

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



A importância da manutenção preventiva e corretiva na gestão de energia em grandes edifícios de serviços (*Campus do LNEG Alfragide*)

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Diana Sofia Coelho Coimbra

Dissertação orientada por:
Hugo dos Santos Marques (FCUL)
António Manuel Sequeira Abreu (LNEG)

Versão Pública

2015

Agradecimentos

A elaboração da presente dissertação teve o contributo de algumas pessoas que gostaria de destacar.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores, o Professor Hugo Marques e, especialmente, o Engenheiro António Abreu, por todo o seu apoio e disponibilidade ao longo da realização desta tese.

Ao Sr. Joaquim Milheiro, Sr^a. Dr^a. Maria Alexandrina Fernandes e aos meus colegas de estágio no LNEG, especialmente à minha colega de curso e amiga Raquel Ramiro, que tiveram um papel essencial no decurso deste trabalho.

Quero deixar um agradecimento especial aos meus pais, ao meu irmão e aos meus amigos, por estarem sempre do meu lado e pela paciência e apoio que me deram durante todo este processo.

A todos, o meu Obrigada.

Resumo

Esta tese visa demonstrar o papel que as ações de manutenção podem desempenhar enquanto agentes de otimização do desempenho energético de um grande edifício de serviços do setor público através do seu respetivo estudo e reabilitação.

O estudo do edifício em questão possibilitou a deteção de várias situações que refletem as consequências negativas da falta de manutenção regular e das insuficientes ações de inspeção e fiscalização realizadas face ao longo período da vida útil que se espera de um edifício e ao elevado nível de eficiência energética global desejado do mesmo.

Este projeto surgiu no seguimento de um estágio realizado ao longo de quase dois anos sob a orientação do Eng.º António Abreu, técnico responsável pela exploração do edifício em estudo, que possibilitou a aplicação prática de uma metodologia da sua autoria, por ele designada de modelo preditor-corretor, e já implementado em outros edifícios. Este modelo foi implementado em conjunto com diversas medidas corretivas de forma a reparar os problemas encontrados e promover a adoção de um sistema de manutenção mais rigoroso que permita melhorar a eficiência energética dos vários equipamentos instalados neste edifício.

Graças a esta metodologia foi ainda possível melhorar as condições de segurança e conforto dos utilizadores e obter diminuições significativas dos consumos energéticos, com reduções máximas de 29% nos consumos elétricos, 36% nos consumos de gás propano e 85% nos gastos de água, considerando meses homólogos dos anos de 2013 e 2014.

Palavras-chave: Manutenção; Eficiência Energética; Método “Predictor-Corrector”

Abstract

This thesis aims to demonstrate the role that maintenance actions can play as energy performance optimization agents in a large service building of the public sector, through its study and rehabilitation.

The study of this building allowed the detection of several situations that show the negative consequences that the lack of regular maintenance and insufficient inspections and auditing performed, considering the expected long period of a building's useful life and the desired high overall energy efficiency.

This project came about following an internship that took place for nearly two years under the guidance of Engineer António Abreu, the technician responsible for operating the building under study, who allowed the practical application of a methodology of his creation, which he refer to as the "Predictor-Corrector" methodology, already implemented in other buildings. This methodology was implemented along with several corrective measures in order to repair the problems encountered and promote the adoption of a more rigorous maintenance system that might improve the energy efficiency of various equipment installed in this building.

Thanks to this methodology it was also possible to improve the safety and comfort levels of the building users and achieve significant reductions in energy consumption, with at maximum reduction of 29% in electrical consumption, 36% on propane gas consumption and 85% in water consumption, considering counterpart months of 2013 and 2014.

