 13/11/2023 08:51                                               | Novo                                | Em Curso                     | [REDACTED]                  |                                        |                                          |                    |                    |
| <b>Ativo</b>                                                   | <b>Plano</b>                        | <b>Tarefa</b>                | <b>Duração</b>              | <b>Verificação</b>                     | <b>Valor</b>                             | <b>Funcionário</b> | <b>Observações</b> |
| <b>Data do Trabalho</b>                                        | <b>Ativo</b>                        | <b>Especialidade</b>         | <b>Funcionário</b>          | <b>Data de Início</b>                  | <b>Data de Fim</b>                       | <b>Tempo Total</b> |                    |
| <b>Data</b>                                                    | <b>Ativo</b>                        | <b>Peça / Descrição</b>      | <b>Quantidade / Unidade</b> |                                        | <b>Armazém</b>                           |                    |                    |
| <b>Data</b>                                                    | <b>Ativo</b>                        | <b>Tipo de Custo diverso</b> | <b>Quantidade</b>           | <b>Valor</b>                           | <b>Funcionário</b>                       |                    |                    |
| <b>Observações</b>                                             |                                     |                              |                             |                                        |                                          |                    |                    |
| <b>Data de Validação</b>                                       | _____                               |                              |                             |                                        |                                          |                    |                    |
| <b>Validado por</b>                                            | _____                               |                              |                             |                                        |                                          |                    |                    |

Figura 3-18 – OT de uma manutenção preventiva.

A Figura 3-18 corresponde a uma OT gerada no software de manutenção implementado no Centro Hospitalar. O TRM, definiu e formalizou um plano de manutenção preventiva para o equipamento identificado. Coube ao pessoal administrativo, programar as intervenções na aplicação e atribuir à oficina responsável pela manutenção do equipamento identificado. Após a intervenção, a ordem de trabalho é encerrada com contabilização de mão-de-obra e material aplicado. A OT já finalizada, serve de relatório para arquivo ou posterior análise caso se justifique.

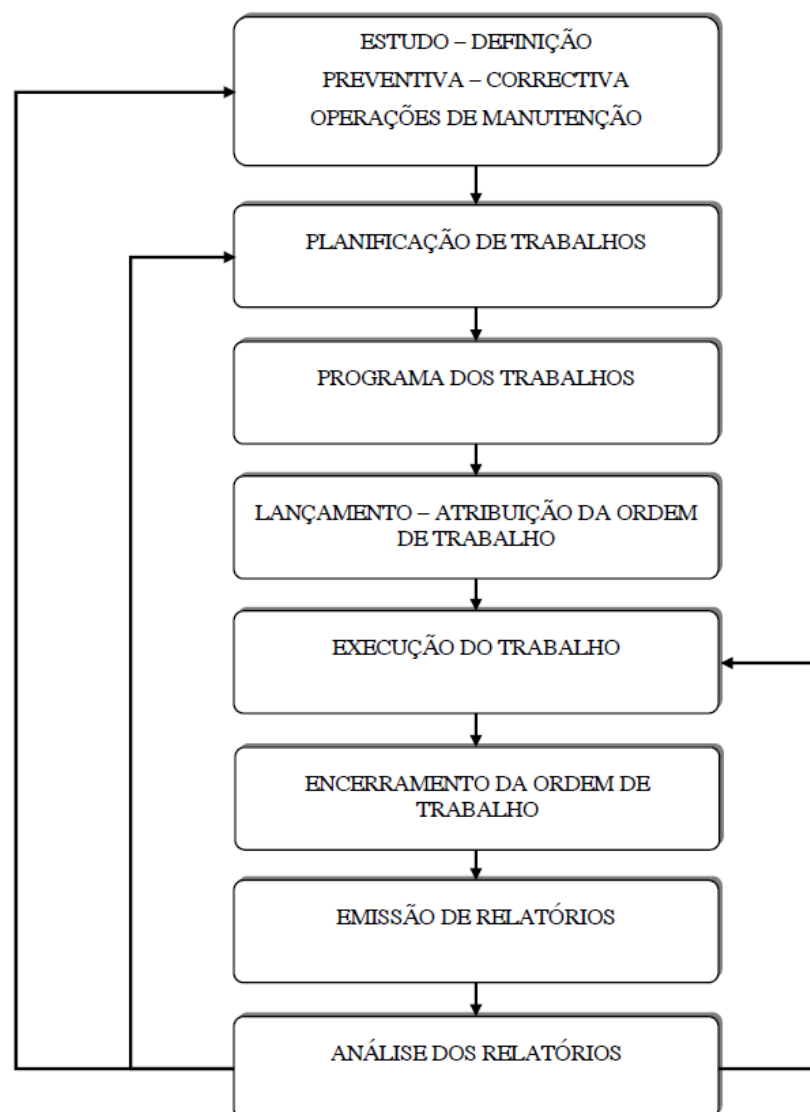


Figura 3-19 - Diagrama de fluxo da manutenção (EN 13460).

### 3.5. Condução do sistema técnico em estudo

A condução do sistema técnico em estudo, é garantida por técnicos qualificados e com uma vasta experiência na condução de sistemas de AVAC e sistemas de produção de AQS. O trabalho de condução, é fortemente apoiado por Sistemas de Automatização e Controlo de Edifícios (SACE), que atualmente são imprescindíveis em GES. É apresentado na Figura 3-20, o layout representativo do painel de acesso ao SACE do sistema técnico em estudo.

