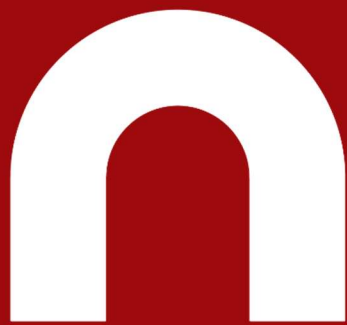




**isec**  
**Engenharia**

DEFINITIVO

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Estudo da Climatização de uma Estufa  
para a Produção de Canábis Medicinal**

Autor

**Diogo Pereira Ferreira**

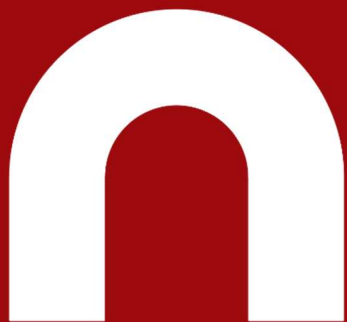
Orientador

**João Carlos Antunes Ferreira Mendes**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, abril de 2022



**isec**  
**Engenharia**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## **Estudo da Climatização de uma Estufa para a Produção de Canábis Medicinal**

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

Especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas  
Térmicos

Autor

**Diogo Pereira Ferreira**

Orientador

**João Carlos Antunes Ferreira Mendes**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, abril de 2022

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de dirigir os meus sinceros e profundos agradecimentos a todos os que contribuíram para este momento de aprendizagem. Os seus contributos foram, indubitavelmente, cruciais para o meu percurso académico.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador João Carlos Antunes Ferreira Mendes, por todo o apoio que me deu, não só pelos conselhos na elaboração deste relatório, mas também por todos os ensinamentos que partilhou comigo durante todo o meu percurso académico.

Um agradecimento a todos os elementos da empresa acolhedora. Ao Raul Ribeiro e ao Carlos Reis por terem aceitado a minha proposta de estagiar na sua empresa e por toda a confiança depositada em mim durante o estágio, e também agora como funcionário da empresa. Aos engenheiros do departamento técnico, Jorge Melo, Rui Isidoro, Sérgio Carvalho e Válder Calvário que estiveram sempre disponíveis para me ensinar e auxiliar, fizeram-me sentir parte da equipa e depositaram bastante confiança em mim. Um obrigado também aos técnicos Bruno Barreiras e ao Luís Mota, com quem tive oportunidade de passar alguns meses durante o estágio, e que sempre foram incansáveis a transmitirem-me os seus ensinamentos.

Por último expresso o meu mais profundo agradecimento à minha família, nomeadamente, à minha namorada que esteve presente nos piores e melhores momentos, aos meus amigos por me apoiarem sempre, ao meu irmão pelo acompanhamento de uma vida inteira, e por último aos meus pais que tornaram tudo possível, a vocês dedico todo o meu esforço e trabalho, sem vocês não teria conseguido.

Espero um dia conseguir retribuir todo o vosso apoio incondicional, e que esta etapa seja um passo nessa direção.

## RESUMO

O presente documento constitui o relatório de estágio curricular realizado pelo aluno no segundo ano do mestrado em engenharia mecânica na área de especialização em Projeto Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O estágio foi realizado na Fluxoterm – Climatização, Lda. e teve a duração de 7 meses, de outubro de 2020 a maio de 2021.

O aluno teve a oportunidade de ser introduzido a diversas áreas lecionadas durante o mestrado e a licenciatura em engenharia mecânica, tanto na vertente mais prática, na manutenção e assistência técnica, como na vertente mais teórica, no departamento técnico da Fluxoterm. Em ambas as vertentes o aluno contou com a orientação profissional e pedagógica de vários colaboradores da empresa como canalizadores, técnicos, engenheiros e gestores da empresa.

Ao longo do documento são relatadas diversas atividades realizadas pelo aluno durante o estágio. Os primeiros capítulos focam-se na apresentação da empresa e nas atividades realizadas, de um modo geral, durante os 7 meses de estágio. O último capítulo é o mais relevante, aprofundando a vertente de projeto onde o aluno esteve maioritariamente inserido.

Foi desenvolvido um projeto preliminar de uma estufa para climatização de canábis medicinal, onde o aluno teve oportunidade de aprofundar os seus conhecimentos em diversas áreas para além da climatização, mas que afetam diretamente esta. Como por exemplo o cultivo da planta, os vários tipos de irrigação e também qual a melhor iluminação para aumentar a produtividade do produto.

**Palavras-Chave:** AVAC, Irrigação, Climatização, Projeto, Manutenção.

## **ABSTRACT**

This document refers to the curricular internship report carried out by the student, in the second year of the master's degree in mechanical engineering, in the area of specialization in Project Installation and Maintenance of Thermal Systems, at the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). The internship was held at Fluxoterm – Climatização, Lda. and lasted for 7 months, from October 2020 to May 2021.

The student had the opportunity to be introduced to several areas taught during the Master's and Degree in Mechanical Engineering, passing through the practical strand, in maintenance and technical assistance, and also through theoretical strand, in Fluxoterm's technical department. In both strands the student had the professional and pedagogical guidance of several company employees such as plumbers, technicians, engineers and company managers.

Throughout this document, various activities performed by the student during the internship are reported. The first chapters focus on the presentation of the company and the activities carried out, in a general and introductory way, during the 7 months. The last chapter is the most relevant, deepening the project aspect where the student was mostly inserted.

A preliminary project of a greenhouse for climatization of medical cannabis was developed, The student had the opportunity to deepen their knowledge in several areas besides acclimatization, such as the cultivation of the plant, the various types of irrigation and also the best lighting to increase the productivity of the product.

**Keywords:** HVAC, Irrigation, Climatization, Design, Maintenance.

## ÍNDICE

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução.....                                                                    | 1  |
| 1.1. Âmbito .....                                                                     | 1  |
| 1.2. Objetivos .....                                                                  | 1  |
| 1.3. Planos de trabalho.....                                                          | 2  |
| 1.4. Apresentação da empresa .....                                                    | 3  |
| 2. Trabalhos realizados durante o estágio.....                                        | 5  |
| 2.1. Manutenção e assistência técnica.....                                            | 5  |
| 2.2. Inventário.....                                                                  | 8  |
| 2.3. Orçamentação.....                                                                | 9  |
| 2.4. Instalação de equipamentos.....                                                  | 10 |
| 2.5. Melhoria de eficiência energética .....                                          | 12 |
| 2.5.1. Descrição do edifício e sistemas existentes.....                               | 13 |
| 2.5.2. Análise e diagnóstico à instalação .....                                       | 15 |
| 2.5.3. Proposta de melhoria .....                                                     | 19 |
| 2.5.4. Potencial de poupança da substituição das caldeiras.....                       | 24 |
| 2.5.5. Potencial de poupança da substituição dos circuladores da central térmica..... | 25 |
| 2.5.6. Custos vs payback .....                                                        | 27 |
| 2.6. Projeto .....                                                                    | 29 |
| 3. Projeto preliminar de climatização para produção de canábis.....                   | 31 |
| 3.1. Introdução ao tema.....                                                          | 31 |
| 3.2. Construção civil .....                                                           | 32 |
| 3.3. Estantes para suporte das culturas (rack) .....                                  | 33 |
| 3.4. Equipamentos.....                                                                | 35 |
| 3.5. Iluminação .....                                                                 | 36 |
| 3.6. Sistema de irrigação.....                                                        | 37 |
| 3.6.1. Controlo.....                                                                  | 37 |
| 3.6.2. Requisitos .....                                                               | 37 |
| 3.6.3. Tubagem .....                                                                  | 38 |
| 3.6.4. Electroválvulas e válvulas manuais.....                                        | 39 |
| 3.6.5. Depósitos e cubas.....                                                         | 39 |

|         |                                                         |    |
|---------|---------------------------------------------------------|----|
| 3.6.6.  | Circulador, bombas doseadoras e grupo hidropressor..... | 41 |
| 3.6.7.  | Filtros .....                                           | 42 |
| 3.6.8.  | Osmose inversa .....                                    | 42 |
| 3.7.    | Cargas térmicas .....                                   | 44 |
| 3.7.1.  | Dados climáticos .....                                  | 44 |
| 3.7.2.  | Condições interiores.....                               | 44 |
| 3.7.3.  | Cálculo (arrefecimento) .....                           | 44 |
| 3.8.    | Potência de aquecimento .....                           | 49 |
| 3.9.    | Climatização .....                                      | 50 |
| 3.9.1.  | Solução adotada .....                                   | 50 |
| 3.9.2.  | Layout do sistema .....                                 | 50 |
| 3.9.3.  | Chillers .....                                          | 51 |
| 3.9.4.  | Circuladores .....                                      | 54 |
| 3.9.5.  | Unidades de tratamento de ar (zonas de produção) .....  | 54 |
| 3.9.6.  | Tubagem e válvulas .....                                | 55 |
| 3.9.7.  | Conduitas.....                                          | 56 |
| 3.9.8.  | Depósitos de inércia e vasos de expansão .....          | 58 |
| 3.10.   | Espaços comuns.....                                     | 59 |
| 3.10.1. | Ar condicionado .....                                   | 59 |
| 3.10.2. | Renovação de ar.....                                    | 60 |
| 3.11.   | Sala de secagem .....                                   | 62 |
| 3.12.   | Instalação elétrica .....                               | 65 |
| 3.13.   | Sistema de controlo.....                                | 66 |
| 4.      | CONCLUSÃO .....                                         | 69 |
|         | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                        | 71 |
|         | ANEXOS .....                                            | 73 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Instalações da Fluxoterm - Climatização, Lda .....                        | 3  |
| Figura 2 - Custos de manutenção vs custos de falhas (Mirshawwa & Olmedo, 1993) ..    | 5  |
| Figura 3 - Chiller congelado .....                                                   | 6  |
| Figura 4 – Detecção e reparação de fugas .....                                       | 7  |
| Figura 5 - Fluxograma de orçamentação .....                                          | 10 |
| Figura 6 – Instalação de redes hidráulicas e de AC numa moradia em Cascais.....      | 11 |
| Figura 7 – Instalação de painéis solares térmicos num hotel em Fátima .....          | 11 |
| Figura 8 - Instalação de AC.....                                                     | 12 |
| Figura 9 - Substituição de caldeira .....                                            | 12 |
| Figura 10 - Central térmica das Piscinas Municipais de Caxarias.....                 | 13 |
| Figura 11 - Circuladores.....                                                        | 14 |
| Figura 12 - Caldeiras de chão a gás .....                                            | 14 |
| Figura 13 - Quadros elétricos.....                                                   | 14 |
| Figura 14 - Unidade de tratamento de ar .....                                        | 14 |
| Figura 15 - Depósitos de acumulação.....                                             | 15 |
| Figura 16 - Desumidificador .....                                                    | 15 |
| Figura 17 - Chapa característica dos desumidificadores 1 e 2.....                    | 16 |
| Figura 18 - Ventilador de extração de ar .....                                       | 17 |
| Figura 19 - Indícios de fuga do fluido refrigerante na tubagem do circuito.....      | 17 |
| Figura 20 - Controlador de humidade relativa .....                                   | 17 |
| Figura 21 - Válvula de expansão.....                                                 | 18 |
| Figura 22 - Grupo térmico com 1 dos módulos em avaria.....                           | 18 |
| Figura 23 - Isolamento danificado .....                                              | 19 |
| Figura 24 - Controlo atual.....                                                      | 19 |
| Figura 25 - Caldeira convencional vs caldeira de condensação (P. Energia, 2021)..... | 20 |
| Figura 26 - Circulador "Grundfos" (P. S. Grundfos, 2021).....                        | 20 |
| Figura 27 - Interface para controlo (D. Controls, 2021).....                         | 22 |
| Figura 28 - Programa para GTC tipo.....                                              | 22 |
| Figura 29 - Exemplo de controlo de central térmica por programa de GTC .....         | 23 |
| Figura 30 - Quadros elétricos "tipo".....                                            | 23 |
| Figura 31 - Painel sandwich .....                                                    | 32 |
| Figura 32 – “Elevate Catwalk Platform System” (P. Horticulture, 2021).....           | 34 |
| Figura 33 – Racks (P. Horticulture, 2021) .....                                      | 35 |
| Figura 34 – Ventiladores (V.A. Solutions, 2021).....                                 | 35 |
| Figura 35 - Pleno microperfurado (V.A. Solutions, 2021) .....                        | 36 |
| Figura 36 - Iluminação LED (Fluence, 2021).....                                      | 36 |
| Figura 37 - Mangueiras flexíveis (P. Horticulture, 2021) .....                       | 39 |
| Figura 38 - Electroválvulas e válvulas manuais.....                                  | 39 |
| Figura 39 – Depósitos (B. Liz, 2021) .....                                           | 40 |
| Figura 40 – Cubas.....                                                               | 40 |
| Figura 41 - Bomba submersível (P. S. Grundfos, 2021).....                            | 41 |



|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 42 - Grupo hidropressor (P. S. Grundfos, 2021) .....               | 41 |
| Figura 43 – Filtros .....                                                 | 42 |
| Figura 44 - Processo de osmose inversa (F. W. Systems, 2021).....         | 43 |
| Figura 45 - Sistema de osmose inversa (Aquaquímica, 2021) .....           | 43 |
| Figura 46 - Folha de cálculo parte 1 .....                                | 45 |
| Figura 47 - Folha de cálculo parte 2.....                                 | 45 |
| Figura 48 - Folha de cálculo parte 3.....                                 | 45 |
| Figura 49 - Características dos ventiladores (V.A. Solutions, 2021) ..... | 46 |
| Figura 50 - Carga térmica floração.....                                   | 48 |
| Figura 51 - Carga térmica vegetativo .....                                | 48 |
| Figura 52 - Carga térmica maternidade.....                                | 49 |
| Figura 53 – Chiller (BlueBox, 2021) .....                                 | 51 |
| Figura 54 - Modo de arrefecimento (BlueBox, 2021).....                    | 52 |
| Figura 55 - Modo de aquecimento (BlueBox, 2021) .....                     | 53 |
| Figura 56 – Modo de recuperação (BlueBox, 2021).....                      | 53 |
| Figura 57 – Circulador (P. S. Grundfos, 2021) .....                       | 54 |
| Figura 58 - Unidade de tratamento de ar (Arfit, 2021).....                | 54 |
| Figura 59 - Tubagem PPR (Aquatherm, 2021).....                            | 56 |
| Figura 60 - Conduitas de ventilação.....                                  | 56 |
| Figura 61 - Desenho de conduitas em AutoCAD .....                         | 57 |
| Figura 62 - Depósito de inércia (Relopa, 2021).....                       | 58 |
| Figura 63 - Unidade interior e exterior (Daikin, 2021).....               | 59 |
| Figura 64 - Recuperador de calor (Arfit, 2021).....                       | 60 |
| Figura 65 – Grelhas (F. Air, 2021).....                                   | 61 |
| Figura 66 - Válvula de extração (F. Air, 2021).....                       | 61 |
| Figura 67 - Ventilador de extração (F. Air, 2021) .....                   | 62 |
| Figura 68 – Desumidificador (Munters, 2021) .....                         | 64 |
| Figura 69 - Bomba de calor (BlueBox, 2021) .....                          | 65 |
| Figura 70 - Sistema de controlo .....                                     | 67 |
| Figura 71 - Análise detalhada na interface de controlo .....              | 67 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Diversas fases do estágio .....                                | 2  |
| Tabela 2 - Fatura de gás no ano 2017 .....                                | 24 |
| Tabela 3 - Fatura de eletricidade no ano 2017 .....                       | 26 |
| Tabela 4 - Relação consumo de circuladores existentes com propostos ..... | 26 |
| Tabela 5 - Potência elétrica de circuladores atuais e propostos .....     | 27 |
| Tabela 6 - Custos associados aos equipamentos .....                       | 28 |
| Tabela 7 - Potência da iluminação, kW (Fluence, 2021) .....               | 47 |
| Tabela 8 - Potência de iluminação, BTU/h (Fluence, 2021) .....            | 47 |
| Tabela 9 - Unidades interiores e exteriores de AC .....                   | 59 |
| Tabela 10 - Dimensões das grelhas para espaços comuns .....               | 61 |

## **SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS**

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

PIMST – Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos

ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

PMP – Plano de Manutenção Preventiva

AQS – Águas Quentes Sanitárias

PID – Proporcional, Integral e Derivativo

PCI – Poder Calorífico Inferior

VRV – Volume de Refrigerante Variável

LED – “Light-Emitting Diode”

PUR – Poliuretano

RAL – “Reichs-Ausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung”

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

pH – Potencial de Hidrogénio

EC – Condutividade Elétrica

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UV – Ultravioleta

PVC - Policloreto de Vinila

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

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

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ITE – Isolamento Térmico de Edifícios

ISO – “International Organization for Standardization”

DIN - “Deutsches Institut für Normung”

GTC – Gestão Técnica Centralizada

PPR – Polipropileno Copolímero Random

SMACNA – “Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association”

IP – Índice de Proteção

PLC – “Programmable Logic Control”

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

PT – Posto de Transformação

GSM – “Global System for Mobile”

CDI – Central de Detecção de Incêndios

CCT – “Closed Circuit Television”

SADIR – Sistema Automático de Detecção de Intrusão e Roubo

## **1. Introdução**

### **1.1. Âmbito**

A Fluxoterm – Climatização, Lda. é uma empresa que aposta fortemente na formação dos seus funcionários, aumentando constantemente as competências e aptidões dos mesmos, acompanhando assim a evolução do mercado em que se encontra inserida.

O aluno resolveu colaborar com esta entidade acolhedora no âmbito do estágio do mestrado em Engenharia Mecânica, procurando assim aumentar as suas competências e facilitar a sua entrada no mercado de trabalho.

A empresa intervém em diversas áreas abordadas ao longo do curso de mestrado de Engenharia Mecânica, nas vertentes de: Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos. O estágio realizado permitiu aprofundar os conhecimentos adquiridos em diversas unidades curriculares da licenciatura e do mestrado, destacando-se:

- Projetar e dimensionar sistemas AVAC, condutas de ventilação e redes hidráulicas;
- Aplicar e aprofundar os conhecimentos adquiridos em Desenho Computacional, recorrendo nomeadamente ao uso do programa AutoCAD;
- A instalação e manutenção de sistemas AVAC, condutas de ventilação e redes hidráulicas;
- Soldadura de tubagens e acessórios;
- Propriedades de diversos materiais e suas aplicações;
- Aprofundar noções de eletricidade e de controlo de sistemas, aplicando-as a situações reais no decorrer do estágio;
- Contacto direto com diversos equipamentos AVAC.

### **1.2. Objetivos**

Este relatório é elaborado no âmbito do estágio curricular, tendo como objetivo a conclusão do Mestrado em Engenharia Mecânica com especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistema Térmicos (PIMST), do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC).

Pretende-se descrever as principais atividades realizadas durante os 7 meses de estágio na Fluxoterm – Climatização, Lda. A prática diária permitiu o contacto com variados temas procurando-se, sempre que possível, relacioná-los com os conceitos teóricos abordados nas unidades curriculares do mestrado, com especial destaque para os sistemas de AVAC.