Keywords: Maintenance; Energy Efficiency; "Predictor-Corrector" Methodology

Índice

Agradecimentos.....	2
Resumo.....	4
Palavras-chave:.....	4
Abstract	5
Keywords:	5
Índice.....	6
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas.....	11
Lista de Abreviaturas.....	12
Lista de Símbolos	13
1. Introdução.....	14
1.1 Enquadramento.....	14
1.2 Objetivos	15
1.3 Caso de estudo.....	15
1.4 Metodologia.....	16
1.5 Organização da dissertação	16
2. Revisão bibliográfica.....	18
2.1 Manutenção e Gestão da Manutenção.....	18
2.2 Conceção e fiscalização de projetos e obras.....	23
2.3 Instalações Elétricas	25
2.4 Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado	35
2.5 Iluminação.....	57
2.6 Sistemas de Segurança	65
2.7 Rede de Distribuição de Água.....	72
3. Considerações sobre as práticas de manutenção seguidas na função pública em Portugal.....	76
4. Apresentação do edifício em estudo.....	78
4.1 Descrição do Edifício	78
4.2 Caracterização da manutenção no período pré-estudo.....	88
4.3 Descrição dos problemas encontrados no início do estudo	88
4.4 Caracterização dos consumos do edifício no período pré-estudo.....	99
5. Trabalhos realizados e propostos.....	104
5.1 Manutenção e gestão da manutenção	104
5.2 Aplicação do método “Predictor-Corretor”	105
5.3 Intervenções corretivas realizadas no âmbito deste estudo	109
6. Resultados obtidos.....	128
6.1 Instalações elétricas	128
6.2 Sistema AVAC.....	128
6.3 Iluminação interior	134
6.4 Iluminação exterior.....	137
6.5 Sistemas de segurança	137
6.6 Rede de distribuição de água.....	138
6.7 Caracterização dos consumos globais do edifício no final das intervenções	139
7. Conclusões	144
8. Bibliografia.....	146
9. Anexos.....	152
9.1 Anexo I – Planos de Manutenção.....	152
9.2 Anexo II – Características do transformador.....	168
9.3 Anexo III – Características funcionais dos <i>Chillers</i>	169
9.4 Anexo IV – Características funcionais dos compressores dos <i>Chillers</i>	170
9.5 Anexo V – Características funcionais da caldeira	171
9.6 Anexo VI – Características funcionais dos ventiladores	172
9.7 Anexo VII – Características funcionais das unidades de tratamento de ar.....	173
9.8 Anexo VIII – Representação esquemática das UTAs	174

9.9	Anexo IX – Tela do circuito de distribuição de água climatizada.....	175
9.10	Anexo X – Características funcionais dos grupos eletrobombas	176
9.11	Anexo XI – Características funcionais dos ventilosconvetores	177
9.12	Anexo XII - Circuitos de luminárias da iluminação exterior	178
9.13	Anexo XIII - Esquema do sistema de deteção e alarme de intrusão	180
9.14	Anexo XIV – Rede de água.....	181
9.15	Anexo XV – Cópia do comprovativo de selagem do transformador	183
9.16	Anexo XVI – Fotos dos trabalhos realizados	190
9.17	Anexo XVII - Excerto da tela do sistema de distribuição de água climatizada	220
9.18	Anexo XVIII – Esquema dos circuitos elétricos instalados na copa do piso 4	221
9.19	Anexo XIX – Esquema do novo sistema de alimentação do letreiro LED	222
9.20	Anexo XX – Mudanças realizadas no sistema de distribuição de água climatizada	223