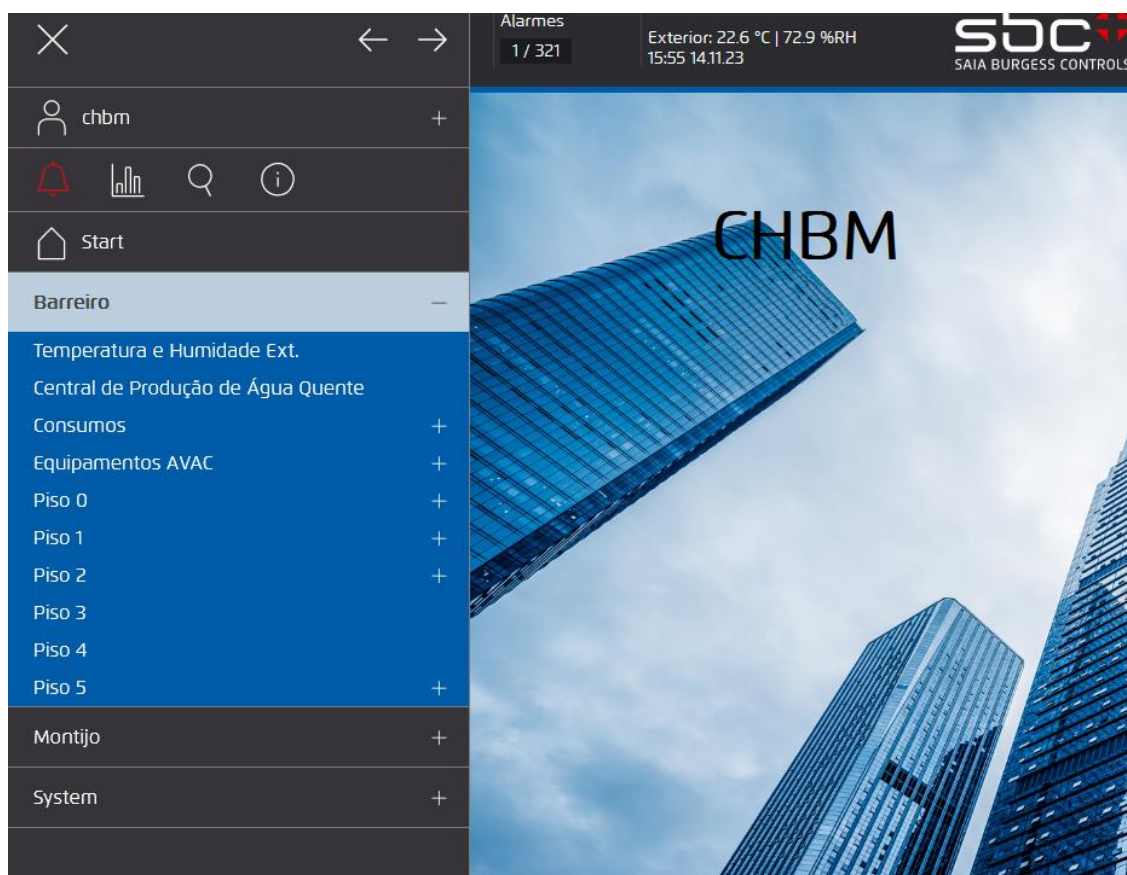


Figura 3-19- Painel de entrada no SGTC.

### 3.5.1. Descrição do SGTC

O Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) instalado no Centro Hospitalar, é composto por diversos controladores ao longo do piso técnico, interligados num único quadro elétrico (Q.E) de controlo e comando localizado na central térmica. Relativamente aos equipamentos de AVAC e à instalação Solar Térmico, o sistema encontra-se dotado de dispositivos capazes de monitorizar parâmetros como a temperatura e humidade relativa, colmatção de filtros, avarias de funcionamento, caudais de ar (insuflação e extração), funcionamento de eletrobombas e os respetivos caudais de circulação, diagnósticos de produção de água (aquecida, fria e AQS), distribuição da potência térmica, funcionamento de equipamentos chiller e caldeiras, consumo energético associado à produção energética, etc.

Do mesmo modo, os controladores do SGTC, ligados em rede, remotamente permitem o controlo e regulação dos seguintes parâmetros de otimização do sistema técnico:

- Ligar e desligar equipamentos;
- Regular SP e modos de funcionamento;
- Inibir alarmes e rearmar o funcionamento dos equipamentos;
- Definir horários de funcionamento;

- Fornecer dados sobre o estado de funcionamento dos equipamentos e dos parâmetros a controlar (temperaturas e humidade, fluxo de ar/água, estado de filtros), etc.

O SGTC, fornece relatórios com descrições que facilitam as intervenções dos técnicos de manutenção sempre que ocorrem avarias no funcionamento do sistema técnico. Este funciona em rede interna para evitar riscos de ataque cibernética ou intrusão indesejada.

### 3.5.2. Detalhes de Funcionamento do SGTC

Os autómatos, mediante programação, controlam os equipamentos como chillers, caldeiras, UTA, UTAN e VC, que têm a si agregados eletrobombas, válvulas motorizadas, fluxostatos e demais acessórios. Encontram-se integrados ao SGTC, sinais da botoneiras de comando externo, estado de filtros (colmatção), presença de fluxo de água na rede hidráulica e parâmetros como temperatura e humidade. Estes, inibem a permissão de funcionamento dos equipamentos em função de condições limite. O sistema monitoriza o estado de funcionamento de todos os equipamentos integrados, assim como os alarmes de funcionamento. É apresentado na figura 3-21, imagem do SGTC referente à monitorização da temperatura (assegurada por VC) no quinto piso do Centro Hospitalar:

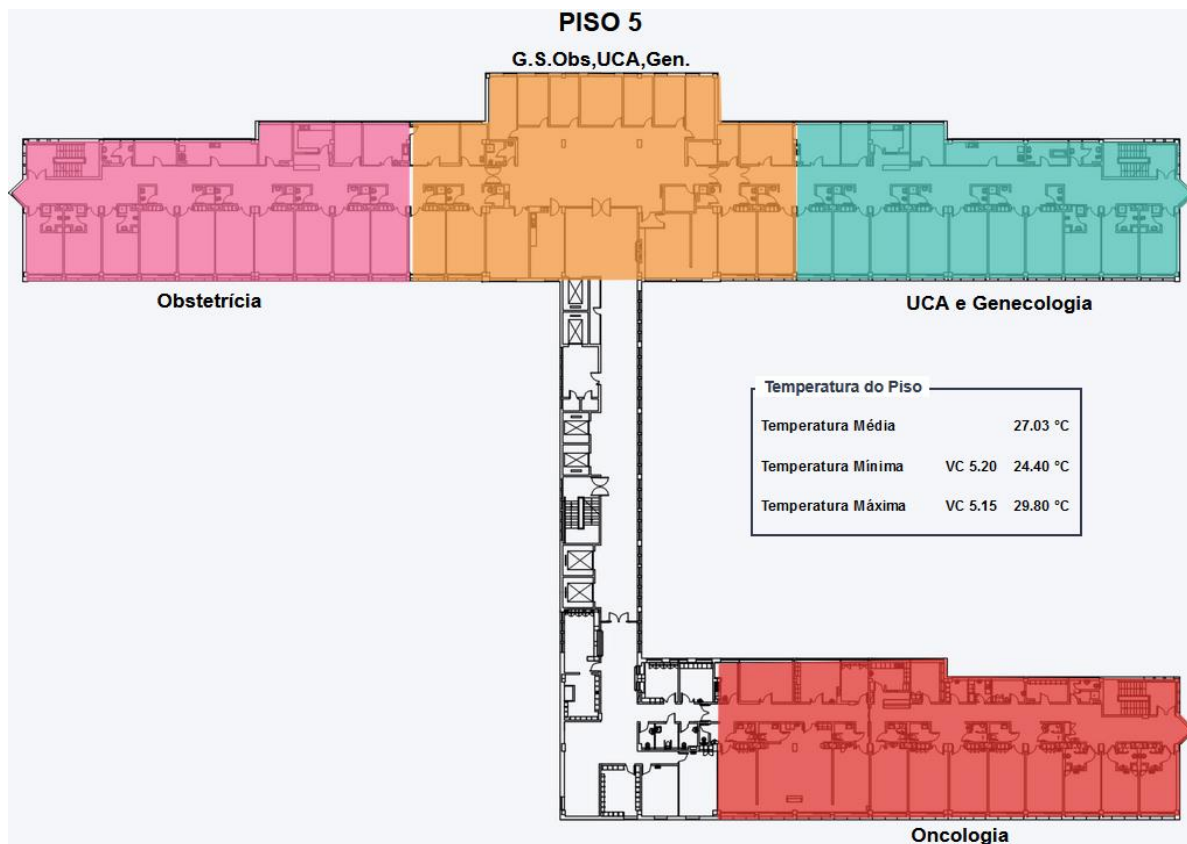


Figura 3-20. Monitorização da temperatura no piso 5 (imagem SGTC).

