



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Estágio no Sector de Edifícios e Infraestruturas Técnicas dos Serviços Centrais da Gulbenkian

JOÃO DIOGO GARROCHINHO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca
Engenheiro Joaquim Osório Tomás

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutor Hélder Manuel Ferreira dos Santos
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Dezembro de 2016



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Estágio no Sector de Edifícios e Infraestruturas Técnicas dos Serviços Centrais da Gulbenkian

JOÃO DIOGO GARROCHINHO

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientadores:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Engenheiro Joaquim Osório Tomás

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutor Hélder Manuel Ferreira dos Santos

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Dezembro de 2016

Agradecimentos

Queria agradecer primeiramente ao antigo professor do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, ao Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio pela disponibilidade em comunicar com a Fundação Calouste Gulbenkian por forma a possibilitar a realização do estágio curricular, bem como à Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca por todo o apoio durante a realização do estágio, bem como todas as reuniões que teve comigo.

Gostaria também de agradecer ao engenheiro Joaquim Osório Tomás e ao engenheiro Daniel Justo pelo acompanhamento que me deram na Fundação Calouste Gulbenkian, bem como ao engenheiro Luís Filipe Ralheta Sebastião da empresa Trane, ao engenheiro João Fernando Oliveira da empresa France Air e à engenheira Helena Ribeiro da empresa Sandometal na ajuda da selecção de equipamentos, bem como a disponibilidade para ter reuniões presenciais.

Por fim, queria agradecer à minha família pelo apoio incondicional na realização do meu percurso académico. Eles foram o meu suporte nos altos e baixos durante toda a minha vida e o que me permitiu alcançar o que tenho hoje. Gostaria de agradecer também à maior alegria que tenho que é a minha filha. Espero que ela um dia se orgulhe do trabalho realizado pelo pai.

Resumo

Hodiernamente, a nível empresarial, as mudanças ocorrem a uma velocidade elevada. Devido às exigências por parte dos colaboradores e dos clientes, a manutenção de equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado é muito rígida e tem de ser cumprida, por forma a possibilitar conforto às pessoas que se encontram dentro de um edifício. É no presente contexto que existiu a necessidade de criar a gestão de manutenção, que de forma consciente permite tomar decisões no que diz respeito à manutenção de equipamentos. A manutenção, nos tempos primórdios, era vista como uma actividade que trazia apenas custos acrescidos às empresas. Rapidamente foi possível observar que uma manutenção efectuada correctamente permite evitar custos de paragem dos equipamentos ou até mesmo da substituição do mesmo, superiores aos custos da mesma.

O trabalho escrito que se apresenta, revela o relatório do estágio de natureza profissional desenvolvido na Fundação Calouste Gulbenkian que permitiu a aquisição de conhecimentos práticos do que foi leccionado ao longo da formação académica efectuada, bem como possibilitou aplicar os conhecimentos obtidos durante a mesma em problemas reais.

Inicialmente, neste estágio, foi efectuada um levantamento dos edifícios e infraestruturas técnicas presentes nos serviços centrais da Fundação Calouste Gulbenkian de modo a tomar conhecimento das principais instalações. Durante o período de estágio foi efectuada o acompanhamento de alguns trabalhos de manutenção que permitiu verificar os procedimentos de manutenção implementados e desenvolver conhecimentos ao nível da manutenção, mais especificamente de equipamentos de climatização. Permitiu também conhecer e implementar um novo *software* de manutenção. Por fim, foi efectuada o dimensionamento de um sistema, para a sala polivalente, e foi sugerido uma optimização de uma unidade de tratamento de ar que poderá conduzir a uma maior eficiência energética e qualidade do ar interior do respectivo espaço.

Palavras-chave: AVAC, UTA, *Chiller*, Gestão da manutenção, Software de Gestão de manutenção.

Abstract

Nowadays, at the enterprise level, changes occur at high velocity. Because of the demands of employees and costumers makes the maintenance of heating, ventilation and air conditioning too rigid and must be fulfilled, so that the comfort of the people inside the building are maintained. In this context there was the need of creating the maintenance management that, in a conscious way, allows to make decisions in regard of equipment maintenance. The meaning of maintenance, in the early days, was seen as an activity that only brings costs to the company. Quickly it was observed that, if the maintenance was performed the right way, it allows to prevent the equipment to stop.

The present written work, reveals the professional traineeship report developed at the Fundação Calouste Gulbenkian that allowed the acquisition of practical knowledge of what was leccioned during academical formation, as well as enabled to apply the knowledge obtained during the same on real problems.

Initially, in this stage, it was carried out a survey of buildings and technical infrastructure present in the headquarters of the Fundação Calouste Gulbenkian in order to be aware of the main facilities. During the probationary period was carried out monitoring of some maintenance work that has shown the implemented maintenance procedures and develop knowledge in terms of maintenance, specifically in air conditioning equipment. It also allowed to know and implement a new maintenance software. Finally, the design of a system was made for the multi-purpose room, and it was suggested an optimization of an air handling unit that can lead to greater energy efficiency and indoor air quality of their space.

Keywords: AVAC, UTA, Chiller, Maintenance management, management software.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Lista de Figuras	ix
Lista de tabelas	xi
Lista de abreviaturas	xiii
Nomenclatura	xv
1 Introdução	1
1.1 Objetivos do estágio	2
1.2 Organização do documento	2
1.3 Importância dos sistemas AVAC	3
1.4 Características do ar	4
1.5 Manutenção	7
1.5.1 Evolução da manutenção	7
1.5.2 Tipos de manutenção	9
1.5.3 Manutenção de edifícios	12
2 Caracterização das instalações técnicas	15
2.1 Sistemas AVAC	15
2.2 Sistemas centralizados a dois, três e quatro tubos	20
2.3 Equipamentos principais de AVAC	22
2.3.1 Unidade produtora de água refrigerada	22
2.3.2 Caldeiras	26
2.3.3 Unidades de tratamento de Ar/Ar novo	27
2.4 Equipamentos auxiliares de AVAC	28
2.4.1 Ventiladores	28

2.4.2	Motores eléctricos	29
2.4.3	Variador de velocidade	30
2.4.4	Contadores entálpicos	31
2.4.5	Bombas de água	32
2.4.6	Torres de arrefecimento e condensadores	33
2.4.7	Alimentação de emergência	35
2.5	Gestão técnica centralizada de edifícios	37
3	Instalações Técnicas Fundação Calouste Gulbenkian	39
3.1	Produtores de Frio	39
3.2	Produtores de calor	42
3.3	Unidades de tratamento de ar/ar novo	46
3.4	Gestão técnica centralizada	54
4	Estágio Curricular	57
4.1	Manutenção preventiva	57
4.2	Manutenção correctiva	61
4.3	Implementação do software InWinWin	63
4.4	Optimização equipamento de climatização	70
5	Conclusão	73
	Bibliografia	77
	ANEXOS	83
	Anexo 1 – Planta da FCG em Autocad	85
	Anexo 2 – Diagrama de funcionamento das caldeiras	87
	Anexo 3 – Preparação da manutenção preventiva sistemática semestral	89
	Anexo 4 - Ordem de trabalho manutenção preventiva trimestral	93

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Evolução da manutenção [12].....	8
Figura 1.2– Tipos de manutenção. Adaptado de [14].....	10
Figura 2.1 - Classificação Sistemas AVAC. (Tudo ar/Tudo água), adaptado de [21]. ..	16
Figura 2.2 – Sistema Ar-Água, adaptado de [21].....	16
Figura 2.3 – Sistema de expansão directa, adaptado de [21].....	17
Figura 2.4- Sistema Multi-Split [22].	17
Figura 2.5 - Sistema modular (VRV) [23].....	18
Figura 2.6 Sistema com três tubos, adaptado de [25].....	21
Figura 2.7 – Sistema de climatização a quatro tubos [26].....	22
Figura 2.8 – Diagrama de funcionamento de um chiller com recuperação de calor, adaptado de [27].	23
Figura 2.9 – Diagrama de pressão-entalpia (circuito frigorífico) [30].	24
Figura 2.10 – Circuito frigorífico [30].....	24
Figura 2.11 - Chiller de absorção [31].....	25
Figura 2.12 – Diagrama de funcionamento caldeira, adaptado de [34].....	27
Figura 2.13 - Caldeira a gás natural Munich [35].	27
Figura 2.14 - Ventilador centrífugo [37].	28
Figura 2.15- Motor eléctrico CA (trifásico), adaptado de [38].	29
Figura 2.16 - Motor eléctrico CA (Linear), adaptado de [38].	30
Figura 2.17 - Motor eléctrico CA (Monofásico), adaptado de [38].	30
Figura 2. 18 – Relação caudal/altura manométrica [43].....	32
Figura 2.19- Torre de arrefecimento [43].....	34
Figura 2.20 - Condensador evaporativo [44].....	34
Figura 2.21 - Grupo gerador Diesel [48].	35
Figura 2.22 - UPS [50].	37
Figura 3.1 – Diagrama de funcionamento dos chillers 1 e 2.	40
Figura 3.2 - Chiller 1.	40
Figura 3.3 – Chiller 3.....	42

Figura 3.4 – Diagrama de funcionamento do chiller 3.....	43
Figura 3.5 - Caldeiras da instalação.....	45
Figura 3.6 – Diagrama da UTA MR1A.....	47
Figura 3.7 – Diagrama da UTA AR1.	50
Figura 3.8 – Diagrama da UTA SR3.	51
Figura 3.9 – Diagrama da UTA SR10.	53
Figura 3.10 - Ilustração caixas de mistura.....	53
Figura 3.11 - Caixa de mistura [50].....	54
Figura 3.12 – Diagrama Geral do GTC.	55
Figura 4.1 -Mostrador potência de aquecimento e arrefecimento.	58
Figura 4.2 - Quadro eléctrico.....	59
Figura 4.3 - Registo de ar novo e retorno.	60
Figura 4.4 -Válvulas de regulação da água fria/quente.	60
Figura 4.5 - Pintura tabuleiro de condensados.	61
Figura 4.6 - Quinagem da chapa galvanizada.....	62
Figura 4.7 - Substituição do boiador.	62
Figura 4.8 - Final do trabalho de manutenção.	63
Figura 4.9 - Organização funcional.	64
Figura 4.10 - Centros de custo.....	64
Figura 4.11 - Informação do fornecedor.....	65
Figura 4.12 - Órgãos associados aos equipamentos.	65
Figura 4.13 - Identificação do equipamento de AVAC.....	66
Figura 4.14 - Características do equipamento de AVAC.	66
Figura 4.15 - Definição das ordens de trabalho.....	67
Figura 4.16 - Separador diagnóstico.....	68
Figura 4.17 - Separador preparações.	69
Figura 4.18 -Material em armazém.	69
Figura 4.19 – Inventário.	70
Figura 4.20 – Gráfico poupanças energéticas (ABB).....	72

Lista de tabelas

Tabela 2.1- Caraterísticas UPS. _____	36
Tabela 3.1 - Características Chiller 1. _____	41
Tabela 3.2- Características do Chller 3. _____	43
Tabela 3.3 – Características Caldeira CA1. _____	45
Tabela 3.4 – Características UTA MR1A. _____	47
Tabela 3.5 – Características UTA AR1. _____	49
Tabela 3.6 – Características UTA SR3. _____	50
Tabela 3.7 – Características UTA SR10. _____	52
Tabela 4.1 – Comparação de unidades de tratamento de ar.	71
Tabela 4.2 – Características do motor elétrico e variador de velocidade.	72

Lista de abreviaturas

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado

BF – Bateria de arrefecimento

BQ – Bateria de aquecimento

CA – Corrente alternada

CC – Corrente contínua

COP – Coefficient of performance

EBI/KNX – European Installation Bus/Konnex

EER – Relação de eficiência energética

FMEA -Failure Modes and Effects Analysis

GMAC – Gestão da manutenção assistida por computador

GN – Gás Natural

GTC – Gestão Técnica Centralizada

LAN – Local area network

QAI- Qualidade do ar interior

RCM – Reability Centered Maintenance

TPM – Total Productive Maintenance

UPAR – Unidade produtora de água refrigerada

UPS – Unidade de fornecimento de energia ininterrupta

UTA – Unidade de tratamento de ar

UTAN – Unidade de tratamento de ar novo

VRV – Volume de refrigerante variável

Nomenclatura

\dot{Q}_e	Potência térmica retirada pelo evaporador	[W]
\dot{W}_c	Potência do compressor	[W]
\dot{Q}_n	Potência calorífica	[Btu/h]
\dot{Q}_n	Potência frigorífica	[Btu/h]
m_v	Massa de vapor contida no ar	[kg _v]
m_{vs}	Quantidade máxima de massa de vapor contida no ar	[kg]
HR	Humidade relativa	[%]
Δh	Varição de entalpia	[kJ/kg]
T_2	Temperatura à saída	[K]
T_1	Temperatura à entrada	[K]
c_p	Calor específico a pressão constante	[kJ/(kg.K)]
\dot{Q}_s	Potência térmica sensível	[kJ/s]
\dot{m}	Caudal mássico	[kg/s]
c_p	Calor específico a pressão constante	[kJ/(kg.K)]
$\Delta\theta$	Diferença de temperatura entre as temperaturas final e inicial	[K]

1 Introdução

Os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) de hoje em dia encontram-se com uma eficiência elevada, mas o primeiro sistema foi implementado no edifício Madison Square Garden, em Nova Iorque, que insuflava ar por baixo dos bancos. O primeiro sistema automático de ar condicionado foi desenvolvido por *Willis H. Carrier* em 1902, quando descobriu a relação entre a temperatura e a humidade e como controlar estes parâmetros. A primeira implementação do sistema automático foi realizada no Larking Administration Building em 1906 em que o sistema distribuía água a 10 °C pelas baterias de arrefecimento [1].

A grande parte das empresas necessitam de controlar o ambiente no interior das instalações, pelo que é necessário instalar sistemas AVAC, permitindo controlar não só a temperatura, mas também a humidade e a qualidade do ar (presença de poeiras e gases nocivos).

O motivo que leva à instalação destes sistemas é variado, podendo ser devido ao bem-estar e segurança das pessoas, processos industriais, manutenção de bens, entre outros [2].

Normalmente um sistema AVAC tem como funções os seguintes pontos:

- Providenciar o arrefecimento e aquecimento necessário;
- Controlar o ar insuflado através do arrefecimento, aquecimento, humidificação, desumidificação, pureza e atenuar o som produzido pelo sistema AVAC.

O ar condicionado pode ser dividido em dois tipos de sistemas, o sistema de conforto e o sistema de processamento. No que diz respeito ao sistema de ar condicionado de conforto, é essencial que seja providenciado às pessoas presentes no local um ambiente confortável e saudável, são casos de aplicação o sector comercial e residencial.

Em relação aos sistemas de ar condicionado de processamento o ar deve ser insuflado de acordo com as necessidades do sector industrial de manufactura ou armazenamento de produtos [1].

1.1 Objectivos do estágio

O estágio realizado na Fundação Calouste Gulbenkian teve como primeiro objectivo o conhecimento dos equipamentos localizados na zona de gestão técnica, familiarização com o *software* utilizado na gestão técnica do edifício, bem como o acompanhamento na operação do software de manutenção.

O segundo objectivo do estágio centra-se no aprofundamento do conhecimento adquirido nas Unidades Curriculares leccionadas durante a licenciatura em Engenharia Mecânica e no mestrado em Engenharia Mecânica do ramo Energia, Refrigeração e Climatização. Neste sentido foi-me dado a conhecer o funcionamento do sistema AVAC, bem como me foi fornecido todos os documentos técnicos relativos ao mesmo. Após conhecer os equipamentos instalados foi possível acompanhar as operações de manutenção realizadas, bem como verificar os procedimentos efectuados, tais como o preenchimento de alguns dados nas folhas de verificação, durante o período em que se realizou o estágio (Outubro de 2015 a Junho de 2016). Durante a realização de uma operação de manutenção, foi observado que uma unidade de tratamento de ar estava obsoleta, tendo por isso sido desenvolvida uma optimização da mesma.

1.2 Organização do documento

O trabalho divide-se em quatro capítulos, o primeiro aborda a importância dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, bem como os principais parâmetros, a controlar, do ar. Neste capítulo foi abordado também o tema da manutenção, caracterizando-a.

No segundo capítulo é estudado os diversos tipos de equipamentos que permitem o controlo das condições do ar interior.

No terceiro capítulo são apresentadas algumas unidades de tratamento de ar presentes nas instalações, bem como as características dos *chillers* e caldeiras. É abordado também o tema da manutenção, indicando qual o tipo mais utilizado.

No quarto capítulo são apresentadas algumas operações de manutenção, a implementação de um novo *software* de gestão de manutenção e uma proposta de optimização de uma unidade de tratamento de ar instalada em 1980.

No quinto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões do estágio realizado nos serviços centrais da Fundação Calouste Gulbenkian.

1.3 Importância dos sistemas AVAC

Existem diversos factores que provocam o aumento da temperatura do ar no interior do edifício, tais como a energia libertada por pessoas, equipamentos (computadores, telemóveis, monitores), iluminação, etc. Estes factores resultam na produção de CO_2 , na libertação de vapor de água (respiração das pessoas) e poderá ocorrer a formação de odores que torne impraticável a actividade das pessoas. Um factor importante nos sistemas de climatização é que permite controlar a temperatura no interior, de modo a que tanto no Inverno (temperaturas baixas) ou no Verão (temperaturas altas) seja proporcionado o conforto necessário à actividade.

De modo a colmatar a produção de CO_2 e a formação de odores anteriormente referidos, é necessário introduzir ar novo nas diversas salas.

Outro aspecto importante dos sistemas AVAC é que poderá garantir a distribuição de água quente e fria nas cozinhas, casas de banho e outros locais onde forem necessárias.

Os sistemas AVAC devem ser o mais eficiente possível de modo a não gastar energia desnecessária e também para não afectar de forma elevada o orçamento da empresa [1].

Hodiernamente os sistemas AVAC encontram-se bastante otimizados, tendo duas medidas possíveis de quantificar a sua capacidade de realizar trabalho. Estas duas medidas são o COP e o EER, que traduzem num valor numérico a eficiência energética do equipamento, tanto no regime de aquecimento como de arrefecimento. Quanto maior o valor destes indicadores, melhor será a sua eficiência. [3]

$$COP = \dot{Q}_e / \dot{W}_c \quad (1)$$

Sendo,

\dot{Q}_e – Potência térmica retirada pelo evaporador [W]

\dot{W}_c – Potência do compressor [W]

COP segundo ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004, podendo o primeiro termo da equação variar consoante a condição [4]:

$$COP = 2,9 - \frac{0.026\dot{Q}_n}{1000} \quad (2)$$

Sendo que,

\dot{Q}_n – Potência calorífica [Btu/h]

EER segundo ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004, podendo o primeiro termo da equação variar consoante a edição do livro [4]:

$$EER = 10,0 - \frac{0.16\dot{Q}_n}{1000} \quad (3)$$

Sendo que,

\dot{Q}_n – Potência frigorífica [Btu/h].

1.4 Características do ar

As condições do ar no interior dos edifícios devem garantir o conforto. De modo a garantir que um indivíduo se sinta confortável é necessário contabilizar, dependendo do tipo de actividade, qual a troca de calor efectuada entre o ambiente e o corpo humano. O calor é trocado sob a forma de calor sensível e latente e este depende em grande parte do ar presente no local e as suas características, tais como a temperatura, humidade relativa, velocidade do ar e temperatura das superfícies envolventes.

Um outro aspecto importante a controlar é o nível de partículas e as concentrações de gases e vapores [5].

A temperatura presente no ambiente permite verificar a potência térmica que irá efectuar trocas com o ambiente e os indivíduos e está relacionada com a energia interna de um sistema termodinâmico. A temperatura do ar no interior dos locais de trabalho deve variar entre os 18°C e os 22°C de modo a garantir que os indivíduos presentes não sintam desconforto.

A humidade específica é definida como sendo a quantidade de vapor de água presente no local a climatizar. De modo a garantir o conforto, a humidade relativa deve oscilar entre 50% e 70%. Para garantir que a humidade no ar não atinge valores fora dos limites normais devem existir equipamentos denominados de unidades de tratamento de ar/ar novo (UTA/UTAN), que através dos acessórios instalados (humidificador, baterias de arrefecimento e aquecimento, ventilador de extracção e insuflação) controlam as características do ar dentro do local climatizado.

O parâmetro humidade pode ser distinguido em duas vertentes, humidade relativa e específica.

A humidade específica do ar (ω), pode ser definida como a relação entre a massa de vapor (m_v) e a massa de ar seco (m_a), como apresentado na equação 4 [1]:

$$\omega = m_v/m_a \quad (4)$$

Sendo que,

m_v – Massa de vapor contida no ar [kg_v];

m_a – Massa de ar seco [kg_a];

ω – Humidade específica [kg_v/kg_a].

A medição da humidade pode ser efectuada de duas formas, através de um higrómetro mecânico ou electrónico [1].

A humidade relativa pode-se definir como a relação ente a massa de vapor (m_v) que se encontra presente na massa de ar e quantidade máxima de m_v que a massa de ar pode conter (m_{vs}) e pode ser descrita segundo a equação 5 [6]:

$$HR = \frac{m_v}{m_{vs}} \times 100 \quad (5)$$

Sendo que,

m_v – Massa de vapor contida no ar [kg_v];

m_{vs} – Quantidade máxima de massa de vapor que a massa de ar pode conter [kg_{vs}];

HR – Humidade relativa [%].

Antes de abordar o tema referente ao calor latente, é importante definir a variação de entalpia, apresentada na equação 6, sendo esta a energia máxima que seria possível retirar através na forma de calor [1]:

$$\Delta h = c_p(T_2 - T_1) \quad (6)$$

Sendo que,

Δh - Variação de entalpia [kJ/kg];

T_2 – Temperatura à saída [K];

T_1 – Temperatura à entrada [K];

c_p – Calor específico a pressão constante [kJ/(kg.K)].

O calor sensível representa a energia necessária sob a forma de calor para alterar a temperatura de um corpo em 1 °C. O calor sensível pode ser calculado pela equação 7.

$$\dot{Q}_s = \dot{m}c_p\Delta\theta \quad (7)$$

Sendo que,

\dot{Q}_s – Potência térmica sensível [kJ/s];

\dot{m} – caudal mássico [kg/s];

c_p – calor específico a pressão constante [kJ/(kg.K)].