Lista de Figuras

FIGURA 1 - ZONA DE ATUAÇÃO DE CADA TIPO DE MANUTENÇÃO NA CURVA DE MORTALIDADE. (PITÉU, 2011).....	20
FIGURA 2 - TRIÂNGULO DE POTÊNCIA (WIKIPÉDIA, S.D.).....	25
FIGURA 3 - SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO INDEPENDENTE DE TRÊS CARGAS SEMELHANTES.....	26
FIGURA 4 - SISTEMA EQUILIBRADO DE CARGAS COM NEUTRO (SANTOS D. S., 2014)	27
FIGURA 5 - ENERGIA POR QUADRANTE.....	30
FIGURA 6 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO DE CORRENTES ELÉTRICAS NESTES DISPOSITIVOS	31
FIGURA 7 - CICLO FRIGORÍFICO	37
FIGURA 8 - CICLO FRIGORÍFICO E SEUS EQUIPAMENTOS	38
FIGURA 9 - CICLO TEÓRICO DE REFRIGERAÇÃO NO DIAGRAMA DE MOLLIER (CASTRO, 2011)	38
FIGURA 10 - CICLO REAL E IDEAL DE REFRIGERAÇÃO NO DIAGRAMA PRESSÃO-ENTALPIA (CASTRO, 2011).....	39
FIGURA 11 - ZONAS DE ALTA E BAIXA PRESSÃO NO CICLO FRIGORÍFICO.....	42
FIGURA 12 - PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CALOR NUMA CALDEIRA	45
FIGURA 13 - DISPOSIÇÃO BILATERAL FRENTE A FRENTE E BILATERAL ALTERNADA (CEMIG, 2012).....	57
FIGURA 14 - LÂMPADA E ADAPTADOR ECO-TUBO® (SALESCRAFT, S.L., S.D.)	59
FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS CONDIÇÕES DE TENSÃO E CORRENTE NUMA LUMINÁRIA QUANDO A LÂMPADA ESTÁ APAGADA.....	61
FIGURA 16 - IDENTIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS DO <i>CAMPUS</i> DO LNEG ALFRAGIDE (GOOGLE, 2014).....	78
FIGURA 17 - CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO DA UPS E DE LIGAÇÃO AO RESTO DO EDIFÍCIO	80
FIGURA 18 - COLUNAS DE ILUMINAÇÃO COM GLOBO DE PROTEÇÃO E COM SUPORTE DE TRÊS CABEÇAS	86
FIGURA 19 - REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL DO LNEG	87
FIGURA 20 - CONSUMO MENSAL DE ENERGIA ATIVA E ENCARGOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DURANTE O PERÍODO DE REFERÊNCIA (2012).....	99
FIGURA 21 - DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA (SETEMBRO DE 2013).....	100
FIGURA 22 - DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA TÉRMICA (SALEMA ET AL., 2012).....	101
FIGURA 23 - VOLUME DE GÁS PROPANO ADQUIRIDO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA E ENCARGOS MONETÁRIOS A ELES ASSOCIADOS	102
FIGURA 24 - VOLUMES MENSIS DE CONSUMOS DE ÁGUA E ENCARGOS MONETÁRIOS A ELES ASSOCIADOS NO PERÍODO DE REFERÊNCIA	103
FIGURA 25 - REPRESENTAÇÃO DOS PERÍODOS DE CONSUMO E DE RESPOSTA AO SISTEMA E PROCESSOS ASSOCIADOS	106
FIGURA 26 - MÁSCARA DE LEITURA DOS SINAIS ÓTICOS DO CONTADOR DE ENERGIA	110
FIGURA 27 - VIGIADOR DE CORRENTE PARA DETEÇÃO DE DEFEITOS À TERRA	113
FIGURA 28 - CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO DAS UPSs E SERVIDORES	116
FIGURA 29 - QUADROS ELÉTRICOS INSTALADOS NO NÚCLEO DE INFORMÁTICA.....	117
FIGURA 30 - CHAMA AZULADA OBTIDA ATRAVÉS DAS INTERVENÇÕES REALIZADAS.....	119
FIGURA 31 - CONTADOR G16 COM SENSOR REED DE IMPULSOS.....	120
FIGURA 32 - INCRUSTAÇÃO DE CALCÁRIO ENCONTRADA NA TURBINA DE UMA ELETROBOMBA	122
FIGURA 33 - COLOCAÇÃO DE UMA ETIQUETA DE INDICAÇÃO DA POSIÇÃO CORRETA DE INSTALAÇÃO DE LÂMPADAS ECO-TUBO®	124
FIGURA 34 - VARIAÇÃO DA POTÊNCIA FRIGORÍFICA AO LONGO DE UM CICLO DE FUNCIONAMENTO (<i>CHILLER</i> 1)	129
FIGURA 35 - EER DO <i>CHILLER</i> EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA FRIGORÍFICA DISPONIBILIZADA.....	130
FIGURA 36 - VARIAÇÃO DA POTÊNCIA TÉRMICA AO LONGO DE UM DIA	131
FIGURA 37 - COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS ELÉTRICOS DE CADA TIPO DE LÂMPADA	136
FIGURA 38 - VARIAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDA	138
FIGURA 39 - VARIAÇÃO DOS ENCARGOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE ÁGUA.....	139
FIGURA 40 - CONSUMOS MENSIS DE ENERGIA ATIVA.....	140
FIGURA 41 - ENCARGOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	140
FIGURA 42 - DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA (OUTUBRO DE 2014).....	141
FIGURA 43 - VOLUMES MENSIS DE CONSUMOS DE ÁGUA E ENCARGOS MONETÁRIOS A ELES ASSOCIADOS	143
FIGURA 44 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS UTAs (EXCERTO DA TELA 7-50-008 DO PROJETO DE EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E GESTÃO CENTRALIZADA DO EDIFÍCIO)	174
FIGURA 45 - TELA DO CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CLIMATIZADA (TELA 7-50-005 DO PROJETO DE EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E GESTÃO CENTRALIZADA DO EDIFÍCIO)	175
FIGURA 46 - CIRCUITOS DE LUMINÁRIAS DA ILUMINAÇÃO EXTERIOR	178
FIGURA 47 - SISTEMA DE DETEÇÃO E ALARME DE INTRUSÃO.....	180
FIGURA 48 - REDE DE ÁGUAS (DESENHO DE OBRA PROVISÓRIO DA REDE EXTERIOR DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUAS DO-10-121).....	181
FIGURA 49 - LIMPEZA E MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO.....	190
FIGURA 50 - UMA DAS TOMADAS PERTENCENTES A UM CIRCUITO ELÉTRICO ONDE OCORREU UMA SITUAÇÃO DE SOBRECARGA.....	190