### 1.3. Planos de trabalho

O aluno no decorrer do estágio teve a oportunidade de participar e colaborar em diversas áreas do quotidiano da empresa, possibilitando a compreensão de todo o seu funcionamento e da logística implicada nesta área da engenharia, intervindo um pouco em todas as engrenagens do mecanismo que forma uma empresa competente, e assim compreender qual o seu papel no mercado de trabalho.

Como tal o estágio foi dividido em diversas fases, nomeadamente:

- Fase 1 – Integração na empresa e participação em diversas atividades
- Fase 2 – Manutenção e Assistência técnica
- Fase 3 – Participação no inventário
- Fase 4 – Instalação de equipamentos AVAC, condutas de ventilação e redes hidráulicas
- Fase 5 – Orçamentação
- Fase 6 – Projeto

**Tabela 1 - Diversas fases do estágio**

| Fases  | Mês | Out. | Nov. | Dez. | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Maio |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Fase 1 |     | x    |      |      |      |      |      |       |      |
| Fase 2 |     | x    | x    | x    | x    |      |      |       |      |
| Fase 3 |     |      |      | x    |      |      |      |       |      |
| Fase 4 |     |      |      | x    | x    | x    |      |       |      |
| Fase 5 |     |      |      |      | x    | x    | x    | x     |      |
| Fase 6 |     |      |      |      |      | x    | x    | x     | x    |

#### 1.4. Apresentação da empresa

A Fluxoterm – Climatização, Lda é uma empresa, sediada na Caranguejeira – Leiria (Figura 1), dedicada à prestação de serviços na área da climatização e das redes hidráulicas.

Foi fundada em 2001 e tem vindo a crescer desde então de forma sustentada, como resultado das políticas adotadas, tentando garantir sempre a qualidade dos serviços prestado e investindo adequadamente de modo a dar resposta às necessidades dos clientes e da empresa.



**Figura 1 - Instalações da Fluxoterm - Climatização, Lda**

A estratégia da empresa pressupõe objetivos definidos anualmente, considerando as oportunidades, os recursos disponíveis e o ajuste à realidade do mercado sempre que necessário, adaptando-se assim às mudanças. Mudanças essas que se refletem na sua visão sempre posta no futuro, nomeadamente na aposta nas energias renováveis, especialmente na energia solar térmica.

A qualidade garantida pela experiência e “*know-how*” adquiridos pelos sócios fundadores e equipa técnica confere à Fluxoterm – Climatização, Lda aptidões para apresentar e recomendar soluções de Sistemas de Climatização adequadas a qualquer situação.





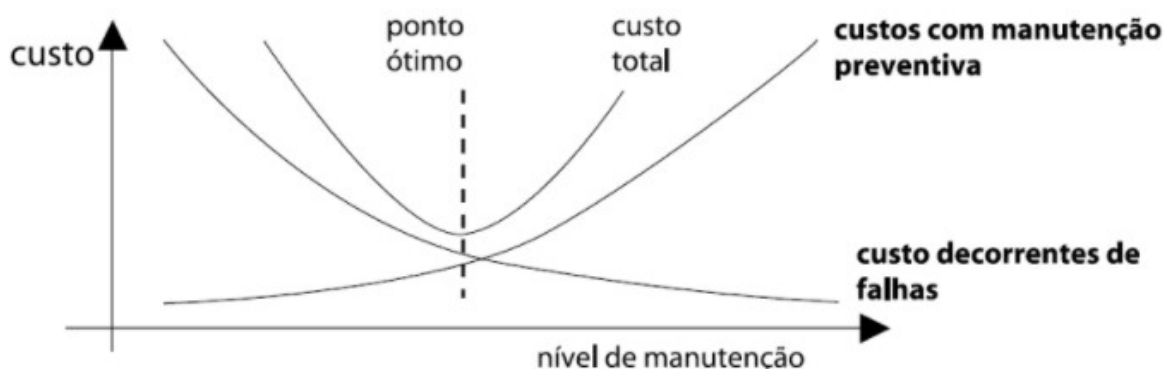
## 2. Trabalhos realizados durante o estágio

### 2.1. Manutenção e assistência técnica

A manutenção é parte vital no que toca à durabilidade dos equipamentos. Negligenciar a manutenção preventiva pode significar repercussões bem mais dispendiosas do que o valor que teria sido investido em manutenção. Esta negligência pode levar à avaria de equipamentos cruciais para o bom funcionamento dos sistemas e também afetar bastante a eficiência dos mesmos.

Como tal, é traçado um PMP (Plano de Manutenção Preventiva) que, como o nome indica, previne consequências graves, detetando e atuando o mais rápido possível no foco do problema.

Na figura 2 pode-se visualizar o ponto ideal entre os custos com manutenção preventiva e os custos decorrentes de falhas.



**Figura 2 - Custos de manutenção vs custos de falhas (Mirshawa & Olmedo, 1993)**

O aluno teve oportunidade de realizar várias tarefas inseridas na vertente da manutenção e da assistência técnica, desde tarefas simples como a substituição de filtros a tarefas mais complexas e delicadas como a substituição de componentes de uma caldeira de condensação. O mais estimulante para o aluno nestas tarefas foi o desafio diário de diagnosticar o problema e encontrar soluções o mais breve possível pois, muitas vezes, as avarias encontradas afetam bastante o bom funcionamento das empresas contratantes dos nossos serviços.

Um exemplo prático da urgência envolvida em alguns pedidos de assistência técnica foi uma avaria num dos chillers de um lar de idosos em Fátima que pôs em causa a climatização do edifício numa semana onde a temperatura do ar exterior atingiu um mínimo de -5 °C.

Após visita ao local verificámos que o chiller se encontrava congelado como é possível visualizar na figura 3.



**Figura 3 - Chiller congelado**

Após breve análise do equipamento percebeu-se que o problema provinha do ciclo de descongelação deficiente e que, com a agravante das intempéries, resultou em avaria do chiller. Por exclusão de partes e por tentativa erro chegou-se à origem do problema, um mau contacto de um fio no quadro elétrico que evitava que o chiller iniciasse o ciclo de descongelação. Após diagnosticar o problema e definir a solução procedeu-se à reparação do equipamento.

Após completar a manutenção ou assistência técnica a um cliente, o técnico preenche o relatório das intervenções efetuadas que será reencaminhado para o departamento de engenharia e, à posteriori, enviado para o cliente. O mesmo se aplica às fichas Centerm, que a legislação em vigor obriga a preencher após intervenções relacionadas com gases refrigerantes, como pesquisas de fugas.

Uma das avarias mais frequentes em equipamentos AVAC são precisamente as fugas de fluído frigorigéneo. Estas requerem especial atenção, não só por serem responsáveis pela perda de eficiência dos equipamentos, mas também pelo elevado impacte ambiental envolvido. Daí existirem regras precisas para o manuseamento destes gases, podendo este apenas ser realizado por empresas e técnicos certificados.

#### **Procedimento típico numa reparação de fuga:**

- 1 - Verificar se há sintomas de fuga

O primeiro procedimento é verificar se o equipamento apresenta algum sintoma típico de fuga de gás. Um dos sintomas mais frequentes é a perda de eficiência, como foi

referido anteriormente, mas o equipamento pode apresentar outros sintomas como por exemplo manchas de óleo na tubagem ou uma leitura de pressões invulgares nas diferentes linhas do ciclo de refrigeração.

## 2 – Retirar o gás do equipamento

Com o auxílio de um compressor deverá ser retirado o gás restante do equipamento e das linhas de tubagem para uma botija vazia até que este fique completamente sem gás. Posteriormente, com recurso a uma balança, e depois de tarar o peso da botija vazia, pesa-se a botija com o gás retirado do equipamento. Assim, sabendo a quantidade de gás que o equipamento leva e caso o peso indicado na balança for menor confirma-se a suspeita de perda de gás refrigerante.

## 3 - Detetar a fuga

Para detetar a fuga é necessário primeiro inserir azoto na tubagem do equipamento para que esta fique sob pressão.

De seguida o método mais comum e menos dispendioso de detetar uma fuga é pulverizando a tubagem do equipamento com uma mistura de água e sabão (sabonária), começando pelos pontos mais críticos, como as soldaduras. Se existir de facto uma fuga esta será revelada quando a mistura pulverizada fizer espuma conforme se pode verificar na figura 4.



**Figura 4 – Detecção e reparação de fugas**

## 4 - Reparação da fuga

Para reparar a fuga, sabendo onde esta se localiza, procede-se à soldadura da tubagem em cobre.

## 5 – Verificação

De modo a verificar se a reparação foi devidamente executada e existe estanquidade no sistema volta-se a colocar azoto na tubagem do equipamento, e com auxílio de um manómetro verifica-se se existe perda de pressão com o decorrer do tempo.

## 6 - Colocar o gás no equipamento

Se não existir perda de pressão é sinal de que a fuga foi devidamente reparada e, como tal, pode ser novamente inserido gás no equipamento, na quantidade estipulada pelo fabricante, após ser retirado todo o ar do sistema com o auxílio de uma bomba de vácuo.

Além da vertente mais prática da manutenção e da assistência técnica o aluno auxiliou também o engenheiro responsável por esta área em diversos assuntos. Desde a realização de relatórios de manutenção, a pedidos de cotação a fornecedores de equipamentos avariados e, posteriormente, envio de orçamento a clientes, até a questões mais burocráticas relacionadas com a gestão de contratos de manutenção. Por exemplo inserir todos os dados revelantes no PHC, um programa de gestão, de modo que fique tudo bem documentado e devidamente organizado. A organização é bastante crucial para o bom funcionamento do departamento técnico e para a gestão da empresa.

## 2.2. Inventário

As instalações da Fluxoterm permitem armazenar uma considerável quantidade de equipamentos, peças e ferramentas. Deste modo é possível dar uma resposta mais rápida e eficiente às necessidades em obra. Em stock pode-se verificar uma vasta e diversa gama de peças e equipamentos, desde peças bastante utilizadas no quotidiano da empresa, como pequenos parafusos de todo o tipo, até grandes equipamentos, como Unidades de Tratamento de Ar, ventiladores, painéis solares, entre outros.

De modo a manter a organização e logística no armazém da empresa é necessário verificar a quantidade dos stocks dos materiais, e como tal é realizado um inventário anualmente. O inventário é a contagem física dos elementos em stock no armazém. Isto permite avaliar eventuais falhas no registo informático do stock. Estas falhas são comuns quando se trata de uma empresa com peças armazenadas e elevada rotatividade de stock. Por vezes, a contabilização de materiais utilizados em obra é imprecisa e eventualmente existe também a possibilidade de alguns equipamentos se deteriorarem por alguma razão.

Estas pequenas imprecisões podem provocar uma discrepância bastante dispendiosa entre o stock real e o stock em registo informático quando, analisado num prisma

anual, já que contamos com uma rotatividade de peças em stock na ordem dos milhares.

O armazém encontra-se dividido em diversas secções que separam as diversas famílias de produtos. As peças encontram-se separadas por família e tipo de material, e ordenadas por tamanhos. Assim, com uma boa organização torna-se mais fácil a realização do inventário.

Para otimizar o tempo dedicado a esta tarefa, é delineada uma equipa e posteriormente são distribuídas tarefas pelos diversos colaboradores, sendo por norma atribuída uma família de produtos a cada elemento. Quando termina a contabilização de uma família de produtos é atribuída outra ao elemento em questão e assim sucessivamente até terminar o inventário.

A participação no inventário permitiu ao aluno aprender a nomenclatura das diversas peças utilizadas nesta área da engenharia, os diferentes tipos de materiais, a sua aplicabilidade e ainda também toda a logística implícita no stock de produtos.

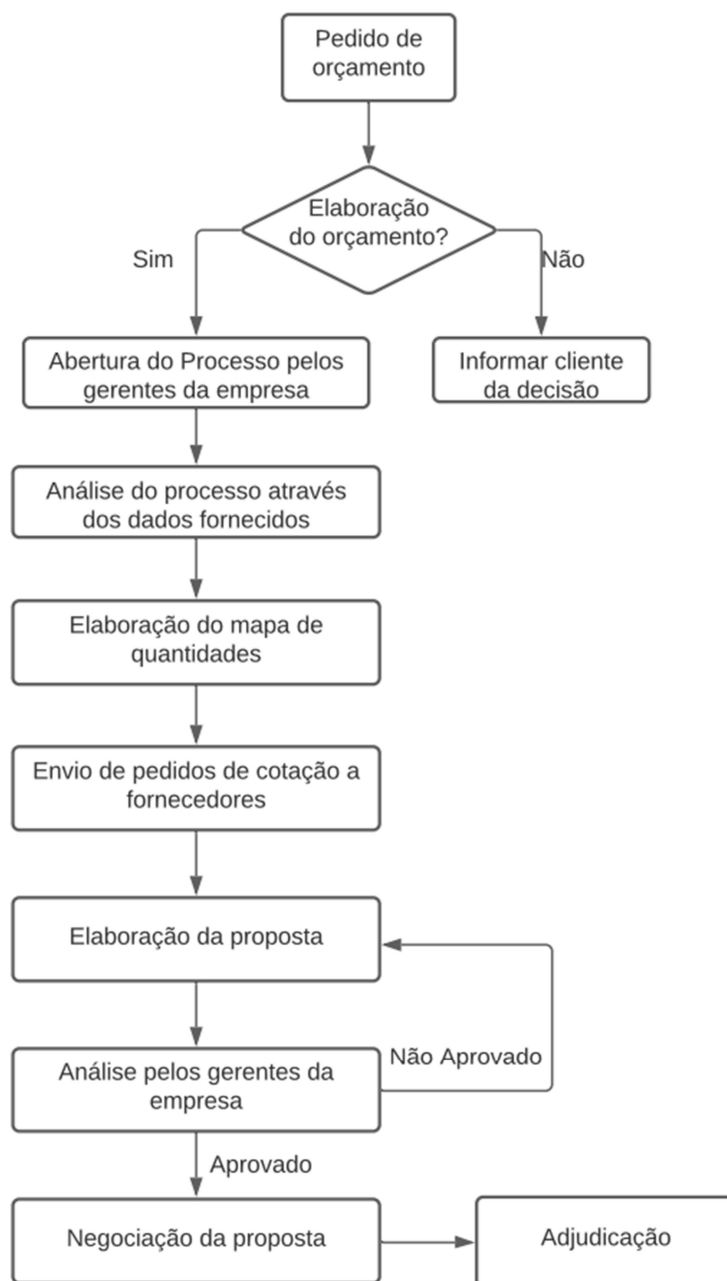
### **2.3. Orçamentação**

A orçamentação é muito importante para uma empresa, visto que esta atividade permite prever as receitas e despesas futuras para a administração de determinado serviço, daí ser frequentemente um departamento dedicado apenas a esta atividade, realizada por pessoas competentes na área, denominadas de orçamentistas.

Um orçamento engloba normalmente 3 fatores maioritariamente relevantes: o custo dos equipamentos, a mão de obra e as deslocações da equipa técnica ou do técnico. A este valor acresce sempre uma margem para eventuais erros de orçamentação e imprevistos em obra e também uma percentagem de lucro para a empresa. Esta percentagem financia o bom funcionamento da empresa, permite pagar despesas fixas como ordenados, conta de eletricidade e água, custos de stock, entre outros.

Um bom orçamento é aquele que é o mais preciso possível, permitindo à empresa “ganhar” obras, mas também contemplar uma margem para eventuais erros/imprevistos. Quando falamos em obras de milhares ou até milhões de euros um pequeno erro pode-se revelar bastante dispendioso para empresa, podendo levar a um lucro nulo ou até ao prejuízo.

A figura 5 demonstra o processo de orçamentação realizado na empresa.



**Figura 5 - Fluxograma de orçamentação**

## 2.4. Instalação de equipamentos

Durante o estágio o aluno teve a oportunidade de instalar diversos equipamentos/sistemas de AVAC e redes hidráulicas. Isto proporcionou ao aluno uma oportunidade de aprofundar os seus conhecimentos práticos na área e também compreender os problemas e as dificuldades que existem em cenários reais em obra.

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram algumas obras onde o aluno esteve envolvido.



### Moradia em Cascais

Nesta obra o aluno teve a oportunidade de aprender a instalar redes hidráulicas, onde aprendeu a cortar, soldar e isolar tubos de cobre. Teve também a oportunidade de executar a pré-instalação de ar condicionado para toda a moradia.



**Figura 6 – Instalação de redes hidráulicas e de AC numa moradia em Cascais**

### Hotel em Fátima

No hotel Mercure, em Fátima, o aluno colaborou na instalação dos painéis solares térmicos na cobertura do edifício, assim como na instalação da rede hidráulica.



**Figura 7 – Instalação de painéis solares térmicos num hotel em Fátima**

### Instalação de AC

Durante o estágio foram executadas diversas instalações de ar condicionado, sempre com o auxílio de um técnico especializado e com as devidas certificações. A figura 8 ilustra uma dessas instalações, sendo esta a montagem de 2 equipamentos do tipo monosplit, com unidades interiores murais, numa sala de servidores.



**Figura 8 - Instalação de AC**

### Substituição de caldeira

Numa moradia em S. Pedro de Moel foi substituída uma caldeira a gásóleo que se encontrava em avaria por uma nova mais eficiente.



**Figura 9 - Substituição de caldeira**

## **2.5. Melhoria de eficiência energética**

Ao longo do estágio o aluno desenvolveu vários estudos de melhoria de eficiência energética para apresentar a clientes. Um desses estudos foi elaborado para a Câmara Municipal de Ourém, nomeadamente para as instalações das Piscinas Municipais de Caxarias.

O objetivo era identificar oportunidades de melhorias na operacionalidade dos sistemas e na eficiência energética das instalações mecânicas de aquecimento, ventilação e climatização existentes no edifício.



Após uma visita às instalações foi efetuado um levantamento dos equipamentos existentes, verificando o seu estado atual de funcionamento e estudando posteriormente as opções de melhoria dos mesmos.

#### 2.5.1. Descrição do edifício e sistemas existentes

Trata-se de um edifício público de desporto e lazer constituído pelos seguintes sistemas:

- Produção de água quente por intermédio do grupo térmico
- Renovação de Ar
- Tratamento de ar da piscina por intermédio de 2 desumidificadores
- Água Quentes Sanitárias (AQS) com depósitos de acumulação
- Circuitos hidráulicos de distribuição

A instalação é composta pelos seguintes equipamentos:

- 2 Depósitos de Acumulação – “*Lasian C*” com 1000 litros (Figura 15)
- 1 Vasos de expansão de 33L
- 1 Vasos de expansão de 80L
- 1 Permutador de placas – “*ARSOPI*”
- 7 Circuladores “*Grundfos UPS*” (Figura 11)
- 1 Grupo térmico composto por 4 módulos de caldeiras a gás “*Bongioanni Bongas 1/10i*” (Figura 12)
- 2 UTAN Desumidificador Piscina – “*Multiclíma BDH 10ZAE*” (Figura 16)
- Quadros Elétricos (Figura 13)
- 1 UTA Balneários – “*ARFIT*” (Figura 14)
- 3 Ventiladores de extração – “*France Air*”

Apresenta-se de seguida um registo fotográfico dos equipamentos existentes, figuras 10 a 16.