$\Delta\theta$ – Diferença de temperatura entre as temperaturas final e inicial [K]

O calor latente representa o calor necessário para que se altere o estado da substância, não afectando a sua temperatura. O calor latente pode ser calculado através equação 8 [7].

$$L = Q/m \quad (8)$$

Sendo que,

Q – Energia [kJ];

m – massa de substância [kg];

L – Calor latente [kJ/kg].

A presença de gases e odores nos locais climatizados são adversos à actividade realizada. O método mais utilizado para a remoção de poluentes é a introdução de ar novo no local, promovendo a renovação de ar novo. Existem valores mínimos de insuflação de ar novo, dependendo do tipo de actividade realizada no local [8].

A remoção de partículas presentes no ar novo é obtida através da filtração do ar, podendo existir mais que um filtro por sistema de climatização, dependendo das necessidades.

1.5 Manutenção

A palavra manutenção advém do latim *manus tem*, que significa manter o que se tem. A manutenção dos equipamentos iniciou-se com o manuseio dos instrumentos de produção.

Por volta do ano 1900 surgem as primeiras técnicas de planeamento de serviços, através dos engenheiros Frederick Taylor (1903) e Henri Fayol (1916) e *a posteriori* surgiu o aparecimento do gráfico de Gantt, que permitiu conhecer os tempos que cada actividade demorava, bem como o tempo que cada colaborador demorava a realizar uma actividade, permitindo um controlo da duração do processo.

Só durante a Segunda Guerra Mundial é que a manutenção se revelou como uma necessidade absoluta, quando houve um desenvolvimento exponencial das técnicas de organização, planeamento e controlo em cada decisão tomada.

A manutenção é definida como a *combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida* [9].

Realizar manutenção é um método que permite assegurar a segurança e a confiança que os equipamentos presentes no edifício irão estar aptos a realizar a sua função. Isto permite aumentar a eficiência energética da instalação [10].

1.5.1 Evolução da manutenção

A primeira geração da manutenção ocorre antes da segunda guerra mundial, estando a indústria pouco mecanizada. É durante esse período que surge o conceito de manutenção

correctiva, ocorrendo uma intervenção no equipamento somente quando ocorre uma falha/avaria no mesmo [11].

A segunda geração tem início durante a segunda guerra mundial, surgindo a manutenção preventiva, que corresponde a acções de manutenção no equipamento antes de ocorrerem falhas, com períodos de intervenção pré-determinados. Tendo em conta os custos de manutenção, os investidores começaram a considerar a manutenção uma acção de extrema importância, com o mesmo nível de importância que a produção. É durante a implementação da segunda geração de manutenção que se cria a Engenharia de Manutenção e na década de 60 a manutenção passou a registar e a controlar os processos de manutenção em computador.

A partir da década de 70 dá-se ênfase aos conceitos da manutenção preventiva que são baseados na performance e desempenho dos equipamentos, dando início à terceira geração, surgindo a manutenção preditiva. Este tipo de manutenção baseia-se nos registos das falhas e nas técnicas que fornecem diagnósticos preliminares de falhas [11].

Compreendendo a necessidade de manutenção as empresas iniciam o desenvolvimento tecnológico dos seus parques industriais, crescendo na automação dos processos e dando início aos índices de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Como é possível verificar na Figura 1.1, ao longo da implementação da terceira geração foi possível iniciar o processo TPM (Total Productive Maintenance) e RCM (Reliability Centered Maintenance). A manutenção do tipo TPM iniciou-se no Japão e tem como objectivos eliminar perdas, reduzir paragens, garantir a qualidade e diminuir custos empresariais.



Figura 1.1 - Evolução da manutenção [12].

A quarta geração da manutenção tem como objectivo eliminar permanentemente as falhas e paragens dos equipamentos. Para tal é necessário o aprimoramento das técnicas de monitorização da condição, a utilização de ferramentas de decisão e análise de risco, o aparecimento do FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), bem como uma necessidade de dar mais atenção na fase de projecto a aspectos como a confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos e não só aos custos imediatos dos mesmos.

A manutenção define-se como o resultado de todas as acções técnicas, administrativas e de supervisão destinadas a manter um equipamento ou local apto a realizar a função que lhe é destinada. A manutenção começa na fase de projecto e da instalação. Durante a concepção o equipamento é que se define a sua manutenibilidade (capacidade de ser mantido), Fiabilidade (capacidade de estar operacional) e a Durabilidade (ciclos de vida úteis). Há certos aspectos a considerar na actualidade tais como:

- Equipamentos mais automatizados – utilização mais intensa;
- Equipamentos mais caros;
- Exige-se a eliminação total de avarias e problemas dos equipamentos.

Tendo em conta o que ocorre na actualidade, é necessário que a manutenção atinja certos objectivos tais como, reduzir tempos de intervenção, reduzir número de avarias, aumentar tempo de vida dos equipamentos, aumentar a fiabilidade dos equipamentos, entre outros. Todos estes aspectos irão garantir que a empresa, futuramente, irá ter menos despesas com a manutenção dos equipamentos [13].

A climatização eficiente de um edifício depende da manutenção dos equipamentos que a realizam, influenciando também o consumo energético e a poluição.

1.5.2 Tipos de manutenção

Na Figura 1.2 é possível visualizar os diferentes tipos de manutenção, dividido consoante a manutenção é realizada antes de ocorrer uma falha preventiva ou depois de ocorrer uma falha correctiva.

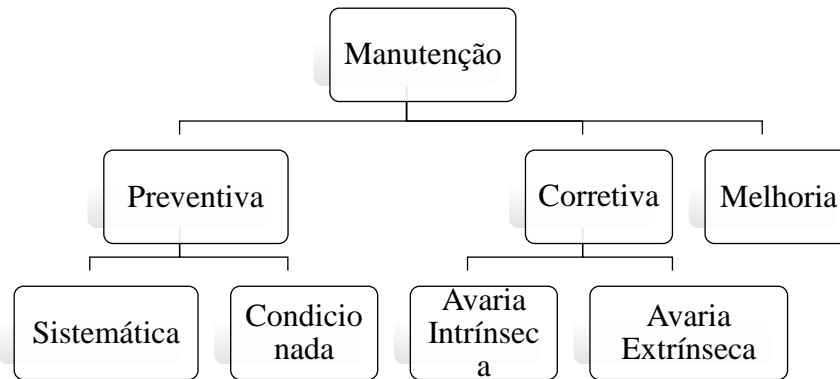


Figura 1.2– Tipos de manutenção. Adaptado de [14].

A manutenção de equipamentos pode ser dividida em dois grandes grupos, sendo estes a manutenção preventiva e a correctiva. A manutenção preventiva é realizada com o objectivo de evitar paragens prolongadas do equipamento, mantendo o seu bom funcionamento evitando avarias ou perdas de função. Dentro da manutenção preventiva, como ilustrado na Figura 1.2, existem dois tipos de oportunidades de realizar a manutenção, a sistemática e a condicionada:

- Manutenção preventiva sistemática – A manutenção preventiva sistemática representa as intervenções realizadas em intervalos de tempo pré-definidos. Podem ser definidas horas de trabalho, ser uma inspecção periódica ou até mesmo distância percorrida;
- Manutenção preventiva condicionada – Representa a manutenção realizada após ter sido visualizado um sintoma de falha através de inspecção ou controlo de funcionamento sem ocorrer alterações no funcionamento do equipamento [14] [15].

No âmbito da manutenção deve-se ter sempre em atenção se é economicamente viável deixar o equipamento avariar ou realizar acções de manutenção preventivas [16]. Em relação à manutenção correctiva existem dois motivos que levam à manutenção do equipamento, avarias intrínsecas e avarias extrínsecas.

- Manutenção correctiva (Avaria intrínseca) – Uma avaria intrínseca representa a perda de função do equipamento, por falha ou perda de função de um dos acessórios do mesmo. Exemplo: rolamento gripado;
- Manutenção correctiva (Avaria extrínseca) – Representa a manutenção realizada no equipamento em que a avaria no mesmo tem como causa um acontecimento

exterior ao equipamento. Embora seja necessário manter o equipamento inoperacional, os indicadores teóricos do mesmo não se alteram. Ex: má operação por parte do operador [14].

Por fim temos a manutenção de melhoria. As acções de melhoria realizadas no equipamento têm como objectivo melhorar o funcionamento do equipamento ou a sua manutenibilidade. É possível implementar melhorias em alguns domínios, tais como:

- Instalar equipamento de monitorização;
- Automatizar funções;
- Reduzir emissões;
- Melhorar acessos para manutenção;
- Entre outros.

Actualmente a manutenção vai além da vertente técnica, tendo de respeitar normas, certificações e segurança e das razões previamente mencionadas, a manutenção tem um papel activo no seio de qualquer empresa [14].

A manutenção de equipamentos, independentemente de ser preventiva ou correctiva tem de seguir certas normas, de modo a que as instalações técnicas estejam abrangidas por leis/normas em vigor.

A norma EN 13306:2007, que representa a terminologia da manutenção, gestão da manutenção são as actividades de gestão que determinam objectivos, estratégias e responsabilidades que dizem respeito à manutenção e que implementam formas de a executar, elaborando planeamentos, acções de controlo e de supervisão da manutenção e propõe melhorias de métodos na organização [9].

A norma NP 4483:2009 descreve os requisitos necessários para um bom funcionamento do sistema de manutenção, sendo um guia cuja finalidade é permitir que as empresas definam uma Política de Manutenção, incluindo processos de melhoria contínua, por forma a aumentar a satisfação do cliente. A política criada deve respeitar tanto os requisitos do cliente como as regulamentações existentes [17] [14].

A norma NP EN 13460:2009, *Manutenção-Documentação para a Manutenção*, define a documentação que deve estar presente num sistema de manutenção, especificando os requisitos de cada documento elaborável. A presente norma esclarece que documento de

manutenção é toda a informação escrita ou electrónica necessária para a realização da manutenção [14] [18].

Nos dias de hoje os *softwares* de gestão da manutenção são uma ferramenta corrente, utilizando-se a gestão da manutenção assistida por computador (GMAC). Os recursos disponíveis, a nível global são:

- Equipamentos/objectos de manutenção – Codificação e registo, fichas técnicas estruturadas, planos de manutenção preventiva e correlação com sobresselentes utilizáveis;
- Materiais – Organização dos materiais disponíveis de manutenção permitindo a sua pesquisa de forma intuitiva, existindo correlação com os equipamentos onde são aplicáveis;
- Gestão dos trabalhos – Planeamento e gestão das ordens de trabalho (OT), sejam estas planeadas ou correctivas. Relatório das actividades efectuadas, possibilitando a aquisição de certos parâmetros tais como:
 - Tempos de manutenção, reparação e indisponibilidade do equipamento devido a manutenção/avarias;
 - Horas de mão-de-obra despendidas, materiais utilizados e custos associados;
 - Renovação automática de OTs sistemáticas.
- Análises – Elaboração de relatórios que contenham indicadores chave de desempenho (ICD) que permitam conhecer o número de avarias, indisponibilidades, taxas de avarias, entre outros [14].

1.5.3 Manutenção de edifícios

Actualmente, a manutenção de equipamentos ao nível dos edifícios para além das questões técnicas relacionadas com a distribuição de água e ar, ventilação, aquecimento, elevadores e segurança, tem uma preocupação com a qualidade do ar interior (QAI) e com os consumos energéticos. Existem requisitos legais de controlo da QAI, de modo a que o conforto e a saúde dos ocupantes do edifício sejam preservados [14].

No que diz respeito ao papel do gestor de manutenção, em relação à gestão energética e da QAI de um edifício tem de seguir dois decretos-lei, nomeadamente o decreto-lei nº 78 e nº 79 de 2006 [19, 20]. O decreto-lei nº 78 de 2006 estabelece que os países da União

Europeia devem implementar um sistema de certificação energética nos edifícios, enquanto o decreto-lei nº 79 de 2006 diz respeito ao regulamento dos Sistemas Energéticos (RSECE) que introduz algumas medidas de racionalização, limitando a potência máxima dos sistemas a instalar num edifício evitando o sobredimensionamento dos equipamentos. O decreto-lei nº118 de 2013 estabelece novos parâmetros a serem respeitados no que diz respeito à QAI. Este decreto em conjunto com a portaria nº353-A de 2013 estabelece os níveis mínimos de caudal de ar novo e os níveis máximos de concentrações de poluentes.

2 Caracterização das instalações técnicas

2.1 Sistemas AVAC

Os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) podem ser classificados tendo por base o tipo de instalação, o tipo de fluido utilizado ou equipamento utilizado.

Os sistemas de climatização podem ser agrupados em três grupos distintos, centralizados e individuais e modulares, variando com a área a climatizar e o local onde se produz o calor e o frio.

No sistema centralizado o objectivo é que todo o edifício seja servido e o equipamento primário (caldeira, *chiller*) se localize na “zona técnica” e a climatização é feita através do uso de um fluido térmico que circula no sistema secundário. “Sistema de climatização centralizado é designado por um sistema em que o equipamento necessário para a produção de frio ou de calor (e para a filtragem, a humedificação e a desumidificação, caso existam) se situa concentrado numa instalação e num local distinto dos espaços a climatizar, sendo o frio ou calor (e humidade), no todo ou em parte, transportado por um fluido térmico aos diferentes locais a climatizar” [19]. Num sistema individual um aparelho (Split) só é possível climatizar um espaço. Como exemplo temos o ar condicionado habitacional. No sistema *multi-split*, representado na Figura 2.4, um condensador colocado no exterior permite que vários espaços sejam climatizados, sendo que no interior de cada divisão deverá existir uma unidade evaporadora.

Por último o sistema modular onde estão inseridos os equipamentos de volume de refrigerante variável (VRV), desenvolvido para o uso em edifícios comerciais. Possui um sistema *multi-split*, em que uma unidade externa está ligada a várias unidades internas que climatizam cada local individualmente, como é visualizado na Figura 2.5. Uma vantagem deste sistema é a sua instalação simples e produz baixo ruído e baixo consumo eléctrico.

Quanto ao tipo de fluido e equipamentos utilizados, os sistemas AVAC classificam-se de acordo com a Figura 2.1, Figura 2.2 e a Figura 2.3 [21].

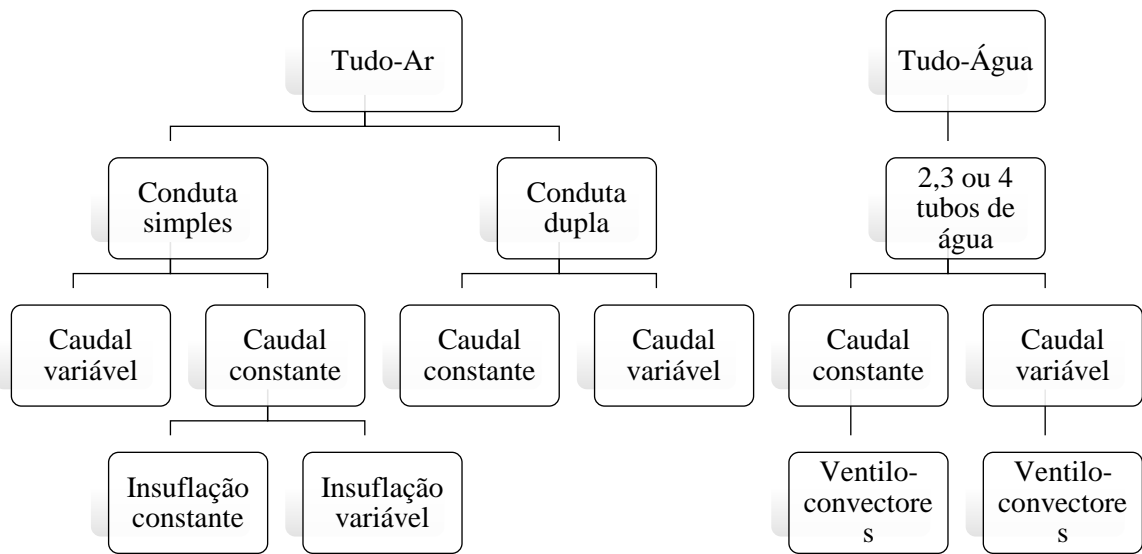


Figura 2.1 - Classificação Sistemas AVAC. (Tudo ar/Tudo água), adaptado de [21].

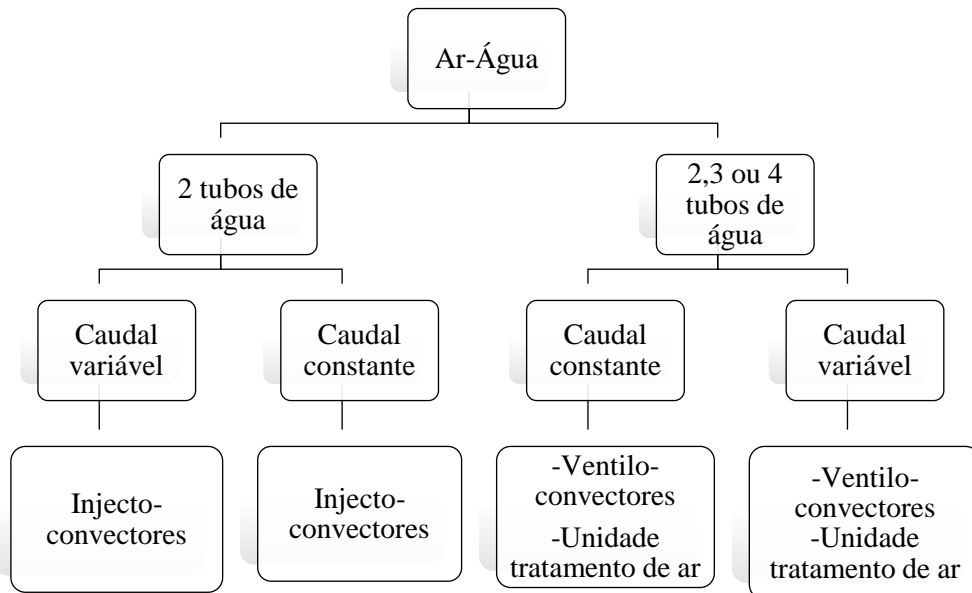


Figura 2.2 – Sistema Ar-Água, adaptado de [21].

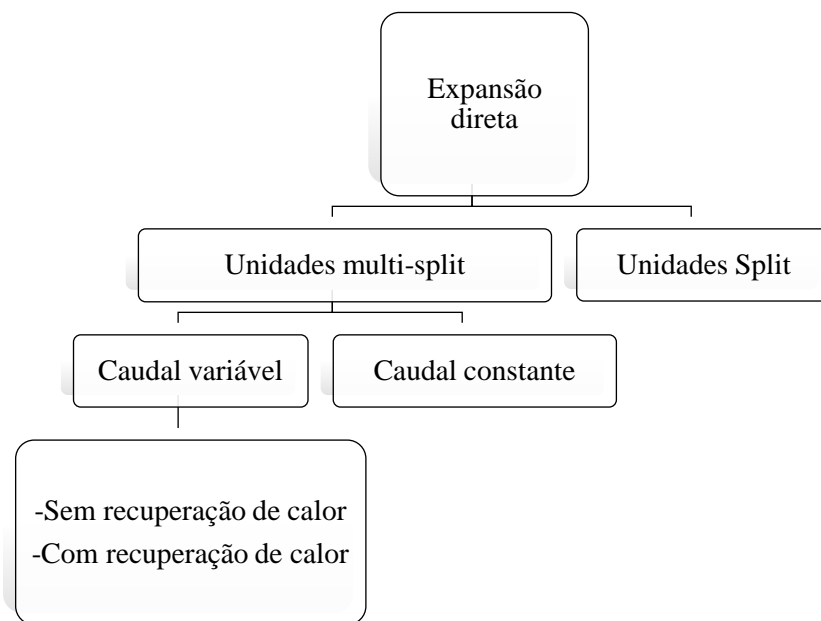


Figura 2.3 – Sistema de expansão directa, adaptado de [21].

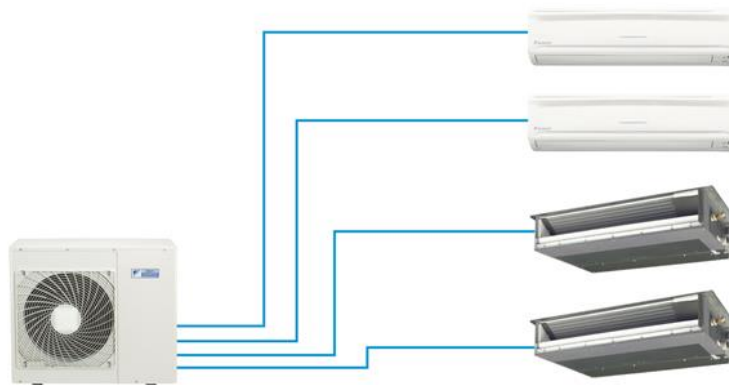


Figura 2.4- Sistema *Multi-Split* [22].



Figura 2.5 - Sistema modular (VRV) [23].

Conforme apresentado anteriormente, na Figura 2.1 e na Figura 2.2 os sistemas AVAC podem ser classificados pelo fluido térmico que utilizam. Ao longo deste capítulo serão apresentadas as diferenças entre eles e qual o fluido utilizado em cada um. Consoante a necessidade da instalação, o projectista irá optar pelo sistema mais eficiente.

Sistemas “Tudo-Ar”

Os sistemas “Tudo-Ar” utilizam apenas ar para retirar a carga térmica, após o mesmo ter sido tratado nos equipamentos dos sistemas individuais ou centralizados.

O sistema “Tudo-Ar” pode-se subdividir em dois tipos de acordo como é efectuada a distribuição do ar:

- ✓ Sistemas com percurso simples ou Unizona;
- ✓ Sistemas com percurso duplo ou Multizona.

Num sistema com percurso simples o ar tratado na unidade central é distribuído por uma única conduta, levando-o ao local a climatizar. As baterias de arrefecimento e aquecimento encontram-se montadas em série e a temperatura do ar distribuído é igual para todos os locais. Os sistemas Unizona mais comuns são:

- a) Sistema com Volume de Ar Constante Unizona ou Zona Simples;

- b) Sistema com Volume de Ar Constante com Reaquecimento Terminal;
- c) Sistema com Volume de Ar Variável;
- d) Sistema com Volume de Ar Variável com Reaquecimento.