No sistema Solar Térmico, é monitorizado a temperatura de ida (produção) e de retorno e a energia total produzida. Se a temperatura no campo solar for superior ao SP de dissipação, é automaticamente ativado o sistema de dissipação. É apresentado na figura 3-22, imagem do SGTC, referente à monitorização da produção de energia térmica pelo sistema Solar Térmico:

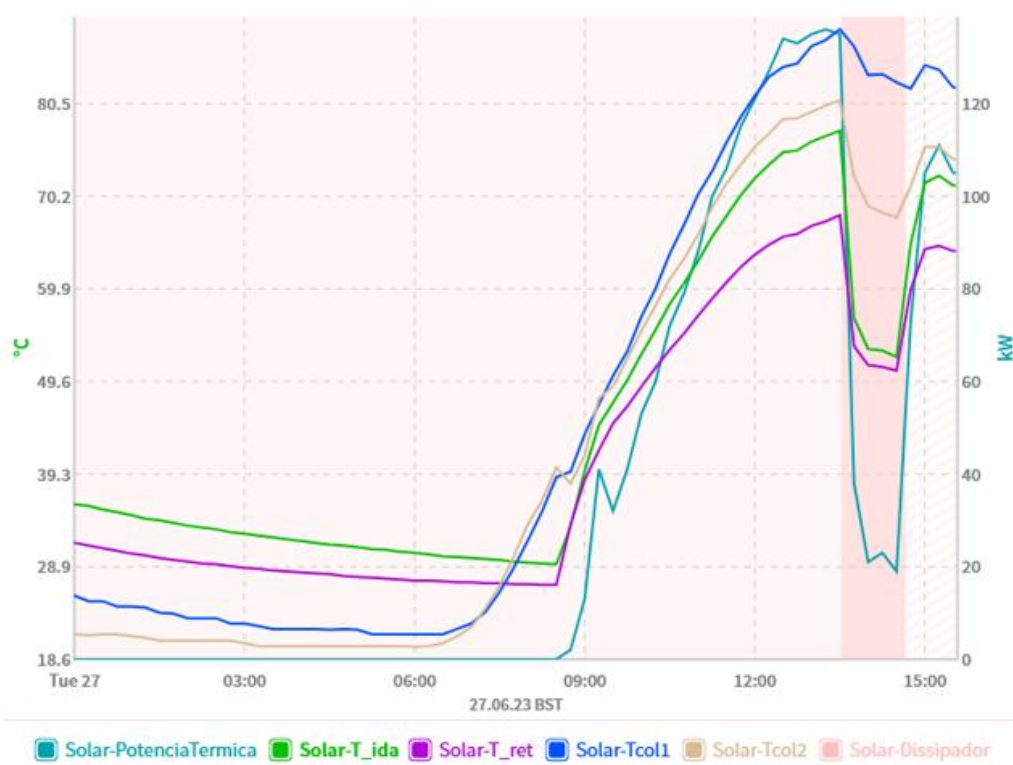


Figura 3-21. Monitorização da produção de energia térmica pelo sistema solar térmico (Imagem SGTC).

De uma forma geral, analisando o SGTC instalado no Centro Hospitalar, verifica-se que este, segundo um algoritmo de gestão de sistemas técnicos de energia, é capaz de realizar as operações a seguir descritas, em um conjunto de equipamentos num único sistema centralizado. Permitindo o controlo, a monitorização e, por conseguinte, serve como ferramenta de apoio aos trabalhos de condução e manutenção do edifício em estudo:

### 1) Monitorização do Consumo da energia elétrica

Conforme a Figura 3-23, o sistema integra analisadores de energia instalados em dois equipamentos chiller, que monitorizam em tempo real o consumo da energia elétrica. A criação de base de dados do analisador no SGTC, concede a possibilidade de analisar o consumo de energia a curto, médio prazo, visando a implementação de medidas de consumo eficiente de energia.

| CHILLER 2       |                 |                |                 |      |
|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|------|
| Histórico       |                 |                |                 |      |
| Período         | Energia Térmica | Energia Ativa  | Energia Reativa | SEER |
| Hora Actual     | 30.0 kW-hr      | 0.0 kW-hr      | 0.0 kW-hr       | -in  |
| Última Hora     | 100.0 kW-hr     | 18.0 kW-hr     | 1.0 kW-hr       | 5.6  |
| Hoje            | 870.0 kW-hr     | 148.0 kW-hr    | 8.0 kW-hr       | 5.9  |
| Ontem           | 2480.0 kW-hr    | 416.0 kW-hr    | 25.0 kW-hr      | 6.0  |
| Semana Actual   | 11360.0 kW-hr   | 1961.0 kW-hr   | 131.0 kW-hr     | 5.8  |
| Semana Anterior | 8620.0 kW-hr    | 1550.0 kW-hr   | 114.0 kW-hr     | 5.6  |
| Mês Actual      | 22810.0 kW-hr   | 4045.0 kW-hr   | 282.0 kW-hr     | 5.6  |
| Mês Anterior    | 800.0 kW-hr     | 173381.0 kW-hr | 16722.0 kW-hr   | 0.0  |
| Ano Actual      | 1087720.0 kW-hr | 364791.3 kW-hr | 35613.7 kW-hr   | 3.0  |
| Ano Anterior    | 0.0 kW-hr       | 0.0 kW-hr      | 0.0 kW-hr       | nan  |

Figura 3-22. Dados de produção e energia térmica e consumo de energia elétrica (imagem SGTC).

Dada a dimensão do sistema técnico, considera-se necessária a instalação de mais analisadores. Estes devem ser instalados em pontos estratégicos do sistema técnico.

De referir que atualmente, existem analisadores de energia de baixo custo, de fácil instalação e que oferecem recursos básicos para a monitorização de consumo energético de equipamentos que compõem um sistema técnico.

## 2) Monitorização, registo e contagem do consumo de combustíveis

As caldeiras, são os equipamentos que representam o consumo de combustível fóssil (gás natural) para a produção de AQ para os equipamentos de AVAC e para a preparação de AQS. De acordo com o apresentado na figura 3-24, os contadores instalados, permitem analisar de forma contínua o consumo de gás natural. Conforme espetável, este consumo diminui à medida que se aproximam os meses de maior insolação, pois, neste período, a produção de AQS é assegurada pelo sistema Solar Térmico.