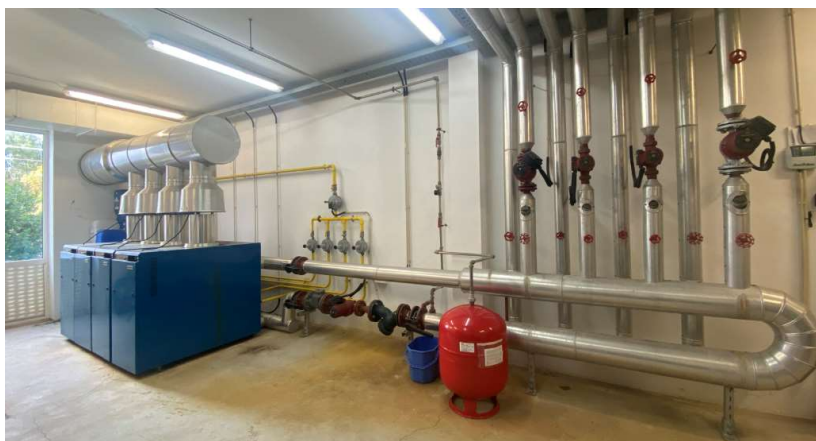


Figura 10 - Central térmica das Piscinas Municipais de Caxarias



**Figura 11 - Circuladores**



**Figura 12 - Caldeiras de chão a gás**



**Figura 13 - Quadros elétricos**



**Figura 14 - Unidade de tratamento de ar**



Figura 15 - Depósitos de acumulação



Figura 16 - Desumidificador

### 2.5.2. Análise e diagnóstico à instalação

#### Classificação geral

Com base na visita efetuada e no histórico da manutenção e avarias, pretende-se criar uma classificação para que as respetivas ações a realizar possam ser hierarquizadas e priorizadas. A atribuição de um grau de criticidade depende de vários fatores, nomeadamente da sua função, redundância e relevância.

Com base nos fatores de segurança de pessoas e bens, meio ambiente, operação e funcionalidade, efetuou-se a seguinte correlação:

- **Grau I** – Domínio de Confiança: não existe risco ou o risco é residual e insignificante e não afeta a eficiência nem a performance.
- **Grau II** – Risco Tolerável: O risco é tolerável desde que sob controlo. Deve existir um procedimento de urgência para reduzir ao mínimo as consequências. Devem ser analisadas as circunstâncias operacionais, de importância e redundância de forma a se efetuar uma análise e respetiva oportunidade de reparação do sistema ou equipamento.

- **Grau III – Risco Catastrófico:** Danos e estragos significativos, com falha de funcionalidade e/ou indisponibilidade total.

De um modo geral classificou-se a instalação: **Grau II – Risco Tolerável**

A central térmica tinha alguns elementos de apoio à atividade do edifício, tais como caixas, tapetes, etc., criando algum impedimento para a normal operação e manutenção dos equipamentos.

Existem equipamentos em fim de vida com elevado estado de degradação.

A instalação tem perdas de energia térmica nos sistemas resultando num aumento de consumo.

### Circuladores

Os circuladores da central térmica encontram-se em bom estado de funcionamento, no entanto têm baixa eficiência energética, em comparação com circuladores atualmente no mercado.

### Desumidificadores

A instalação é composta por 2 desumidificadores da marca “Multiclíma” modelo “BDH 10ZAE”, apresentando-se na figura 17 as suas principais características.



Figura 17 - Chapa característica dos desumidificadores 1 e 2

Ambos os desumidificadores apresentam, no geral, um elevado estado de degradação, assim como sinais de várias reparações.

### Desumidificador 1

O desumidificador parou por segurança devido ao ventilador de extração de ar ter partido por elevado estado de degradação, como demonstrado na figura 18.





**Figura 18 - Ventilador de extração de ar**

### Desumidificador 2

No desumidificador 2 o controlador de humidade relativa não se encontra em funcionamento, pois não é compatível com o sistema, sendo necessário substituir.

Os controladores desta máquina já foram substituídos por alguém, no entanto colocaram dois controladores iguais. O que mede a temperatura está a funcionar, mas o da humidade não está apto para uma sonda de humidade.

Neste desumidificador, a válvula de 3 vias para água quente também se encontra em mau funcionamento.

A válvula de expansão encontra-se também em avaria e deverá ser substituída.

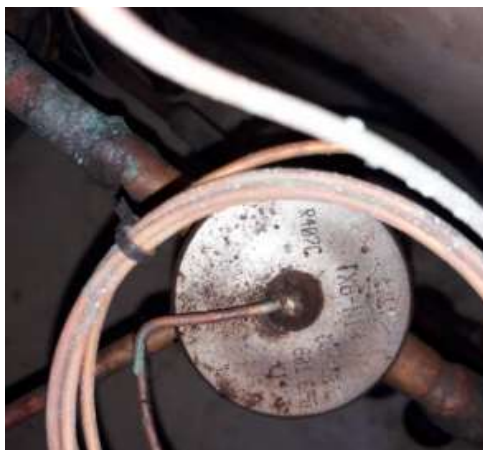
Existem também indícios de fuga de fluído refrigerante, logo deverá ser efetuada uma pesquisa e reparação de fugas no circuito. A figura 19, 20 e 21 demonstram o estado dos equipamentos referidos.



**Figura 19 - Indícios de fuga do fluído refrigerante na tubagem do circuito**



**Figura 20 - Controlador de humidade relativa**



**Figura 21 - Válvula de expansão**

### Caldeira

A instalação possui 1 grupo térmico constituído por 4 módulos da marca “*Bongioanni*”, modelo “*Bongas 1/10i*”. No entanto um dos módulos não se encontra em funcionamento, visível na figura 22.

Apesar dos restantes módulos se encontrarem em bom funcionamento, existem soluções mais eficientes no mercado para a mesma potência.



**Figura 22 - Grupo térmico com 1 dos módulos em avaria**

### Isolamento

O isolamento e a forra mecânica encontram-se danificados em alguns pontos da instalação, sendo até inexistentes em alguns casos, conforme evidenciado na figura 23. Deste modo, originam-se perdas de energia térmica e, por consequência, um aumento de consumo do grupo térmico.



**Figura 23 - Isolamento danificado**

É necessário a correção e a aplicação de isolamentos com espessura normalizada na tubagem.

#### **Controlo Atual**

O controlo atual assenta em controladores de temperatura isolados para operação ON/OFF de válvulas e circuladores, figura 24. A ativação e monitorização de equipamentos é feita no local e manualmente. Não há registo de dados de funcionamento, temperatura e alarmes de avarias.



**Figura 24 - Controlo atual**

#### **2.5.3. Proposta de melhoria**

Além das reparações necessárias já referidas foram propostas algumas medidas de melhoria aos sistemas, de modo a melhorar a sua eficiência energética.

Neste subcapítulo foram considerados fatores como:

- Custos de investimento.
- Baixo consumo energético.
- Facilidade de utilização.
- Facilidade e baixo custo de manutenção.

## Caldeiras

Atualmente existem caldeiras com eficiência bastante superior às que se encontram instaladas.

Após uma análise das caldeiras utilizadas atualmente no mercado, e tendo em consideração os fatores apresentados em cima, propomos a substituição das mesmas por caldeiras de condensação.

### Caldeiras de condensação

Ao contrário do que acontece nas caldeiras tradicionais, as caldeiras de condensação permitem aproveitar a maioria da energia que se perde, normalmente, pelos gases de exaustão, figura 25. O seu princípio de funcionamento passa pela condensação dos gases de combustão, aproveitado assim o calor adicional libertado pelos mesmos e, como tal, obter um melhor rendimento do sistema. Isto permite uma redução do consumo de gás e das emissões contaminantes até 30%.



Figura 25 - Caldeira convencional vs caldeira de condensação (P. Energia, 2021)

## Circuladores

Na central térmica deverão ser substituídos os atuais circuladores por circuladores com eficiência superior tipo “GRUNDFOS MAGNA” e “ALPHA”, figura 26.

Devem ser selecionados circuladores com ponto de funcionamento adequado à instalação e com maior eficiência, garantindo assim o bom funcionamento do sistema com poupanças significativas no consumo energético do mesmo.



Figura 26 - Circulador "Grundfos" (P. S. Grundfos, 2021)



### **Isolamento**

Deverá ser colocado isolamento térmico em toda a tubagem onde inexistente, incluindo a substituição do isolamento danificado, de modo a minimizar as perdas de calor por condução térmica. Deverá ainda isolar-se o corpo dos circuladores.

Nota: Para manter a estética da central e proteger o isolamento recomenda-se a colocação de uma forra mecânica.

### **Sistema de Controlo**

Tendo em consideração a tipologia da instalação seria vantajoso a instalação de um sistema de gestão.

A Gestão Técnica Centralizada permite, ao longo dos muitos anos de vida expectável do edifício, estabelecer, adaptar e readaptar, estratégias operacionais, monitorizar todos os sistemas e equipamentos do edifício. Isto permite ao utilizador satisfazer as necessidades diárias do edifício com eficiência.

### Controlo atual

1. Controladores de temperatura isolados para operação ON/OFF de válvulas e circuladores.
2. Ativação e monitorização de equipamentos local e manual.
3. Não há registo de dados funcionamento, temperatura e de alarmes.
4. Não há registo de alarmes de avarias.

### Proposta de melhoria

Em ordem a cada item acima, sugerem-se as seguintes melhorias:

1. O controlo atual é do tipo tudo/nada, que é menos eficiente que o controlo modelante. Assim, sugere-se aplicar controladores que permitam fazer um controlo mais eficiente com recurso a cálculo da energia térmica necessária a fornecer e fazer atuar mecanicamente por via de válvulas modelantes. O controlo modelante deverá ser com ajuste e correção proporcional, integral e derivativo, vulgo controlador PID.
2. O controlo e a monitorização local são fatores limitativos para instalações de carácter técnico. Para certas operações é necessário a deslocação ao local de um técnico habilitado. Sugere-se como medida de melhoria a implementação de um sistema de controlo que permita monitorizar valores de temperatura, definição de set-points, estados de funcionamento e avaria dos equipamentos, tanto local como remotamente.

Poderá com este sistema ser criado vários níveis de acesso, operador, administrador, e outros, limitando o uso abusivo ou inadequado das instalações.

No local, considerar um ecrã a colocar na porta do quadro elétrico, como se exemplifica na figura 27, para operação dos sistemas.



**Figura 27 - Interface para controlo (D. Controls, 2021)**

Remotamente, no gabinete dos serviços técnicos da câmara municipal, sugere-se a implementação de um sistema de controlo, que consiste num computador com software de supervisão que permita aceder a todas as instalações, como exemplificado nas figuras 28 e 29.

3. No sistema de supervisão ficam registados todos os dados de temperaturas, horas de funcionamento dos circuladores, consumos energéticos e outros dados, que podem ser usados comparativamente entre instalações idênticas e assim traçar um perfil de funcionamento normal. Deste modo é possível desenvolver um processo de melhoria contínuo e corrigir pontos fracos de alguma instalação cujo rendimento se desvie do perfil.

4. Ainda no sistema de supervisão, deverá haver registo de alarmes em tempo real. Este sistema irá apresentar alertas de avarias e assim o técnico pode remotamente resolver o problema, minimizar o seu impacto ou planear a deslocação ao local com os meios necessários para a resolução.



**Figura 28 - Programa para GTC tipo**

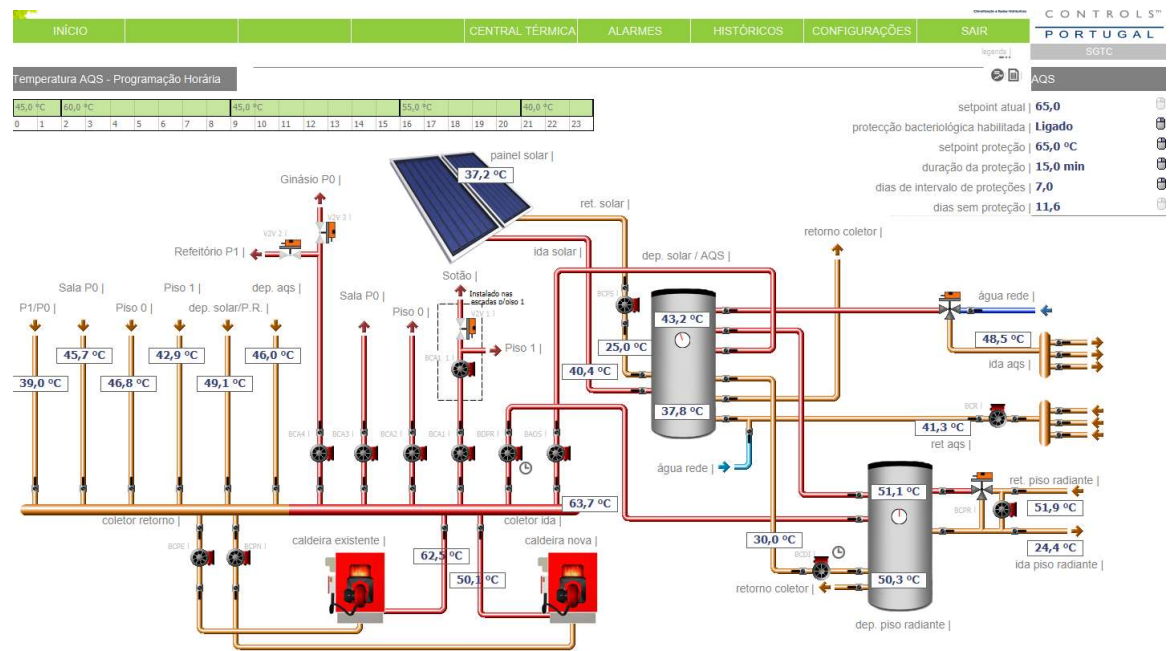


Figura 29 - Exemplo de controlo de central térmica por programa de GTC

**Benefício**

Segundo a EN15232, o controlo atual corresponde a um nível de eficiência D, o mais baixo da escala. Com a implementação de um sistema de controlo mais abrangente e evoluído com base no que é proposto neste relatório, o sistema fica classificado como B que, segundo a referida norma, terá um ganho de eficiência estimado superior a 10%. À poupança energética soma-se a poupança de tempo dos recursos humanos e custos com deslocações.

**Quadros elétricos**

Propomos a alteração dos quadros elétricos presentes na instalação, de modo a fazer face às alterações propostas neste relatório. Na figura 30 apresentam-se quadros “tipo” eletrificados, como soluções para a central térmica.



Figura 30 - Quadros elétricos "tipo"

## 2.5.4. Potencial de poupança da substituição das caldeiras

### Análise de faturação

Com base nos consumos de gás fornecidos (tabela 2) foi avaliada a viabilidade económica da substituição das caldeiras a gás convencionais pelas caldeiras a condensação.

**Tabela 2 - Fatura de gás no ano 2017**

| ano          | mês       | consumo (Kg) | valor unit. (€) | custo mensal s/ IVA |
|--------------|-----------|--------------|-----------------|---------------------|
| 2017         | janeiro   | 7.143        | 0,8252          | 5.894,41 €          |
|              | fevereiro | 3.212        | 0,8252          | 2.786,35 €          |
|              | março     | 5.505        | 0,9284          | 5.106,20 €          |
|              | abril     | 1.931        | 0,9284          | 1.796,74 €          |
|              | maio      | 2.283        | 0,9284          | 2.119,54 €          |
|              | junho     | 1.142        | 0,9284          | 1.060,23 €          |
|              | julho     | 1.456        | 0,9284          | 1.351,75 €          |
|              | agosto    | 0            | 0,9284          | - €                 |
|              | setembro  | 1.460        | 0,8873          | 1.295,46 €          |
|              | outubro   | 3.647        | 0,8873          | 3.235,99 €          |
|              | novembro  | 2.606        | 0,9139          | 2.369,39 €          |
|              | dezembro  | 5.921        | 0,9405          | 5.568,71 €          |
| total anual  |           | 36.306       |                 | 32.584,77 €         |
| média mensal |           | 3.026        |                 | 2.715,40 €          |

### Relação entre consumo da caldeira a gás convencional existente, com a caldeira de condensação proposta

Neste ponto será analisada a diferença entre os consumos de ambas as caldeiras, tendo em consideração a diferença do rendimento de ambas.

Dados da caldeira a gás convencional (atual):

- Marca: “*Bongioanni*”
- Quantidade: 4 módulos
- Modelo: “*Bongas 1/10i*”
- Potência térmica (total): 456 kW
- Rendimento útil,  $\eta$  [%]: 86,4%

Dados da caldeira de condensação (proposta), selecionada através do catálogo (Disterm, 2021):

- Marca: “*RIELLO*”
- Quantidade: 1 + 3 unidades (1 master + 3 slaves)
- Modelos: “*Condexa Pro 100 M*”(1) e “*Condexa Pro 100 S*”(3)
- Potência térmica (total): 400 kW
- Rendimento útil,  $\eta$  [%]: 108,7%

Recorrendo à expressão (1), é possível determinar a potência térmica gerada pelas caldeiras convencionais face ao consumo anual de gás propano.

Assim,

$$Consumo = \frac{\text{Pot. Térmica}}{\text{PCI} \times \eta} \quad (1)$$

Em que:

Consumo: Consumo de gás real = 36306 [kg]

Pot. Térmica: Potência térmica gerada face ao consumo anual [kCal/h]

PCI: Poder Calorífico Inferior do gás propano = 11070 kCal/kg

$\eta$  - Rendimento da Caldeira [%]

Com base na expressão matemática obtemos um valor de potência térmica anual de: 347248010 kcal/ano  $\cong$  403849 kW/ano.

Recorrendo novamente à expressão (1) obtêm-se o consumo de gás, em kg, das caldeiras de condensação para a mesma potência térmica.

Assim, para um rendimento de 108,7% das caldeiras de condensação, obtemos uma estimativa de consumo de gás anual de 28 858 kg. Este valor é válido para uma temperatura de saída de 50°C, logo a este valor estimou-se um acréscimo de 10% para eventuais aumentos de temperatura de modo a evitar a Legionella.

Obtém-se assim um consumo de 31 743,8 kg e consequentemente uma poupança anual de 4 562,8 kg de gás. Considerando os valores fornecidos de faturação de gás mensal, obtemos uma média de 0,90 €/kg de gás. Deste modo, a alteração das caldeiras reflete uma poupança estimada de 4 106 € anuais, sem considerar a inflação do valor do gás com o decorrer do tempo.

#### **2.5.5. Potencial de poupança da substituição dos circuladores da central térmica**

##### **Análise da faturação**

Com base no consumo de eletricidade anual fornecido (tabela 3) avaliou-se a viabilidade económica da substituição dos circuladores.