FIGURA 51 – EXEMPLO DE UM QUADRO ELÉTRICO QUE NÃO OBEDECIA AOS REQUISITOS PADRÃO DE ORGANIZAÇÃO E SEGURANÇA APROPRIADOS	191
FIGURA 52 – INSTALAÇÃO DOS NOVOS CIRCUITOS ELÉTRICOS PARA ALIMENTAÇÃO DAS CARGAS DA COPA DO PISO 4	191
FIGURA 53 – MODIFICAÇÃO DO CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DA COPA DO PISO 4	191
FIGURA 54 – REMOÇÃO DA UPS INICIALMENTE INSTALADA NO PISO 0	192
FIGURA 55 – REPARAÇÃO DAS UPSS	192
FIGURA 56 – UPSS INSTALADAS NO PISO 0	193
FIGURA 57 – COLOCAÇÃO DOS CABOS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA PARA ALIMENTAÇÃO DOS SERVIDORES A PARTIR DAS UPSS INSTALADAS NO PISO 0	193
FIGURA 58 – QUADROS ELÉTRICOS DE APOIO À SALA DOS SERVIDORES	193
FIGURA 59 – REMOÇÃO DO ISOLAMENTO DO PERMUTADOR	194
FIGURA 60 – DESMONTAGEM DOS VENTILADORES	194
FIGURA 61 – PINTURA DO PERMUTADOR	195
FIGURA 62 – PINTURA DE COMPONENTES DO CIRCUITO HIDRÁULICO	195
FIGURA 63 – MONTAGEM DO CIRCUITO HIDRÁULICO	195
FIGURA 64 – PINTURA DAS PLACAS DE SUSTENTAÇÃO DOS VENTILADORES	196
FIGURA 65 – COLOCAÇÃO DAS PLACAS DE SUSTENTAÇÃO DOS VENTILADORES	196
FIGURA 66 – DISPOSIÇÃO FINAL DAS PLACAS DE SUSTENTAÇÃO DOS VENTILADORES	197
FIGURA 67 – REALIZAÇÃO DE TESTES E MEDIÇÕES NOS VENTILADORES	197
FIGURA 68 – INSTALAÇÃO DOS VENTILADORES NAS RESPECTIVAS PLACAS DE SUSTENTAÇÃO~	198
FIGURA 69 – INSTALAÇÃO DO SISTEMA TORNEIRA E PURGA NOS PERMUTADORES	198
FIGURA 70 – IDENTIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE <i>CARTER</i> NO COMPRESSOR 1 DO <i>CHILLER</i> 1	198
FIGURA 71 – RESISTÊNCIA DE <i>CARTER</i> DEFEITUOSA	199
FIGURA 72 – RESISTÊNCIA DE <i>CARTER</i> NOVA	199
FIGURA 73 – CONTADORES INSTALADOS NO CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO DOS VENTILADORES	199
FIGURA 74 – REESTRUTURAÇÃO DO QUADRO DE COMANDO DO <i>CHILLER</i>	199
FIGURA 75 – MONTAGEM DA LINHA DE GÁS	200
FIGURA 76 – INSTALAÇÃO DO FLUXOSTATO DA TUBAGEM DE ÁGUA QUENTE	200
FIGURA 77 – DETECTOR DE GÁS PROPANO INSTALADO JUNTO À CALDEIRA	200
FIGURA 78 – REMOÇÃO DA CHAMINÉ DA CALDEIRA	201
FIGURA 79 – COLOCAÇÃO DE PARTE DA CHAMINÉ A SAIR PELA PAREDE	201
FIGURA 80 – REPARAÇÃO DO VENTILADOR <i>VH9</i>	202