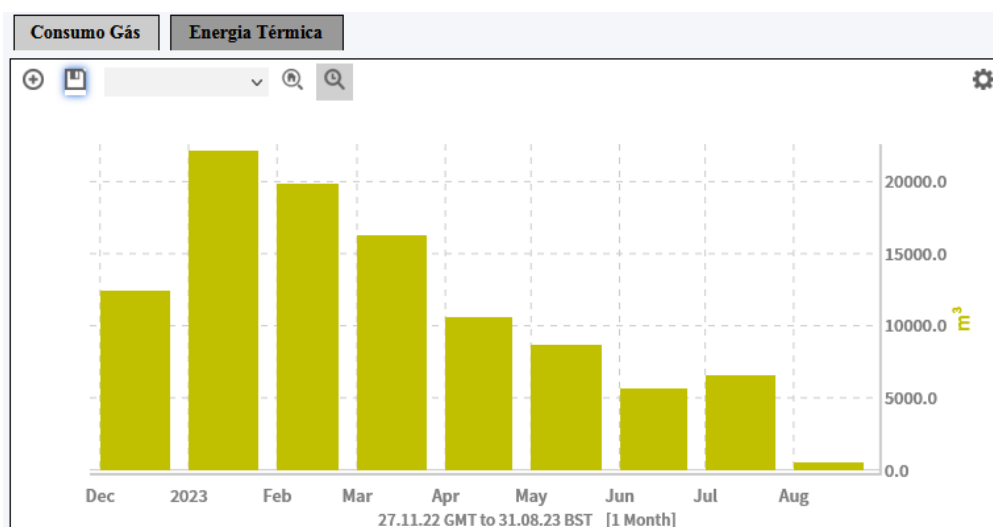


Figura 3-23. Monitorização de consumo de gás natural pelas caldeiras (imagem SGTC).

### 3) Gestão de unidades produtoras de energia térmica

Cada unidade de produção térmica, encontra-se equipado com dispositivos de comando que permitem o controlo e a monitorização local. A integração destes dispositivos de comando num único sistema, caracteriza o SGTC do sistema técnico em estudo.

No âmbito da produção térmica, é possível monitorar e parametrizar de forma remota, o funcionamento de equipamentos chiller, caldeiras, sistema Solar Térmico e todos os equipamentos que auxiliam no funcionamento destes. Nomeadamente, eletrobombas e válvulas motorizadas.

O exemplo a seguir apresentado na figura 3-16, demonstra a produção de energia térmica por parte de uma das caldeiras. O registo é referente ao dia 14 de novembro e sendo um sistema de apoio ao Solar Térmico, a maior produção acontece em períodos que sucedem o pôr do sol e antecedem o seu nascer.

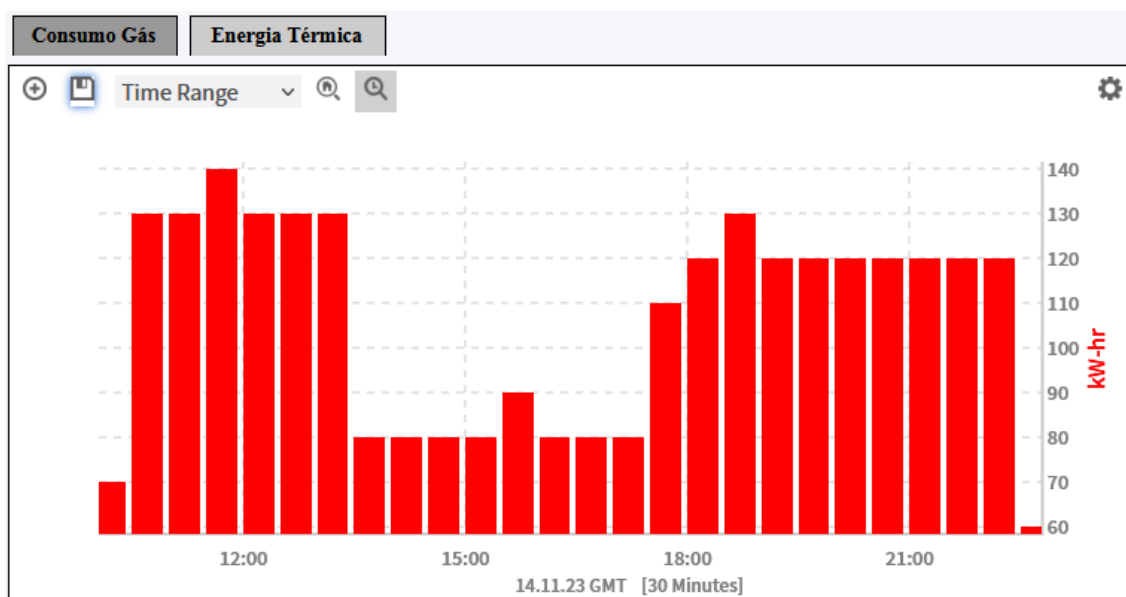


Figura 3-24. Monitorização da produção de energia térmica pelas caldeiras (imagem do SGTC).

# Conclusões

No mercado energético atual, predomina um aumento sistemático na procura de formas de energia para satisfazer as necessidades humanas, é crucial a aposta no desenvolvimento de sistemas que proporcionam melhorias económicas, sociais e ambientais. O decréscimo da utilização de fontes fósseis e o aumento da utilização de fontes renováveis, concede grandes desafios à engenharia de energia, logo um profissional deste ramo, além de possuir uma sólida formação técnica, deve estar disponível a mudanças e aperfeiçoamentos contínuos de conhecimentos.

São inúmeras as diretivas normativas que regulamentam especificações técnicas para o projeto e execução de uma instalação de AVAC, importa ressaltar que os equipamentos de AVAC, que compõem sistemas técnicos, devem ser pensados de forma a corresponder as necessidades específicas de VQAI, visando a utilização racional de energia.

Um projeto Solar Térmico, por sua vez, é pensado para suprir necessidades de consumo de AQ e/ou AQS. O projetista deste ramo, atendendo às necessidades de consumo em períodos de menor exposição solar, deve considerar sistemas que de forma combinado garantem o fornecimento. Normalmente uma instalação Solar Térmico é apoiada por tecnologias que utilizam gás natural ou eletricidade para o aquecimento da água. Na fase de execução, são valorizados aspetos técnicos que irão garantir a máxima eficiência no aquecimento da água, nomeadamente o posicionamento dos coletores, isolamento de tubagens e de depósitos de acumulação e aposta em recursos que promovem a utilização racional da energia produzida.