**Tabela 3 - Fatura de eletricidade no ano 2017**

DADOS DE FACTURAÇÃO, CONSUMO E POTÊNCIA REGISTADOS NAS FACTURAS - "EDP"

|                              | Consumo Energia Activa em kWh |              |               |             |               | Valor ilíquido (€) |
|------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|--------------------|
|                              | Vazio Normal                  | Ponta        | Cheias        | Super Vazio | Total         | Valor Total (€)    |
| janeiro-17                   | 254                           | 531          | 768           | -           | 1.553         | 118,59 €           |
| fevereiro-17                 | 278                           | 745          | 1.182         | -           | 2.205         | 169,48 €           |
| março-17                     | 218                           | 441          | 698           | -           | 1.357         | 128,43 €           |
| abril-17                     | 244                           | 489          | 666           | -           | 1.399         | 106,64 €           |
| maio-17                      | 443                           | 521          | 883           | -           | 1.847         | 139,10 €           |
| junho-17                     | 312                           | 501          | 734           | -           | 1.547         | 117,33 €           |
| julho-17                     | 370                           | 537          | 888           | -           | 1.795         | 136,00 €           |
| agosto-17                    | 291                           | 523          | 824           | -           | 1.638         | 124,76 €           |
| setembro-17                  | 312                           | 433          | 570           | -           | 1.315         | 99,12 €            |
| outubro-17                   | 298                           | 530          | 810           | -           | 1.638         | 124,66 €           |
| novembro-17                  | 250                           | 424          | 691           | -           | 1.365         | 103,86 €           |
| dezembro-17                  | 378                           | 988          | 1.570         | -           | 2.936         | 225,55 €           |
| <b>TOTAL kWh</b>             | <b>3.648</b>                  | <b>6.663</b> | <b>10.284</b> | <b>-</b>    | <b>20.595</b> | <b>1.593,52 €</b>  |
| <b>Consumo Médio kWh/mês</b> | <b>304</b>                    | <b>555</b>   | <b>857</b>    | <b>-</b>    | <b>1.716</b>  | <b>132,79 €</b>    |

**Relação entre consumo dos circuladores existentes, com os circuladores propostos.**

Através do “*Product Selection*” da “*Grundfos*” foram seleccionados circuladores com ponto de funcionamento equivalente aos modelos “*UPS*” da “*Grundfos*”, presentes na instalação, mas com eficiência significativamente superior. A tabela 4 apresenta o modelo dos circuladores propostos para cada circuito.

**Tabela 4 – Circuladores propostos para cada circuito**

| <b>Circuito</b>  | <b>Modelo Proposto</b>        |
|------------------|-------------------------------|
| Caldeiras        | “ <i>MAGNA1 40-150 F</i> ”    |
| Duches           | “ <i>MAGNA1 32-80 F</i> ”     |
| UTAS             | “ <i>MAGNA1 32-80</i> ”       |
| Balneários       | “ <i>MAGNA1 32-80</i> ”       |
| Piscina          | “ <i>MAGNA1 40-120 F</i> ”    |
| Termo Acumulador | “ <i>MAGNA1 32-80 N</i> ”     |
| Retorno AQS      | “ <i>ALPHA1 20-60 N 150</i> ” |

No “*Product Selection*” é possível comparar a potência elétrica dos circuladores atuais com os que se propõe alterar e, assim, obter o consumo anual de cada circulador conforme evidenciado na tabela 5.

**Tabela 5 - Potência elétrica de circuladores atuais e propostos**

| <b>Circuito</b>     | <b>Atual<br/>[kWh/ano]</b> | <b>Proposta<br/>[kWh/ano]</b> | <b>Poupança<br/>[kWh/ano]</b> |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Caldeiras           | 2421                       | 1293                          | 1128                          |
| Duches              | 923                        | 401                           | 522                           |
| UTAS                | 1300                       | 448                           | 852                           |
| Balneários          | 1300                       | 448                           | 852                           |
| Piscina             | 1382                       | 1072                          | 310                           |
| Termo<br>Acumulador | 1300                       | 448                           | 852                           |
| Retorno<br>AQS      | 472                        | 73                            | 399                           |
| <b>TOTAL</b>        |                            |                               | 4915                          |

Considerando os valores fornecidos pelo cliente de consumo de energia elétrica anual (fatura do ano 2017), obtemos uma média de 0,077 €/kWh. Deste modo, a alteração dos circuladores na central térmica reflete uma poupança estimada de 379 € anuais.

#### **2.5.6. Custos vs payback**

Nesta análise excluíram-se todas as intervenções necessárias relacionadas com a manutenção da instalação. Apesar de serem apresentadas nos pontos anteriores, o objetivo deste capítulo é apresentar uma proposta de melhoria de eficiência energética. Como tal, será estudado o payback simples para as alterações que incidem diretamente com a melhoria da eficiência energética da instalação, nomeadamente os circuladores e o grupo térmico. A tabela 6, apresenta os principais custos associados aos equipamentos referidos.

**Tabela 6 - Custos associados aos equipamentos**

| Equipamento             | Preço uni.<br>(s/IVA) | Qnt. | Preço c/desconto<br>de instalador<br>(s/IVA) | Mão de obra | Preço Total<br>(s/IVA) |
|-------------------------|-----------------------|------|----------------------------------------------|-------------|------------------------|
| Gr. Térmico<br>"Riello" | 30165 €               | 1    | 18099 €                                      | 2400 €      | 20499 €                |
| "MAGNA1 32-80"          | 953 €                 | 2    | 953 €                                        | 300 €       | 1253 €                 |
| "MAGNA1 40-150 F"       | 2016 €                | 1    | 1008 €                                       | 150 €       | 1158 €                 |
| "MAGNA1 32-80 F"        | 1058 €                | 1    | 529 €                                        | 150 €       | 679 €                  |
| "MAGNA1 40-120 F"       | 1651 €                | 1    | 825,5 €                                      | 150 €       | 975,5 €                |
| "ALPHA1 20-60 N 150"    | 590 €                 | 1    | 295 €                                        | 150 €       | 445 €                  |
| "MAGNA1 32-80 N"        | 1475 €                | 1    | 737,5 €                                      | 150 €       | 887,5 €                |
| <b>TOTAL (s/IVA)</b>    |                       |      |                                              |             | <b>25897 €</b>         |

Recorrendo à expressão (2) calculou-se o retorno do investimento dos equipamentos.

$$Payback = \frac{\text{Custos (€)}}{\text{Poupança anual (€)}} \quad (2)$$

Sabendo que se investirá 25 897 € em equipamentos e mão de obra, e que esse investimento reflete uma poupança estimada de 4 485 €/ano no consumo energético, obtém-se um payback estimado de 6 anos para as alterações propostas.

Em conclusão do exposto anteriormente, verifica-se que existe uma necessidade de intervenção urgente com substituição ou reparação de equipamentos.

Podemos afirmar que após efetuar todas as intervenções necessárias no sistema, incluindo as alterações propostas, é possível obter uma melhoria significativa na eficiência energética do sistema e, consequentemente, uma redução nos custos energéticos.



## **2.6. Projeto**

Umas das tarefas mais desafiantes realizadas pelo aluno durante o estágio foi projetar diversas soluções para várias obras. Uma delas foi o dimensionamento de condutas de ventilação a partir da velocidade e da perda de carga nas condutas. Estes fatores são importantes para o conforto dos ocupantes no espaço a ventilar, pois uma elevada velocidade do ar causa ruído e consequentemente desconforto. Para o dimensionamento de condutas é importante ter em conta outros fatores como por exemplo o pé direito do espaço, pois no caso do diâmetro da conduta circular, “spiro”, ter grandes dimensões tem que se converter para condutas retangulares.

O aluno dimensionou também diversos equipamentos como unidades de tratamento de ar, chillers, sistemas VRV, sistemas de rega, entre outros tantos. No capítulo seguinte será aprofundado este tópico, constituindo o foco principal do relatório o projeto preliminar de um sistema de climatização de uma estufa para produção de canábis.



### **3. Projeto preliminar de climatização para produção de canábis**

#### **3.1. Introdução ao tema**

Este capítulo tem como objetivo dimensionar e apresentar uma breve descrição geral dos serviços propostos no âmbito do estudo de um sistema de irrigação, climatização e iluminação para uma estufa de canábis em Portugal.

O estudo foi baseado nos documentos fornecidos pelo cliente, nomeadamente o projeto preliminar de arquitetura.

Pretende-se dotar as seguintes zonas de um sistema de irrigação e controlo de climatização:

- Mothering Room (Maternidade)
- Vegetative Growing Room (Vegetativo)
- Flowering Room (Floração)

A produção começa numa sala de plantas mãe (maternidade), onde estas são mantidas para clonagem. A coleta dos clones é feita à mão sendo, em seguida, colocados numa sala separada para crescimento vegetativo, usando um sistema de iluminação com LED, até atingirem um determinado tamanho. Uma vez prontas para entrar em floração, as plantas são movidas para a sala de floração, com grandes dimensões.

Este relatório incluirá toda a descrição técnica de cada componente do projeto, mas devem ser considerados como referência para o projeto. Equipamentos ou marcas diferentes podem ser usados.

As instalações AVAC projetadas, destinam-se a estabelecer e a manter condições térmicas, higrométricas e higiénicas, de acordo com os critérios estabelecidos para este tipo de edifício, tendo presente a legislação em vigor, nomeadamente nas vertentes energéticas e da qualidade do ar interior.

Estas condições serão conseguidas através do controlo dos parâmetros a seguir indicados, e específicos deste tipo de instalação:

- Temperatura do ar seco;
- Renovação e qualidade do ar;
- Controlo na iluminação;
- Níveis de ruído inerentes ao funcionamento destas instalações mecânicas.

A instalação conta ainda com uma zona de laboratórios que engloba as diferentes fases desde a secagem ao embalamento do produto acabado, e também uma zona destinada aos funcionários, como os vestuários. Para estes espaços foi dimensionada

também uma solução de aquecimento e ventilação, assim como de secagem para a Sala de secagem.

### 3.2. Construção civil

A instalação será montada num edifício amplo já existente com alvenaria simples, paredes com tijolo furado e reboco, pavimento em betão, cobertura em chapa de zinco, e janelas com envidraçados simples.

#### Isolamento

Todo o edifício existente será forrado no seu interior por painel sandwich, com núcleo de poliuretano (PUR), entre dois perfis de chapa com encaixe estanque, incluindo a cobertura. Foi considerada a construção de divisões para a zona de produção e zona de laboratórios também em painéis sandwich.

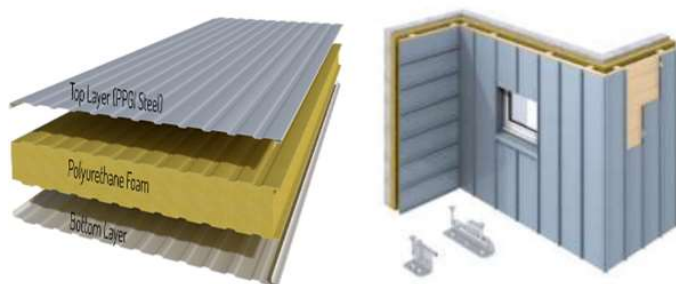
Desta forma é possível uma solução integral para fachada e telhado com acabamentos estéticos e encobertos pelo próprio perfil. O encaixe é do tipo “macho/fêmea”, fácil de montar, com um resultado rígido e robusto.

Esta é uma forma de isolamento recomendável pelo seu revestimento com folhas de aço de alta qualidade, com alta resistência à corrosão e ao desgaste, garantindo assim a durabilidade e preservação da instalação.

O painel é autoportante, conforme é demonstrado na figura 31, e oferece uma excelente capacidade de isolamento térmico, sendo um dos que melhor satisfaz as questões de qualidade, segurança e isolamento.

O núcleo de poliuretano do painel com estrutura de polímero modificada, oferece uma excelente estabilidade e resistência em caso de incêndio ou qualquer tipo de agressão térmica. Esta é ainda uma solução económica quando comparada com outras alternativas. É fabricada de acordo com as espessuras, acabamento e características de cada projeto.

Para este projeto foram adotados painéis com 60 milímetros de espessura.



**Figura 31 - Painel sandwich**

As vantagens do painel pré-fabricado em painel sandwich são a facilidade e rapidez da montagem, homogeneidade e qualidade dos acabamentos e as suas certificações, nomeadamente em termos de peso e estabilidade dimensional.

Principais características dos painéis:

- Espessura – 60 mm
- Cor de revestimento – Metal. RAL 9006
- Resistência ao fogo F; C-s3,d0; B-s2,d0

### Portas

Para ligação entre espaços, foi considerada uma porta pivotante de estrutura com as dimensões de largura, comprimento e espessura de (800x2000x60) mm.

### Autonivelante Epóxi

De forma a otimizar a qualidade dos espaços, foi considerada a execução de um piso autonivelante com tratamento epóxi para toda a construção, nomeadamente para a zona de produção e na zona de laboratórios.

O ambiente químico não reage com a resina aplicada, pelo que este é um dos pavimentos aplicados para a indústria dos químicos. É de fácil limpeza e evita a acumulação de bactérias e sujidades, uma vez que não existem juntas ou emendas.

Esta é uma substância isenta de solventes, com elevada resistência à abrasão e a temperaturas entre os -20 °C e os 80 °C. Não é tóxico, uma vez que a resina se encontra seca.

## **3.3. Estantes para suporte das culturas (rack)**

A solução considerada para suporte das culturas e das mesas de cultivo são as racks, um sistema de estantes metálicas de suporte vertical com elevada robustez, que permitem a armazenagem até a altura necessária.

A divisão considerada teve por base um sistema de estantaria móvel da “*PIPP*” com sistema mecânico para desvio de corredores através de uma alça com 3 pinos e caixa de transmissão. Desta forma é possível considerar um corredor móvel, maximizando o aproveitamento do espaço e reduzindo a necessidade de criar um corredor entre duas estantes contíguas.

A estantaria da “*PIPP*” tem por base três componentes principais, as carruagens mecanicamente assistidas, as racks de crescimento vertical e os tabuleiros de crescimento ABS.

As carruagens têm uma capacidade de 45 kg por metro quadrado, podem ser personalizadas para cada tipo de uso, são resistentes à corrosão ao serem

construídas por alumínio de grau marinho e têm a possibilidade de atingir uma altura elevada.

As racks podem suportar até 1000 kg longitudinalmente e 7700 kg na vertical, uma vez que é construído num metal resistente com revestimento resistente aos raios ultravioletas, a fungos e a bactérias.

Os tabuleiros permitem a aplicação de redes de rega, são de construção em ABS pelo que são resistentes à corrosão e de fácil limpeza.

O sistema “*Elevate Catwalk Platform System*”, inovação da “*PIPP Horticulture*”, (P. Horticulture, 2021) permite acesso, aos funcionários, aos pisos superiores das racks. Este sistema consiste num conjunto de plataformas leves e robustas que, quando acopladas entre si, formam um corredor de acesso às colheitas nos níveis superiores das racks, conforme exemplificado na figura 32.



**Figura 32 – “Elevate Catwalk Platform System” (P. Horticulture, 2021)**

As racks (figura 33) vão ser divididas por 3 salas, consoante a função a desempenhar em cada uma delas:

- Maternidade

Na zona da Maternidade, foram considerados 2 níveis de crescimento com 2 metros de altura, a que corresponde a um total de 4 conjuntos de módulos.

- Vegetativo

Na zona do Vegetativo, foram considerados 4 níveis de crescimento com 1,45 metros de altura, o que corresponde a um total de 4 conjuntos de módulos

- Floração

Na zona da Floração, foram considerados 3 níveis de crescimento com 1,70 metros de altura, o que corresponde a um total de 13 conjuntos de módulos.



Figura 33 – Racks (P. Horticulture, 2021)

### 3.4. Equipamentos

Nos módulos de estantaria está incluída a solução de ventilação intermédia, como se pode ver na figura 34, com ventiladores em linha, solução “*vertical air*” (V.A. Solutions, 2021), permitindo assim um fluxo de ar uniforme em toda a instalação.

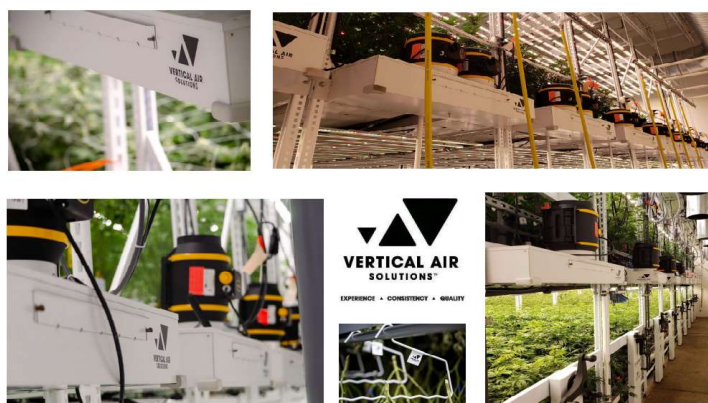


Figura 34 – Ventiladores (V.A. Solutions, 2021)

O sistema de ventilação a utilizar baseia-se na aplicação de um pleno microperfurado, figura 35, para difusão do ar proveniente de um ventilador em linha. Este ventilador é aplicado num espaço destinado especialmente para o efeito e interligado a um controlo central.

Será aplicado um total de 118 ventiladores, uma vez que nos módulos de maiores dimensões serão necessários 2 ventiladores. Serão aplicados ventiladores com as seguintes dimensões:

- Floração – 78 ventiladores (10")
- Vegetativo – 32 ventiladores (8")
- Maternidade – 4 ventiladores (8") e 4 ventiladores (6")

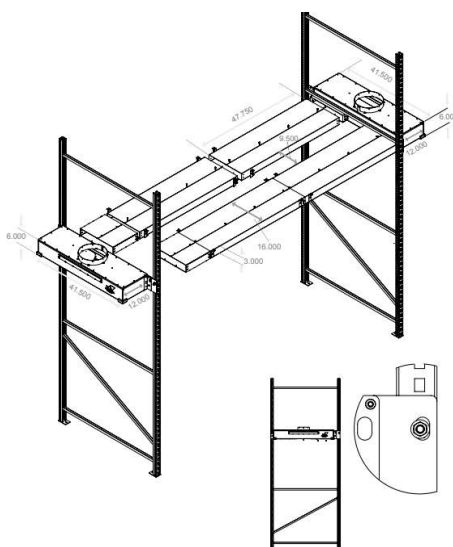


Figura 35 - Pleno microperfurado (V.A. Solutions, 2021)

### 3.5. Iluminação

A solução de iluminação concebida é da marca “OSRAM”, um líder mundial a nível de fornecimento de iluminação LED no mercado da canábis.

As áreas a iluminar são as indicadas anteriormente: sala maternidade, vegetativo e floração. Nestas serão aplicadas luminárias nas racks com encaixe próprio para o sistema da “Fluence” da “OSRAM”, como a que está representada na figura 36.

O sistema possui dois tipos de conjuntos, o primeiro é o modelo “SPYDR 2x” com uma potência unitária de 342 W, que será aplicada nas salas maternidade e vegetativo. Na sala de floração será aplicado o modelo “SPYDR 2i” com potência de 625 W. Ambos os sistemas são trifásicos (400 V).



Figura 36 - Iluminação LED (Fluence, 2021)

O sistema de iluminação será dividido em vários circuitos, sendo que cada nível de rack corresponde a um circuito. Assim sendo, na sala da maternidade existem 4 módulos de racks com 2 níveis, o que equivale a 8 circuitos de iluminação. Na sala de vegetativo existem 4 módulos de racks de 4 níveis, o que equivale a 16 circuitos de iluminação. Na sala de floração existem 13 módulos de racks de 3 níveis, o que equivale a 39 circuitos de iluminação.