Nos sistemas com percurso duplo o tratamento do ar é efectuado nas baterias de aquecimento e arrefecimento montadas em paralelo. O sistema Multizona é constituído por duas condutas de distribuição de ar e este é levado separadamente até à caixa de mistura. No presente sistema é possível efectuar a climatização de diferentes locais com diferentes condições ambientais.

Os sistemas com percurso duplo mais usuais são:

- a) Sistema com Volume de Ar Constante;
- b) Sistema com Volume de Ar Constante e com Reaquecimento;
- c) Sistema com Volume de Ar Variável – Sistema Multizona.

Sistemas “Tudo água”

Este sistema é caracterizado por ter equipamentos terminais nos espaços a climatizar que são alimentados por água fria ou água quente. A produção primária do fluido quente e frio é também garantido por uma caldeira e por um *chiller*, respectivamente. O sistema de distribuição pode ser realizado a dois, três e quatro tubos.

Os ventilo-convectores estão instalados nos terminais, em cada local, e são estes que garantem a insuflação do ar, sendo este de retorno. Neste caso não há insuflação de ar novo nos locais a climatizar, sendo a renovação assegurada através de frinchas ou da abertura das janelas.

Uma vantagem deste sistema é necessitar de um circuito reduzido de tubagem para a distribuição de água nos diferentes locais [21] [24].

Sistemas “Ar-Água”

Nestes sistemas a distribuição de ar e água é realizada em simultâneo. O ar é constituído por ar novo ou mistura de ar novo com ar de retorno do local climatizado. Este é

previamente tratado, controlando as necessidades de temperatura, humidade e poeiras dos diferentes locais.

O caudal de água é regulado por uma válvula termostática instalada nos terminais do meio a climatizar. O sistema de distribuição de água pode ser realizado a dois, três e quatro tubos [21] [24].

Quando se dá a alimentação directa, o ar primário mistura-se com ar de retorno (reciclado). A unidade de tratamento de ar/ar novo (UTA/UTAN), para além de possuir baterias de aquecimento e arrefecimento, poderá ter um recuperador de calor (roda térmica/fluxos cruzados) ou uma bateria de pré-aquecimento.

Sistemas com expansão directa

Os sistemas com expansão directa caracterizam-se por, nos espaços climatizados, terem tubagens de refrigerantes e por não terem qualquer rede de condutas, ou seja, os equipamentos encontram-se nos locais a climatizar.

A tubagem utiliza fluido refrigerante para efectuar a troca de calor entre a fonte fria e a fonte quente. Estes fluidos são utilizados quando as suas propriedades físicas e químicas são adequadas ao funcionamento do sistema. Normalmente devem absorver calor a baixas temperaturas sem congelar e rejeitar calor a altas temperaturas e pressões.

Existem três tipos de equipamentos com expansão directa sendo estes [21] [24]:

- Unidades de janela;
- *Split e multi-split*;
- Volume de Refrigerante Variável (VRV).

2.2 Sistemas centralizados a dois, três e quatro tubos

No sistema a dois tubos, todos os ventilo-convectores são alimentados na estação de aquecimento e arrefecimento, por água fria e água quente. Durante o funcionamento do sistema apenas é processado a ida e retorno de água quente ou água fria, variando consoante as necessidades do local.

O funcionamento do sistema a três tubos baseia-se no princípio de que a bateria de cada um dos ventilo-convectores pode ser alimentada por água quente ou fria, a qualquer instante. Este sistema permite atender às necessidades diferentes dos locais em simultâneo.

Como é possível observar na Figura 2.6, no sistema três tubos não existe mistura de água quente com água fria, o que as condições interiores do local a climatizar são determinadas pela temperatura da água que troca calor nas unidades terminais.

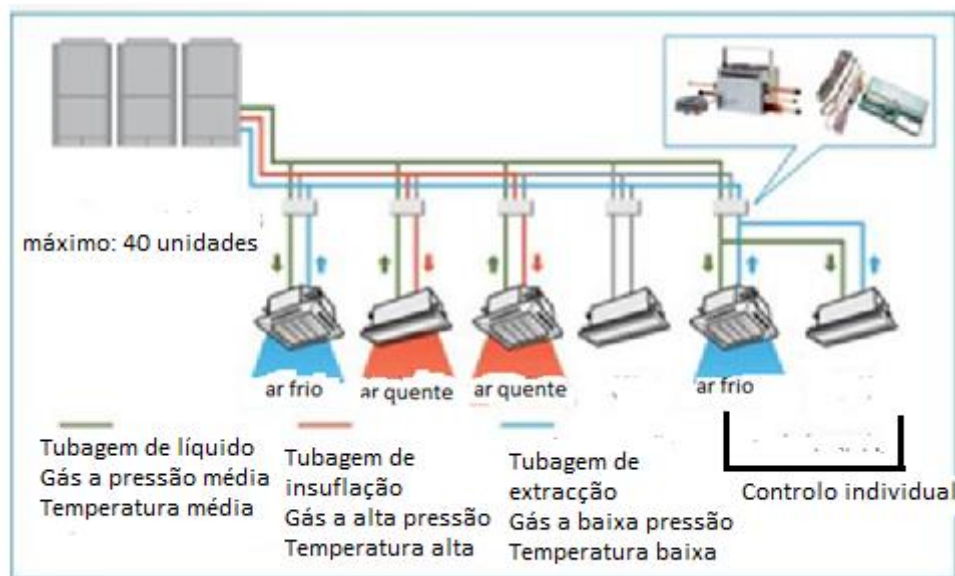


Figura 2.6 Sistema com três tubos, adaptado de [25].

No sistema onde se utiliza quatro tubos este permite a satisfação das necessidades de aquecimento e de arrefecimento em diferentes locais. Os ventilo-convectores têm uma ou duas baterias e são alimentados por duas tubagens, uma de água fria e outra de água quente.

No sistema de quatro tubos não existe mistura na fase de retorno do ar fornecido quente com o ar fornecido frio [24].

No sistema apresentado na Figura 2.7 é possível observar que tanto o sistema de arrefecimento, como o sistema de aquecimento têm duas condutas, uma de ida e outra de retorno, realizando-se, quando necessário, a mistura de água quente e fria controlada por

uma válvula. Deste modo, quaisquer condições de funcionamento podem ser solicitadas no espaço a climatizar.

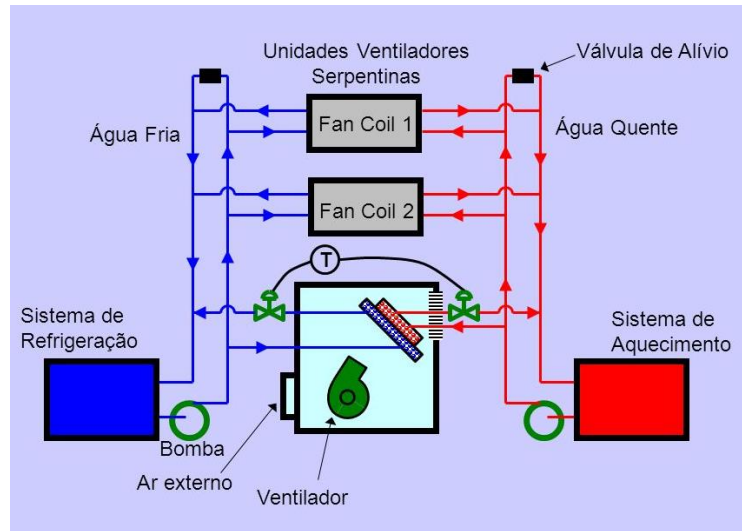


Figura 2.7 – Sistema de climatização a quatro tubos [26].

2.3 Equipamentos principais de AVAC

Os equipamentos principais de AVAC são os que transformam a energia e reproduzem transferências de calor de modo a que se consiga atingir as condições térmicas desejadas.

Os equipamentos principais encontram-se localizados nos serviços técnicos centralizados. Nestes encontram-se os *chillers* (produção de frio/produção de calor) e as Caldeiras (produção de calor). Os *chillers* podem ser denominados UPAR (Unidade Produtora de Água Refrigerada), devido a efectuarem o arrefecimento do fluido térmico (água ou ar) e as caldeiras promovem o aquecimento de água.

Embora exista outro sistema no mundo industrial (cogeração), não estão associados à climatização de edifícios com climatização centralizada.

2.3.1 Unidade produtora de água refrigerada

As unidades produtoras de água refrigerada (*Chillers*) devem arrefecer a água com condensação a ar ou a água. Na última as torres de arrefecimento têm de ser do tipo fechado. Os *chillers* devem ter recuperadores de calor. O número de *chillers* instalados

nunca poderá ser inferior a dois, devendo a potência frigorífica estar dividida entre os equipamentos [27].

A potência das unidades produtoras de água refrigerada, no total, não pode exceder 40% do valor obtido durante a realização do projecto [19].

Existem *chillers* que permitem, através da recuperação de calor, a produção de água quente. No condensador deste tipo de equipamento, a pressão elevada do refrigerante pode ser utilizada para produzir água a uma temperatura mais elevada. Para otimizar a recuperação de calor utilizam-se compressores com maior eficiência. A temperatura de saída da água quente é de aproximadamente 50 °C [28]. Como apresentado na Figura 2.8, o *chiller* com recuperação de calor produz água refrigerada, assim como água quente.

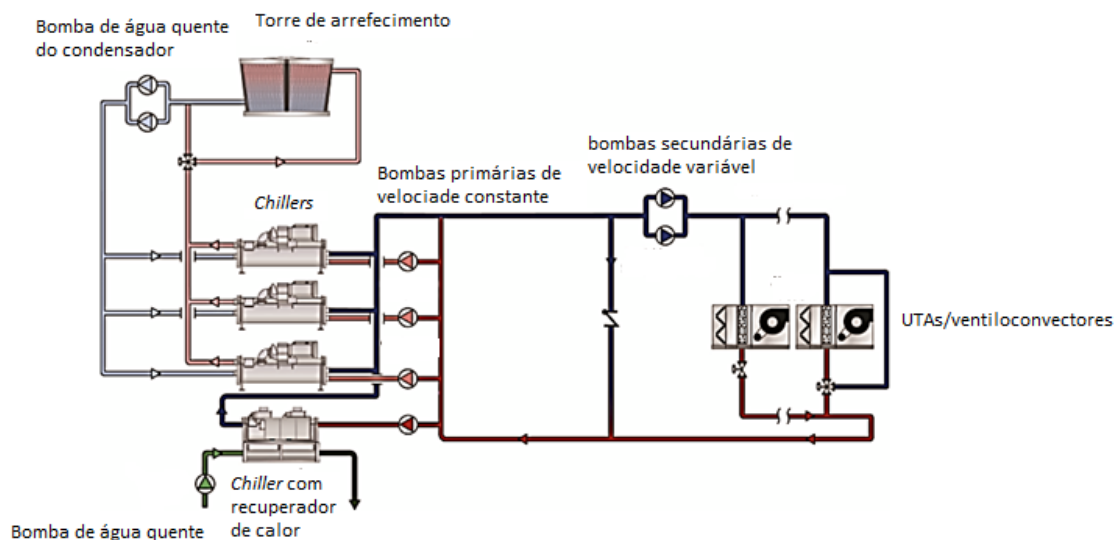


Figura 2.8 – Diagrama de funcionamento de um *chiller* com recuperação de calor, adaptado de [27].

O diferencial de temperatura de funcionamento não pode exceder os 5 °C e a temperatura de saída da água deve ser de 7 °C, podendo variar dependendo da localização do edifício [29]. A água, após ter sido arrefecida, é transportada até às baterias de arrefecimento das UTAs ou aos ventilo-convectores dos locais a climatizar.

Todos os *chillers* devem, no mínimo, possuir contagem de energia e possibilidade de ligação ao sistema de Gestão Técnica Centralizada (GTC) para monitorização das condições de funcionamento [29].

A Figura 2.9 representa a evolução, ao nível da pressão e da entalpia, do fluido frigorífico no interior do *chiller*. Na Figura 2.10 é visível o circuito que o fluido frigorífico realiza no interior de um *chiller*, teoricamente, por forma a realizar o arrefecimento da água que irá ser distribuída pelas baterias de arrefecimento das unidades de tratamento de ar.

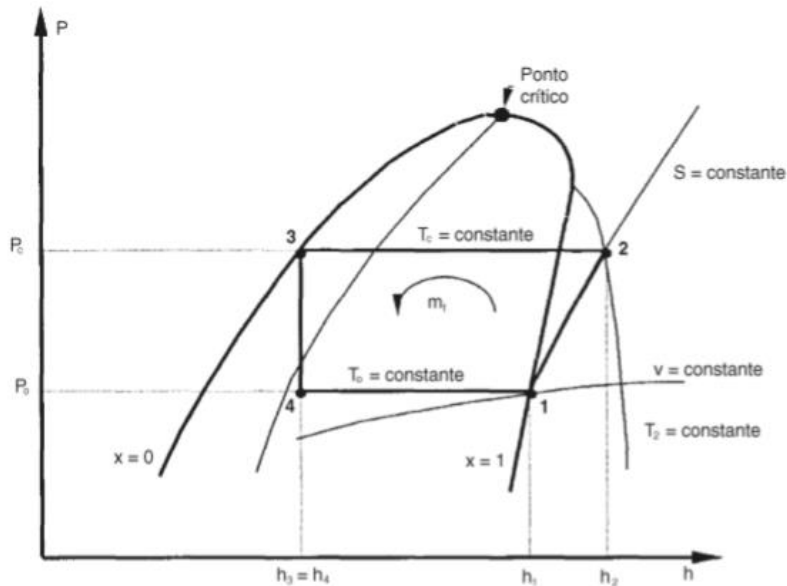


Figura 2.9 – Diagrama de pressão-entalpia (circuito frigorífico) [30].

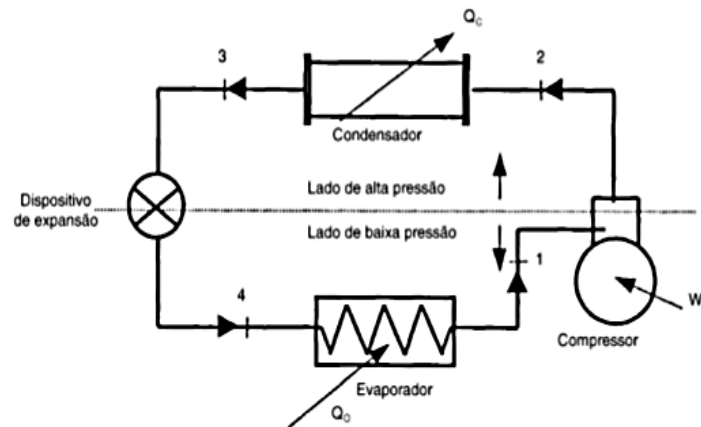


Figura 2.10 – Circuito frigorífico [30].

- No compressor, processo que ocorre de (1) para (2), o fluido refrigerante, que se encontra à pressão do evaporador (P_1) é comprimido até atingir a pressão de condensação (P_2); Os compressores mais utilizados em chillers são os do tipo centrífugo, devido ao rendimento ser superior aos do tipo alternativo;

- No condensador, que representa o processo de (2) para (3), ocorre uma troca de calor entre o fluido refrigerante e o meio de arrefecimento (ar ou água). Durante esta troca de calor o fluido frigorífico perde calor. O processo ocorre a pressão constante (isobárico) e resulta numa mudança de estado do fluido frigorífico para líquido saturado de (P_2) para (P_3);
- No processo de (3) para (4) é utilizado um dispositivo de expansão, para que de forma isentálpica (entalpia constante), se dê a expansão do fluido refrigerante, o que resulta numa diminuição de pressão até à pressão de vaporização. (P_3), para (P_4);
- No evaporador dá-se a evaporação do fluido refrigerante. Representado pela evolução de (4) para (1) é uma evolução isobárica (pressão constante) até se atingir o estado de vapor saturado seco, dando início ao trabalho do compressor [W_c].

Como já foi referido, o objectivo de um *chiller* é arrefecer água ou outro líquido refrigerante. Os dois principais tipos são os *chillers* de compressão/eléctrico ou os de absorção.

Os *chillers* de compressão, de maneira a aumentar a pressão numa fase do ciclo termodinâmico, utilizam um compressor mecânico.

Na Figura 2.11 apresenta-se um *chiller* de absorção em que se utilizam dois valores de pressão distintos estabelecidos pelas temperaturas do condensador e do evaporador.



Figura 2.11 - *Chiller* de absorção [31].

No caso dos *chillers* de absorção utiliza-se um “compressor termoquímico”, permitindo produzir água gelada a partir de uma fonte de calor. Para tal é necessário uma solução de um sal. Estes tipos de *chillers* são muitas vezes utilizados em sistemas de cogeração, por forma a utilizar o calor que seria perdido. Os *chillers* de absorção podem ser de dois tipos [32]:

- Queima directa: O calor necessário é obtido através da queima de um combustível, normalmente gás natural;
- Queima indirecta: O calor necessário é obtido na forma de vapor de baixa pressão, água quente ou purga quente.

2.3.2 Caldeiras

A caldeira numa instalação de AVAC tem como objectivos o aumento da temperatura do ar que irá ser insuflado e a redução de humidade relativa do mesmo [33]. Para tal distribui água quente pelas baterias de aquecimento das UTA/UTAN. Isto permite garantir, juntamente com outros acessórios presentes nas unidades de tratamento de ar garantir o conforto térmico no edifício.

A caldeira, para além servir os equipamentos de climatização dos edifícios, pode efectuar o aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS) directamente ou através de um acumulador [33].

Na Figura 2.12 é possível visualizar os princípios básicos do funcionamento de uma caldeira. O objectivo da caldeira é, através da queima da mistura ar/combustível, aquecer a água para que o produto final seja água quente que será distribuído nas baterias de aquecimento.

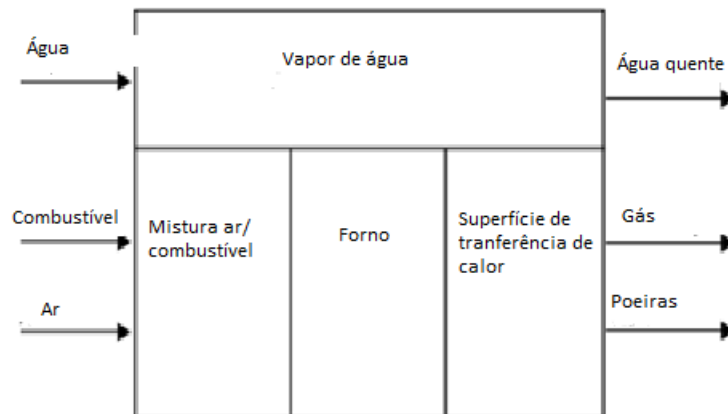


Figura 2.12 – Diagrama de funcionamento caldeira, adaptado de [34].

Na Figura 2.13 está ilustrada uma caldeira a gás da marca Munich, destinada à produção de água sanitária, distribuição de água quente nas baterias de aquecimento e aquecimento de piscinas.



Figura 2.13 - Caldeira a gás natural Munich [35].

2.3.3 Unidades de tratamento de Ar/Ar novo

As unidades de tratamento de ar/ar novo (UTA/UTAN) são equipamentos utilizados na climatização de espaços e têm como função tratar a mistura (ar exterior e retorno) /ar exterior que vem do ambiente para o insuflar nos locais a climatizar [36].

As UTAs/UTANs são constituídas por diversos equipamentos tendo regulação automática conforme as necessidades exigidas nos locais climatizados. Pode conter ventiladores, bombas, baterias de arrefecimento, baterias de aquecimento, humidificador, válvulas, filtros e sistemas de recuperação de calor [5].

2.4 Equipamentos auxiliares de AVAC

Os equipamentos auxiliares de AVAC são todos os equipamentos que permitem que todo o sistema AVAC funcione correctamente e que seja possível regular as condições do ar que é insuflado nos locais a climatizar, respeitando tanto o conforto dos ocupantes, como respeitando as leis em vigor.

2.4.1 Ventiladores

Os ventiladores são os equipamentos que, na área a climatizar, realizam a insuflação e a extracção do ar no local a controlar. O ar introduzido permite que se mantenham as condições de conforto necessário à prática da actividade realizada num espaço de tempo.

A insuflação de ar tratado através do ventilador de insuflação e a extracção do ar presente através do ventilador de extracção são utilizados para que seja possível garantir as condições desejadas e que haja renovação de ar.

Existem, no mercado, dois tipos principais de ventiladores, os axiais e os centrífugos. A distinção na classificação é derivada ao fato de que nos ventiladores axiais o ar é insuflado na direcção do eixo de rotação, enquanto nos ventiladores centrífugos a insuflação é realizada na direcção perpendicular ao eixo de rotação [5]. Na Figura 2.14 observa-se um exemplo de um ventilador centrífugo.



Figura 2.14 - Ventilador centrífugo [37].

2.4.2 Motores eléctricos

Um motor eléctrico é um equipamento cujo objectivo é transformar energia eléctrica em energia mecânica. Existem dois tipos de motores eléctricos, dependendo do tipo de corrente eléctrica que utilizam. Os motores eléctricos de corrente contínua têm um custo mais elevado e se a distribuição de corrente for feita em corrente alternada, terá de haver um equipamento que faça a conversão de corrente alternada (CA) para corrente contínua (CC). Estes motores permitem funcionamento a velocidade ajustável e têm grande flexibilidade e precisão. Os motores eléctricos de corrente alternada são os mais utilizados, devido à distribuição de energia eléctrica ser efectuada em corrente alternada, os quais se dividem em dois grupos [38].

- Motor Síncrono – Velocidade fixa (sem interferência do escorregamento). Este motor é utilizado para grandes potências;
- Motor de indução – Normalmente funciona a velocidade constante, podendo variar ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. A sua grande utilização deve-se a ser simples, robusto e de baixo custo, permitindo a sua aplicação num número elevado de máquinas. Permite a utilização de inversores de frequência de modo a controlar a velocidade dos motores de indução.

Sendo que os motores eléctricos de CA são os mais utilizados, na Figura 2.15 (trifásico), Figura 2.16 (Linear) e Figura 2.17 (Monofásico) apresenta-se um organograma com os vários tipos de equipamentos existentes no mercado [38].