Relativamente ao GES em estudo, da análise à instalação, condução e manutenção dos sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico que o compõe, formaliza-se as seguintes conclusões:

- Na produção de AQ e AQS, destaca-se a versatilidade e flexibilidade da solução implementada, que combina o funcionamento de caldeiras à gás natural e painéis Solar Térmico. Tal combinação proporciona a redução no consumo de gás natural, pela aposta em caldeiras altamente eficientes e pelo aproveitamento de uma forma renovável de energia;
- Nos trabalhos de instalação de caldeiras, coletores solares e os respetivos depósitos de acumulação, destaca-se o profissionalismo de todos os envolvidos no projeto, na medida que a sinergia caldeiras - coletores solares, cumpre com os requisitos mínimos de uma instalação para a produção e distribuição de AQ e AQS;
- A produção de água refrigerada, que é dividida em várias centrais de produção, ao contrário do verificado nos sistemas de produção de AQ e AQS, necessita

de trabalhos de recuperação de pontos de perdas de energia, nomeadamente isolamento térmico. As centrais 1 e 5, não dispõem de potência para suprir na totalidade as necessidades de arrefecimento, resultando em reclamações de desconforto em espaços por estas condicionados. Poderá o Centro Hospitalar avançar para a instalação de mais equipamentos chiller, cujo a capacidade de refrigeração não deverá ser inferior à défice de potência verificada, apostar na instalação de válvulas dinâmicas reguladoras de caudal, eliminar pontos de perda de energia e reestruturar as centrais pela distribuição equilibrada da potência a suprir.

Em GES, os sistemas técnicos de AVAC e Solar Térmico, são constituídos por fontes de produção térmica (painéis, caldeiras e chiller/BC), canais de distribuição da energia (tubagens e condutas), meios de transferência de energia (termoacumuladores, UTA, UTAN, radiadores, VC, etc.) e dispositivos de controle (válvulas, sensores e demais equipamentos de campo). Contudo, para efetivar melhorias no desempenho, devem ser integrados num SACE e apostar em técnicos qualificados para os trabalhos de condução, instalação e manutenção.

Em suma, conclui-se que os trabalhos de execução das instalações de AVAC e Solar Térmico no sistema técnico do Centro Hospitalar, exigiu o cumprimento de diretivas no âmbito da eficiência energética, a fim de promover a racionalização no consumo de energia e o conforto aos ocupantes. Os trabalhos de manutenção, têm contribuído para manter o funcionamento dos equipamentos conforme indicações de fabricantes. Relativamente à condução, associar a experiência dos técnicos de manutenção à integração dos equipamentos pelo SGTC, surge como a aposta ideal para qualquer sistema técnico, na medida que o SGTC concebe bases que permitem a qualquer altura, auditar o sistema técnico e definir estratégias de melhoria, em prol de um desempenho eficiente.

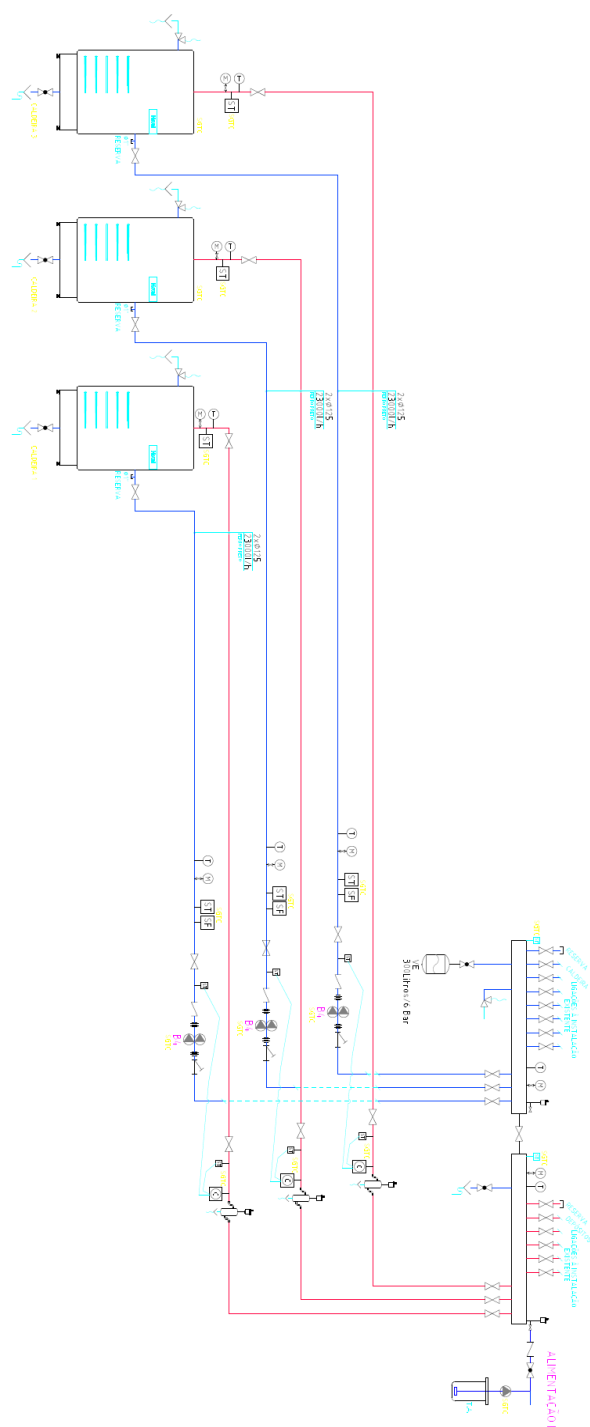
# Bibliografia

- [1] Relatório de Rede Europeia de ação climática “CAN-Europe” e ZERO – ASSOCIAÇÃO SISTEMA TERRESTRE SUSTENTÁVEL.
- [2] Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro. Requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético.
- [3] DA COSTA, Luis Joaquim Janeiro Borges Soares. Edifícios NZEB, Estudo de conversão de hotel.
- [4] ICESD - Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2020.
- [5] ConsultaLEX- Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050. Disponível em: [consultalex.gov.pt/Portal](https://consultalex.gov.pt/Portal) [Consultado a 08 de março de 2023].
- [6] 2016 ASHRAE Handbook. HVAC Systems and Equipment.
- [7] HVAC Systems Design Handbook. HVAC Engineering Fundamentals.
- [8] ROXO, Cristiana Filipa Carrasqueira. Instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC).
- [9] Unisarcondicionado. Equipamentos indicados para projetos de climatização.
- [10] SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA. Disponível em: [hvac-eng.com](https://hvac-eng.com).
- [11] Ducted VRV/VRF system. Disponível em: [reddit.com/r/HAVAC](https://reddit.com/r/HAVAC). [Consultado a 12 de abril de 2023].
- [12] ASHRAE 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- [13] prEN 15251. Indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
- [14] ANSI/ASHRAE Standard 62-2001. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- [15] Portaria n.º 138-I/ 2021. Requisitos de Energia.
- [16] Vision for 100 % renewable heating and cooling in Europe – RHC, European Technology and Innovation Platform.
- [17] Caleffi Hydronic Solution - Disponível em: [bim.caleffi.com](https://bim.caleffi.com)
- [18] MORAIS, Gabriel Schweitzer. Estudo de Medidas para Tornar um Edifício Histórico com Necessidades Energéticas Quase Nulas.
- [19] DGEG, Cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios.