### **3.6. Sistema de irrigação**

Tendo em consideração a capacidade máxima dos tabuleiros das racks em cerca de 36 plantas e considerando a otimização máxima do espaço existente obteve-se um total de 2 016 plantas para a vegetativa e 504 plantas para a maternidade. Como a dimensão das plantas na floração é bastante superior às restantes salas considerou-se um total de 18 plantas por tabuleiros, obtendo assim uma capacidade máxima de 5076 plantas. Assim teremos um número total de cerca de 7 596 plantas.

Considerando que cada planta necessita 1,4 litros de água por dia obteve-se um consumo diário de 10 521 litros.

A rega deverá ocorrer durante 12 horas diárias, de modo a evitar recorrer a equipamentos com potências muito elevadas e dispendiosos, tendo em conta que a irrigação é responsável pela maioria dos ganhos térmicos na instalação, devido ao calor latente associado à evaporação da água.

Os equipamentos do sistema de irrigação ficarão dispostos conforme o Anexo 1.

#### **3.6.1. Controlo**

A instalação será controlada por um software inteligente, adequado para agricultura em ambiente controlado. O sistema será composto por um computador industrial, sensores de alta qualidade (como temperatura do ar, humidade e CO<sub>2</sub>; pH; EC; fluxo de água; sensor de nível e pressão) e atuadores inteligentes.

Com esta avançada tecnologia de controlo, os produtores podem integrar todos os periféricos e subsistemas num software único de forma a controlar o seu sistema em crescimento da forma mais eficiente possível. As variáveis ambientais são controladas através de uma linguagem de programação gráfica, permitindo assim ao produtor controlo total com total flexibilidade de forma intuitiva.

No ecrã, existirá um painel único e de fácil de uso, pensado para produtores, onde todos os dados são totalmente acessíveis, proporcionando aos produtores uma gestão mais profissional de toda a sua produção.

Uma única unidade de controlo é capaz de controlar uma instalação inteira e acomodar atualizações e modificações nas instalações ao longo do tempo.

#### **3.6.2. Requisitos**

Resumo de equipamentos a utilizar:

- Sistema de dosagem

- Cuba de ácido
- Cuba de nutrientes
- Depósito de Irrigação (Água não tratada)
- Depósito de Irrigação (Água Osmotizada)
- Sistema de Osmose Inversa
- Sonda de pH
- Sonda EC
- Bomba injetora de fertilizantes
- Bomba injetora básico/ácido
- Contador de água
- Grupo hidropressor
- Filtros

Um conjunto de 5 cubas de dosagem (ácido e micronutrientes) é recomendado para as salas de cultivo. As cubas de dosagem podem ser equipadas com um misturador, permitindo que os tanques sejam usados para nutrientes líquidos e sólidos.

Uma única estação de dosagem é responsável pela sala de floração, outro independente para sala de crescimento vegetativo, e outro para maternidade. Os depósitos terão água limpa, e a água de retorno será também bombeada para o depósito de irrigação, assim como a água proveniente do condensado das UTA's.

Recomenda-se que pelo menos um sistema de desinfecção UV esteja instalado na linha de preparação.

### **3.6.3. Tubagem**

Tubagem principal da alimentação aos coletores de electroválvulas e distribuição dentro das salas serão em PVC.

Esta é a solução mais adequada para o abastecimento de água nesta instalação, além da sua resistência mecânica, rigidez, resistência química e baixo coeficiente de atrito, é um material com baixo custo comparando com outras soluções no mercado. O PVC é ainda um material bastante leve, simplificando assim o seu manuseamento e instalação.

As picagens da tubagem principal para ligação às racks deverão ser acopladas a mangueiras flexíveis reforçadas, conforme exemplificado na figura 37, permitindo assim a movimentação das racks sem interferir com o sistema de irrigação.

A velocidade de escoamento da água não deverá exceder os 1,5 m/s, evitando assim ruído excessivo.



**Figura 37 - Mangueiras flexíveis (P. Horticulture, 2021)**

#### **3.6.4. Electroválvulas e válvulas manuais**

Fornecimento e montagem de acordo com o esquema no anexo 1 incluindo acessórios de ligação de:

- Electroválvulas para rega com corpo em PVC - 24VAC.
- Válvula esfera fêmea colar (PVC).

Conforme exemplificado na figura 38.



**Figura 38 - Electroválvulas e válvulas manuais**

#### **3.6.5. Depósitos e cubas**

De modo a armazenar água destinada à irrigação é necessário utilizar depósitos com grande capacidade de armazenamento, tendo em conta o elevado consumo de água diário na instalação.

Optou-se, portanto, por uma solução com 1 depósito em chapa de aço galvanizado com capacidade 53 450 litros e outro de PEAD com 10 000 litros de capacidade, ambos representados na figura 39. O primeiro depósito armazenará água não tratada, proveniente do condensado das UTA's, da alimentação de água da rede, do esgoto da rega e da água da chuva. A sua elevada dimensão permite abastecer a plantação durante alguns dias mesmo em caso de falha na alimentação de água da rede.

Posteriormente a água será filtrada e passará pelo processo de osmose inversa sendo, de seguida, armazenada no outro depósito.

Este sistema de “depósito - osmose inversa - depósito” garante o caudal, de água osmotizada sem recorrer a equipamentos de osmose inversa muito dispendiosos. Deste modo a água osmatizada acumular-se-á no depósito, aproveitando a inércia para a alimentação do sistema de rega.

Em caso de avaria do equipamento de osmose inversa, um conjunto de electroválvulas irá cortar a alimentação proveniente do esgoto das UTAs para o primeiro depósito e, a alimentação das plantas será realizada, com by-pass, diretamente do depósito de água não tratada.

Para aproveitar a água do esgoto da rega e das UTAs, e assim minimizar o desperdício de água, optou-se por adicionar um sistema com depósito de acumulação e circulador para as salas de produção. Deste modo é possível poupar enormes quantidades de água diariamente.

Selecionou-se, portanto, um depósito de acumulação de 1 000 litros para o esgoto da rega e das UTAs. O depósito estará subterrâneo e, como tal, a admissão de água para o depósito será por efeito de gravidade. Posteriormente, com auxílio de uma bomba submersível a água será encaminhada para o depósito de água não tratada.



**Figura 39 – Depósitos (B. Liz, 2021)**

Os depósitos de água e as cubas para nutrientes e controlo de ph (figura 40) serão em PEAD resistente às agressões químicas e com proteção contra raios UV. As paredes interiores são de superfície lisa, facilitando assim a sua limpeza.



**Figura 40 – Cubas**

### 3.6.6. Circulador, bombas doseadoras e grupo hidropressor

De modo a encaminhar a água do depósito subterrâneo para o depósito de água não tratada selecionou-se uma bomba submersível da “Grundfos”, modelo “Unilift AP12.40.04.1” com um caudal máximo de 14 m<sup>3</sup>/h, figura 41.



Figura 41 - Bomba submersível (P. S. Grundfos, 2021)

Para a irrigação optou-se por uma solução com grupo hidropressor com duas bombas hidráulicas. As bombas do sistema de pressurização podem ser removidas sem qualquer interferência com a tubagem nos coletores. Assim mesmo em caso de avaria de uma das bombas hidráulicas a outra será suficiente para satisfazer as necessidades de irrigação na instalação.

O sistema de pressurização “Hydro MPC” da “Grundfos”, figura 42, é composto por duas bombas “CRI(E)” acopladas em paralelo e montadas numa base comum com todos os acessórios necessários, e um quadro elétrico.

O “Hydro MPC” traz incorporado uma interface com diversos idiomas que permite guiar o instalador através de uma série de passos até o sistema de pressurização estar corretamente instalado e preparado para arranque. Quando a instalação estiver completa, a interface de simples utilização assegura que o funcionamento no dia-a-dia seja igualmente fácil.

Este grupo hidropressor é dotado de tecnologia duradoura que requer o mínimo de manutenção e garante a máxima eficiência.



Figura 42 - Grupo hidropressor (P. S. Grundfos, 2021)

Principais características:

- Modelo: “HYDRO MPC-E 2 CRIE 3-2”
- Bombas centrífugas multifásicas verticais, tipo “CR(I)E 3-2” com frequência variável
- Caudal nominal - 8 m<sup>3</sup>/h
- Caudal máximo – 10,8 m<sup>3</sup>/h
- Altura manométrica máxima – 19 m
- Número de bombas – 2
- Pressão máxima de operação – 16 bar
- Potência elétrica bomba principal – 0,37 kW

As bombas doseadoras para adicionar os nutrientes na água e criar a receita desejada serão da marca “Grundfos”, modelo “DDA”.

### 3.6.7. Filtros

Serão instalados filtros de malha com cartucho de limpeza, representados na figura 43, na linha de tubagem principal e de retorno aos tanques.

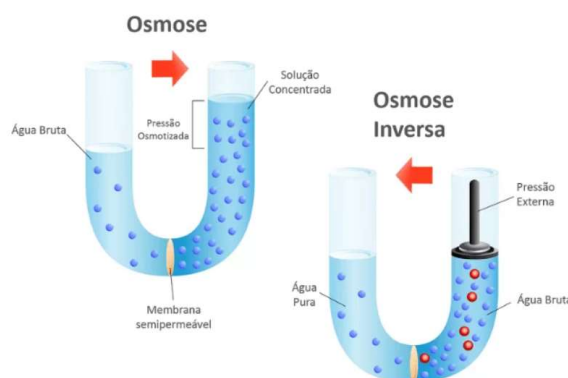


Figura 43 – Filtros

### 3.6.8. Osmose inversa

A osmose Inversa é o processo oposto da osmose natural, conforme exemplificado na figura 44, isto é, através de bombas de alta pressão, é aplicada uma força mecânica que levará a água a fluir através de uma membrana, da solução mais concentrada, com impurezas, para a solução menos concentrada, ficando os sais e/ou impurezas retidos na membrana.

A osmose Inversa é capaz de remover até 99% das partículas, dos sais dissolvidos (iões), coloides, matérias orgânicas e bactérias da água de alimentação.



**Figura 44 - Processo de osmose inversa (F. W. Systems, 2021)**

O circuito de irrigação será dotado de um sistema de osmose inversa, como se encontra na figura 45, transformando assim a água, proveniente do depósito de água não tratada, em água osmotizada. Esta será armazenada no outro depósito e posteriormente, após adicionar os nutrientes necessários, será encaminhada para as respectivas salas para alimentação das plantas.

Todos os equipamentos relacionados com a osmose inversa na instalação serão da “Aquaquímica”, incluindo pré-tratamento por filtro multimídia automático, dosagem do anti incrustante, do corretor de pH e do biocida (incluindo bombas doseadoras, cubas e sondas de nível) e grupo de pressurização com 0,55 kW de potência. Este equipamento foi selecionado com o auxílio dos fornecedores do equipamento, tentando sempre minimizar os custos de investimento sem comprometer o bom funcionamento da instalação.

Características:

- Modelo – “RO1150”
- Pressão – 13,8 a 15 bar
- Caudal – 1150 L/h
- Rejeição iónica típica – 95 a 98%
- Membrana – 4 de 4” x 40”
- Estrutura – Aço Inox



**Figura 45 - Sistema de osmose inversa (Aquaquímica, 2021)**

### **3.7. Cargas térmicas**

#### **3.7.1. Dados climáticos**

A estufa de canábis será localizada em Portugal, no distrito de Lisboa e a partir do (ASHRAE, 2017) e do diagrama psicrométrico retiraram-se os seguintes dados climáticos para dimensionamento da estufa para esta zona:

- Temperatura de arrefecimento – 33,8 °C
- Humidade Relativa de arrefecimento – 30%
- Temperatura do solo de arrefecimento – 25 °C
- Temperatura de aquecimento – 4.6 °C
- Humidade relativa de aquecimento – 99.6 %
- Temperatura do solo de aquecimento – 6 °C

#### **3.7.2. Condições interiores**

Para propósito de cálculo dos ganhos térmicos para as salas de produção (Maternidade, vegetativo e Floração) foi considerada uma humidade relativa e temperatura interior com os seguintes valores:

Floração

- Temperatura – 24 °C
- Humidade Relativa – 50-60 %

Vegetativo

- Temperatura – 24 °C
- Humidade Relativa – 55-75 %

Maternidade

- Temperatura – 24 °C
- Humidade Relativa - >85%

#### **3.7.3. Cálculo (arrefecimento)**

Para cálculo das cargas térmicas na estação de arrefecimento recorreu-se a uma folha de cálculo do Excel elaborada pelo aluno, baseada em dados fornecidos pela (ASHRAE, 2019), pelo LNEC ITE50 (Santos, C. e Matias, L. 2006) e pelos artigos (McGowan, M. 2020) e (Yetisgen, G., 2012) e onde se considerou todos os ganhos



térmicos significativos para as salas de produção. As figuras 46, 47 e 48 demonstram os cálculos efetuados para a sala de Floração, o processo foi de seguida repetido para as restantes salas.

|                           |         |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
|---------------------------|---------|-------------------|-----------|--------------------|-------|--|--|--|--|
| Floração                  |         |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| DADOS Verão               |         |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| Temp. exterior (Verão)    | 33,8 °C | Temp. interior    | 24 °C     | Efeito do sol (°C) | Este  |  |  |  |  |
| Humidade exterior (Verão) | 30 %    | Humidade interior | 55%       |                    | Sul   |  |  |  |  |
| Temp solo média (Verão)   | 25 °C   |                   |           |                    | Oeste |  |  |  |  |
|                           |         |                   |           |                    | Teto  |  |  |  |  |
| Área janelas (cada)       | 1,5 m2  |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| Equipamentos              |         |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| nr de ventiladores        | 78      |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| Pot. de ventiladores      | 237 w   | Pot. térmica =    | 28,236 kW |                    |       |  |  |  |  |
| Pot. efeito Joule         | 362 w   |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| Iluminação                |         |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
|                           |         | Pot. térmica =    | 293 kW    |                    |       |  |  |  |  |
| Pot. luzes                | 293 kW  |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
|                           |         |                   |           |                    |       |  |  |  |  |
| Envolvente                | Qenv=   | 5,404898 kW       |           |                    |       |  |  |  |  |

Figura 46 - Folha de cálculo parte 1

|                                               |                   |                |             |
|-----------------------------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| <b>Paredes Norte (alvenaria e isolamento)</b> |                   |                |             |
| Delta T                                       | 9,8               |                |             |
| Área                                          | 98,4 m2           |                |             |
| U                                             | 0,44 (W/m2.K)     | Pot. térmica = | 0,424301 kW |
|                                               |                   |                |             |
| <b><u>Parede Sul</u></b>                      |                   |                |             |
| Delta T                                       | 11,8              |                |             |
| Área                                          | 104,4 m2          |                |             |
| k PUR (painel)                                | 0,037             | Pot. térmica=  | 0,759684 kW |
| Espessura isolam.                             | 0,06 m            |                |             |
| U                                             | 0,616667 (W/m2.K) |                |             |
|                                               |                   |                |             |
| <b><u>Parede Oeste</u></b>                    |                   |                |             |
| Delta T                                       | 4                 |                |             |
| Área                                          | 52,2 m2           |                |             |
| k PUR (painel)                                | 0,037             | Pot. térmica=  | 0,12876 kW  |
| Espessura isolam.                             | 0,06 m            |                |             |
| U                                             | 0,616667 (W/m2.K) |                |             |
|                                               |                   |                |             |
| <b><u>Teto</u></b>                            |                   |                |             |
| Delta T                                       | 14,8              |                |             |
| Área                                          | 329 m2            |                |             |
| k PUR (painel)                                | 0,037             |                |             |
| espessura PUR                                 | 0,06 m            | Pot. térmica = | 3,002673 kW |
| U                                             | 0,616667 (W/m2.K) |                |             |

Figura 47 - Folha de cálculo parte 2

|                               |                |                              |                 |           |
|-------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|-----------|
| <u>Chão</u>                   |                |                              |                 |           |
| Delta T                       | 1              |                              |                 |           |
| Área                          | 329            | Pot. térmica =               | 0,7896 kW       |           |
| U (pavimento simples          | 2,4            |                              |                 |           |
|                               |                |                              |                 |           |
| <u>Envidraçados Norte</u>     |                |                              |                 |           |
| Delta T                       | 9,8            |                              |                 |           |
| Área                          | 6              | Pot. térmica=                | 0,29988 kW      |           |
| U envidraçados                | 5,1            |                              |                 |           |
|                               |                |                              |                 |           |
| <b>Latente (transpiração)</b> |                |                              |                 |           |
|                               |                |                              |                 |           |
| nr de plantas                 | 5076           | Calor de vaporização da água | 2450 kJ/kg      | 4,52 l/m2 |
| litros/planta/dia             | 1,4 L          | Calor latente diário         | 13031894 kJ/dia |           |
| litros/dia                    | 7106,4 L       | Qlatente (consid. 12h rega)  | 301,664213 kW   |           |
| litros evap. p/dia            | 5329,8 L       |                              |                 |           |
| massa de água trans.          | 5319,14 kg/dia |                              |                 |           |
|                               |                |                              |                 |           |
| POT. Arrefecimento TOTAL=     | 628,3051 kW    |                              |                 |           |
| POT. Arrefecimento FINAL=     | 691,1356 kW    | (10% segurança)              |                 |           |
| Caudal de ar                  | 24428,25 m3/h  | considerando 15 r/h/m3       |                 |           |

Figura 48 - Folha de cálculo parte 3

### Envolvente

No cálculo dos ganhos térmicos pela envolvente foi feita uma análise detalhada da arquitetura e dos materiais de construção do edifício. De seguida foi aplicada a expressão (3) a todas as paredes, envidraçados, pavimento e cobertura:

$$Q = U * A * \Delta T \quad (3)$$

Sendo que,

- Q = Potência térmica [W]
- U = Coeficiente de transmissão de calor [W/ (m<sup>2</sup>.K)]
- A = Área [m<sup>2</sup>]
- ΔT = Diferença de Temperatura (°C)

Obtendo os seguintes valores:

- Floração – 5,4 kW
- Vegetativo – 1 kW
- Maternidade – 0,7 kW

### Equipamentos

Para cálculo dos ganhos térmicos pelos equipamentos foram considerados todos os ventiladores da instalação, um total de 118 ventiladores com dimensões de 6", 8" e 10". As suas principais características encontram-se na figura 49, fornecida pelo fornecedor dos equipamentos.

|                                                                                                                                                                      | ID     | U      | f    | P     | I <sub>N</sub> | t <sub>a</sub> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|------|-------|----------------|----------------|
|                                                                                                                                                                      |        | [V]    | [Hz] | [W]   | [A]            | [°C]           |
| Devices with external cable and plug • Appareils avec câble externe et prise<br>Geräte mit ausgeführtem Kabel und Stecker • Dispositivos con cable externo y enchufe |        |        |      |       |                |                |
| 6" Prime Evo                                                                                                                                                         | 147608 | 120V ~ | 60   | 70    | 0,62           | 60             |
| 8" Prime Evo                                                                                                                                                         | 147644 | 120V ~ | 60   | 192   | 1,63           | 50             |
| 10" Prime Evo                                                                                                                                                        | 147680 | 120V ~ | 60   | 237 * | 2,01           | 50             |
| 16" Prime Evo                                                                                                                                                        | 147770 | 120V ~ | 60   | 350   | 2,91           | 60             |

**Figura 49 - Características dos ventiladores (V.A. Solutions, 2021)**

Aplicando a expressão (4) calculou-se a carga térmica gerada pelos ventiladores:

$$Q = n * P * \frac{t}{24} \quad (4)$$

Sendo que,

- Q = Potência térmica [W]
- n = número de equipamentos
- P = Potência dissipada sobre a forma de calor [W]
- t = tempo [horas]

Considerou-se os ventiladores sempre ligados (24 horas) e calculou-se a potência típica de dissipação de calor de motores elétricos pela ASHRAE.