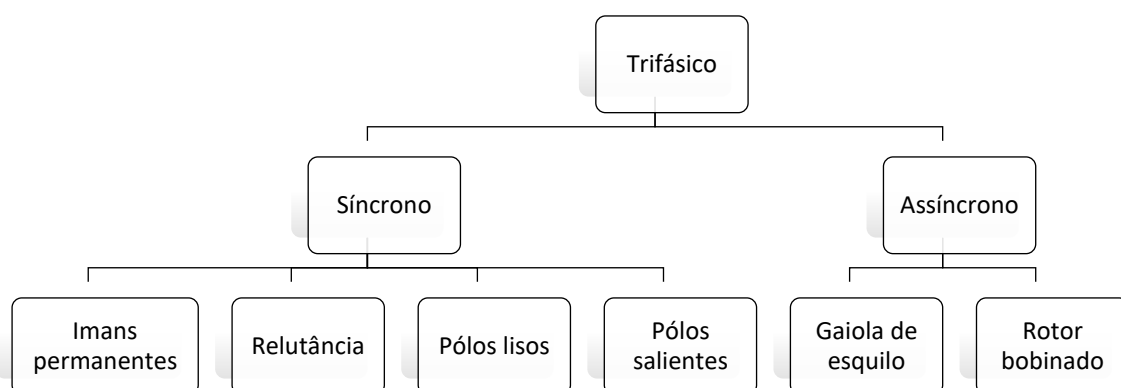


Figura 2.15- Motor eléctrico CA (trifásico), adaptado de [38].

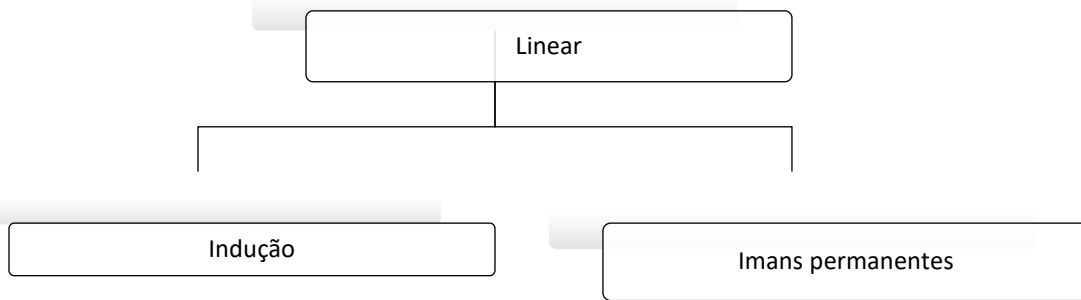


Figura 2.16 - Motor eléctrico CA (Linear), adaptado de [38].

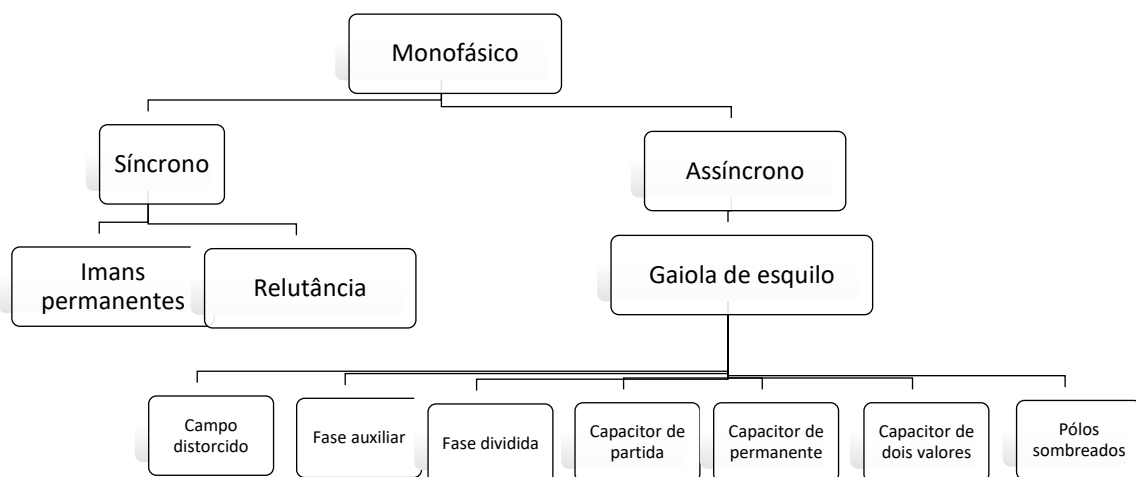


Figura 2.17 - Motor eléctrico CA (Monofásico), adaptado de [38].

2.4.3 Variador de velocidade

Um variador de velocidade de corrente alternada é uma unidade electrónica que tem como objectivo o controlo de forma contínua da velocidade de motores de indução [39]. Estes equipamentos controlam a velocidade do motor através da alteração da frequência de alimentação eléctrica. Um variador de velocidade converte a frequência que recebe da rede para outra frequência entre 0 e 300 Hz, controlando assim a velocidade do motor de forma proporcional à velocidade. Os variadores de velocidade têm três unidades principais que o constituem [40]:

- Unidade rectificadora – Recebe a energia eléctrica da rede. Pode ser unidireccional e bidireccional;
- Circuito CC – Esse circuito armazena energia eléctrica proveniente do rectificador para ser utilizada pelo inversor. Em grande parte das aplicações, a energia é armazenada em condensadores de alta potência.
- Unidade inversor – Nesta unidade a energia eléctrica de corrente contínua é, através de técnicas de modulação, converte a energia recebida em energia contínua e fornece-a ao motor.

A utilização de um variador de velocidade apresenta algumas vantagens, tais como [39]:

- Poupar energia;
- Melhorar o processo;
- Arrancar de forma suave e com baixa intensidade;
- Paragem controlada;
- Não necessitar de compensação do factor de potência ($\cos \varphi$);
- Diminuir a necessidade de manutenção mecânica.

2.4.4 Contadores entálpicos

O contador entálpico é um acessório que tem como função medir e registar a energia térmica em locais onde a água é o principal meio de transferência de energia. Têm como objectivo final, com o tratamento dos respectivos dados, a verificação de custos de energia.

Um contador entálpico é constituído por três partes principais:

- Contador de água;
- Sensores de temperatura;
- Unidade de leitura.

O funcionamento de um contador entálpico tem por base a utilização de uma turbina de jacto simples ou multijacto. A rotação da turbina é transmitida à câmara de leitura onde existe um interruptor que provoca impulsos proporcionais ao caudal de água utilizado [41].

2.4.5 Bombas de água

Bombas de água são equipamentos que através da energia potencial que recebem, proveniente de um motor ou turbina, transformam essa energia em movimento (energia cinética) e energia de pressão (força). O fluido é bombeado quando recebe estes dois tipos de energia, o que possibilita transportá-lo até ao local desejado.

A classificação das bombas pode ser dividida em dois grandes grupos, as bombas centrífugas ou turbo-bombas e as bombas volumétricas ou de deslocamento positivo.

Nas bombas centrífugas o deslocamento do fluido ocorre devido a acção de forças resultantes da rotação de um eixo, ao qual é acoplado um rotor/impulsor constituído por pás. A rotação do eixo provoca a impulsão do fluido pela acção da força centrífuga [42] [43].

As bombas centrífugas podem-se dividir em três grupos:

- Centrífugas radiais – Movimento do fluido dá-se do centro para a periferia do rotor, no sentido perpendicular ao eixo;
- Centrífugas de fluxo misto – O movimento do fluido dá-se na direcção diagonal ao eixo de rotação;
- Centrífugas de fluxo axial – O movimento do fluido dá-se da direcção paralela ao eixo de rotação.

Como é possível visualizar na Figura 2. 18, devido às diferentes exigências em relação ao desempenho das bombas centrífugas, cada grupo apresenta as suas características em relação ao caudal e à altura manométrica da bomba [43].

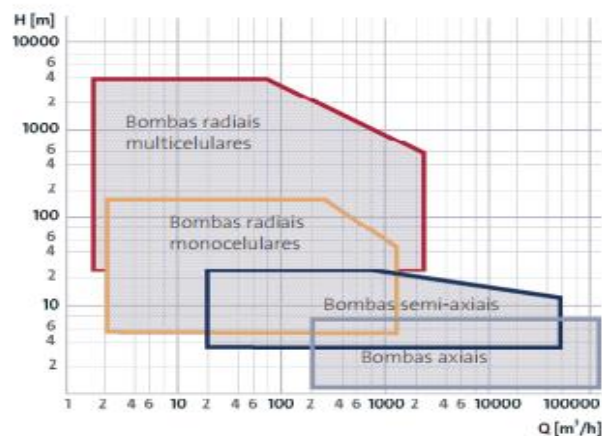


Figura 2. 18 – Relação caudal/altura manométrica [43].

No que diz respeito às bombas volumétricas, o seu modo de funcionamento consiste em que a movimentação do fluido é provocada directamente por acção do órgão de impulsão da bomba que obriga o fluido a movimentar-se em concordância com o impulsor (ex.: êmbolo). O nome “volumétrico” advém do fato de que o fluido ocupa volumes conhecidos no interior da bomba e o nome “deslocamento positivo” vem do fato de que o fluido se movimenta na direcção das forças aplicadas.

Do mesmo que as bombas centrífugas, as bombas volumétricas podem dividir-se em dois ramos principais consoante o órgão impulsor:

- Volumétricas de êmbolo;
- Volumétricas rotativas.

2.4.6 Torres de arrefecimento e condensadores

As torres de arrefecimento são utilizadas para efectuar o arrefecimento da água previamente aquecida no condensador das unidades de produção de frio. O princípio de funcionamento das torres de arrefecimento é o arrefecimento do caudal de água circulante à custa da evaporação de uma pequena parte desse mesmo caudal [5].

As torres de arrefecimento são usadas no sistema de climatização devido a terem um reduzido consumo energético, custo de manutenção reduzido e poderem utilizar recursos inesgotáveis como o ar ou a água.

As torres de arrefecimento podem ser classificadas consoante as suas dimensões e finalidades a que se destinam [44]:

- Abertas – A água fria é exposta ao meio ambiente, enquanto a água quente cai pelos difusores sobre os favos e atravessa uma massa de ar. A maior parte do calor removido é por evaporação. A água fria é reenviada para o *chiller*;
- Fechadas – A água, neste tipo de torres, circula em circuito fechado através de tubagens situadas no miolo da torre. Neste caso, a água fria não entra em contacto com o ar exterior, daí ser denominado de sistema fechado.

Os principais componentes de uma torre de arrefecimento são o ventilador (no topo da torre), o motor e a tina de água fria. O motor transmite a energia mecânica ao ventilador de modo a que este cumpra a sua função [43]. A água fria deposita-se na tina através da força da gravidade. A água perdida por evaporação é repostada utilizando um sistema que

contém uma sonda de nível e uma válvula de abastecimento. Na Figura 2.19 está ilustrada uma torre de arrefecimento em que é possível visualizar os ventiladores (1) e a tina (2) [44].



Figura 2.19- Torre de arrefecimento [43].

Os condensadores são semelhantes às torres de arrefecimento, embora nestes equipamentos o ar e a água circulam em contracorrente, do lado exterior dos tubos. O calor é deste modo transferido do refrigerante para o exterior. Parte da água presente no exterior evapora e é transportada pela corrente de ar. A capacidade do refrigerante perder calor está directamente ligada à humidade do ar no exterior [44]. Na Figura 2.20 é possível visualizar um condensador.



Figura 2.20 - Condensador evaporativo [44].

2.4.7 Alimentação de emergência

A alimentação de emergência é efectuada por grupos geradores em edifícios e estes existem devido à necessidade de alimentação de energia eléctrica em caso de falha da rede de distribuição pública. Os grupos de emergência são classificados de acordo com o tempo que demoram a ser accionados [46]:

- Grupos de arranque normal – 15 segundos até se dar o arranque;
- Grupos de arranque rápido – 0,5 a 2 segundos até se dar o arranque.

A alimentação das redes de emergência é efectuada através rede normal de distribuição pública. No caso de a rede normal de distribuição falhar, a alimentação é efectuada por grupos de emergência, sendo a ligação à rede normal feita por interruptores-inversores.

O grupo gerador pode ser accionado por um motor, por uma turbina hidráulica, por uma turbina a gás ou a vapor ou por força eólica, de modo a produzir CA ou CC. No caso dos grupos gerador com motor de combustão podem ser accionados por gasóleo, gasolina ou gás. A ilustração de um gerador a gasóleo é apresentada na Figura 2.21 [47].



Figura 2.21 - Grupo gerador Diesel [48].

Os grupos geradores apresentam um factor de potência ($\cos \varphi$) de 0,8 e trabalham a uma temperatura ambiente máxima de 40 °C. Em relação ao regime de funcionamento pode-se separar o tipo de geradores de acordo com a seguinte classificação [49]:

- Regime contínuo – O grupo suporta permanentemente 100% da carga, admitindo 10% de sobrecarga durante uma hora;

- Regime de emergência – O grupo suporta 100% da carga não admitindo sobrecarga.

Existem diversos equipamentos que não permitem qualquer interrupção ou flutuação ao nível da tensão e frequência. Estes sistemas necessitam de funcionar continuamente, como é o caso do sistema informático, pois podem-se perder informações vitais ao funcionamento da empresa.

De modo a colmatar as quebras no fornecimento de energia, são instalados sistemas denominados por Unidades de fornecimento de energia ininterrupta (UPS), como ilustrado na Figura 2.22.

As UPS têm três modos de funcionamento [49]:

- Normal – o rectificador alimenta o ondulator garantindo a alimentação;
- Falha de tensão na rede – bateria alimenta o ondulator, sendo esta recarregada quando a rede normal volta;
- Sobrecarga ou defeito interno – o comutador estático provoca um curto-circuito no ondulator, no rectificador e na bateria, sendo a alimentação de energia eléctrica realizada pela rede normal.

Na

Tabela 2.1 apresentam-se as características principais de uma UPS.

Tabela 2.1- Características UPS.

Potência nominal [kVA]	5;10;20;50;100;160;200;250;315;400;500;630
Frequência de entrada [Hz]	50±5%
Tensão da rede de saída [V]	
-Monofásica	230±10%
-Trifásica	400/230±10%
Frequência de saída [Hz]	50±5%
Autonomia da bateria [min]	10;15;20;30
Factor de potência (cos φ)	0,8 a 1
Nível de ruído dB	<60



Figura 2.22 - UPS [50].

2.5 Gestão técnica centralizada de edifícios

O sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) permite controlar, a nível central, o sistema de AVAC, iluminação, sistemas de incêndio e sistemas de elevação, bem como visualizar avarias ao longo da rede de equipamentos ligados ao sistema. Permite também executar arranques automáticos ao nível da iluminação e AVAC, de modo a otimizar o consumo energético do edifício, bem como poupar horas de trabalho gastas com os colaboradores. Este sistema é também denominado “Building Magement Systems”. O SGTC tem vários subsistemas ligados que permitem controlar remotamente cada uma dessas estações auto-suficientes.

No início de 1940 foi elaborado o primeiro SGTC, evoluindo desde o controlo centralizado e painéis de controlo, até ao sistema baseado em microprocessador SGTC utilizando LAN aberto compatível com Internet/Intranet.

O sistema de terceira geração e quarta geração permitem um controlo elevado de todos os equipamentos ligados à rede e permite que um equipamento seja controlado de forma independente.

Existem alguns *softwares* que permitem a aplicação do conceito Gestão Técnica centralizada, sendo estes:

- M3i, Contimetra;
- Scada e HMI, Itelmatis;
- Mnestis, OnControl;
- R410.2, Honeywell.

3 Instalações Técnicas Fundação Calouste Gulbenkian

No presente capítulo será abordado o funcionamento das instalações técnicas da Fundação Calouste Gulbenkian. Serão enunciados todos os equipamentos de AVAC que permitem o correcto funcionamento das instalações, bem como quais os locais afectados pelos mesmos. Serão igualmente apresentados os dados relevantes para cada um dos equipamentos.

Conforme será apresentado, os equipamentos que climatizam a Fundação Calouste Gulbenkian são do tipo ar-água, utilizando um sistema de quatro tubos, por forma a colmatar as necessidades de aquecimento e arrefecimento de cada local. Existe, de modo produzir água fria, para além de três *chillers*, torres de arrefecimento com potência de 1400 kW, o que permite diminuir o consumo energético, bem como a utilização excessiva dos *chillers*.

No ANEXO 1 está presente a planta do edifício. De forma a climatizar a sede da FCG existem dezoito UTAs denominadas por AQ01, SA02, SA9, CRn3, SR1 até à SR9 e AR1 até à AR6. Para climatizar o grande auditório existem oito UTAs denominadas por AR7, AR8 e AA1 até à AA6. O centro de arte moderna é climatizado por onze UTAs denominadas por UC 1.1 até à UC 1.3, UC2 até à UC8 e UA. O edifício do museu é climatizado por quinze UTAs sendo denominadas por MR1A, MR1B e por MR2 até à MR14. O espaço dos congressos é climatizado por dezoito UTAs que são denominadas por CR2 à CR6, CR2A, CR3A, CRn2, CA1 até à CA3 e MR9 até à MR14. Por fim o espaço da gelataria é climatizado por um VRV denominado por AR7.

3.1 Produtores de Frio

Existem três *chillers* nas instalações técnicas da Fundação Calouste Gulbenkian, que são utilizados para arrefecer água. Na Figura 3.1 ilustra-se o diagrama de funcionamento do *chiller* 1 e do *chiller* 2. Desta forma foi possível dividir a potência de arrefecimento por dois *chillers* conforme o obrigatório por lei, referido no capítulo 2.3.1.

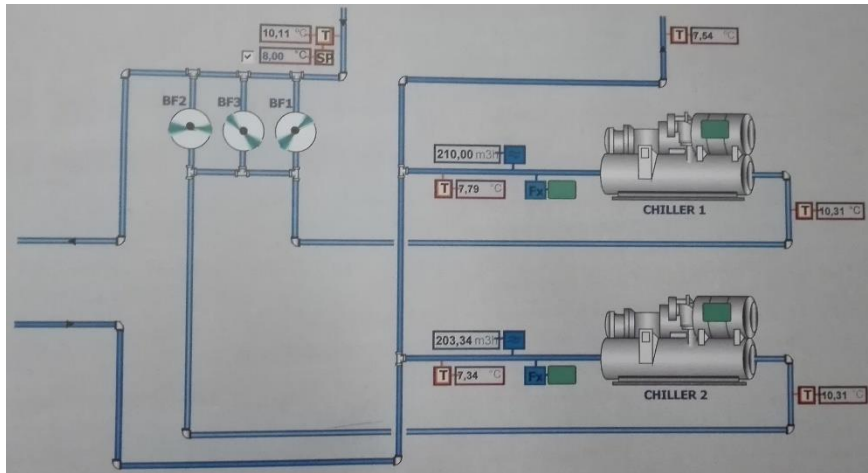


Figura 3.1 – Diagrama de funcionamento dos *chillers* 1 e 2.

A água, após ser arrefecida, é distribuída pelas baterias de arrefecimento das unidades de tratamento de ar. O terceiro *chiller* (*chiller* 3) pode ser utilizado como recuperador de calor de modo a se atingir poupanças energéticas. O *chiller* presente na Figura 3.2 é utilizado para distribuir a água arrefecida pelas UTA/UTAN da Fundação Calouste Gulbenkian. O *chiller* 2 apresenta as mesmas características das apresentadas na Tabela 3.1.



Figura 3.2 - Chiller 1.

Tabela 3.1 - Características *chiller* 1.

Chiller 1	
Corrente Máxima [A]	455
Corrente Arranque [A]	2 424
Fluido Refrigerante	HFC 134a
Capacidade nominal de Refrigeração [kW]	1 185,8
Caudal [m^3/s]	0,0567
Temperatura Entrada [°C]	12
Temperatura Saída [°C]	7
Compressor <i>Chiller</i> 1	
Potência Máxima [kW]	280
Corrente Máxima [A]	455
Carga Fluido Refrigerante [kg]	240
Factor Potência	0,89
Condensador <i>Chiller</i> 1	
Caudal Mínimo [m^3/s]	0,027
Caudal Máximo [m^3/s]	0,096
Volume de água [m^3]	0,208
Evaporador <i>Chiller</i> 1	
Caudal Mínimo [m^3/s]	0,023
Caudal Máximo [m^3/s]	0,081
Volume de água [m^3]	0,274

Por norma só funciona um *chiller* (*chiller* 1), no entanto se houver mais solicitação funcionará em simultâneo com o *chiller* de recuperação (*chiller* 3). O *chiller* número dois funciona apenas há segunda-feira devido à necessidade de produzir frio para colmatar o

calor residual acumulado no fim-de-semana, ou em dias em que a temperatura esteja muito elevada no exterior.

3.2 Produtores de calor

Os equipamentos produtores de calor têm como objectivo aquecer a água que irá ser transportada para as baterias de aquecimento das UTA/UTAN.

O *chiller* 3 apresentado na Figura 3.3 foi modificado de modo a servir como recuperador de calor. Como referido no capítulo 2.3.1, este *chiller* quando necessário, tem a capacidade de recuperar calor e desta forma a aquecer a água e distribuir a água quente pelo permutador das águas quentes sanitárias ou para a bomba de água quente das caldeiras, permitindo um decréscimo do número de caldeiras utilizadas.



Figura 3.3 – *Chiller* 3.

O sistema de recuperação é accionado pelo estado de funcionamento da bomba de circulação do circuito de aquecimento (AC2). Após a confirmação de que a bomba AC2 se encontra em funcionamento, as bombas BR3 e BR1 começam a trabalhar caso a temperatura à saída do colectador for igual ou inferior a 58 °C ou se a temperatura de retorno no circuito de recuperação de calor for igual ou inferior a 55 °C. O funcionamento do *chiller* no que diz respeito à produção de frio é controlado pela temperatura da água à saída do evaporador, quando esta é igual ou superior a 5 °C, sendo o seu diagrama de funcionamento apresentado na Figura 3.4.