- [20] Gupton Jr., Guy W. Hvac Controls Operation & Maintenance.
- [21] Goldenergy, Radiadores para aquecimento central.
- [22] Ambiente e Ação Climática. Despacho nº 6476-E2021 de 1 de julho de 2021.
- [23] Plano de eficiência eco ap CHBM 2019.
- [24] Canal Centro, Soluções em climatização e canalização. Disponível em: [canalcentro.pt](http://canalcentro.pt).
- [25] DE SOUSA, Carla Alexandra Pereira. Seleção ótima de unidades de tratamento de ar.
- [26] Guia SCE – Recolha de informação (RECS)\_V1.
- [27] ACSS. Especificações Técnicas para Instalações de AVAC, 2022.
- [28] Htgetrid, Conexão paralela de radiadores em um sistema de aquecimento de dois tubos. Disponível em: [myhome.htgetrid](http://myhome.htgetrid).
- [29] Portaria nº 17-A/2016 de 4 de fevereiro de 2016. Eficiência dos sistemas técnicos.
- [30] DGEG - Ambiente e Ação Climática. Despacho n.º 6476-H/2021.
- [31] SouthZEB, FORMAÇÃO 2016, Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union 1 American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers.
- [32] J. Callegaro, M<sup>a</sup> Claudete Gebara. Climatização – Sistemas e Equipamentos.
- [33] Cliniar. O Funcionamento de um Ar Condicionado.

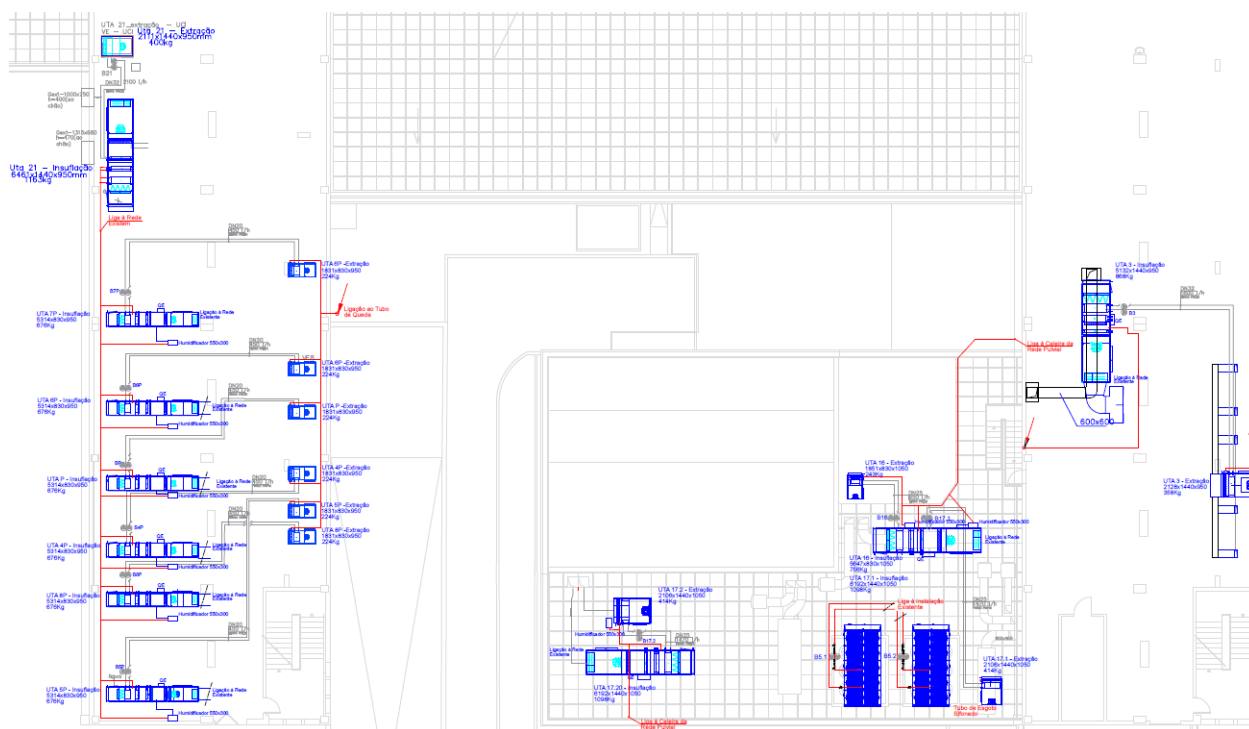
# Anexos

## Anexo I - Preparação de AQ - Caldeiras





### Anexo III - Central de Arrefecimento 1 e UTA e UTAN Agregados



## Anexo IV - Central de Arrefecimento 5 e UTA e UTAN Agregados



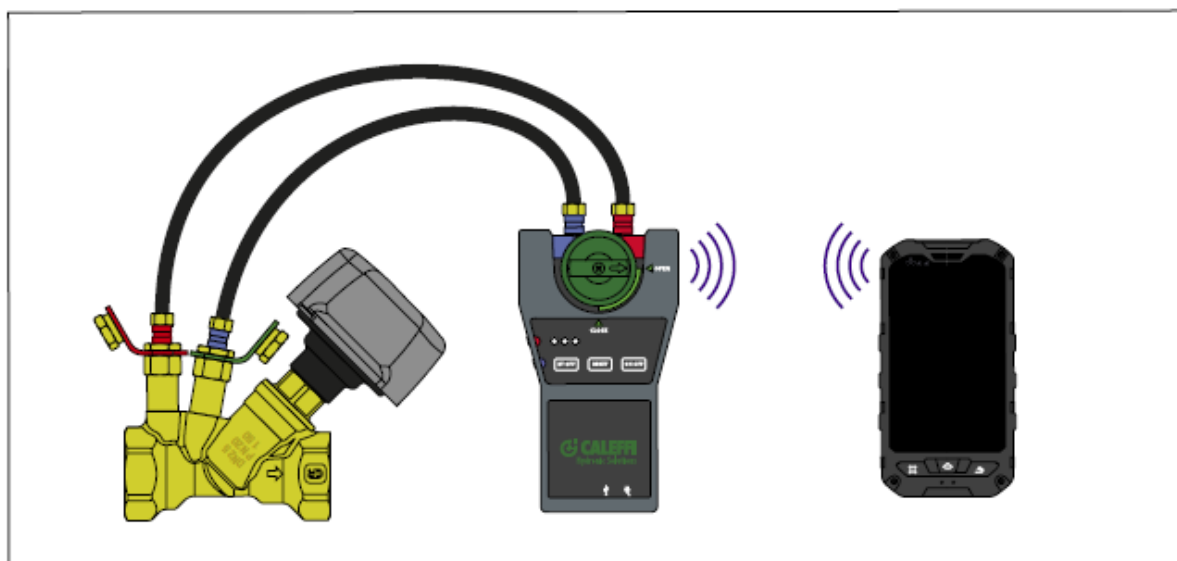
## Anexo V- Recomendações Técnicas da ACSS para AVAC de Bloco Operatório