FIGURA 81 – REMOÇÃO DAS CAIXAS DE COMANDO DAS VÁLVULAS MODULANTES DE TRÊS VIAS	202
FIGURA 82 – ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CLIMATIZADA PARA AS UTAS	202
FIGURA 83 – PURGA DAS CANALIZAÇÕES	203
FIGURA 84 – TERMOSTATO INSTALADO PARA REGULAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR INSUFLADO PELA UTA 3	203
FIGURA 85 – LIMPEZA DA UTV	203
FIGURA 86 – ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE TUBAGENS E VÁLVULAS	204
FIGURA 87 – COLOCAÇÃO DO VEIO DA TORNEIRA DA VÁLVULA DE CUNHA DE UM COLETOR	204
FIGURA 88 – PURGADOR NA TUBAGEM DA SALA <i>AVAC</i>	204
FIGURA 89 – SISTEMA DE PURGA COM TORNEIRA MANUAL INSTALADO NAS TUBAGENS DE ÁGUA	205
FIGURA 90 – MONTAGEM DO CONTADOR VOLUMÉTRICO	205
FIGURA 91 – DESMONTAGEM DOS COMPONENTES DE UMA ELETROBOMBA	205
FIGURA 92 – COLOCAÇÃO DE UM ROLAMENTO NO VEIO DO ROTOR DE UMA DAS BOMBAS	206
FIGURA 93 – LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO DO GRUPO TURBINA/IMPULSOR	206
FIGURA 94 – DESMONTAGEM E REPARAÇÃO DO GRUPO MOTO-VENTILADOR DE UM VENTILOCONVETOR	206
FIGURA 95 – LIGAÇÃO DO TUBO DE ÁGUA AO VENTILOCONVETOR	207
FIGURA 96 – SUBSTITUIÇÃO DOS BALASTROS FERROMAGNÉTICOS POR BALASTROS ELETRÓNICOS	207
FIGURA 97 – INSTALAÇÃO DAS LUMINÁRIAS COM BALASTROS ELETRÓNICOS NA SALA DO SECRETARIADO DA DIREÇÃO	207
FIGURA 98 – MODIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DAS LUMINÁRIAS PARA INSTALAÇÃO DAS LÂMPADAS <i>ECO-TUBO®</i>	208
FIGURA 99 – LUMINÁRIA COM LÂMPADA <i>ECO-TUBO®</i>	208
FIGURA 100 – COLOCAÇÃO DE UMA ETIQUETA DE INDICAÇÃO DA POSIÇÃO CORRETA DE INSTALAÇÃO DE LÂMPADAS <i>ECO-TUBO®</i>	208
FIGURA 101 – APLIQUES DE TETO INICIALMENTE EXISTENTE NOS PATAMARES DAS ESCADAS	208
FIGURA 102 – SUBSTITUIÇÃO DOS APLIQUES POR UMA LUMINÁRIA	209
FIGURA 103 – ZONA ENVIDRAÇADA DO TELHEIRO ANTES DA INTERVENÇÃO	209
FIGURA 104 – LUMINÁRIAS REMOVIDAS DA ZONA ENVIDRAÇADA DO TELHEIRO	209
FIGURA 105 – ESTADO FINAL DA ZONA ENVIDRAÇADA DO TELHEIRO	210
FIGURA 106 – ZONA OESTE DO TELHEIRO ANTES DA INTERVENÇÃO	210
FIGURA 107 – ZONA OESTE DO TELHEIRO NO FINAL DA INTERVENÇÃO	210