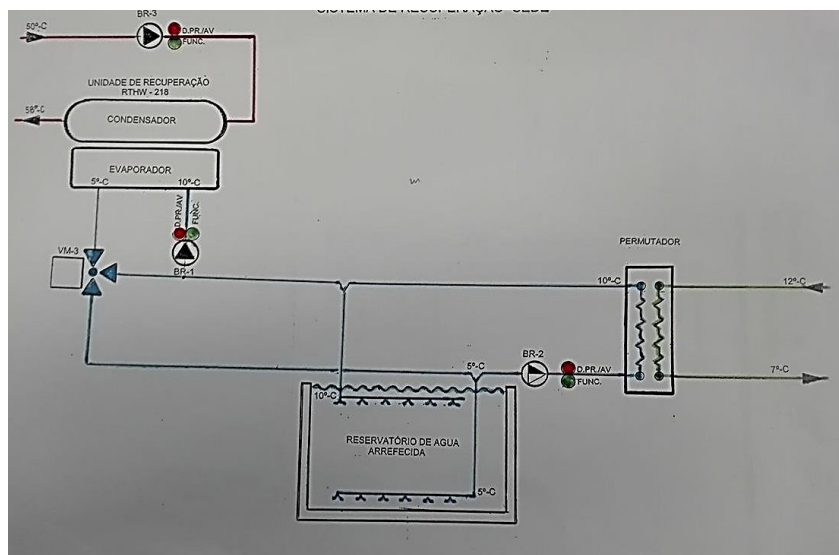


Figura 3.4 – Diagrama de funcionamento do *chiller* 3.

Na Tabela 3.2 são apresentadas as principais características do *chiller* 3. Como é possível verificar o fluido refrigerante utilizado é o Tetrafluoroethane (HFC-134a), sendo este o fluido mais utilizado nos *chillers* com recuperação de calor [49].

As caldeiras presentes nas instalações da Fundação Calouste Gulbenkian têm como objectivo aquecer a água que irá ser distribuída pelas baterias de aquecimento das UTA/UTAN e realizar o aquecimento das águas sanitárias. A água quente que sai das caldeiras para a instalação é direccionada para um colector que posteriormente distribui a mesma.

Na Figura 3.5 são ilustradas duas das quatro caldeiras presentes nas instalações da Fundação Calouste Gulbenkian. As caldeiras instaladas são alimentadas por gasóleo e gás natural, dependendo da temperatura da água pretendida, conforme descrito no capítulo 2.3.2.

Tabela 3.2- Características do *chiller* 3.

Chiller 3

Potência Máxima [kW]	243
Tensão Nominal [V]	400
Frequência [Hz]	50
Corrente Máxima [A]	392
Fluido Refrigerante	HFC 134a

Compressor nº1 *Chiller 3*

Potência Máxima [kW]	132
Corrente Máxima [A]	214
Carga Fluido Refrigerante [kg]	69
Óleo [m^3]	0,008

Compressor nº2 *Chiller 3*

Potência Máxima [kW]	111
Corrente Máxima [A]	178
Carga Fluido Refrigerante [kg]	69
Óleo [m^3]	0,008
Corrente arranque [A]	426

Condensador *Chiller 03*

Caudal Mínimo [m^3/s]	0,017
Caudal Máximo [m^3/s]	0,061
Volume de água [m^3]	0,078

Evaporador *Chiller 03*

Caudal Mínimo [m^3/s]	0,011
Caudal Máximo [m^3/s]	0,033
Volume de água [m^3]	0,415



Figura 3.5 - Caldeiras da instalação.

As caldeiras têm como função a produção de água quente. As quatro caldeiras são idênticas, o que as suas características são as mesmas que apresentadas na Tabela 3.3.

No ANEXO 2 apresenta-se o diagrama de funcionamento das quatro caldeiras existentes na Fundação Calouste Gulbenkian, sendo possível verificar que as quatro caldeiras distribuem água quente por todos os edifícios, estando as mesmas localizadas nas instalações técnicas na sede da FCG.

Tabela 3.3 – Características Caldeira CA1.

Caldeira CA1	
Potência Máxima [kW]	1 163
Potência Mínima [kW]	465
Temperatura de Serviço [°C]	90
Pressão de Serviço [bar]	8
Intensidade de corrente [A]	10
Tensão [V]	230
Frequência [Hz]	50

Combustível (Bi-combustível)	Gás Natural/Gasóleo
Queimador Caldeira CA1	
Potência [kW]	1 163
Tensão (BT) [V]	230/400
Frequência [Hz]	50
Pressão Serviço [mbar]	20
Rendimento (térmico) [%]	93

3.3 Unidades de tratamento de ar/ar novo

Por forma a climatizar a área das reservas do museu da Fundação Calouste Gulbenkian é utilizada uma UTA denominada por MR1A que climatiza uma área de $364.3m^2$. As características de climatização deste espaço são diferentes dos espaços comuns da Fundação Calouste Gulbenkian, necessitando de controlo da humidade relativa devido à presença de quadros e outras obras. As características da UTA MR1A, bem como o seu diagrama de funcionamento são apresentados na Tabela 3.4 e na Figura 3.6 respectivamente. A UTA MR1A, do lado da insuflação é constituída por um pré-filtro (5), um filtro de saco (6), uma bateria de arrefecimento (2), uma bateria de aquecimento (3) e um ventilador acoplado a um motor eléctrico (4). Do lado do retorno, é constituído por um ventilador com um motor eléctrico acoplado (1). A uta possui também um registo de ar novo (9), um registo de extracção (8) e um registo de mistura (7) para controlar a quantidade de ar novo requerida e a quantidade de ar que foi extraído do local que se irá misturar com o ar novo.

1

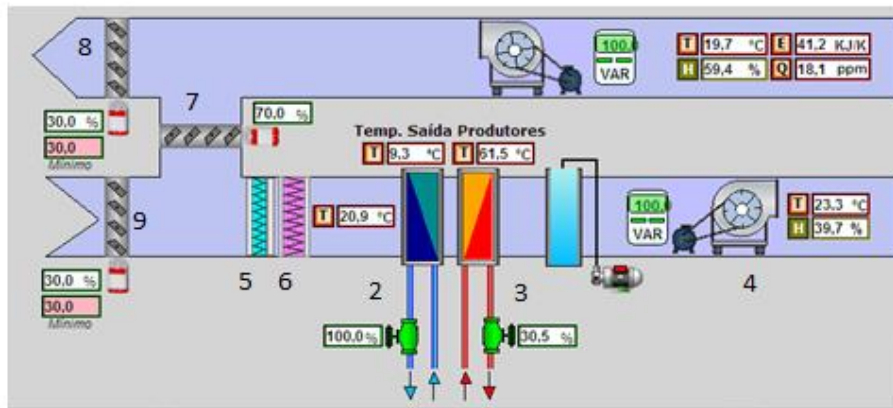


Figura 3.6 – Diagrama da UTA MR1A.

Tabela 3.4 – Características UTA MR1A.

Potência Arrefecimento [kW]	73
Potência Aquecimento kW	100
Caudal insuflação [m³/h]	12 400
Caudal de retorno [m³/h]	11 700
Caudal de ar novo [m³/h]	3 200
Caudal de exaustão [m³/h]	2 500
Ventilador insuflação	
Potência [kW]	5,5
Tipo de arranque	Variador de frequência
Tensão [V]	380
Caudal [m³/h]	12 400
Pressão estática [Pa]	205,93
Ventilador [rpm]	1 889
Motor [rpm]	1 500
Nível de Ruído [dB]	87
Ventilador retorno	
Potência [kW]	3

Tipo de arranque	Variador de frequência
Tensão [V]	380
Caudal [m³/h]	11 700
Pressão estática [Pa]	235,34
Ventilador [rpm]	1 795
Motor [rpm]	1 500
Nível de Ruído [dB]	87
Bateria arrefecimento	
Caudal de ar [m³/h]	12 400
Caudal de água [m³/h]	12,54
Potência [kW]	72,9
Perda de carga [mm.c.a.]	2,97
Entrada/Saída de ar [°C-%]	29,5-38/14,1-93
Entrada/Saída água [°C]	7/12
Velocidade do ar [m/s]	2,5
Bateria aquecimento UTA MR1A	
Caudal de ar [m³/h]	12 400
Caudal de água [m³/h]	8,67
Potência [kW]	100,88
Perda de carga [mm.c.a.]	2,4
Entrada/Saída de ar [°C-%]	6,5/30
Entrada/Saída água [°C]	50/40
Velocidade do ar [m/s]	2,5

No edifício da sede da Fundação Calouste Gulbenkian existem dezoito unidades de tratamento de ar. As UTAs/UTANs AR1, SR3 e SR10 diferem em certos constituintes.

- AR1 – unidade de tratamento de ar que trabalha com ar novo (ar exterior) e ar de retorno (ar da sala) e que após a mistura do ar ser efectuada, este é tratado em duas baterias de aquecimento e uma de arrefecimento.
- SR3 – unidade de tratamento de ar que trabalha com ar novo (ar exterior) e ar de retorno (ar da sala) em que o ar é tratado numa bateria de arrefecimento e numa bateria de aquecimento.
- SR10 - unidade de tratamento de ar que após o tratamento do ar idêntico à UTA SR3 realiza a distribuição do ar frio e do ar quente por condutas separadas até às caixas de mistura presentes em cada sala dos serviços centrais de modo que cada colaborador possa escolher a temperatura que deseja, tendo a possibilidade de variar em 3 °C.

A unidade de tratamento de ar AR1 climatiza o grande auditório onde são realizados espectáculos e concertos. As características da UTA AR1 são apresentadas na

Tabela 3.5 e na Figura 3.7 é visível o seu diagrama de funcionamento. A temperatura de insuflação do equipamento varia consoante a ocupação do local devido ao calor libertado para o ambiente.

Tabela 3.5 – Características UTA AR1.

Potência Arrefecimento [kW]	250
Potência Aquecimento [kW]	215
Caudal insuflação [m³/h]	40 000
Caudal de retorno [m³/h]	30 000
Caudal de ar novo [m³/h]	10 000
Ventilador de insuflação	
Potência [kW]	7,5
Tipo de arranque	Variador de frequência ABB
Ventilador de retorno	
Potência [kW]	7,5

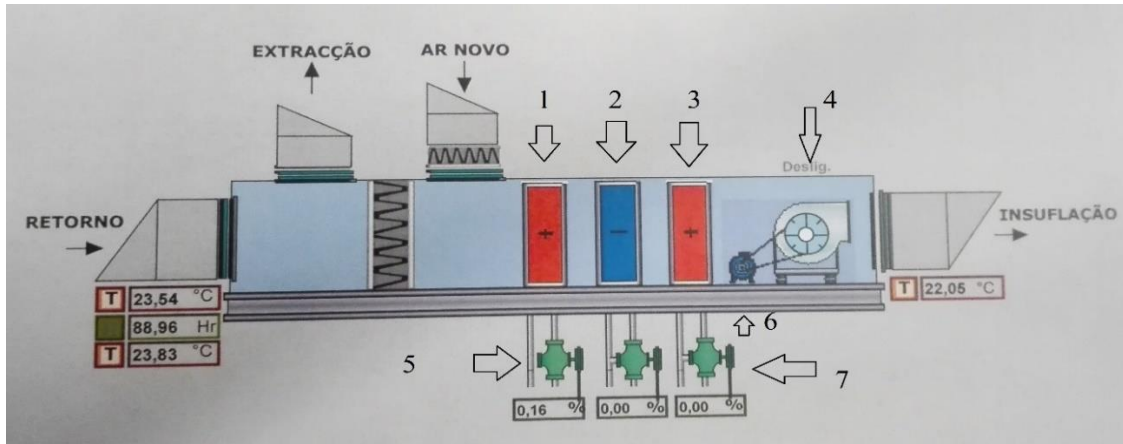


Figura 3.7 – Diagrama da UTA AR1.

Na Figura 3.7 é possível visualizar alguns acessórios associados ao equipamento (UTA AR1). O ar de retorno passa por um pré filtro para depois se misturar com o ar novo. Devido à variação ocupacional do grande auditório o ar inicialmente passa por uma bateria de aquecimento (1), passando depois por uma bateria de arrefecimento (2), atravessando uma segunda bateria de aquecimento (3). Após o tratamento térmico do ar este é insuflado por um ventilador (4). O ventilador tem acoplado um motor eléctrico (6). A percentagem de água fria e água quente existente na bateria de arrefecimento e nas baterias de aquecimento é regulado por válvulas de duas vias (5). Desta forma é possível controlar a temperatura e a humidade relativa do ar que é insuflado na sala.

A unidade de tratamento de ar SR3 é responsável pela climatização dos corredores do primeiro e segundo piso do edifício da sede da Fundação Calouste Gulbenkian. Na

Tabela 3.6 e na Figura 3.8 estão presentes as características do equipamento e o seu diagrama de funcionamento, respectivamente.

Tabela 3.6 – Características UTA SR3.

Potência Arrefecimento [kW]	50
Potência Aquecimento [kW]	35

Caudal insuflação [m³/h]	15 000
Caudal de retorno [m³/h]	9 000
Caudal de ar novo [m³/h]	6 000
Ventilador insuflação	
Potência [kW]	7,4
Tipo de arranque	Variador de frequência ABB
Ventilador retorno	
Potência [kW]	4
Tipo de arranque	Variador de frequência ABB

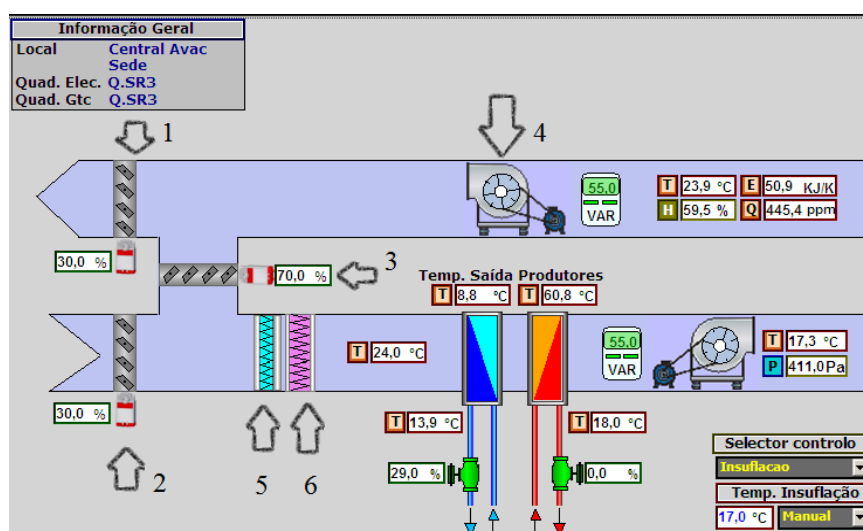


Figura 3.8 – Diagrama da UTA SR3.

A UTA SR3, ilustrada na Figura 3.8, apresenta um modo de funcionamento em que o ar, antes de ser insuflado pelo ventilador, é forçado a passar por um pré-filtro (5), seguidamente por um filtro de saco (6). Após a secção de filtragem e de modo a obter as condições requeridas do ar, passará por uma bateria de posterioridade por uma bateria de aquecimento, de modo a aquecer o ar e obter a humidade relativa desejada. O registo de ar novo (2) tem como objectivo determinar a quantidade (%) de ar novo que se irá misturar com uma certa quantidade (%) de ar de retorno determinada pelo registo de mistura (3). O ar que é retirado do local e não vai para mistura é expulso no registo de expulsão (1).

A unidade de tratamento de ar SR10 tem como objectivo a climatização das salas do departamento dos serviços centrais do piso zero da sede da Fundação Calouste Gulbenkian. Na Tabela 3.7 e Figura 3.9 estão representadas as características do equipamento e o seu diagrama de funcionamento, respectivamente.

Tabela 3.7 – Características UTA SR10.

Potência Arrefecimento [kW]	159,74
Potência Aquecimento [kW]	122,2
Caudal de Ar novo [m³/h]	7 950
Bateria arrefecimento	
Caudal [m³/h]	17 220
Potência [kW]	159,74
Perda de carga [mm.c.a.]	2,96
Entrada/Saída de ar [°C-%]	32-40/12,9-97
Entrada/Saída água [°C]	7/12
Velocidade do ar [m/s]	2,5
Bateria aquecimento	
Caudal [m³/h]	17 220
Potência kW	122,16
Entrada/Saída de ar [°C-%]	9,5 – 30
Entrada/Saída água [°C]	55/50
Velocidade do ar m/s	3,4
Ventilador insuflação UTA SR10	
Caudal [m³/h]	17 220
Ventilador Retorno UTA SR10	
Caudal [m³/h]	17 220

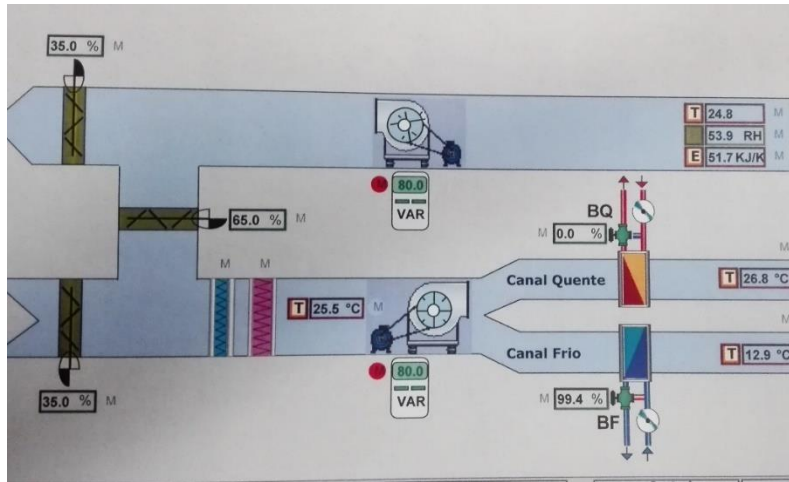


Figura 3.9 – Diagrama da UTA SR10.

A UTA SR10, cujo diagrama de funcionamento é ilustrado na Figura 3.9, difere das restantes UTAs descritas neste capítulo porque a distribuição de ar frio e ar quente é realizada através de duas condutas separadas. Na conduta de ar frio existe uma bateria de arrefecimento e na conduta de ar quente existe uma bateria de aquecimento. O ar tratado é insuflado e distribuído por 23 caixas de mistura que permitem regular a temperatura no interior de cada sala dos serviços centrais, conforme apresentado na Figura 3.10 onde se pode verificar que cada local tem a sua temperatura. É possível verificar também qual a posição das pás no registo da caixa de mistura.

FUNDAÇÃO CALOUSTE		SEDE-AVAC										
		Piso 0 (OESTE) - Caixas Mistura de Ar										
Piso 3	CAIXA MISTURA DE AR	1	2	3	4	5	6/7	8/9	10/11	12	13	
Piso 2		Segurança	Segurança	Ondório Tomás	Serviços Centrais	Compras	Edifícios e Infra-estruturas	Edifícios e Infra-estruturas	Consultores	Sala Reuniões 0.1	Org. Coord. Planex.	
Piso 01	Temperatura											
Piso 02	Temperatura Ambiente	22.51 °C	22.93 °C	22.02 °C	21.53 °C	23.70 °C	21.81 °C	22.70 °C	22.99 °C	21.95 °C	21.40 °C	
	Setpoint Actual	22.66 °C	21.04 °C	22.02 °C	22.00 °C	23.50 °C	21.00 °C	21.00 °C	22.00 °C	21.15 °C	21.90 °C	
	Setpoint Base	22.00 °C	22.00 °C	22.00 °C	22.00 °C	22.50 °C	21.00 °C	22.00 °C	22.00 °C	22.00 °C	22.00 °C	
	Registo											
	Posição	64	100	96	100	100	100	100	67	100	100	
	Funcionamento											
	Presença	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	
SR10												
	CAIXA MISTURA DE AR	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
		Secretariado	António Repolho	Oséio Matias de Silva	Maria João Bolelho	Org. Coord. Planex.	Vendas	Promoção e Marketing	Apoio Eventos	Apoio Eventos	Bilhetes	
	Temperatura											
	Temperatura Ambiente	21.09 °C	21.26 °C	21.19 °C	22.70 °C	22.72 °C	22.87 °C	22.58 °C	22.35 °C	22.19 °C	22.05 °C	
	Setpoint Actual	21.04 °C	21.00 °C	22.50 °C	21.22 °C	20.63 °C	24.00 °C	23.65 °C	22.60 °C	20.07 °C	21.05 °C	
	Setpoint Base	22.00 °C	22.00 °C	22.50 °C	22.00 °C	21.00 °C	23.00 °C	23.00 °C	23.00 °C	21.00 °C	22.00 °C	
	Registo											
	Posição	91	100	50	100	50	0	0	93	100	100	
	Funcionamento											
	Presença	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	

Figura 3.10 - Ilustração caixas de mistura.

Devido à UTA SR10 insuflar ar quente e ar frio por condutas distintas, é necessário que numa zona prévia a cada sala exista uma caixa de mistura. Este equipamento garante que a temperatura insuflada em cada divisão é a requerida pelos colaboradores. Na Figura 3.11 é possível verificar que o registo de ar quente e o registo de ar frio estão interligados mecanicamente, sendo controladas electronicamente no local através de um mostrador colocado na parede. Isto permite que a combinação entre a abertura de um registo e o fecho de outro altere a temperatura de insuflação, quando a temperatura desejada na sala é alterada.



Figura 3.11 - Caixa de mistura [50].

3.4 Gestão técnica centralizada

O *software* seleccionado pela Fundação Calouste Gulbenkian é o HoneyWell R410.2, pelo que será este que será detalhadamente apresentado no resto deste subcapítulo. Serão apresentadas representações gerais e mais específicas, de modo a estabelecer o grau de controlo e de automação que existe no GTC. Todas as imagens foram retiradas do *software* instalado na Estação 1 (controlador principal).

Existem diversos protocolos para trabalhar com o GTC, embora o utilizado na Fundação Calouste Gulbenkian seja o protocolo EIB/KNX, devido a este permitir monitorizar sistemas de iluminação, aquecimento, ventilação e/ou ar condicionado.

No diagrama apresentado na Figura 3.12 é possível visualizar que todas as subestações estão ligadas a uma rede LAN. Esta rede permite que da Estação 1 seja possível controlar desde toda o sistema AVAC até ao sistema de iluminação de uma só sala. A estação 2, 3

e 4 são de supervisão permitindo visualizar e controlar toda a iluminação e todas estações elevatórias existentes na Fundação Calouste Gulbenkian.