| 1. Bloco operatório        |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartimento              | Salas de operações                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Observações                | <p>As salas de partos distócicos são, para todos os efeitos, consideradas como salas de operações.</p> <p>As UTA a utilizar devem ter filtragem final mínima ISO ePM1 <math>\geq 80\%</math>.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Parâmetros                 | Características                                                                                                                                                                                   | Observações                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Tratamento                 | UTA e ventilador de extração privativos por sala e espaços adjacentes.                                                                                                                            | <p>A UTA deve ser dotada de variador de velocidade (frequência), garantindo o caudal nominal.</p> <p>A UTA deve ter certificado de construção higiénica em conformidade com o definido no ponto 3.1.1.</p>                                                                                                                                                                                                               |
| Filtragem suplementar      | Sim; terminal; mínima H14.                                                                                                                                                                        | Filtros terminais devem dispor de pressostatos diferenciais ligados ao SACE.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Humidificação              | Sim, por vapor                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Sobrepessão/subpressão     | Sobrepessão                                                                                                                                                                                       | <p>Salas de operações e partos distócicos em sobrepessão em relação aos seus anexos, e estes em sobrepessão em relação aos restantes locais do Bloco.</p> <p>Bloco operatório, no conjunto, em sobrepessão em relação aos serviços adjacentes.</p> <p>Nas salas de operações e partos distócicos, considerar uma sobrepessão de 20 Pa, correspondente a um caudal de 20 m<sup>3</sup>/h.ml de perímetro de entradas.</p> |
| Insuflação                 | Difusores com filtragem terminal                                                                                                                                                                  | Obrigatoriamente tetos difusores, com 3,6x2,4 m, ou equivalente, com filtro terminal, em salas em que o tipo de intervenção médica os justifiquem, como por exemplo, transplantes, cardiologia, ortopedia, neurocirurgia, queimados, oftalmologia e outras de alto risco.                                                                                                                                                |
| Caudal de ar recirculado   | 20 Rec/h                                                                                                                                                                                          | Filtros (mínimo ISO coarse $\geq 60\%$ ) nas grelhas de extração inferiores (70% do caudal extraído a nível inferior e 30% a nível superior).                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Recirculação               | Sim                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Caudal de ar novo          | 100 m <sup>3</sup> /h.pessoa (600 m <sup>3</sup> /h ou 5 Ren/h, no mínimo)                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Diferencial de temperatura | Máximo 8° em frio                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Condições ambiente         | 17°C a 27 °C; 30 a 60% HR                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Anexo VI- Listagem de filtros para UTAN do Bloco Operatório

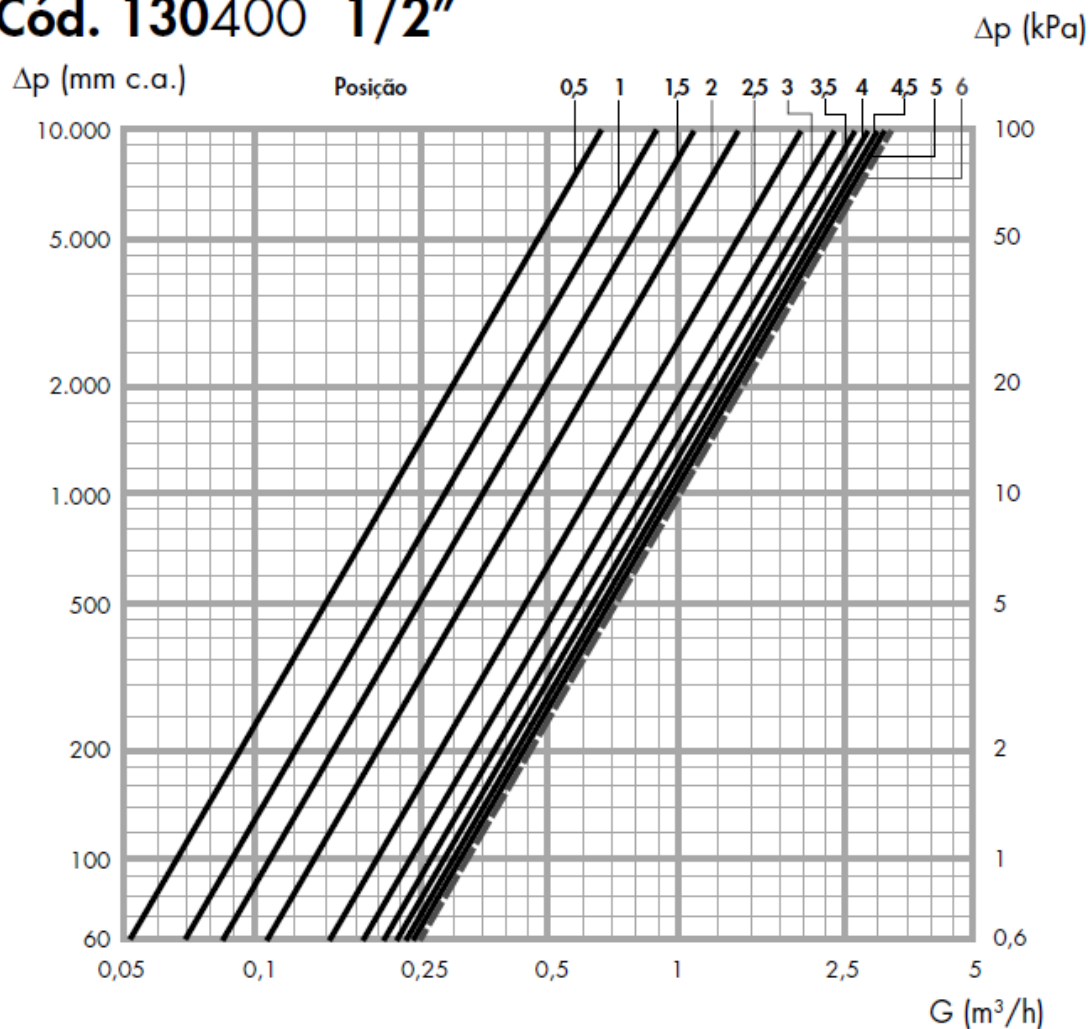
| Serviço          | Equipamento | Tipo de Filtro | Dimensão    | Quantidade | PREÇO UNIT | VALOR TOTAL (SEM IVA) |
|------------------|-------------|----------------|-------------|------------|------------|-----------------------|
| BLOCO OPERATÓRIO | UTA 1       | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 12         | 22,00 €    | 264,00 €              |
|                  |             | Saco F9        | 529x592x535 | 4          | 19,60 €    | 78,40 €               |
|                  |             | Filtro H14     | 610x610x150 | 2          | 162,00 €   | 324,00 €              |
|                  | VE 1        | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 6          | 22,00 €    | 132,00 €              |
|                  | UTA 2       | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 12         | 22,00 €    | 264,00 €              |
|                  |             | Saco F9        | 592x592x535 | 4          | 19,60 €    | 78,40 €               |
|                  |             | Filtro H14     | 610x610x150 | 2          | 162,00 €   | 324,00 €              |
|                  | VE2         | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 6          | 22,00 €    | 132,00 €              |
|                  | UTA 3       | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 12         | 22,00 €    | 264,00 €              |
|                  |             | Saco F9        | 592x592x535 | 4          | 19,60 €    | 78,40 €               |
|                  |             | Filtro H14     | 610x610x150 | 2          | 162,00 €   | 324,00 €              |
|                  | VE3         | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 6          | 22,00 €    | 132,00 €              |
|                  | UTA 4       | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 12         | 22,00 €    | 264,00 €              |
|                  |             | Saco F9        | 592x592x535 | 4          | 19,60 €    | 78,40 €               |
|                  |             | Filtro H14     | 610x610x150 | 2          | 162,00 €   | 324,00 €              |
|                  | VE4         | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 6          | 22,00 €    | 132,00 €              |
|                  | UTA 5       | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 12         | 22,00 €    | 264,00 €              |
|                  |             | Saco F9        | 592x592x535 | 4          | 19,60 €    | 78,40 €               |
|                  |             | Filtro H14     | 610x610x150 | 2          | 162,00 €   | 324,00 €              |
|                  | VE5         | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 6          | 22,00 €    | 132,00 €              |
|                  | UTA RECOBRO | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 12         | 22,00 €    | 264,00 €              |
|                  |             | Saco F9        | 592x592x535 | 4          | 19,60 €    | 78,40 €               |
|                  |             | Filtro H14     | 610x610x150 | 2          | 162,00 €   | 324,00 €              |
|                  | VE REC      | Pré-Filtro M6  | 592X592X45  | 6          | 22,00 €    | 132,00 €              |
| TOTAL            |             |                |             |            |            | <b>4 790,40 €</b>     |