Obtendo os seguintes valores:

- Floração – 28,2 kW
- Vegetativo – 9,7 kW
- Maternidade – 2 kW

### Iluminação

Para determinar a carga térmica provocada pela iluminação foram considerados os dados das tabelas 7 e 8, fornecidas pela OSRAM:

**Tabela 7 - Potência da iluminação, kW (Fluence, 2021)**

| Sala                      | Quantidade por secção | Quantidade total | Tipo Luminária | Potência conjunto (W) | Potência total (kW) |
|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Mothers (~600 µmol)       | 14                    | 28               | SPYDR 2x       | 342                   | 10                  |
| Vegetative (~600 µmol)    | 28                    | 112              | SPYDR 2x       | 342                   | 38                  |
| Flower (~1200 µmol)       | 156                   | 468              | SPYDR 2i       | 625                   | 293                 |
| <b>Consumo total (kW)</b> |                       |                  |                |                       | <b>340</b>          |

**Tabela 8 - Potência de iluminação, BTU/h (Fluence, 2021)**

| Sala                             | Quantidade por secção | Quantidade total | Tipo Luminária | Calor Dissipado conj. (BTU/h) | Calor Dissipado Total (BTU/h) |
|----------------------------------|-----------------------|------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Mothers (~600 µmol)              | 14                    | 28               | SPYDR 2x       | 1167                          | 32.675                        |
| Vegetative (~600 µmol)           | 28                    | 112              | SPYDR 2x       | 1167                          | 130.699                       |
| Flower (~1200 µmol)              | 156                   | 468              | SPYDR 2i       | 2133                          | 998.051                       |
| <b>Calor Diss. Total (BTU/h)</b> |                       |                  |                |                               | <b>1.161.425</b>              |

Assim sabemos que a iluminação representa uma potência térmica de:

- Floração – 293 kW
- Vegetativo – 38 kW
- Maternidade – 10 kW

### Calor Latente

O calor latente proveniente da respiração das plantas tem grande influência na potência total de arrefecimento do sistema, visto que se trata de uma instalação com capacidade para albergar mais de 7 mil pés de canábis.

Tendo em conta as condições de irrigação diária e considerando que 75% da água é evaporada pelas plantas calculou-se a massa de água evaporada diariamente.

Sabendo que o calor latente da água apresenta o valor de 2450 kJ/kg calculou-se a carga térmica latente em cada sala:

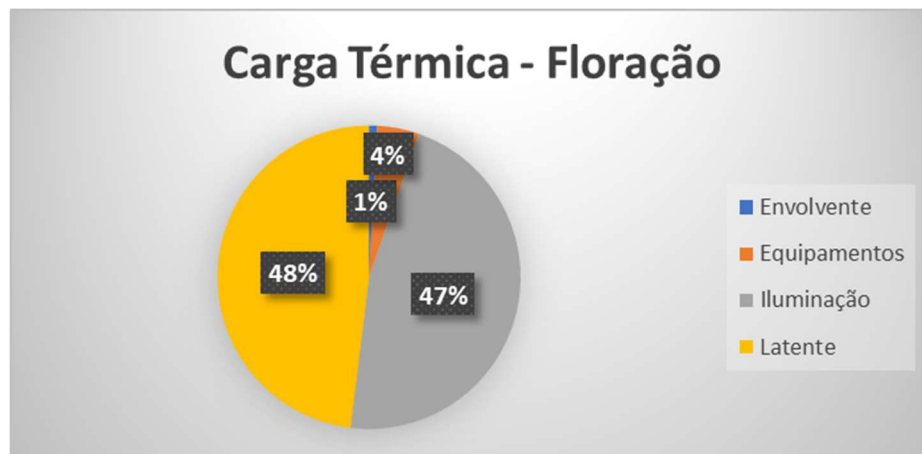
- Floração – 302 kW
- Vegetativo – 60 kW
- Maternidade – 15 kW

### Carga Térmica Total

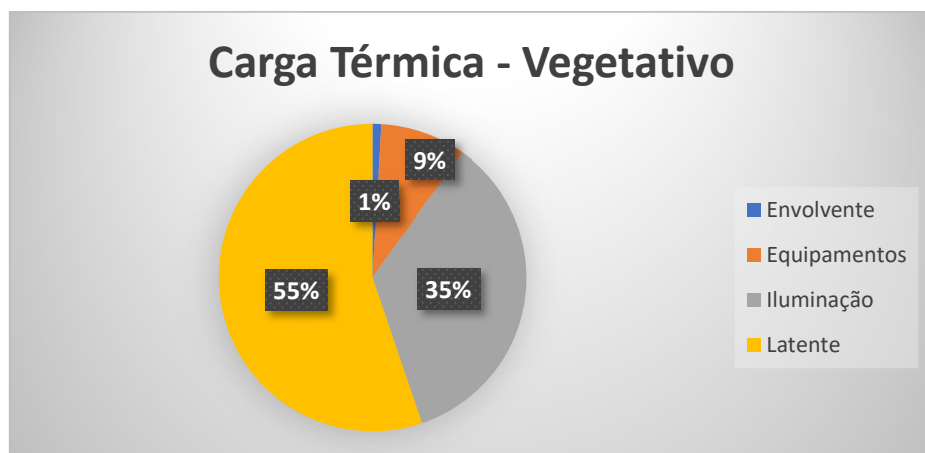
Somando as cargas térmicas apresentadas em cima e adicionando um fator de segurança de 10% obtemos a potência de arrefecimento total para cada sala:

- Floração – 691 kW
- Vegetativo – 120 kW
- Maternidade – 30 kW

Apresenta-se, seguidamente, nas figuras 50 a 52, sob a forma gráfica, o resumo das cargas térmicas, por componente, em cada uma das salas.



**Figura 50 - Carga térmica floração**



**Figura 51 - Carga térmica vegetativo**

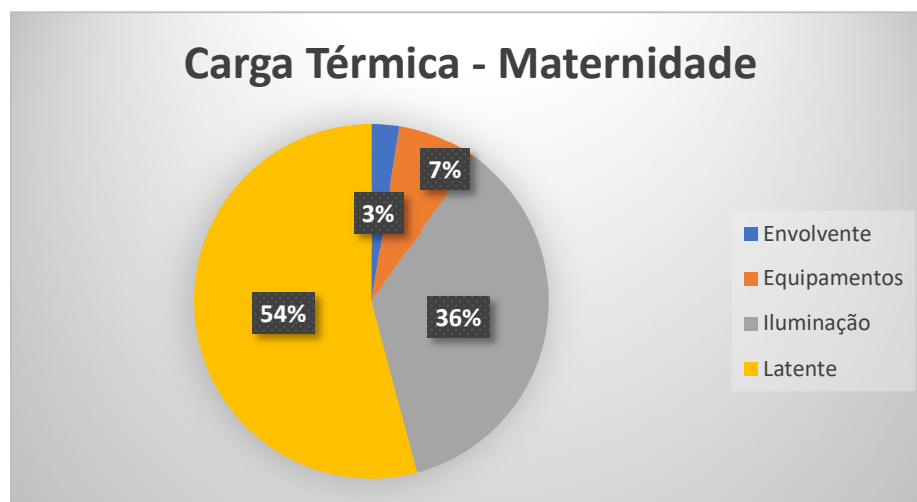


Figura 52 - Carga térmica maternidade

### 3.8. Potência de aquecimento

Foi calculada a potência de aquecimento pelo volume de ar que é necessário aquecer por hora. Foram desprezadas as perdas térmicas pela envolvente, pois o edifício é bem isolado e, como verificado no capítulo anterior, é um valor pouco significativo, facilmente compensado pela margem de segurança adicionada ao resultado da expressão (5).

Neste tipo de edifício é necessária uma renovação de ar mínima na ordem das 15 renovações por hora (ISO 8). Obteve-se, portanto, um caudal necessário de:

- Floração – 25000 m<sup>3</sup>/h
- Vegetativo – 5400 m<sup>3</sup>/h
- Maternidade – 3000 m<sup>3</sup>/h

Considerando o  $\rho_{ar} = 1,184 \text{ kg/m}^3$  foi possível calcular a massa de ar a aquecer para cada zona. Posteriormente calculou-se a potência de aquecimento recorrendo à expressão (5).

$$Q = m * c * \Delta T * 2,778 * 10^{-4} \quad (5)$$

Sendo que,

- Q = Potência [W]
- m = massa [Kg]
- c = 1011 = calor específico do ar [J/Kg.K]
- $\Delta T$  = Diferença de temperatura (K)

Obteve-se assim uma potência de aquecimento de:

- Floração – 160 kW
- Vegetativo – 34 kW
- Maternidade – 19 kW

### **3.9. Climatização**

#### **3.9.1. Solução adotada**

O dimensionamento do sistema de climatização para as instalações foi efetuado de modo a conduzir a soluções capazes de satisfazer quer as necessidades específicas de tratamento ambiental previstas nos normativos, quer a manutenção dos perfis normalizados para cálculo dos consumos energéticos nominais estabelecidos para a tipologia deste serviço, atendendo prioritariamente aos seguintes pontos:

- Custo de investimento;
- Baixo consumo energético, através da utilização de equipamentos e sistemas de elevado rendimento;
- Facilidade na gestão energética e possibilidade e seleção de zonas específicas de funcionamento, de acordo quer com a sua necessidade, quer com a sua utilização;
- Facilidade de condução e manutenção.

Optou-se por um sistema composto por Unidades de Tratamento de Ar por cada zona de produção.

- 3x UTA para Floração
- 1x UTA para Vegetativo
- 1x UTA para Maternidade

Deste modo evitam-se certas restrições no controlo do clima das salas, pois caso todas as salas partilhassem as mesmas UTA's resultaria num cenário idêntico em todas as salas em termos de temperatura, humidade relativa e CO<sub>2</sub>. Com o sistema selecionado é possível obter flexibilidade no controlo destes parâmetros.

Sendo necessário um controle da temperatura e humidade, levou ao uso de uma solução baseada em água, permitindo assim resposta imediata aos requisitos climáticos, através da abertura ou fecho de válvulas termostáticas motorizadas. Numa solução com fluído refrigerante os compressores ainda teriam que arrancar o que demoraria algum tempo até atingir a temperatura requerida pelo sistema.

Os equipamentos previstos neste estudo, serão dimensionados de modo a permitir estabelecer a filtragem do ar primário de renovação e manter os diversos espaços tratados (dentro dos limites especificados e para as condições termo higrométricas exteriores).

#### **3.9.2. Layout do sistema**

O sistema de controlo climático será composto pelos seguintes equipamentos:

- Chiller multifuncional, sistema a 4 tubos, fornecendo uma distribuição de água quente e refrigerada. O controlo de temperatura estará disponível tanto em água gelada quanto em água quente e o controlo será alcançado ajustando a temperatura de fornecimento de água.
- Circuladores e tubagens de água refrigerada e quente, fornecendo fluxo de água constante através dos circuitos do chiller até às válvulas de controlo.
- Unidades de tratamento de ar, fornecendo controlo de temperatura e humidade. As unidades serão equipadas com secção de mistura, pré-filtro e filtro, ambos com sensores de pressão diferencial individualizados, sensores de temperatura e sensores de humidade localizados no ar de retorno e de alimentação. A UTA da maternidade terá ainda incorporado humidificador para garantir uma humidade relativa superior a 85%. O ventilador equipado nas unidades terá acionamento de velocidade variável para fornecimento constante de fluxo de ar, independentemente do estágio de entupimento do filtro. Controlo e comunicação com o sistema de gestão.
- Tanques de inércia, no fluxo de retorno, tanto para água refrigerada como para água quente.

#### Difusão do ar

A uniformidade de difusão é importante para garantir um bom controlo de temperatura e humidade. Será considerada uma insuflação ao longo das salas, no teto, através de conduta têxtil, devidamente certificada para utilização em salas limpas e anti bactéria.

### **3.9.3. Chillers**

#### Descrição geral

Unidades multifuncionais inovadoras, figura 53, versões de 4 tubos para atender às muitas exigências do projeto. Essas máquinas usam fluido refrigerante R410A e compressores “scroll” de novo conceito. A sua alta eficiência energética possibilita consideráveis economias de energia.



**Figura 53 – Chiller (BlueBox, 2021)**

### Operação da unidade de 4 tubos

A unidade multifuncional de quatro tubos permite a produção de água fria e quente em dois circuitos separados, ao mesmo tempo ou de forma independente.

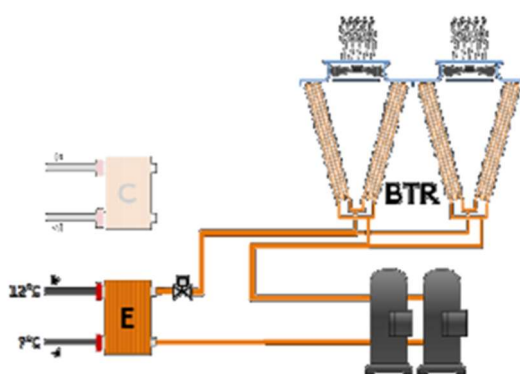
É capaz de atender cargas de calor simultâneas e independentes de sinal oposto, com a vantagem de trabalhar em operação de recuperação de calor: sempre que houver solicitação simultânea por arrefecimento e aquecimento, a unidade multifuncional funcionará em modo de recuperação, e move a energia térmica das salas que precisam ser arrefecidas para aquelas que precisam ser aquecidas. Se as duas cargas de calor não estiverem balanceadas, o controlador trabalha em modo misto para recuperar o máximo de energia térmica possível e usar o permutador de calor de ar como fonte de calor para trocar a quantidade que falta para atender às duas solicitações do sistema.

A unidade multifuncional pode, portanto, trabalhar indiretamente durante todo o ano para atender a todas as solicitações de energia térmica e de refrigeração do sistema e é, portanto, uma alternativa aos sistemas convencionais baseados na combinação de chillers/caldeiras com a vantagem adicional não negligenciável do sistema.

Dependendo dos vários cenários que podem ocorrer ao longo do dia, a unidade multifuncional pode trabalhar com diferentes modos e mudar de um para outro de forma totalmente automática, conforme exemplificado nas figuras 54, 55 e 56.

#### Modo de arrefecimento

A unidade funciona neste modo quando o sistema requer apenas a produção de água fria. Ele usa a bobina com alhetas “BTR” como permutador de calor do lado da fonte e produz água gelada no permutador “E”, conectado ao circuito dedicado à distribuição apenas para arrefecimento das zonas de produção.

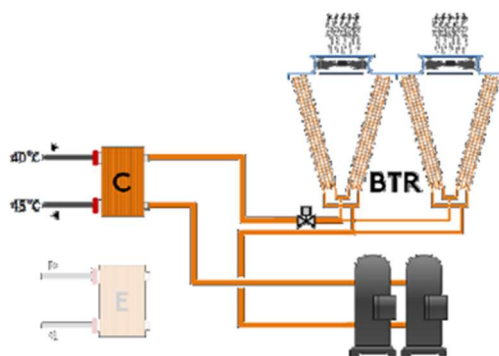


**Figura 54 - Modo de arrefecimento (BlueBox, 2021)**

#### Modo de aquecimento

A unidade funciona neste modo quando o sistema requer apenas aquecimento. Utiliza a bobina com alhetas “BTR” como permutador de calor do lado da fonte e produz água quente no permutador “C”, conectado ao circuito dedicado à distribuição de água para aquecimento apenas no edifício.

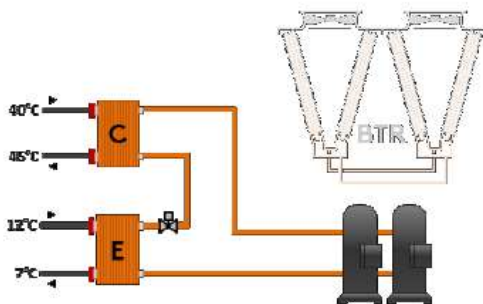




**Figura 55 - Modo de aquecimento (BlueBox, 2021)**

### Modo de recuperação

Quando existe uma solicitação simultânea por água quente e água fria no sistema, a unidade multifuncional comporta-se como uma bomba de água/água gerindo a condensação no permutador “C” e a evaporação no permutador “E”, trabalhando assim em simultâneo nos dois circuitos do sistema. A mudança de uma configuração para outra ocorre de forma totalmente automática ao tentar otimizar a energia gasta com base na solicitação dos usuários. Como todas as unidades também são de circuito duplo, o modo de recuperação pode ser usado em um circuito enquanto o outro funciona no modo de resfriamento ou aquecimento, e isso é essencial para atender às solicitações de carga quente/fria e obter o nível máximo de recuperação de energia.



**Figura 56 – Modo de recuperação (BlueBox, 2021)**

### Principais dados técnicos

- Unidade – “Omicron Rev S4 HE”
- Marca – “BlueBox”
- Fluido refrigerante – R410A
- Capacidade de arrefecimento – 883,7 kW
- Capacidade de aquecimento – 835,3 kW
- Quantidade – 2 unidades

### 3.9.4. Circuladores

Para a central térmica seleccionaram-se circuladores da marca “Grundfos”, modelo “TPE 100-250”, figura 57. Para garantir o bom funcionamento da instalação cada circulador terá capacidade para um caudal de 144 m<sup>3</sup>/h.

Serão instalados 4 circuladores, dois para a produção de água quente e outros dois para a produção de água fria. Foram considerados 2 circuladores por cada circuito para garantir a segurança, deste modo em caso de avaria de um dos circuladores o outro terá capacidade de satisfazer as necessidades do sistema.



Figura 57 – Circulador (P. S. Grundfos, 2021)

### 3.9.5. Unidades de tratamento de ar (zonas de produção)

Unidades de tratamento de ar da marca “Arfit”, figura 58, com uma construção em painel duplo de aço galvanizado e aço pré-pintado com 50 mm de espessura, estrutura em alumínio 6060 DIN 17615 e isolamento em lã mineral 70 kg/m<sup>3</sup>. Seleção e otimização possível para configuração, modelo e caudal, através de software. De acordo com as normas EN 1886 e 13053 com certificação EUROVENT (Eurovent, 2021). As UTAs serão munidas de um controlo integrado que proporciona uma gestão adequada do seu funcionamento. Secção de aquecimento e arrefecimento por bateria de água quente e fria, respetivamente. A secção de ventilação será equipada com ventiladores, EC com controlo pelo sistema GTC. Secção do ar de admissão com registo motorizado. A filtragem do ar é realizada através dos filtros F9 e filtros absolutos.