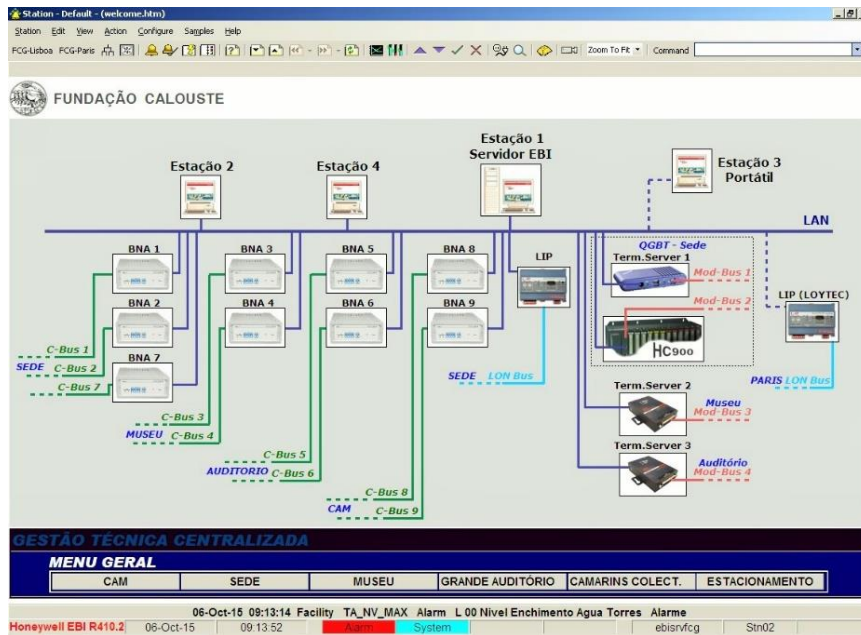


Figura 3.12 – Diagrama Geral do GTC.

O protocolo de comunicação “C-BUS” é utilizado para a Sede, Museu e Auditório devido a permitir comprimentos de cabo de 1000 m e ser utilizado na automatização de edifícios.

O Controlador HC900 está instalado no quadro geral de baixa tensão da Sede de modo a permitir a monitorização da temperatura da caldeira e possibilita que se desligue a caldeira se ocorrer uma emergência.

4 Estágio Curricular

O presente estágio permitiu abordar dois ramos da engenharia que embora distintos são de igual importância para um engenheiro mecânico do ramo de energia. Refere-se então ao ramo da manutenção dos equipamentos e do ramo da climatização da Fundação Calouste Gulbenkian. A manutenção maioritariamente realizada foi do tipo preventiva, embora por vezes tenha sido necessária a intervenção do tipo correctiva, conforme é apresentado ao longo deste capítulo. Em relação ao ramo da climatização será apresentada no final deste capítulo uma proposta de melhoria do sistema de AVAC de um equipamento obsoleto que climatiza a sala polivalente. No local são realizadas várias apresentações, variando no que diz respeito à iluminação e pessoas presentes no local.

4.1 Manutenção preventiva

A manutenção planeada realizada nas instalações técnicas da Fundação Calouste Gulbenkian inicialmente era realizada de acordo com os dados fornecidos pelos fabricantes, tendo em conta o tempo de vida útil, horas de trabalho e desgaste dos equipamentos. O Engenheiro responsável pela manutenção dos equipamentos, de acordo com os dados retirados nos locais condicionados, bem como devido à comunicação com os técnicos de manutenção foi elaborando planos de manutenção específicos de acordo com as necessidades.

Uma das principais razões que levou ao ajuste dos planos de manutenção deve-se à qualidade de ar interior (QAI) exigida por parte dos colaboradores e a necessidade de cumprir a legislação em vigor.

Na Fundação Calouste Gulbenkian existem planos de manutenção preventiva completos, conforme se apresenta ao longo deste subcapítulo. Os técnicos de manutenção que levam a cabo esta operação devem, no final de cada ponto do plano, escrever o tempo que demorou a efectuar a operação em causa. Outro procedimento efectuado por parte dos técnicos de manutenção dos equipamentos principais de AVAC é verificar se os valores lidos na central de gestão técnica correspondem aos valores obtidos no local, bem como confirmar se as acções comandadas do GTC são realmente realizadas na máquina (válvula de água quente/fria, fecho/abertura das pás referentes à entrada de ar novo, retorno e exaustão).

Uma das intervenções realizadas ao longo do estágio foi a verificação do funcionamento de todos os equipamentos que permitem que a unidade de tratamento de ar trabalhe de forma correcta. Existem planos de manutenção sistemática, como ilustrado no ANEXO 4. A manutenção sistemática efectuada integrou várias etapas. Começou-se por colocar o termo-higrómetro durante cerca de trinta minutos na entrada de ar novo, de modo a verificar se o sensor que lê os valores de temperatura e humidade relativa no interior do registo se encontra a funcionar correctamente. Ao longo do tempo de aferição do equipamento foram retirados alguns valores das UTA/UTAN sendo estes, a pressão do filtro localizado antes do ventilador, a entalpia da água quente e da água fria e a frequência do variador (arranque do motor do ventilador). Adicionalmente foi efectuada também a verificação da tensão à entrada do quadro eléctrico existente para cada UTA, utilizando um voltímetro no quadro eléctrico, de modo a confirmar se o mesmo distribui tensão em corrente alternada a 230V e 24V.

Na Figura 4.1 é possível visualizar os contadores de entalpia de água quente e água fria. O objectivo destes equipamentos é permitir a medição e registo da energia térmica utilizada durante um mês/anual, através dos dados obtidos ao nível de caudal medido ao longo do tempo. Desta forma verifica-se se para além dos consumos do equipamento, se este se encontra a gastar muita energia. Se isto acontecer procede-se a uma verificação do mesmo. Os valores são inseridos nas folhas de manutenção sistemáticas.

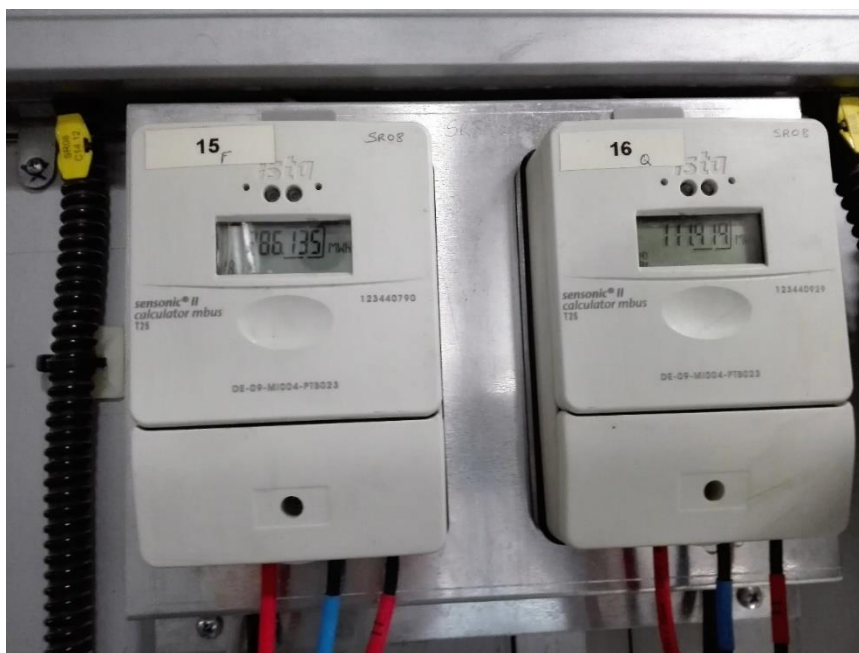


Figura 4.1 -Mostrador potência de aquecimento e arrefecimento.

Os quadros eléctricos encontram-se ligados às UTAS para que seja possível o funcionamento dos acessórios que necessitam de energia eléctrica, tais como os motores eléctricos dos ventiladores, contadores de entalpia, variadores de velocidade, entre outros. Na Figura 4.2 ilustra-se um quadro eléctrico. Nestes, durante as intervenções de manutenção mede-se a tensão para confirmar se esta se aproxima dos 24 V e dos 230 V.



Figura 4.2 - Quadro eléctrico.

Durante as operações de manutenção planeada foi necessário verificar o correcto funcionamento da abertura e fecho dos registos de ar novo, retorno e exaustão. Para tal fez-se inspecção visual através do óculo da unidade de tratamento de ar ou mesmo através da abertura da porta. Conforme as acções comandadas pela GTC foi possível verificar o correcto funcionamento dos registos. Conforme ilustrado na Figura 4.3 a quantidade de ar que provêm do retorno (2) e a quantidade de ar novo (1) é controlada através do movimento de pás. Durante o período de manutenção sistemática foi verificada essa abertura e fecho das pás consoante ordem do GTC.



Figura 4.3 - Registo de ar novo e retorno.

As válvulas de regulação da água fria e água quente são utilizadas por forma a controlar a quantidade de água e a temperatura presente na bateria de arrefecimento e aquecimento respectivamente. A abertura ou fecho das mesmas pode ser regulado na GTC ou através dos locais que a unidade de tratamento de ar climatiza. Por forma a verificar o correcto funcionamento das válvulas visualizadas na Figura 4.4, através do controlo das mesmas no computador, visualiza-se a alteração da posição das mesmas. Desta forma é perceptível se o fecho e abertura das mesmas são efectuados de forma correcta.



Figura 4.4 - Válvulas de regulação da água fria/quente.

Após a preparação para as intervenções programadas, eram realizadas ordens de trabalho no gabinete de gestão técnica centralizada, tal como a representada no ANEXO 4, que representa uma operação de manutenção planeada trimestral ao ventilador de extracção da UTA que serve a zona da Lavandaria.

Os planos de manutenção são bastante exaustivos e explícitos, tendo no final que existir uma assinatura tanto do executante da manutenção, como da pessoa responsável.

4.2 Manutenção correctiva

Durante a manutenção preventiva mensal da UTA SR5, em que a preparação da manutenção é idêntica à apresentada no ANEXO 3 foi observado que por baixo do tabuleiro de condensados ocorreu oxidação da chapa galvanizada. Desta forma, foi necessário iniciar um plano de manutenção correctiva de modo a que o equipamento voltasse a funcionar correctamente. Inicialmente foi necessário retirar o humidificador e o tabuleiro de condensados, de modo a iniciar a remoção das zonas oxidadas.

De seguida iniciou-se a limpeza da secção com diluente e misturaram-se duas tintas de modo a dar protecção anti oxidação à chapa galvanizada, procedendo à pintura conforme ilustrado na Figura 4.5. Posteriormente, a parte de baixo do tabuleiro de condensados foi limpa e procedeu-se à quinagem, ilustrado na Figura 4.6 de chapa de aço inoxidável de modo a criar uma barreira entre o tabuleiro de condensados e a chapa de suporte (galvanizada).



Figura 4.5 - Pintura tabuleiro de condensados.



Figura 4.6 - Quinagem da chapa galvanizada.

Durante a operação de manutenção foi verificado também que o boiador tinha folgas e não fornecia informação correcta à válvula que efectua o corte no abastecimento de água ao depósito. A Figura 4.7 ilustra novo boiador. A função deste equipamento é regular o nível de água presente no humidificador.



Figura 4.7 - Substituição do boiador.

A Figura 4.8 representa o estado final da operação de manutenção correctiva, que teve uma duração de quatro horas.



Figura 4.8 - Final do trabalho de manutenção.

Após terem sido efectuados todos os trabalhos referentes à manutenção correctiva no humidificador da UTA SR5, foi possível colocar todos os equipamentos em funcionamento. Durante o próximo mês será realizada outra operação de manutenção preventiva de modo a verificar toda a unidade e confirmar se o trabalho de manutenção correctivo foi efectuado de maneira eficiente.

4.3 Implementação do *software* InWinWin

Durante a realização do estágio curricular realizado na Fundação Calouste Gulbenkian, foi iniciada a implementação de um *software* de manutenção denominado “InWinWin”. Este *software* veio substituir outro denominado por “Primavera” utilizado desde 2005. A substituição deve-se a que o novo *software* permite incluir novos parâmetros como controlo de custos de manutenção, controlo dos fornecedores e permite uma melhor organização dos equipamentos em termos de zonas e quantidades.

Na Figura 4.9 está representada a organização funcional da empresa Fundação Calouste Gulbenkian no *software* InWinWin. Através da presente organização é possível definir/organizar todos os equipamentos presentes em todas as zonas do edifício.

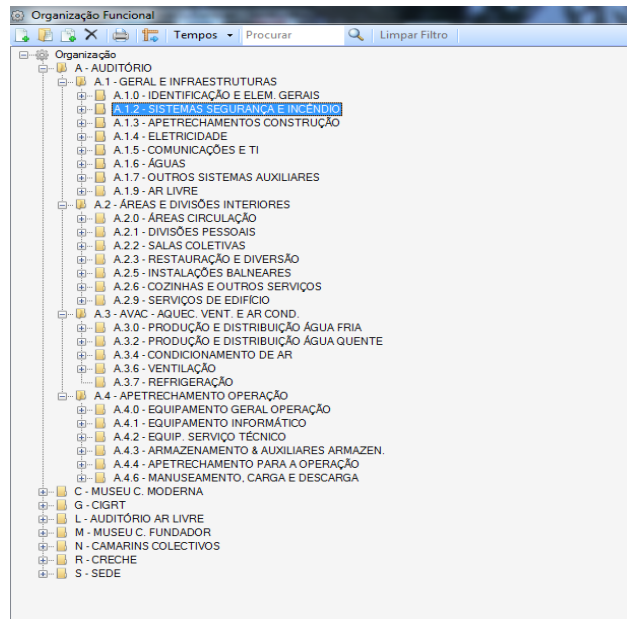


Figura 4.9 - Organização funcional.

Através da definição de centro de custos, presentes na Figura 4.10, posteriormente irá possibilitar avaliar quais as zonas do edifício que têm maior impacto nos custos energéticos anuais da Fundação e assim promover acções de racionalização energética.

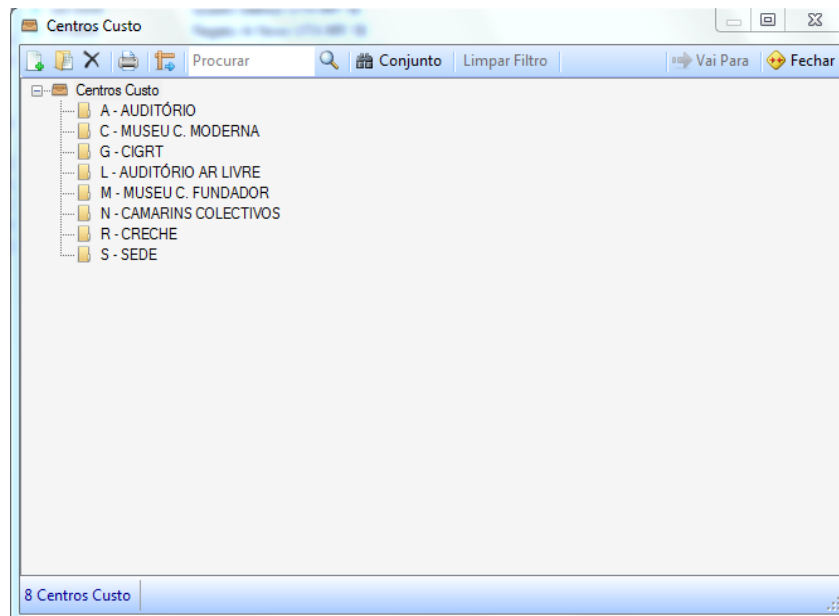


Figura 4.10 - Centros de custo.

Na Figura 4.11 está presente a informação de um dos fornecedores da Fundação Calouste Gulbenkian. A caracterização do fornecedor permite, quando são realizadas intervenções

de manutenção por empresas subcontratadas, inserir as facturas associadas e, desta forma, controlar os custos associados a cada fornecedor.

Fornecedor

5 / 8

OK Cancelar Aplicar

Figura 4.11 - Informação do fornecedor.

Este separador permite definir quais os acessórios associados a cada unidade de tratamento de ar, conforme ilustrado na Figura 4.12. Desta forma é possível seleccionar em que acessórios se realizarão as operações de manutenção e se forem detectadas falhas nos mesmos serão inseridas no *software*.

Tipo Objecto

Órgãos

Descrição

- Filtro
- Ventilador Insuflação
- Ventilador Retomo

66 / 73

OK Cancelar Aplicar

Figura 4.12 - Órgãos associados aos equipamentos.

No *software* InWinWin é possível criar a identificação do objecto de manutenção, bem como definir as suas características, como visualizado na Figura 4.13 e na Figura 4.14. É necessário criar a identificação de cada equipamento e as suas características para posteriormente criar as respectivas ordens de trabalho de manutenção.

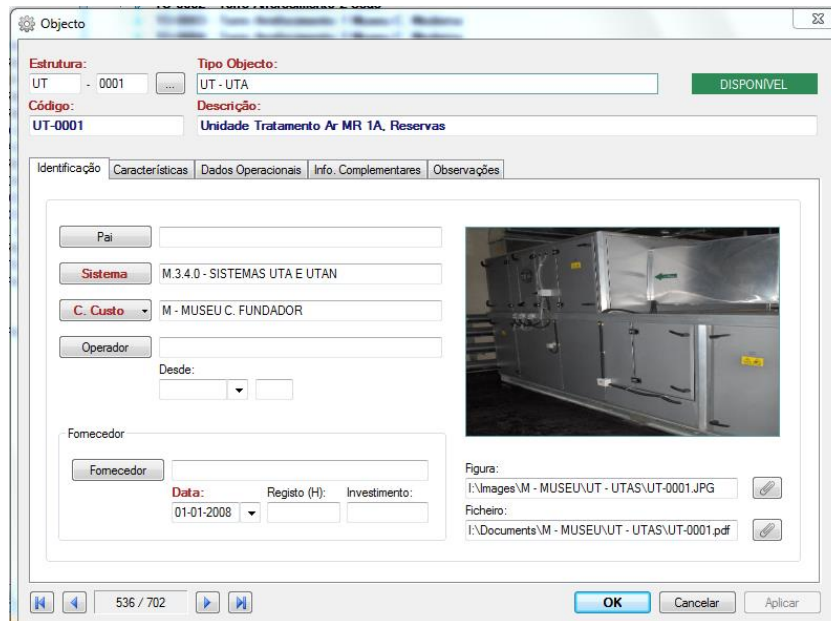


Figura 4.13 - Identificação do equipamento de AVAC.

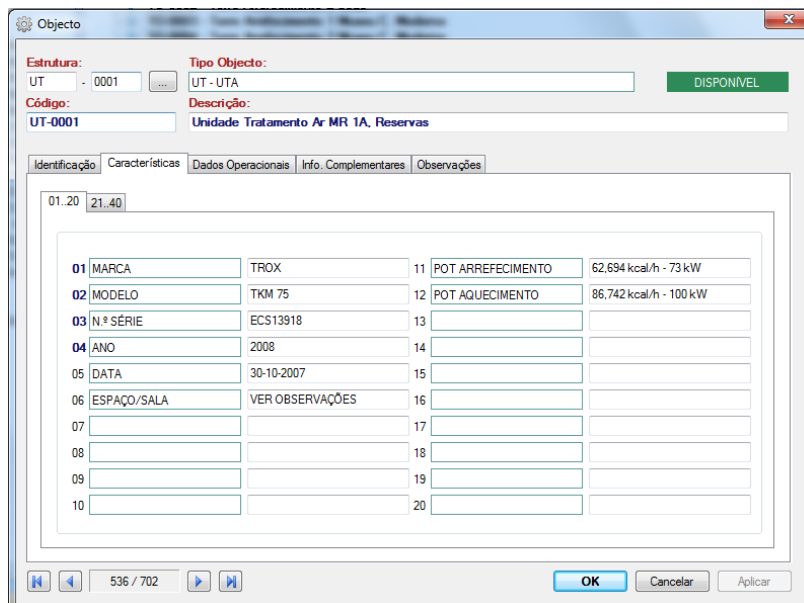


Figura 4.14 - Características do equipamento de AVAC.

No separador origem, ilustrado na Figura 4.15, inserem-se vários parâmetros que permitem definir a ordem de trabalho:

- Objecto (previamente identificado e caracterizado);

- Sistema (definido na organização funcional);
- Tipo de trabalho (definidos previamente);
- FMP (Ficha de manutenção planeada - Período de intervenção);
- Centro de custo (previamente definido-zona onde o equipamento se encontra);
- Interventor (definir se a manutenção é realizada por colaboradores ou por empresas subcontratadas).

O *software* permite visualizar qual o estado da ordem de trabalho de manutenção sistemática. A distinção é efectuada através da visualização de cores, sendo estas:

- Verde: Faltam mais de quinze dias para a data programada de manutenção;
- Amarelo: Faltam menos de quinze dias para a data programada de manutenção;
- Vermelho: Data programada de manutenção ultrapassada.

Existe, no entanto, a possibilidade de visualizar o estado presente da acção da manutenção. O *software* permite verificar se a operação de manutenção se encontra em curso, se foi terminada ou se já foi encerrada por parte dos colaboradores de manutenção

Figura 4.15 - Definição das ordens de trabalho.

No separador diagnóstico, apresentado na Figura 4.16, insere-se o(s) órgão(s) onde se verificaram avarias, qual o sintoma que apresenta e qual a causa da avaria. Isto permite

analisar os modos de falha de cada equipamento e se um sintoma apresenta um carácter repetitivo.

The image shows a software window titled "Ordem Trabalho" with a "Diagnóstico" tab selected. The "OT N.º" field is set to "ACE" and "00001". The "Descrição" field contains "INTERVENÇÃO MENSAL". A "Terminada" button is present. The "Diagnóstico" tab shows the following fields: "Órgão" (VENTILADOR INSUFLAÇÃO), "Sintoma" (FOL - FOLGA / DESAPERTO), and "Causa" (MAT - MATERIAL). Below these are sections for "Motivo Trabalho Pendente" (Motivo) and "Calibração" (Certificado and Data). The bottom status bar shows "1 / 284" and buttons for "Terminar", "RNC", "Encerrar", "OK", "Cancelar", and "Aplicar".

Figura 4.16 - Separador diagnóstico.

A Figura 4.17 permite a visualização do separador preparações, onde estão representadas todos os tipos de intervenção de manutenção preventiva possíveis nos equipamentos de AVAC.

Dependendo do tipo de manutenção realizada (mensal/trimestral/semestral/anual), as intervenções realizadas variam.

De modo a criar os vários pontos de intervenção dos equipamentos é necessário criar, na lista de preparações padrão do *software*, um novo item. Este deve conter a informação da periodicidade de manutenção, uma breve informação do trabalho a realizar, bem como a mão-de-obra necessária e os materiais a utilizar, sendo que os dois últimos mencionados são previsões podendo ser alterados no término da acção de manutenção.