**Anexo VII-** Verificação de pressão da água em válvula reguladora de fluxo (Caleffi)



**Anexo VIII-** Gráfico de regulação de fluxo em válvulas estáticas de 1/2" (Caleffi)

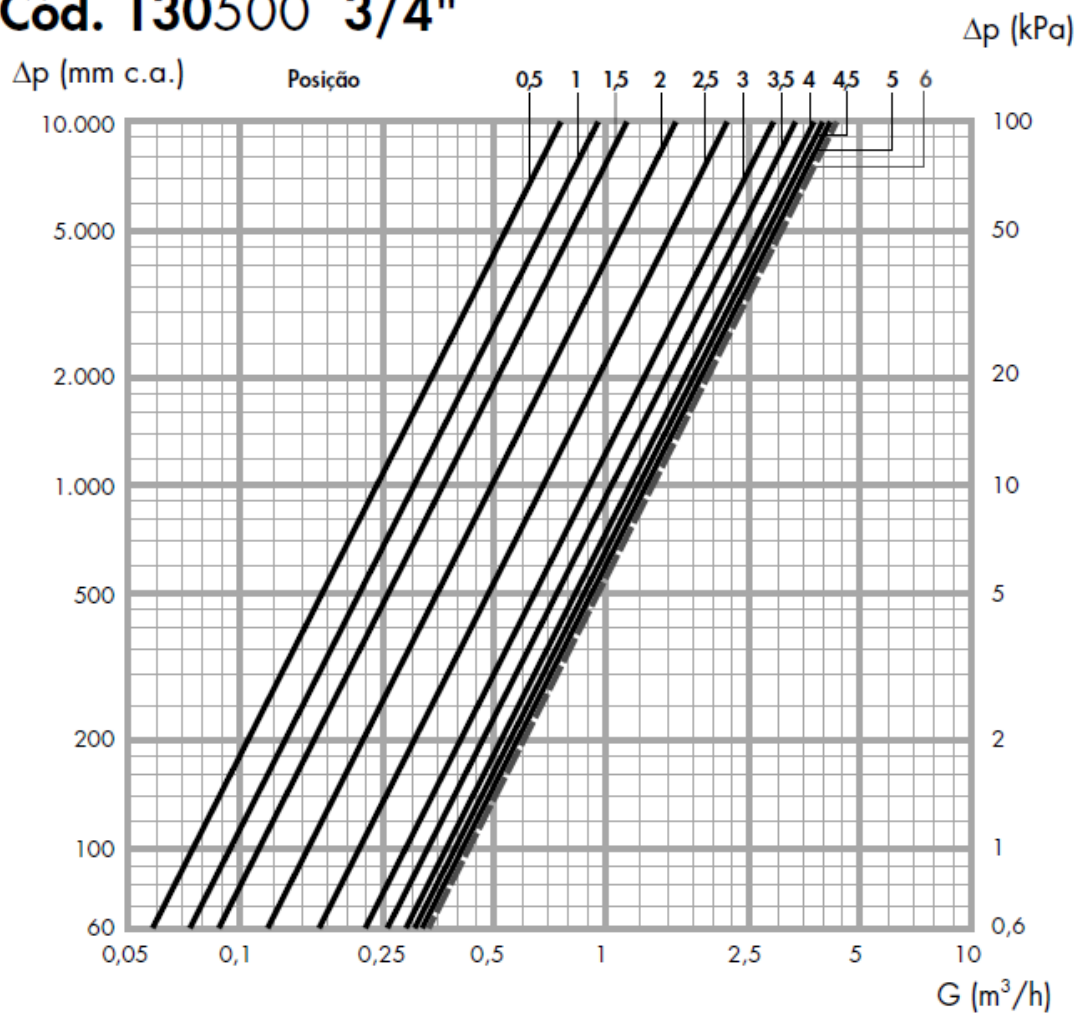
**Cód. 130400 1/2"**



| DN 15       | Posição |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Kvs  |
|-------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Medida 1/2" | 0,5     | 1    | 1,5  | 2    | 2,5  | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  | 5    | 6    |
| Kv (m³/h)   | 0,66    | 0,89 | 1,07 | 1,37 | 1,96 | 2,33 | 2,60 | 2,79 | 2,95 | 3,06 | 3,17 |

**Anexo IX- Gráfico de regulação de fluxo em válvulas estáticas de 3/4" (Caleffi)**

**Cód. 130500 3/4"**



| DN 20       | Posição |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Kvs  |
|-------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Medida 3/4" | 0,5     | 1    | 1,5  | 2    | 2,5  | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  | 5    | 6    |
| Kv (m³/h)   | 0,73    | 0,95 | 1,14 | 1,57 | 2,18 | 2,78 | 3,31 | 3,73 | 3,95 | 4,15 | 4,46 |