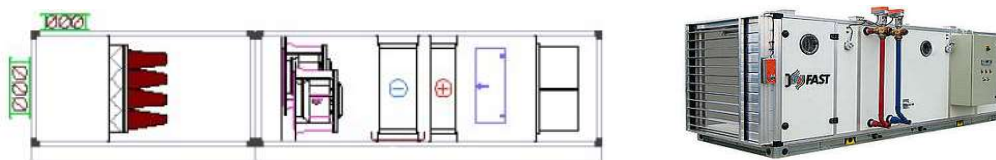


Figura 58 - Unidade de tratamento de ar (Arfit, 2021)

#### Principais dados técnicos

- Localização – Floração
- Unidade – “TTP350”
- Potência de arrefecimento – 230 kW
- Potência de aquecimento – 53 kW
- Caudal de ar – 30000 m<sup>3</sup>/h

- Quantidade – 3 unidades
- Localização – Vegetativo
- Unidade – “*TTP166*”
- Potência de arrefecimento – 120 kW
- Potência de aquecimento – 34 kW
- Caudal de ar – 15000 m<sup>3</sup>/h
- Quantidade – 1 unidade
- Localização – Maternidade
- Unidade – “*TTP46*”
- Potência de arrefecimento – 30 kW
- Potência de aquecimento – 19 kW
- Caudal de ar – 4000 m<sup>3</sup>/h
- Quantidade – 1 unidade

#### 3.9.6. Tubagem e válvulas

A tubagem e acessórios em PPR (Polipropileno), representados na figura 59, permitem uma boa soldabilidade, baixa tendência a incrustações e instalação rápida e fácil, assim como, uma alta durabilidade e juntas homogêneas. Estas características tornam assim, o PPR, o material mais adequado para tubagem e acessórios, para água, nesta instalação.

Matéria-prima com alto peso molecular e alta estabilidade térmica, cumprindo assim as normas DIN 8077, DIN 8078 e EN ISO 15874.

O composto pronto incluiu um pacote aditivo especialmente selecionado para garantir:

- Produção económica de tubos
- Excelente consistência do produto
- Resistência a altas temperaturas
- Baixa influência no sabor e odor
- Boa resistência ao impacto

As válvulas de seccionamento serão do tipo borboleta, figura 59. A versão “*wafer*” das válvulas do tipo borboleta foi projetada para manter uma vedação hermética, protegendo contra diferencial de pressão bidirecional, a fim de evitar qualquer refluxo em sistemas que foram fabricados para fluxo unidirecional. Isto é conseguido usando uma vedação bem ajustada, como um O-ring, juntamente com uma face de válvula plana nas seções a jusante e a montante da válvula.



**Figura 59 - Tubagem PPR (Aquatherm, 2021).**

### 3.9.7. Condutas

A secção das condutas pode ser retangular ou circular, sendo preferencialmente circular. O material de construção das condutas será em chapa de aço galvanizado, de acordo com as normas SMACNA e as recomendações da ASHRAE. As condutas circulares serão do tipo “spiro”, como evidenciadas na figura 60.



**Figura 60 - Condutas de ventilação**

A construção das condutas será feita em geral de acordo com o que está indicado na publicação "HVAC SYSTEMS DUCT DESIGN", da SMACNA, para condutas de baixa velocidade, dando-se particular atenção aos critérios de ruído, perda de pressão e fugas de ar.

A montagem será efetuada conforme plano de segurança da obra e com todos os equipamentos de proteção conforme legislação em vigor.

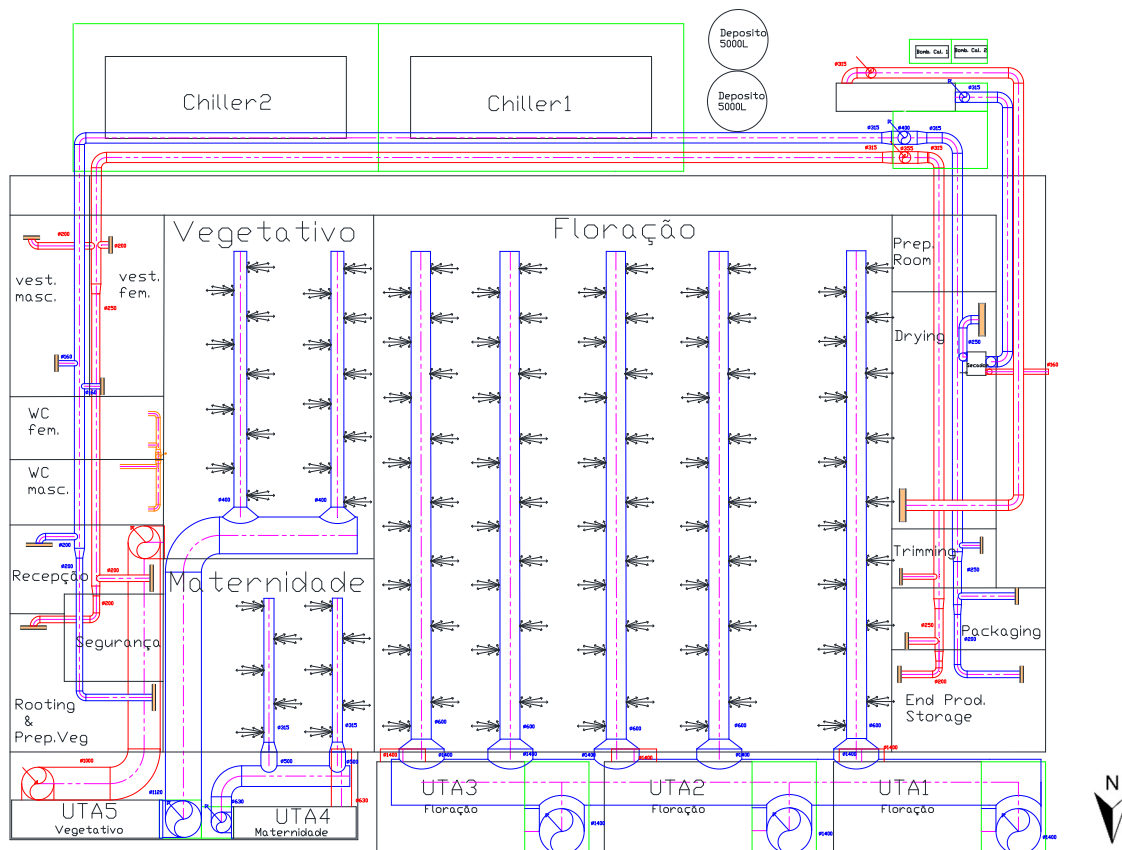
As transformações de secção, quando divergentes não apresentarão ângulos superiores a  $40^\circ$  medidos entre faces ou a  $20^\circ$  medidos entre a face e o eixo da conduta. Os ângulos máximos para as transformações convergentes entre faces ou entre face e o eixo da conduta serão de  $60^\circ$  e  $30^\circ$ , respetivamente.

Em situações que provoquem elevada perda de carga como, derivações em “T” a  $90^\circ$  ou a  $45^\circ$ , saídas do ar para os ramais e outras singularidades deverão ser incluídos defletores que guiem o fluxo de ar no sentido correto, minimizando a sim as tais perdas de carga.

Quando se utilizarem lâminas deflectoras de extração, deverá prever-se um mecanismo de ajuste e fixação, localizado no exterior da conduta e de fácil acesso.

## Desenho CAD

Após dimensionar as condutas de ventilação procedeu-se ao desenho dos seus troços em 2D no programa AutoCAD conforme a seguinte 61.



**Figura 61 - Desenho de condutas em AutoCAD**

## Isolamento

As condutas de insuflação de ar termicamente tratado, serão sempre isoladas. Isolamento exterior, em placas de lã mineral, protegida contra a desagregação, com barreira de vapor e apresentando as seguintes características:

- Espessura – 30 mm
- Peso específico -  $\geq 40 \text{ kg/m}^3$
- Condutividade térmica a  $20^\circ\text{C}$  –  $0,04 \text{ W/(m.K)}$
- Difusibilidade do vapor de água –  $0,275 \text{ mg/(m}^2\text{.h.mmHg)}$
- Temperatura limite de funcionamento –  $120^\circ\text{C}$

Todas as juntas deverão ser cuidadosamente seladas com fita de alumínio do tipo autocolante. Os materiais utilizados deverão ser imputrescíveis.

### Forra mecânica

De modo a conferir proteção contra as intempéries, as condutas exteriores, deverão ser revestidas com forra mecânica de alumínio.

#### **3.9.8. Depósitos de inércia e vasos de expansão**

Os depósitos de água serão usados para inércia térmica da instalação hidráulica. Estes serão verticais com isolamento em poliuretano flexível como é visível na figura 62. Vasos de expansão serão fornecidas para os circuitos fechados.

Será fornecido e instalado um depósito para água quente e outro para água fria da marca “Troia”, modelo “Inox TS”, com 5000 litros de capacidade, em aço Inox, incluindo válvulas de seccionamento e vasos de expansão.



**Figura 62 - Depósito de inércia (Relopa, 2021)**

Para absorver a dilatação de água devido às oscilações de temperatura serão instalados dois vasos de expansão selecionados no catálogo da “Caleffi” (Caleffi, 2021), um com capacidade de 50 litros para o circuito de água fria e outro com capacidade de 200 litros para o circuito de água quente.

A dimensão dos vasos de expansão foi calculada pela expressão (6).

$$V = \frac{e \cdot C}{1 - P_i/P_f} \quad (6)$$

Onde,

- V = Volume do vaso de expansão (l)
- e = Coeficiente de expansão da água
- C = Volume de água na instalação (l)
- P<sub>i</sub> = Pressão absoluta inicial (bar)
- P<sub>f</sub> = Pressão absoluta final (bar)

### 3.10. Espaços comuns

#### 3.10.1. Ar condicionado

Nas zonas sem requisitos de temperatura e humidade foi considerado o fornecimento e aplicação de sistemas de ar condicionado da marca “*Daikin*”, incluindo unidades exteriores e unidades interiores murais, assim como tubagens de cobre isoladas e os acessórios necessários.

Foi considerada uma exploração com uma unidade interior por espaço e uma condensadora multisplit para cada duas/três unidades interiores, com um fator de simultaneidade de 80%. A tabela 9, assim como a figuras 63, representam as unidades interiores e exteriores selecionadas para cada espaço a partir do catálogo da Daikin (Dakin, 2021).

**Tabela 9 - Unidades interiores e exteriores de AC**

| Designação           | Potência Equi. | Unidades Interiores | Unidades exteriores |
|----------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Packaging            | 3,2 kW         | “FTXM35N”           | “4MXM80N”           |
| End Product Storage  | 3,6 kW         | “FTXM42N”           |                     |
| Trimming             | 2,4 kW         | “FTXM25N”           |                     |
| Vest. Masculino      | 2,4 kW         | “FTXM25N”           | “2MXM40M”           |
| Vest. Feminino       | 2,4 kW         | “FTXM25N”           |                     |
| Rooting & Veg. Prep. | 4,6 kW         | “FTXM50N”           | “3MXM68N”           |
| Recepção             | 3 kW           | “FTXM35N”           |                     |



**Figura 63 - Unidade interior e exterior (Daikin, 2021)**

### 3.10.2. Renovação de ar

O sistema a utilizar será um recuperador de calor com bateria de expansão direta a fluido refrigerante R410A.

A sua construção conta com painéis duplos (25mm), com bloqueio que garante elevada estanquicidade, que conferem excelentes características térmicas e acústicas. Recuperador de calor estático de fluxos paralelos com certificação EUROVENT. Pode ser equipado com filtros de ar de classe M5, F7 e F9 de acordo com a norma ISO 16890. Equipado com tabuleiro de condensados em inox e ventiladores do tipo Plug Fan EC (classe IE 4) com proteção mecânica IP55.

Nota: Por falta de dados relativamente à ocupação dos espaços comuns foi calculado o número de renovações, por hora, por volume de cada espaço, sendo considerado um pé direito de 2,5 metros.

Assim, considerando um caudal de 6 renovações de ar, por hora, para cada espaço foi selecionado o modelo “*ECOEVO 2 EC 23*” da “*Arfit*”, figura 64, com um caudal de 2000 m<sup>3</sup>/h.



Figura 64 - Recuperador de calor (Arfit, 2021)

#### Características:

- Modelo – “*ECOEVO 2 EC 23*”
- Caudal – 2000 m<sup>3</sup>/h
- Potência – 15,5 kW
- Corrente (Monofásica 230V) – 12,1 A
- Quantidade – 1

#### Difusão

O seu dimensionamento foi efetuado tendo em atenção os seguintes parâmetros:

- Caudal de ar



- Alcance do fluxo de ar para velocidades terminais de 0,2 m/s e taxas de indução adequadas (para os equipamentos destinados a insuflação)
- Níveis de ruído admissível (de 40 a 50 dB)



**Figura 65 – Grelhas (F. Air, 2021)**

Todas as grelhas, semelhantes à figura 65, serão construídas em alumínio com acabamento por lacagem segundo RAL a definir pela arquitetura.

Para os espaços comuns foram selecionadas grelhas lineares “LAC 60” da “France Air”, representadas na tabela 10, com as seguintes dimensões:

**Tabela 10 - Dimensões das grelhas para espaços comuns**

| Designação           | Dimensões |
|----------------------|-----------|
| Packaging            | 500x100   |
| End Product Storage  | 500x100   |
| Trimming             | 500x75    |
| Vest. Masculino      | 500x100   |
| Vest. Feminino       | 500x100   |
| Rooting & Veg. Prep. | 800x75    |
| Recepção             | 800x75    |
| Sala Dry             | 1000x200  |

### Válvulas de Extração

Para as casas-de-banho foram selecionadas 4 válvulas de extração, idênticas à figura 66. Existirá uma para cada cubículo, também da marca “France Air”, modelo “BRE.N” e com um diâmetro de ligação de 125 mm.



**Figura 66 - Válvula de extração (F. Air, 2021)**

### Ventilador de Extração

De modo a não existir mistura do ar extraído das casas-de-banho com o ar insuflado, proveniente do recuperador de calor, selecionou-se um ventilador de extração da “France Air”, modelo “*Canal Fast Isolado 150*”, figura 67. Assim, a extração do ar das casas-de-banho é feita num circuito separado ao circuito do recuperador de calor.



**Figura 67 - Ventilador de extração (F. Air, 2021)**

### **3.11. Sala de secagem**

Os sistemas a utilizar para a sala de secagem “Dry” têm por base as condições indicadas em seguida:

#### Condições Interiores

Os equipamentos previstos neste estudo, foram dimensionados de modo a permitir estabelecer a filtragem do ar primário de renovação e manter nos espaços tratados (dentro dos limites especificados como base de cálculo e para as condições termo higrométricas exteriores).

- Controlo de Temperatura seca 16 - 21 °C
- Controlo de Humidade relativa 45-60 %
- Capacidade de secagem de 150 litros por dia
- Duração de cada ciclo de secagem 14 dias

#### Solução Adotada

Optou-se por um sistema composto por um secador/desumidificador do ar exterior, com ligação a uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) e ligação a uma bomba de calor para execução do processo de secagem.

O software integrado na unidade será responsável pelo controle do sistema climático.

- Renovação de ar mínima (recirculação): 10 ren/h
- Capacidade de desumidificação: 7 kg / hora

#### Controlo de CO<sub>2</sub>

Não foi considerado controlo de CO<sub>2</sub>.

### Layout do Sistema

O sistema de controlo climático será composto pelos seguintes equipamentos:

- Secador/desumidificador de ar exterior da marca “*Munters*” com uma capacidade de 7 kg/hora.
- Unidade de tratamento de ar com filtragem (G4 + F7) + (G4 + F9 + H13), incluindo carvão ativo para eliminação de odores, fornecendo controlo de temperatura e humidade. A unidade será equipada com seção de mistura, sensores de temperatura localizados no ar retorno e alimentação. Sensores de humidade localizados no ar retorno e fornecimento de ar. Ventilador equipado com acionamento de velocidade variável para fornecimento constante de fluxo de ar.
- Bomba de calor “*BLUE BOX*”.
- Circulador e tubagem de água refrigerada
- Depósito de inércia 60L, no fluxo de retorno para água refrigerada.
- Difusão do ar através de condutas circulares isoladas e forradas. A uniformidade de difusão é importante para garantir um bom controlo de temperatura e humidade.

### Secador

Fornecimento e instalação de secador/desumidificador com sistema de controlo “*Climatix*”.

Este é um sistema com reduzidas dimensões pelo que ocupa pouco espaço, não interferindo com o layout da sala. A sua construção é em plástico altamente resistente à corrosão, e tem boa capacidade de desumidificação até -20°C.

O “ML1100” é um desumidificador dessecante que vem com muitas funções padrão, que normalmente seriam consideradas opções. Por exemplo, na unidade integrada PLC com display, tem contador de tempo de funcionamento e opção de controlo remoto, assim como mais de 10 indicadores de alarmes. O aparelho ML1100 desumidifica efetivamente até um baixo nível de humidade. Graças ao seu design único, todo o processo de tratamento ocorre em uma unidade com motor hermeticamente fechado, com carcaças vedantes feitas de plástico resistente ao calor.

Outra característica importante neste desumidificador é o indicador de serviço integrado, isto permite ao utilizador saber quando é hora para o serviço de manutenção.

A figura 68 ilustra o desumidificador selecionado pelo aluno.



**Figura 68 – Desumidificador (Munters, 2021)**

**Características:**

- Modelo – “ML1100”
- Caudal – 1100 m<sup>3</sup>/h
- Pressão Estática – 300 Pa
- Potência Total (elétrica) – 12,75 kW
- Tensão Trifásica – 400 V
- Quantidade – 1 unidade

**Unidade de Tratamento do Ar**

- Localização – Sala de Secagem
- Marca – “Arfit”
- Unidade – “TTP12”
- Potência de arrefecimento – 6 kW
- Potência de aquecimento – 6 kW
- Caudal de ar – 1100 m<sup>3</sup>/h
- Quantidade – 1 unidade

**Bomba de Calor**

Será utilizada uma bomba de calor ar/água, da marca “BLUE BOX”, conforme demonstrado na figura 69, de eficiência A+++ (segundo classificação antiga), e modelo “TAU SKY HI HP”. Esta é uma unidade compacta de fácil instalação, com baixo nível de ruído e tratamento anti corrosão já incluído. Os ventiladores do equipamento são do tipo axiais e o compressor do tipo inverter. O gás refrigerante utilizado no equipamento é o R32.



**Figura 69 - Bomba de calor (BlueBox, 2021)**

- Marca – “BLUE BOX”
- Unidade – “TAU SKY HI HP”
- Potência de arrefecimento – 6 kW
- Potência de aquecimento – 6 kW
- Quantidade – 1 unidade

### **3.12. Instalação elétrica**

A instalação elétrica considerada, foi dividida com um quadro geral (QGBT), ligado ao posto de transformação (PT), ambos a fornecer pelo cliente. O QGBT indicado irá alimentar um quadro geral de AVAC e quadros parciais (1 por cada zona de tratamento).