No separador leituras é possível visualizar alarmes, bem como ver o gráfico das leituras do objecto de manutenção. O objectivo da verificação das leituras é estimar quando irá ocorrer uma avaria no equipamento estipulando limites máximos e mínimos previamente.

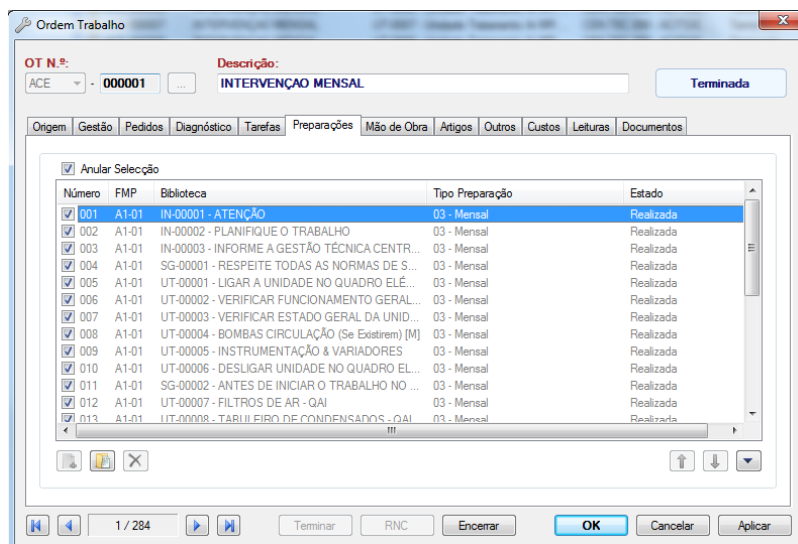


Figura 4.17 - Separador preparações.

Os materiais utilizáveis nas operações de manutenção, sejam estas preventivas ou curativas, são inseridos na base de dados do *software* InWinWin. A existência da lista de materiais existentes permite ter uma melhor percepção dos materiais gastos durante o ano e em que reparações foram utilizados. Na Figura 4.18 é possível visualizar a existência de filtros planos de diferentes dimensões, bem como a quantidade existente. Isto permite que, dependendo do tamanho do filtro utilizado em cada UTA, seja possível determinar se existem filtros suficientes em *stock* se for necessário a sua substituição.

Código	Descrição	Localização	Existência UN	Custo Unitário
S.FI.040.001	Filtro Plano Modelo F718E02 - 552,652,48		0,00 UN	0,000
S.FI.040.002	Filtro Plano Modelo F718E07 - 287,627,48		2,00 UN	0,000
S.FI.040.003	Filtro Plano Modelo F718E08 - 287,627,48		4,00 UN	0,000
S.FI.050.001	Filtro Bolea Modelo F748F66 - 552,652,600		43,00 UN	0,000
S.FI.050.002	Filtro Bolea Modelo F748F66 - 287,652,600		0,00 UN	0,000
S.FI.050.003	Filtro Bolea Modelo F748F66 - 207,207,600		0,00 UN	0,000
S.FI.050.004	Filtro Bolea Modelo F748F66 - 552,652,600		4,00 UN	0,000
S.FI.050.005	Filtro Bolea Modelo F757F17 - 287,652,287		9,00 UN	0,000
S.FI.050.006	Filtro Bolea Modelo F757F19 - 552,652,287		28,00 UN	0,000
S.FI.050.007	Filtro Bolea Modelo F748F66 - 552,652,635		16,00 UN	0,000

Figura 4.18 -Material em armazém.

Na Figura 4.19 é possível observar a existência de material no armazém de AVAC da sede da Fundação Calouste Gulbenkian. Só depois é possível dar saída do material do respectivo armazém e associá-lo a uma ordem de trabalho.

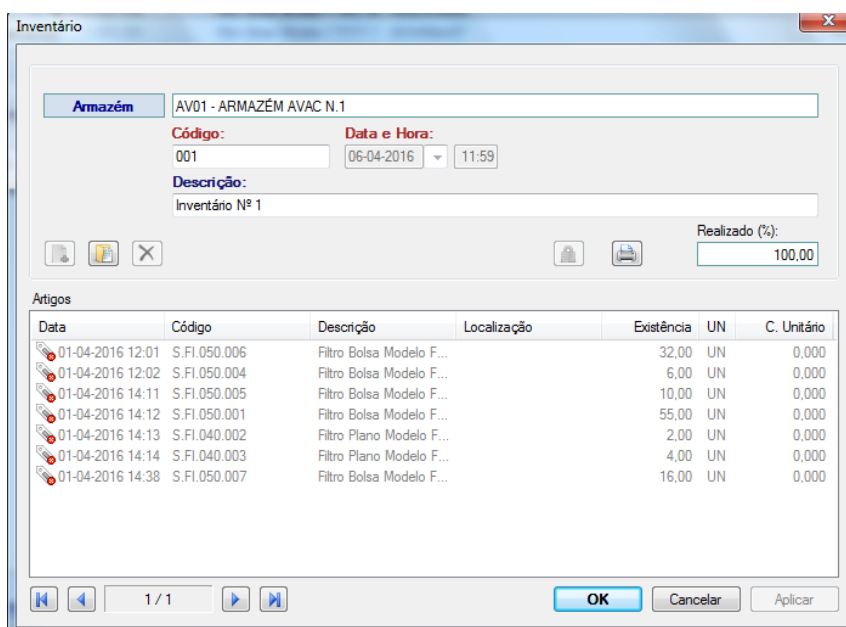


Figura 4.19 – Inventário.

Se a empresa quiser, o *software* permite realizar a gestão energética do edifício emitindo indicadores económicos, indicadores técnicos e indicadores organizacionais.

4.4 Optimização equipamento de climatização

A unidade de tratamento de ar UC5 climatiza a sala polivalente onde decorrem exposições, cinema e performances. A necessidade de seleccionar um novo sistema deve-se ao fato de a instalação existente encontrar-se obsoleta.

Devido às diferentes necessidades de iluminação, sonoras e de projecção, foram utilizados os dados já existentes referentes ao caudal de ar novo e de insuflação de modo a colmatar as necessidades térmicas. O motivo para se utilizar os dados utilizados na selecção anterior deve-se ao fato de não existirem dados técnicos das perdas de pressão nas condutas, a iluminação utilizada ser bastante diferenciada, bem como a ocupação do local.

Na Tabela 4.1 é possível verificar as diferenças existentes entre a UTA instalada e as UTAs seleccionadas através do *software* da Trane, da France Air e da Sandometal.

Tabela 4.1 – Comparação de unidades de tratamento de ar.

	UTA UC5	UTA Trane	UTA France Air	UTA Sandometal
Caudal de insuflação [m³/h]	12 800	12 800	12 800	12 800
Caudal de retorno [m³/h]	12 800	12 800	12 800	12 800
Caudal de ar novo [m³/h]	6 500	6 500	6 500	6 500
Potência de arrefecimento [kW]	78,4	38,4	40,8	78,4
Potência de aquecimento [kW]	58,4	64,1	58,8	58,4
Potência roda térmica [kW]	Não existente	32,44	21,3	Não existente
Motor de insuflação [kW]	7,5	4,7	7,5	5
Motor de retorno [kW]	Não existente	4,7	1,93	5

A unidade de tratamento de ar que se escolheria para substituir a existente seria a UTA da marca France Air, porque apesar do consumo energético da roda térmica, o ventilador de insuflação e de retorno já têm a si associado um variador de velocidade. Isto resultará num consumo eléctrico bastante inferior ao valor apresentado na Tabela 4.1. Outro aspecto importante é o facto de a potência de arrefecimento ser mais baixa.

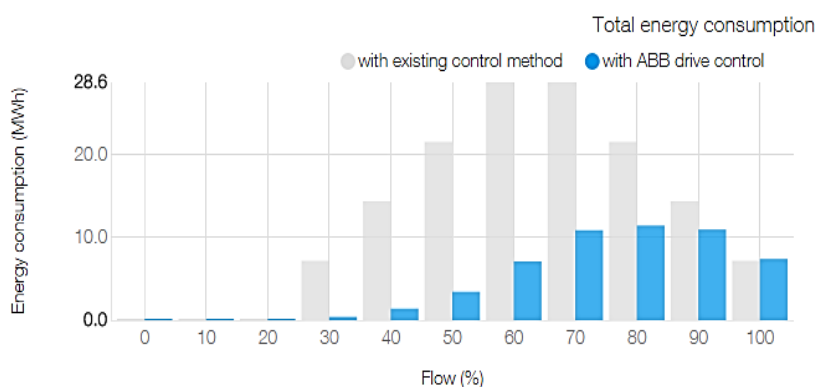
Se a Fundação Calouste Gulbenkian não pretender substituir a unidade, a proposta de alteração para diminuir o consumo energético foi a de colocar um variador de velocidade da empresa ABB (utilizada na FCG) no equipamento existente. Esta solução permitirá regular o arranque e a paragem do motor, diminuindo a intensidade máxima alcançada e regulando o caudal de ar insuflado conforme as necessidades do local. Na Tabela 4.2 estão representados os dados referentes ao motor eléctrico existente na unidade instalada, bem como as características referentes ao variador de velocidade da marca ABB.

Os dados referentes às características do variador de velocidade foram retirados do catálogo da empresa ABB [51].

Tabela 4.2 – Características do motor eléctrico e variador de velocidade.

	Motor eléctrico	Variador ABB (ACS580-01-017A-4)
Potência [kW]	7,5	7,5
Intensidade [A]	16	17
Tensão [V]	380	380

Através da utilização do *software* iterativo presente no site da ABB foi possível determinar quais as poupanças possíveis utilizando um variador de velocidade. Conforme ilustrado na Figura 4.20 é possível verificar que as poupanças são de 63%, o que representa um decréscimo de 90 MWh anuais.



Results

Annual energy savings	90.3 MWh
Annual energy consumption with existing control method	143.2 MWh
Annual energy consumption with ABB drive control	52.9 MWh
Annual energy savings percentage	63 %

Figura 4.20 – Gráfico poupanças energéticas (ABB).

5 - Conclusão

De modo a que a realização do estágio curricular cumprisse todos os pontos propostos foi necessário efectuar um estudo do funcionamento das instalações técnicas existentes num edifício e conhecer a manutenção realizada nos equipamentos através do contacto com os colaboradores.

Quando se planeia implementar um serviço de manutenção interna é necessário, partindo dos padrões previamente estabelecidos, atender ao que é necessário no local. É necessário ter em conta a dimensão e o serviço prestado pelos espaços, a qualidade dos equipamentos e, porventura, as necessidades especiais de alguns colaboradores.

De modo a planear correctamente a manutenção e apoiado na Gestão Técnica de Edifícios, são criados planos de manutenção periódicos permitindo que o edifício cumpra a legislação em vigor. A gestão de manutenção de edifícios tem por base os mesmos princípios que a gestão de manutenção, tendo exigências específicas de legislação ao nível de monitorização de consumos energéticos e da qualidade de ar interior, que advém do tipo de equipamentos presentes nas instalações técnicas. Algumas das exigências legais existentes são as apresentadas de seguida:

- A necessidade de existir um plano de manutenção, bem como o registo de todas as operações realizadas e o colaborador que as realizou;
- A manutenção dos equipamentos de AVAC ser realizada por técnicos qualificados e credenciados;
- Obrigatoriedade de se implementar as medidas de melhoria que foram apresentadas durante a realização da auditoria.

O fato de ter acompanhado as equipas de manutenção em várias operações de manutenção durante a realização do estágio permitiu um conhecimento prático do funcionamento das instalações técnicas do edifício e quais as tarefas necessárias para manter os equipamentos a realizarem as funções exigidas. Mostrou-se um trabalho gratificante devido a ter permitido enriquecer conhecimentos adquiridos, bem como que tarefas simples de manutenção têm um grande impacto nos consumos energéticos de um grande edifício.

Após ter aprofundado conhecimento dos tipos de manutenção que existem em termos de grandes edifícios, foi possível analisar concretamente a manutenção realizada nos equipamentos existentes nas instalações técnicas da Fundação Calouste Gulbenkian.

As manutenções realizadas internamente eram de certa forma mais perceptíveis e mais fáceis de compreender o que era realizado, nomeadamente nas unidades de tratamento de ar existentes. No que diz respeito aos equipamentos produtores de frio e quente (*chillers*, caldeiras) foi mais difícil perceber quais as operações realizadas, nomeadamente na intervenção anual, devido a estas serem feitas por empresas subcontratadas. De modo a perceber as tarefas realizadas foram visualizadas as ordens de manutenção do equipamento.

Durante o acompanhamento das operações de manutenção das UTAs foi possível ter conhecimento que todos os acessórios existentes são fulcrais ao funcionamento do equipamento, daí ser realizada uma inspecção detalhada e se for verificada alguma anomalia é reportada ao engenheiro responsável por forma a serem tomadas todas as acções necessárias. O Serviço de Gestão Técnica Centralizada instalado no edifício é responsável pelo controlo dos consumos energéticos existentes no edifício e tem um papel bastante importante na redução dos mesmos através da regulação do funcionamento dos equipamentos. O GTC permite também obter informações em tempo real das avarias que possam acontecer, sinalizando-as no ecrã do computador. Desta forma é possível parar o equipamento imediatamente e proceder à manutenção correctiva do mesmo.

Durante a realização do estágio foi possível acompanhar a alteração do *software* de gestão de manutenção para um mais recente, devido a algumas falhas ao nível de sincronização com os dados existentes previamente. O *software* instalado durante o estágio permite elaborar gráficos anuais de consumo energético, bem como controlar os acessórios existentes evitando desta forma ruptura de stock ou que exista excesso e possível deterioração dos mesmos, algo que o software instalado anteriormente não permitia. O *software* actual possibilita a criação de planos de manutenção detalhados e bastante objectivos.

A UTA otimizada foi a UC5. Através do contacto com algumas marcas fabricantes destes equipamentos foi possível determinar qual a melhor proposta para a substituição da unidade obsoleta. A unidade que melhor se adequaria seria a unidade da marca France Air porque desta forma, seria possível diminuir os consumos no que diz respeito à potência de arrefecimento, em menos 37,6 kW. No que diz respeito à potência do ventilador de insuflação, apesar de ter o mesmo valor do instalado (7,5 kW), o ventilador que vem com a unidade da France Air tem acoplado um variador de velocidade, o que

permitirá a regulação da potência necessária à quantidade de ar necessária no local, bem como possibilita um arranque suave do motor eléctrico. A substituição de algumas unidades de tratamento de ar obsoletas, instaladas antes de 1990, seria benéfico do ponto de vista económico num curto/médio espaço de tempo, não só ao nível dos consumos energéticos, mas também para respeitar a legislação em vigor. Outra medida a tomar seria a de cumprir, a tempo, os planos de manutenção sistemáticos, evitando assim paragens forçadas por avarias ocorridas nos equipamentos. Ao nível do consumo energético seria eficiente, em alguns locais tais como salas pouco utilizadas ou corredores secundários, colocar sensores de presença por forma a evitar que a iluminação permaneça acesa por longos períodos de tempo.

Bibliografia

- [1] S. K. Wang, Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2014.
- [2] EDP, “Energia.edp,” [Online]. Available: https://energia.edp.pt/pdf/pme/AVAC_EDP_PME.pdf. [Acedido em 20 Outubro 2015].
- [3] Daikin, “Qual o significado de COP e EER?,” [Online]. Available: <http://www.daikin.pt/support-and-manuals/faq/general/faq11.jsp>. [Acedido em 03 Novembro 2015].
- [4] U.S. Department of Energy Building Codes Program, ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1, United States Of America, 2004.
- [5] L. Roriz, Climatização. Concepção, instalação e condução de sistemas, Alfragide: Edições Orion, 2006.
- [6] P. V. de Freitas, A. S. Guimarães e M. I. Torres, Humidade Ascensional, Porto: FEUP edições (Faculdade de Engenharia do Porto), 2008.
- [7] S. B. Ercillia, E. B. Garcia e C. G. Munõz, FÍSICA GENERAL, 32ª EDICIÓN, Madrid, Espanha: Editorial Tébar, S.L..
- [8] Ministérios do ambiente, ordenamento do território e energia, da saúde e da solidariedade, emprego e segurança social, Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços (RECS). Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior, PORTUGAL, 2013.
- [9] NP EN 13306 - Terminologia da Manutenção, 2007.
- [10] Department of Energy , Operations & Maintenance - Best Practices, United States: Pacific Northwest National Laboratory, 2002.

- [11] P. M. L. Bravo, Estudo da Melhoria do Planeamento e Controlo numa Empresa Metalomecânica, Lisboa, 2013.
- [12] E. S. Kiminassa, “World Class Maintenance,” 31 Dezembro 2009. [Online]. Available: <http://pt.slideshare.net/SERGIONAGAO/wcmworld-class-maintenance>. [Acedido em 11 Abril 2016].
- [13] M. J. M. d. Santos, “Relatórios do Projecto Final,” Fevereiro 2009. [Online]. Available: http://paginas.fe.up.pt/~em97143/#_Toc222127669. [Acedido em 20 Outubro 2015].
- [14] J. P. S. Cabral, Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios, Lisboa: Lidel, 2013.
- [15] GIAGI-Consultores em gestão industrial, Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos, Aveiro, 2007.
- [16] H. G. Xenos, Gerenciando a Manutenção Produtiva, Minas Gerais: EDG-Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.
- [17] NP 4483 - Guia para a implementação do sistema de gestão de manutenção, 2009.
- [18] NP EN 13460 Manutenção - Documentação para a Manutenção, 2009.
- [19] Decreto-Lei nº79/2006, de 4 de Abril.
- [20] Decreto-Lei nº 78/2006, , de 4 de Abril.
- [21] J. L. M. R. Pedro, Terologia Aplicada aos Sistemas AVAC, Porto, 2002.
- [22] Climaloures, “MultiSplits,” [Online]. Available: <http://climaloures.pt/produtosMultisplits.inc.php>. [Acedido em 21 12 2015].
- [23] arsultec, “Centrais de Ar (VRV/VRF),” [Online]. Available: <http://arsultec.com/centrais-ar.php>. [Acedido em 20 Outubro 2015].

- [24] F. M. G. Fernandes, “Análise e caracterização do ruído de equipamentos de AVAC em edifícios públicos,” Julho 2010. [Online]. Available: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58976/1/000145259.pdf>. [Acedido em 23 Outubro 2015].
- [25] caloryfrio, “Panasonic rediseña la caja de recuperación de calor para facilitar el proceso de instalación y conseguir una mayor eficiencia,” [Online]. Available: <http://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/panasonic-redisena-la-caja-de-recuperacion-de-calor-para-facilitar-el-proceso-de-instalacion-y-conseguir-una-mayor-eficiencia.html>. [Acedido em 10 Outubro 2015].
- [26] M. J. Pirani, “Sistemas térmicos,” Universidade Federal da Bahia, [Online]. Available: <http://slideplayer.com.br/slide/1241961/>. [Acedido em 21 Dezembro 2015].
- [27] UIE/ACSS, Especificações Técnicas para Instalações de AVAC, Portugal: Governo de Portugal, 2008.
- [28] Carrier, Heat Recovery from chilled water systems, 2008.
- [29] Ministério da Saúde - ACSS, “Especificações Técnicas para Instalações de AVAC,” Junho 2008. [Online]. Available: <http://www.anes.pt/files/documents/default/290488840.pdf>. [Acedido em 01 Novembro 2015].
- [30] J. de Castro, REFRIGERAÇÃO COMERCIAL E CLIMATIZAÇÃO INDUSTRIAL, São Paulo: Leopardo Editora Ltda, 2011.
- [31] SHUANGLIANG, “Chiller de Absorção de Brometo de Lítio Alimentado a Vapor,” [Online]. Available: <http://sl-ecoenergy.com.br/1-1-steam-fired-absorption-chiller/163299>. [Acedido em 22 Outubro 2015].

- [32] Verlag Dashofer, “Reabilitação e Manutenção de Edifícios,” [Online]. Available: <http://reabilitacaodeedificios.dashofer.pt/?s=registar>. [Acedido em 29 Outubro 2015].
- [33] R. B. B. Ramiro, “Identificação e implementação de medidas de racionalização de energia de baixo custo em sistemas AVAC (Campus LNEG – Alfragide),” Lisboa, 2014.
- [34] G. (. Gilman, Boiler Control Systems Engineering, United States of America: International Society of Automation, 2010.
- [35] Zantia, “Caldeiras industriais,” [Online]. Available: <http://www.zantia.com/products/create.php?f=3&lang=pt-pt&product=47&prices=0>. [Acedido em 05 Outubro 2015].
- [36] H. Prata, Manual de Manutenção de Edifícios, Edição Autor, 2013.
- [37] Sodeca, “Ventiladores centrífugos e exaustores em linha para condutas,” Sodeca, [Online]. Available: http://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/PT/CT01_centrifugo_enlinea_2014PT.pdf. [Acedido em 02 Novembro 2015].
- [38] PROCEL INDÚSTRIA, Motor elétrico-Guia básico, Brasília, Brasil, 2009.
- [39] MotorControl, “O que é um variador de velocidade?,” [Online]. Available: <http://www.motorcontrol.pt/index.php?id=430>. [Acedido em 04 Novembro 2015].
- [40] Motor Control, “Como funciona um variador de velocidade?,” [Online]. Available: <http://www.motorcontrol.pt/como-funciona-um-variador-de-velocidade>. [Acedido em 04 Novembro 2015].
- [41] Contimetra, Contadores de entalpia – panorâmica geral: aplicação, composição, características e definições, Contimetra, 2014.