O sistema inclui quadros elétricos parciais com rodapé, equipado com corte, proteção, disjuntores-motor, sinalização de estado e avaria, comutadores M0A para as bombas, contactores, relés e comandos associados as bombas e equipamentos de campo indicados. Os módulos de controlo de entradas e saídas considerados serão da “Beckoff”.

Cablagens, calhas e interligação dos equipamentos indicados (cabos FVV, “Olflex”, LIYCY, UTP) / (Calha Varão 200/100/ 60x60 mm), (Caixas e 3 Quadros tipo Bres para interligação das Três Zonas Maternidade, Vegetativo e Floração).

#### Iluminação e tomadas

A iluminação geral das salas e das zonas comuns será assegurada por armaduras do tipo estanque 1x58W, equipadas com lâmpadas do tipo LED alto fluxo. Foi assegurada a iluminação de emergência através de armaduras LED permanente/ não permanente. Foram considerados circuitos de tomadas monofásicas e trifásicas (nas zonas de laboratório) estanques com cablagens do tipo livre de halogéneos, à vista.

#### Rede informática geral

A rede informática geral das salas será assegurada através de pontos duplos, por cablagens do tipo UTP, cat. 6, livre de halogéneos. Foram considerados 3 bastidores (sem os equipamentos ativos), nas três zonas de intervenção e respetiva cablagem.

#### Sistema de Detecção de incêndio (CDI)

Foi considerada uma central de incêndio “*INIM*” Endereçável 3 Loops, incluindo comunicador GSM, com detetores óticos e detetores térmicos nas zonas necessárias. Inclui botoneiras endereçáveis e sirenes interiores.

#### Sistemas de Videovigilância (CCT)

Foram consideradas câmaras do tipo “*DOME/IP 2MP*” para o interior e câmaras tubulares IP 4MP para o exterior do edifício. Inclui um gravador do tipo “*DVR*” com 40 canais e 2 switch de 16 canais e respetiva cablagem.

#### Sistemas de intrusão (SADIR)

Foi considerada uma central de intrusão 10 zonas “*INIM*”, expansível a 50 zonas, incluindo comunicador GSM, com detetores dupla tecnologia, grau 2, sirenes interiores e exteriores e respetiva cablagem.

### **3.13. Sistema de controlo**

Os sistemas de controlo têm como principal objetivo o controlo de processos e equipamentos, possibilitando a otimização dos consumos, aumento fiabilidade, de produtividade, e eficiência dos processos.

Será fornecido e instalado um sistema de controlo digital direto. O controlo deve utilizar equipamento de campo, controle digital baseado em microprocessador e acionamento eletrónico dos registos e válvulas.

O controlo para este projeto consistirá geralmente em monitorizar e controlar os sistemas de irrigação e AVAC. Os sistemas AVAC controlados são chillers, bomba de calor, circuladores, unidades de tratamento de ar, alarme de entupimento de filtro, controlo de temperatura ambiente, iluminação da zona de produção, humidade e CO<sub>2</sub>.

#### Objetivos:

- Controlo dos sistemas de AVAC, de irrigação, instalações elétricas, de bombagem, entre outros;
- Otimização dos sistemas e subsistemas;
- Rapidez a identificar e reparar de alarmes e avarias;
- Redução dos tempos de paragens;
- Controlo dos custos de exploração;
- Redução dos custos energéticos sem prejudicar o conforto e de outras exigências e funcionalidades do edifício;
- Controlo dos custos de manutenção;

- Adequado controlo essencial para níveis de serviço, conforto e segurança desejados, garantindo a eficiência energética. Melhorando assim o conforto dos ocupantes;
- Evitar mau funcionamento dos sistemas;
- Assegurar o nível correto no fornecimento dos serviços;
- Minimizar os custos de manutenção, dando prevalência à manutenção preventiva em detrimento da reativa;
- Reduzir o consumo energético, custos de operação e minimizar as emissões poluentes para a atmosfera.

As figuras 70 e 71 ilustram exemplos reais do aspeto visual do sistema e a fácil interatividade com o utilizador.

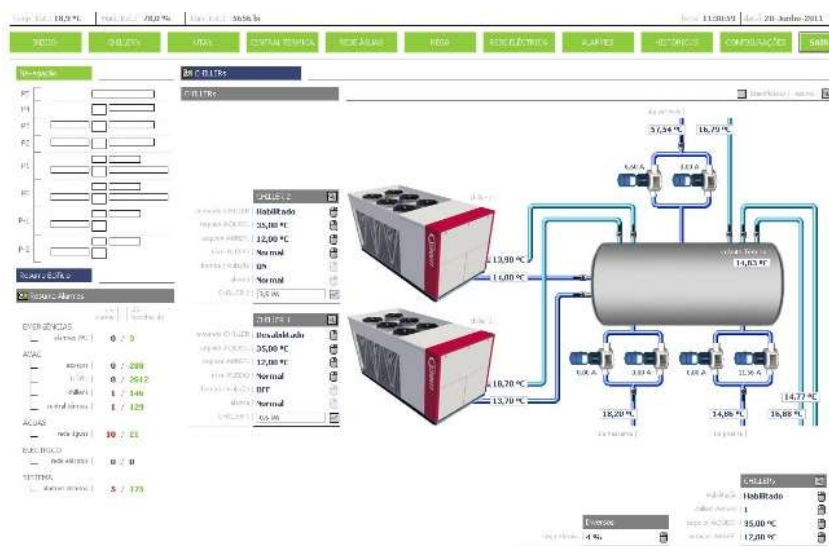


Figura 70 - Sistema de controlo



Figura 71 - Análise detalhada na interface de controlo





## 4. CONCLUSÃO

Após finalizado o período de estágio, conclui-se que os objetivos a que o aluno se propôs foram alcançados. O aluno passou por diversas vertentes que compõem a estrutura da empresa, desde o inventário até à fase de projeto, passando por manutenção, assistência técnica, orçamentação, entre outras.

O estágio curricular permitiu ao aluno aprofundar os conhecimentos adquiridos durante o mestrado em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, e também na licenciatura em Engenharia Mecânica.

Na primeira fase o aluno foi integrado na empresa, realizando várias atividades do seu quotidiano o que permitiu observar e compreender todo o funcionamento da Fluxoterm – Climatização, Lda, assim como contactar a maioria dos funcionários e perceber quais as suas funções.

O inventário, apesar de ter sido realizado num curto período de tempo comparativamente com as restantes atividades, permitiu conhecer uma vasta panóplia de acessórios de diferentes materiais e equipamentos, e também qual a sua aplicação.

As atividades de manutenção e de assistência técnica, assim como a instalação de equipamentos AVAC, condutas de ventilação e redes hidráulicas possibilitou o manuseamento dos mais diversos equipamentos da área, incluindo pequenos equipamentos como máquinas de ar condicionado murais e equipamentos de enormes dimensões como chillers e sistemas VRV's. Permitiu também reconhecer avarias e os principais procedimentos a adotar para atuar na resolução das mesmas. Esta vertente mais prática foi crucial para o aluno compreender o funcionamento dos equipamentos, visualizando e atuando em situações reais de obra que por vezes são menosprezadas na elaboração de projetos e orçamentos.

As duas últimas fases foram as de maior relevância no decorrer de todo o estágio, sendo estas o culminar de todos os conhecimentos adquiridos até então.

A orçamentação permitiu a compreensão da estrutura económica da empresa. O aluno realizou diversos orçamentos, entrando em contacto com fornecedores e clientes para conseguir arranjar a solução mais adequada e economicamente viável.

Durante a fase de projeto o aluno dimensionou diversos sistemas de AVAC e redes hidráulicas. Isto permitiu explorar a criatividade, pois foi necessário arranjar soluções que se adequassem aos sistemas solicitados. Como projeto final o aluno escolheu o projeto preliminar para climatização de uma estufa de canábis medicinal precisamente pelo desafio implícito num projeto de dimensão considerável, integrando vários sistemas, e explorando todas as áreas de atuação da empresa.

Conclui-se este trabalho com a certeza de que a realização do estágio curricular foi a melhor opção para conclusão dos estudos, permitindo ao aluno integrar-se no mercado de trabalho, ficando posteriormente a trabalhar na empresa acolhedora.

O aluno atualmente encontra-se inserido no departamento técnico da manutenção e assistência técnica, realizando a ponte entre técnicos, clientes e fornecedores. Outra atividade realizada frequentemente pelo aluno é precisamente a elaboração de orçamentos para estufas de canábis, área com crescente procura em Portugal, reforçando assim a importância que o estágio teve para a carreira profissional do estagiário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquaquimica (2021). <http://www.aquaquimica.pt/>. Aquaquimica Liz (página internet oficial), Portugal.
- Aquatherm (2021). <http://www.aquatherm.com/>. Aquatherm (página internet oficial), Estados Unidos da América.
- Arfit (2021). <https://www.arfit.pt/>. Arfit (página internet oficial), Portugal.
- ASHRAE (2019). *Heating, Ventilating, and Air-Conditioning APPLICATIONS*. ASHRAE HANDBOOK, USA (em Inglês).
- ASHRAE (2017). *Fundamentals (SI Units)*. USA (em Inglês).
- B. Liz (2021). <https://www.bombasdoliz.com/>. Bombas do Liz (página internet oficial), Portugal.
- BlueBox (2021). <https://www.blueboxcooling.com/>. BlueBox página internet oficial), Inglaterra.
- Caleffi (2021). <https://www.caleffi.com/portugal/pt>. Caleffi (página internet oficial), Portugal.
- D. Controls (2021). <https://www.distech-controls.com/>. Distech Controls (página internet oficial), Portugal.
- Daikin (2021). [https://www.daikin.pt/pt\\_pt/installers.html](https://www.daikin.pt/pt_pt/installers.html). Daikin (página internet oficial), Portugal.
- Disterm (2021). <https://www.disterm.pt/>. Disterm (página internet oficial), Portugal.
- Eurovent (2021). <https://www.eurovent-certification.com/en/>. Eurovent (página internet oficial), Inglaterra.
- F. Air (2021). <https://www.france-air.pt/>. France Air (página internet oficial), Portugal.
- F. W. Systems (2021). <https://www.freshwatersystems.com/>. Fresh Water Systems (página internet oficial), Estados Unidos da América.
- Fluence (2021). <https://fluence.science/>. Fluence (página internet oficial), Portugal.
- McGowan, M. (2020). Plants are not People: Load Calculations for Cannabis Grow Facilities. ASHRAE Journal, vol. 62, no. 4.
- Munters (2021). <https://www.munters.com/pt/>. Munters (página internet oficial), Portugal.
- P. Energia (2021). <https://www.portal-energia.com/>. Portal Energia (página internet oficial), Portugal.
- P. Horticulture (2021). <https://pipphorticulture.com/>. PIPP Horticulture (página internet oficial), Portugal.

P. S. Grundfos (2021). <https://product-selection.grundfos.com/>. Product Selection (página internet oficial), Portugal.

Santos, C. e Matias, L. (2006). Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. LNEC.

V.A. Solutions (2021). <https://vertairsolutions.com/>. Vertical Air Solutions (página internet oficial), Portugal.

Yetisgen, G. (2012). *Design of Grow Rooms and Facilities*. ASHRAE Montreal, Canada, Montreal (em Inglês)

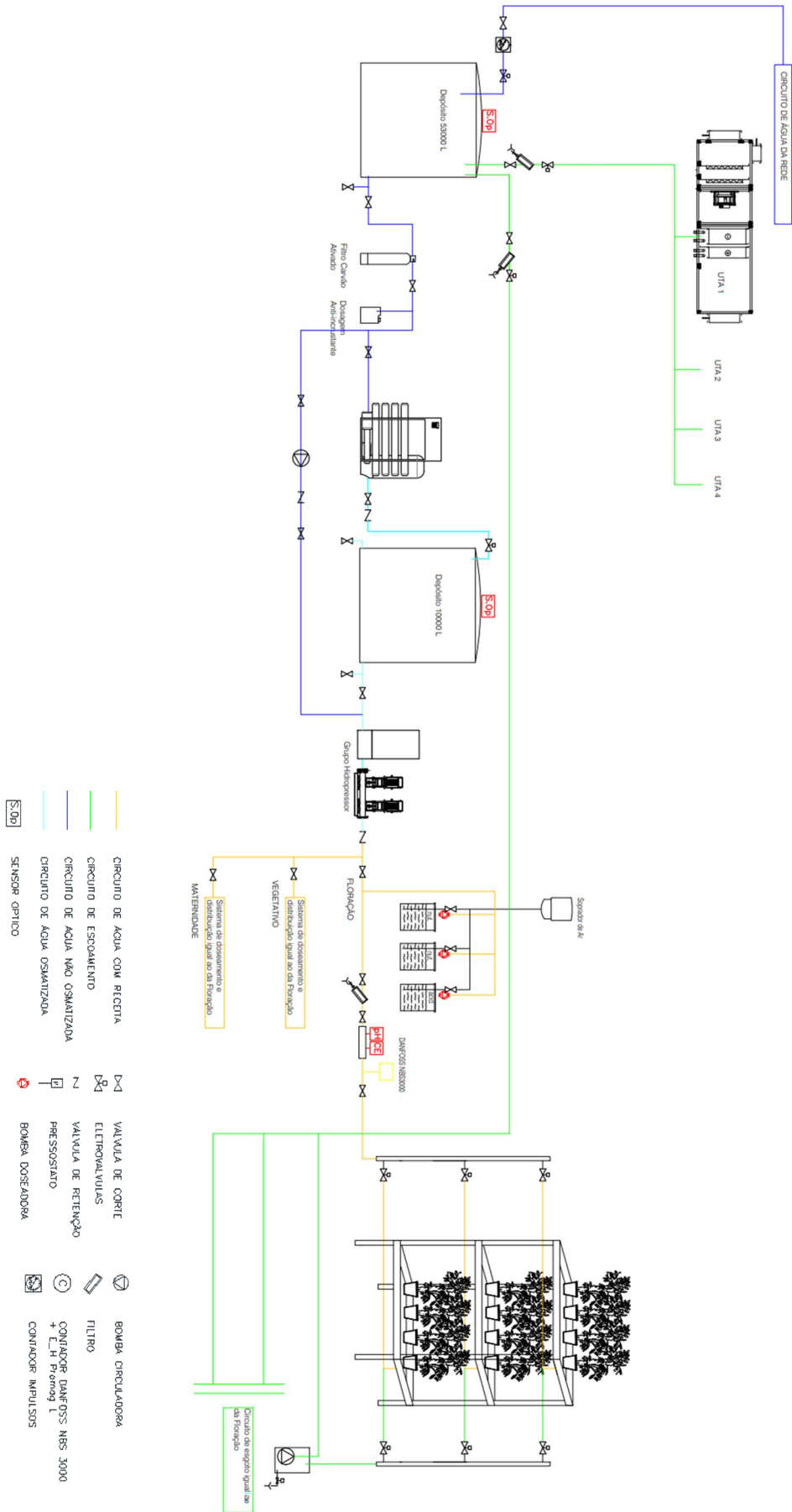
## **ANEXOS**

Anexo 1 – Esquema de Princípio do Sistema de Irrigação

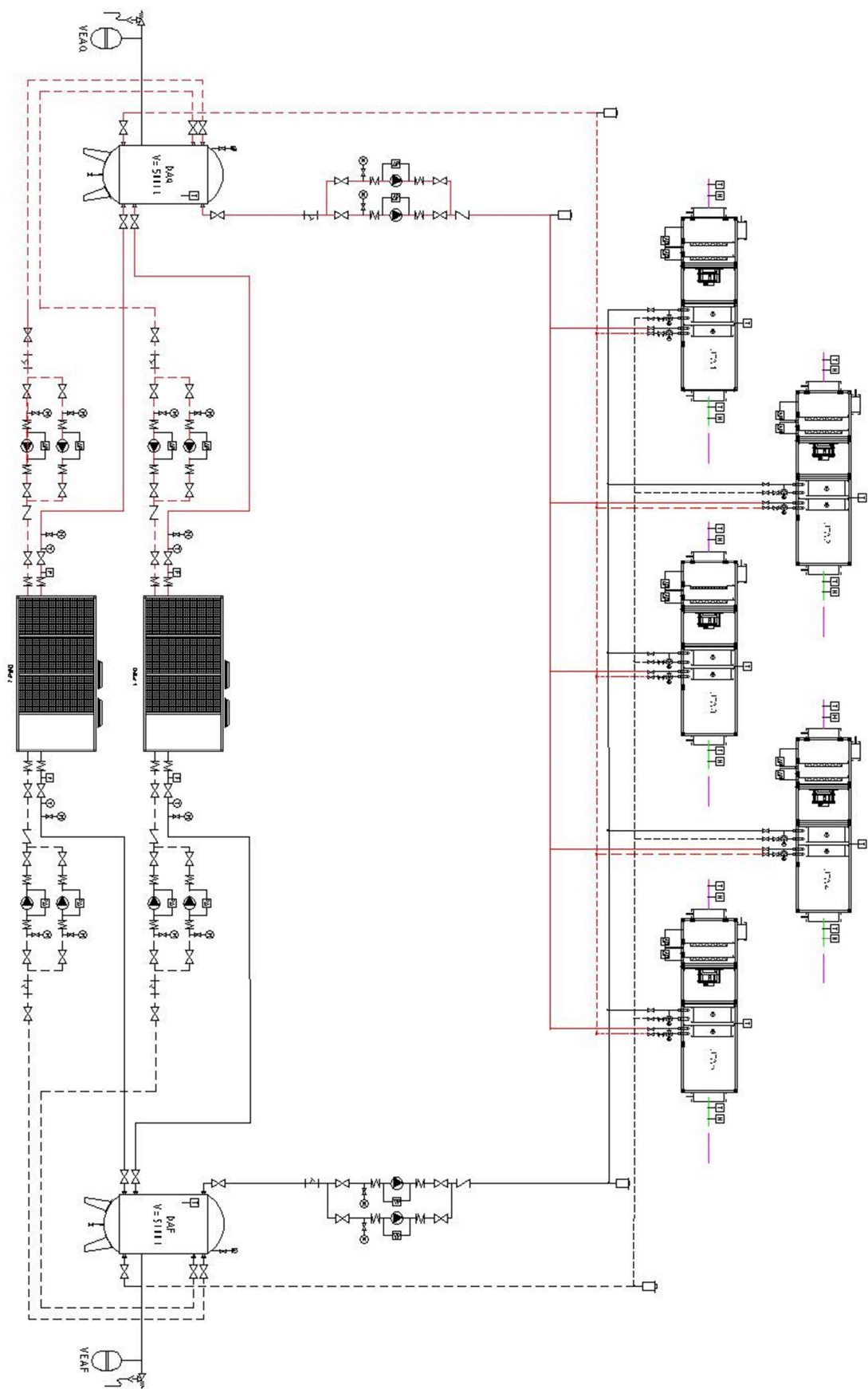
Anexo 2 – Esquema da Central Térmica

Anexo 3 – Desenho da Tubagem da Central Térmica

ANEXO 1 – Esquema de Princípio do Sistema de Irrigação



Anexo 2 – Esquema de Princípio da Central Térmica



### Anexo 3 – Desenho de Tubagem Central Térmica