- [42] Schneider, “Manual técnico,” [Online]. Available: http://www.hd.ind.br/PDF/Manual_Tecnico_bomba_centrifuga.pdf. [Acedido em 02 Novembro 2015].
- [43] Grundfos, Tipos de bombas centrífugas, Grundfos, 2015.
- [44] H. D. R. Prata, Manual de Manutenção de Edifícios-Guia Prático-2ª edição, 2014.
- [45] Mebrafe, “Condensadores evaporativos,” Caxias do sul, Brasil, 2013.
- [46] L. S. Martins, Apontamentos para instalações elétricas II - Engenharia Electrotécnica, Setúbal: Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, 2005.
- [47] Prof. Eng. Msc. Jean Carlos da Silva Galdino, “Curso: Manutenção de ferrovia – Eletrotécnica II -,” Fevereiro 2011. [Online]. Available: http://www3.ifrn.edu.br/~jeangaldino/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=apostila_grupo_motor_gerador1.pdf. [Acedido em 02 Novembro 2015].
- [48] Ruela equipamentos, “aluguer geradores diesel,” [Online]. Available: <http://www.joseruela.pt/aluguer-geradores-diesel/>. [Acedido em 02 Novembro 2015].
- [49] L. S. Martins, “Apontamentos para projecto de instalações elétricas II,” Março 2005. [Online]. Available: <http://ltodi.est.ips.pt/smartins/actualizacoes/Proj%20Inst%20El%C3%A9ctricas%202.pdf>. [Acedido em 02 Novembro 2015].
- [50] “UPS, Sistema de energia ininterrupta,” [Online]. Available: http://electrojorge.comportugal.com/compra_upssistemadeenergiaininterrupta_13800. [Acedido em 02 Novembro 2015].
- [51] Carrier, heat recovery chiller brochure, 2015.
- [52] France air, “Portals/2/fichier/documentation/PC/PC_2249_97.,” 2011. [Online]. Available: <http://www.france->

air.com/Portals/2/fichier/documentation/PC/PC_2249_97.pdf. [Acedido em 21 Abril 2016].

[53] ABB, “ABB,” 2009. [Online]. [Acedido em 14 Junho 2016].

[54] J. Mix, HVAC Efficient definitions, Carrier Corporation .

ANEXOS

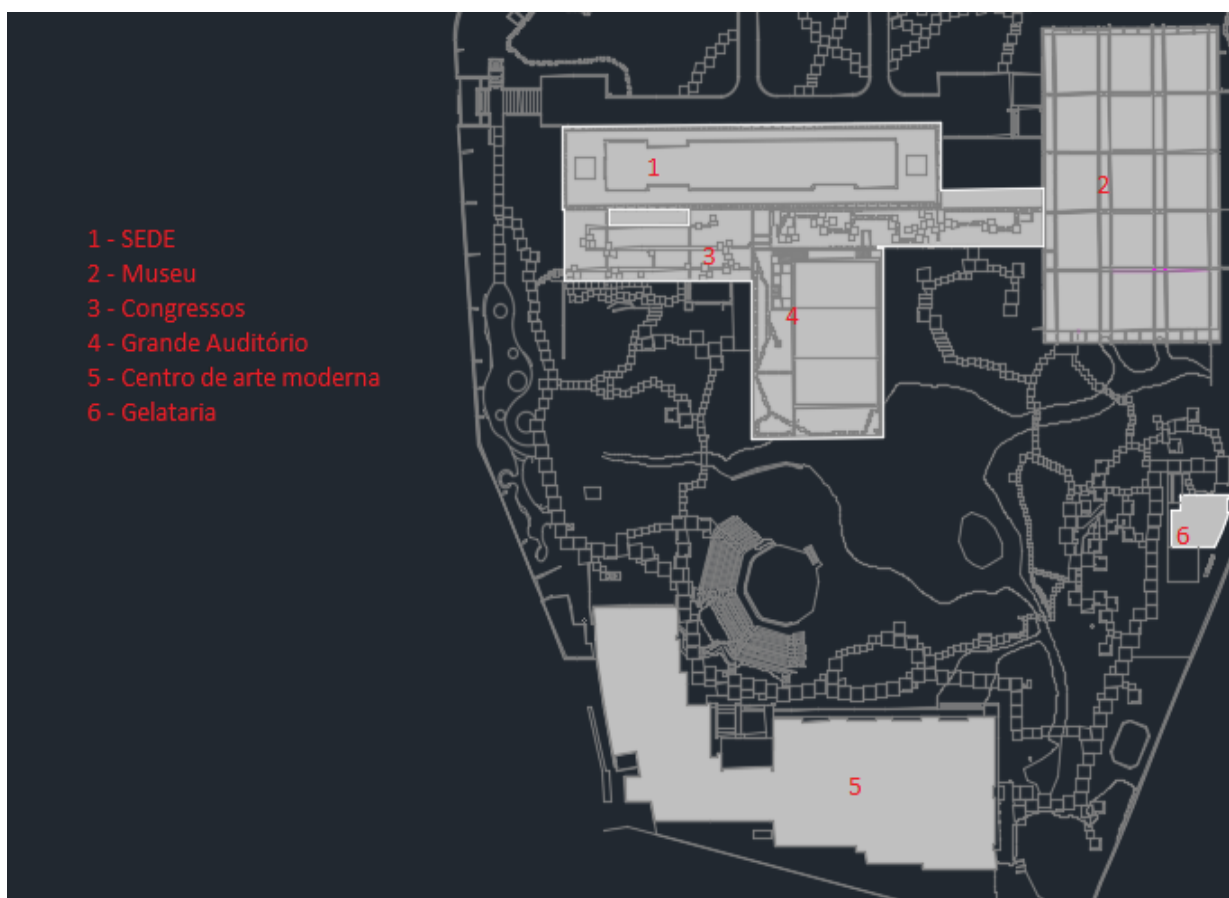
Anexo 1 – Planta da FCG em Autocad

Anexo 2 – Diagrama de funcionamento das caldeiras

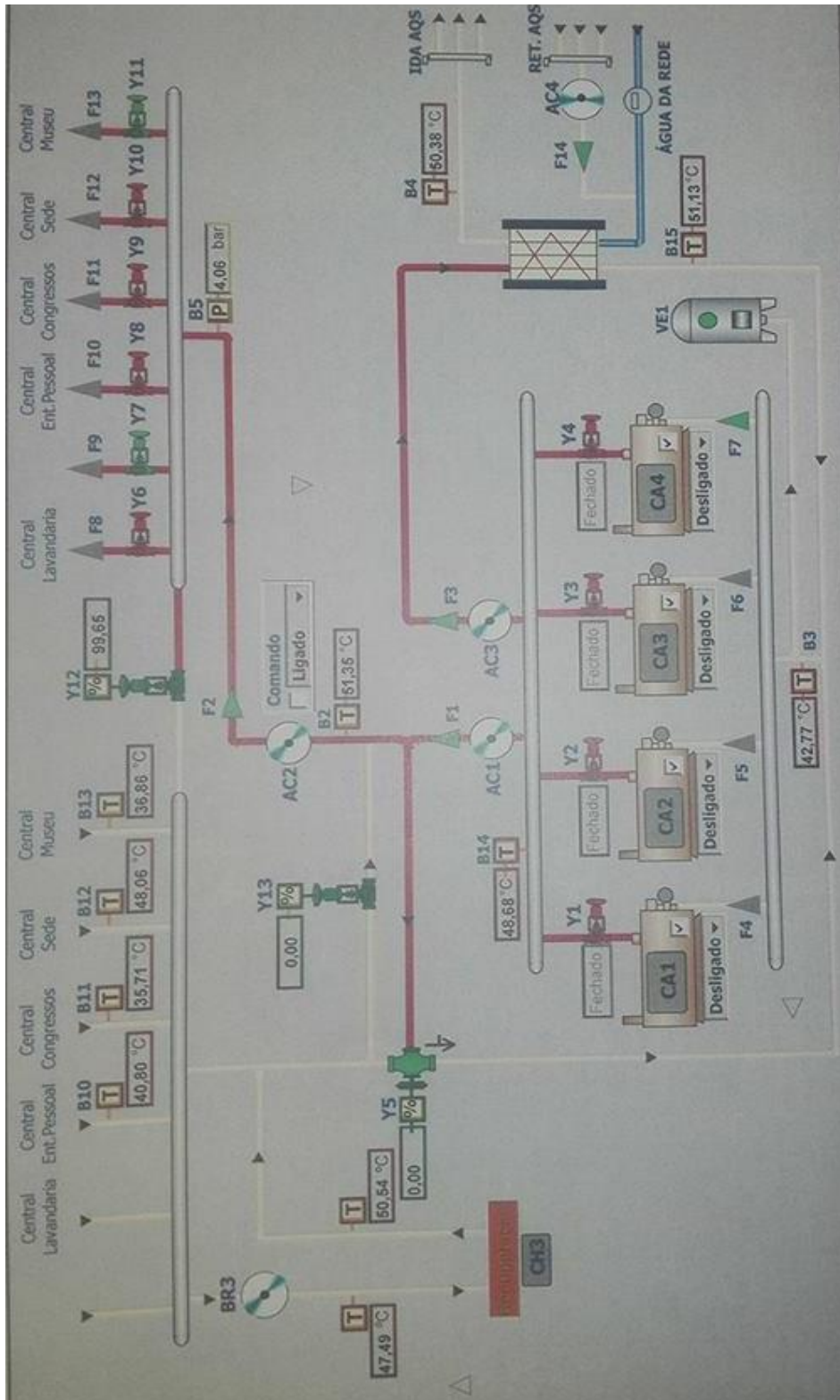
Anexo 3 – Preparação da manutenção preventiva sistemática semestral

Anexo 4 - Ordem de trabalho manutenção preventiva trimestral

Anexo 1 – Planta da FCG em Autocad



Anexo 2 – Diagrama de funcionamento das caldeiras



Anexo 3 – Preparação da manutenção preventiva sistemática semestral

Data: 27-10-2015 16:34

Manutenção PRIMAVERA

Preparação: AUT3AV6M/2 UTAS - INTERVENÇÃO SEMESTRAL ACE (V2)

Oficina: AV AVAC / ELETRICIDADE

Nº	Código	Descrição	Duração	Delay
1º	IN01AV	ATENÇÃO	0 h	h
Esta folha é um documento de trabalho que indica as tarefas a serem executadas, pelo que, deve de estar junto do(s) técnico(s) durante toda a intervenção				
2º	IN02AV	PLANIFIQUE O TRABALHO	0 h	h
Antes de iniciar o trabalho, verifique quais as tarefas que terá de executar e prepare o trabalho: - Aviso de sinalização de intervenção, EPI's, ferramentas, consumíveis, produtos limpeza, entre outros				
3º	IN03AV	INFORME A GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA (GTC)	0 h	h
Antes de ligar e/ou desligar a unidade informe sempre a GTC (quando a unidade se encontrar monitorizada) Por questões de utilização dos espaços servidos, a intervenção poder-se-á ter que realizar noutra altura				
4º	SG01AV	RESPEITE TODAS AS NORMAS DE SEGURANÇA	0 h	h
Assegure-se que possui todos os EPI's adequados e necessários ao tipo de trabalho a executar Em todas as zonas técnicas é obrigatório o uso de calçado de segurança Delimite e organize corretamente o espaço / local da intervenção Reconheça o "terreno" onde vai atuar (este deverá estar limpo e ordenado, removendo qualquer elemento que não seja necessário à execução do trabalho) REALIZE O SEU TRABALHO EM SEGURANÇA				
5º	UT10AV	LIGAR A UNIDADE NO QUADRO ELÉCTRICO	0 h	h
Colocando o seletor em manual (M) - Caso a unidade se encontre desligada				
6º	UT11AV	VERIFICAR FUNCIONAMENTO GERAL DA UNIDADE	0 h	h
Ruídos e vibrações anómalas ao funcionamento [] Estanqueidade de portas de visita e painéis [] Estanqueidade das uniões das ligações às condutas [] Mangas flexíveis de ligação (se existirem) e fugas de ar []				
7º	UT12AV	VERIFICAR ESTADO GERAL DA UNIDADE - QAI	0 h	h
Danos físicos, pintura, corrosão, incrustações, contaminações [] NOTA: Caso se trate de um trabalho mensal e na impossibilidade de tratar os pontos de corrosão ou outros, indicar no relatório final a necessidade de intervenção extra (abertura de trabalho condicional) Se se tratar da intervenção anual e no caso de detetar quaisquer sinais de corrosão ou incrustações proceder à sua eliminação, retocar com tinta anti-corrosiva e pintar posteriormente com cor primitiva Quando não for possível efetuar essa retificação, não esquecer de referir no relatório final, para que se possa agendar essa tarefa para a próxima intervenção ou para quando possível (trabalho condicional)				

pág. 1 de 4

indicar no relatório final a necessidade de intervenção extra (abertura de trabalho condicional)
 Verificar a capacidade de drenagem (incluindo sifão) e desentupir se necessário (ensaiar funcionamento) []
 Fechar a porta de acesso ao tabuleiro []

16° UT31AV	VÁLVULAS DE CORTE MANUAIS	0 h	h
<p>Manobrar (abrir e fechar válvulas) - Verificar correto funcionamento [] Verificar aspeto / limpeza / estanqueidade - Identificar necessidades de beneficiação [] Lubrificar se necessário []</p>			
17° UT38AV	HUMIDIFICADOR (Se Existir) - QAI [M]	0 h	h
<p>EVAPORATIVO [] / VAPOR [] Abrir a porta de acesso ao humidificador [] Verificar a abertura e fecho da porta de visita / acesso ao humidificador [] Verificar estado do depósito / reservatório [] Desligar e ligar para efetuar teste de funções (descarga / purga e enchimento) [] Retirar a água do tabuleiro [] Verificar o sifão [] Limpar o tabuleiro e a respetiva bomba [] Verificar o estado do tabuleiro [] Encher o tabuleiro e verificar o funcionamento do boiador e bomba [] Colocar em funcionamento e realizar purga em simultâneo com evaporação [] Verificar e limpar os pulverizadores do humidificador (se existirem) [] Fechar a porta de acesso ao humidificador []</p>			
18° UT47AV	VENTILADORES E MOTORES - QAI [S]	0 h	h
<p>Abrir a porta de acesso aos ventiladores [] Verificar a abertura e fecho da porta de visita / acesso aos ventiladores [] Verificar estado geral dos ventiladores e motores - danos físicos, pintura, corrosão, incrustações [] NOTA: Sendo um trabalho trimestral, caso detetem quaisquer sinais de corrosão ou incrustações e na conseqüente impossibilidade de tratar os mesmos, indicar no relatório final a necessidade de intervenção extra (abertura de trabalho condicional) Verificar apertos das fixações e sinoblocos de motores e ventiladores [] Verificar o estado e tensão das correias e substituir se necessário [] Verificar o alinhamento de polias de motores e ventiladores [] Verificar apertos das chumaceiras e lubrificar se necessário (retirar o excesso de lubrificante) [] Medir e registar o consumo eléctrico e verificar a regulação do térmico - Motor Vent. Insuflação: R _____ [A]; S _____ [A]; T _____ [A] [] - Regulação Térmico: _____ [] - Motor Vent. Extração: R _____ [A]; S _____ [A]; T _____ [A] [] - Regulação Térmico: _____ [] Fechar a porta de acesso aos ventiladores []</p>			
19° UT39AV	QUADRO ELÉCTRICO [S]	0 h	h
<p>Efetuar inspeção visual do Quadro (estado geral e e conservação) [] Verificar o sistema de abertura e fecho do quadro [] - Estanqueidade de Portas [] - Beneficiar / Lubrificar fechaduras e dobradiças [] Verificar funcionamento das lâmpadas de sinalização e substituir se necessário [] Medir e registar os consumos eléctricos e regular os dispositivos de protecção - R _____ [A]; S _____ [A]; T _____ [A] [] Limpar o interior e exterior do quadro [] Limpar a zona de intervenção junto ao quadro [] Preencher a etiqueta de inspeção do quadro (indicar data, técnico(s) e tipo de intervenção []</p>			
20° UT16AV	LIGAR A UNIDADE (Para Validar Funcionamento)	0 h	h
<p>SEGURANÇA: Confirmar que não foram deixados quaisquer objetos estranhos no interior da unidade e verificar a liberdade das partes móveis [] Retirar o bloqueador e o cadeado de segurança e ligar a alimentação eléctrica (disjuntor geral) [] No quadro eléctrico colocar o seletor em manual (M) []</p>			

21° UT01AV	VERIFICAR ILUMINAÇÃO INTERIOR	0 h	h
22° UT17AV	DEIXAR A UNIDADE LIGADA OU DESLIGADA CONFORME PLANEAMENTO / HORÁRIO No quadro elétrico passar o seletor para a posição automático (A)	0 h	h
23° UT02AV	LIMPAR O EXTERIOR DA UNIDADE - QAI	0 h	h
24° UT28AV	LIMPAR A ZONA TÉCNICA ONDE SE ENCONTRA A UNIDADE - QAI	0 h	h
25° UT41AV	PREENCHER A ETIQUETA DE INSPEÇÃO DA UNIDADE Indicar a data, técnico(s) e tipo de intervenção []	0 h	h
26° UT18AV	EFETUAR O RELATÓRIO DA INTERVENÇÃO Reportar anomalias detetadas [] Indicar ações complementares efetuadas (pinturas, melhoramentos, outros) [] Indicar o estado final do sistema - Ok [] / Necessita outros trabalhos []	0 h	h
27° UT19AV	PREENCHER CORRETAMENTE A FOLHA DE OBRA Indicar a data e hora de início e fim da obra [] Indicar o Nº do executante (chefe de equipa) e rubricar [] Reportar os intervenientes, dias e horas da execução do trabalho [] Reportar os materiais utilizados [] Entregar a folha de obra ao encarregado da secção para este a rubricar [] NOTA: O trabalho só poderá ser encerrado após a validação do encarregado da secção	0 h	h

Anexo 4 - Ordem de trabalho manutenção preventiva trimestral

Descrição do Trabalho
INTERVENÇÃO PERIÓDICA AO VENTILADOR EXTRAÇÃO AV 24 - EXTRAÇÃO MÁQUINAS LAVANDARIA

ATENÇÃO:

1. **ESTÁ FOLHA É UM DOCUMENTO DE TRABALHO QUE INDICA AS TAREFAS A SEREM EXECUTADAS, PELO QUE, DEVE ESTAR JUNTO DO(S) TÉCNICO(S) DURANTE A INTERVENÇÃO;**
2. **ANTES DE INICIAR O TRABALHO, VERIFIQUE QUAIS AS TAREFAS A EXECUTAR E PREPARE O TRABALHO:**
- Aviso sinalização intervenção, EPI's, ferramentas, consumíveis, produtos limpeza, entre outros.
3. **RESPEITE TODAS AS NÓRMAS DE SEGURANÇA:**
- *Assegure-se que possui todos os EPI's necessários;*
- *Em todas as Zonas Técnicas É OBRIGATÓRIO o uso de calçado de segurança.*
4. **ANTES DE LIGAR E/OU DESLIGAR A UNIDADE INFORMAR SEMPRE A GTÇ**
- *No caso da unidade se encontrar monitorizada.*

Fases a efectuar		Oficina	Duração	
Nº	Descrição			
	FNP1Z01AVT01 VT218			
0	VENTILADORES - INTERVENÇÃO TRIMESTRAL ACE ATENÇÃO: 1. ESTÁ FOLHA É UM DOCUMENTO DE TRABALHO QUE INDICA AS TAREFAS A SEREM EXECUTADAS, PELO QUE, DEVE ESTAR JUNTO DO(S) TÉCNICO(S) DURANTE A INTERVENÇÃO; 2. ANTES DE INICIAR O TRABALHO, VERIFIQUE QUAIS AS TAREFAS A EXECUTAR E PREPARE O TRABALHO: - Aviso sinalização intervenção, EPI's, ferramentas, consumíveis, produtos limpeza, entre outros. 3. RESPEITE TODAS AS NÓRMAS DE SEGURANÇA: - <i>Assegure-se que possui todos os EPI's necessários;</i> - <i>Em todas as Zonas Técnicas É OBRIGATÓRIO o uso de calçado de segurança.</i> 4. ANTES DE LIGAR E/OU DESLIGAR A UNIDADE INFORMAR SEMPRE A GTÇ - <i>No caso da unidade se encontrar monitorizada.</i>	AV		<input type="checkbox"/>
1	Ligar o Ventilador (Caso Este se Encontre Desligado) - Colocando o Selector em Manual (M), Caso Este se Encontre Desligado	AV	0h	<input type="checkbox"/>
2	Verificar Funcionamento Geral do Equipamento - Ruidos e Vibrações Anómalas ao Funcionamento []	AV	0h	<input type="checkbox"/>
3	Verificar Estado Geral da Unidade - QAI [] Danos Físicos, Pintura, Corrosão, Incrustações;	AV	0h	<input type="checkbox"/>
4	Desligar o Ventilador	AV	0h	<input type="checkbox"/>
5	Colocar Aviso de Sinalização de Intervenção no Quadro Eléctrico	AV	0h	<input type="checkbox"/>
6	Bloquear Mecanicamente as Pás do Ventilador	AV	0h	<input type="checkbox"/>
7	Verificar Estado e Apertos das Fixações e Sinoblocos do Ventilador e Motor	AV	0h	<input type="checkbox"/>
8	Verificar Chumaceiras e/ou Rolamentos e Lubrificar se Necessário	AV	0h	<input type="checkbox"/>
9	Verificar Estado e Tensão da(s) Correia(s) e Substituir se Necessário	AV	0h	<input type="checkbox"/>
10	Verificar Alinhamento de Polis do Ventilador e Motor	AV	0h	<input type="checkbox"/>
11	Limpar o Motor Eléctrico	AV	0h	<input type="checkbox"/>
12	Limpar Filtros (Se Existirem) - QAI	AV	0h	<input type="checkbox"/>
13	Colocar o Ventilador em Funcionamento	AV	0h	<input type="checkbox"/>
14	Efectuar a Análise de Vibrações do Ventilador	AV	0h	<input type="checkbox"/>
15	Preencher a Etiqueta de Inspeção [] Indicar Data, Técnico(s) e Tipo de Intervenção.	AV	0h	<input type="checkbox"/>
16	Limpar a Zona Técnica Onde se Encontra o Ventilador - QAI	AV	0h	<input type="checkbox"/>
17	Efectuar Relatório da Intervenção [] Reportar Anomalias Detectadas; [] Indicar Acções Complementares Efectuadas; [] Reportar Materiais Utilizados; [] Indicar Estado Final do Sistema.	AV	0h	<input type="checkbox"/>
18	Preencher Correctamente a Folha de Obra [] Entregá-la ao Encarregado da Secção Para este a Rubricar; [] O Trabalho só Será Encerrado após Validação do Encarregado.	AV	0h	<input type="checkbox"/>
Notas				

Data/Hora de Inicio: ___/___/___ ___:___

Data/Hora de Fim: ___/___/___ ___:___

Nº do Executante: _____

Ass. Exec. : _____

Ass. Resp. : _____