FIGURA 108 – REPARAÇÃO DO LOGÓTIPO DA FACHADA NORTE	211
FIGURA 109 – REPARAÇÃO DOS PAINÉIS DE LED’S DO LOGOTIPO INSTALADO NO PISO 4	211
FIGURA 110 – NOVO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DO LOGÓTIPO INSTALADO NO PISO 4	211
FIGURA 111 – EXEMPLO DE SUPORTE DE LÂMPADA E REACTÂNCIA EM MAU ESTADO	212
FIGURA 112 – EXEMPLO DE UM GLOBO DE PROTEÇÃO AMOLGADO E COLUNA DE SUSTENTAÇÃO TORTA	212
FIGURA 113 – EXEMPLO DE UM GLOBO DE PROTEÇÃO ESCURECIDO E DANIFICADO	212
FIGURA 114 – MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO ISOLAMENTO DA COLUNA DE SUSTENTAÇÃO DE UMA DAS LUMINÁRIAS DO CIRCUITO NORTE	213
FIGURA 115 – CANDEIEIRO INSTALADO NO PORTÃO PRINCIPAL NO INÍCIO DESTE ESTUDO	213
FIGURA 116 – REMOÇÃO DOS CANDEEIROS INSTALADOS NO PORTÃO PRINCIPAL	214
FIGURA 117 – REMOÇÃO DO SUPORTE DE TRÊS CABEÇAS	214
FIGURA 118 – INSTALAÇÃO DO SUPORTE PARA LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA	214
FIGURA 119 – ARRANJO DE UMA COLUNA DE SUSTENTAÇÃO TORTA	215
FIGURA 120 – EXEMPLO DOS DETETORES IÓNICOS DE FUMO INSTALADOS NO LNEG	215
FIGURA 121 – EXEMPLO DOS DETETORES TERMOVELOCIMÉTRICOS INSTALADOS NO LNEG	215
FIGURA 122 – CENTRAL DE COMANDO DO SISTEMA DE DETEÇÃO DE INCÊNDIOS, JÁ OBSOLETA E FORA DE SERVIÇO	216
FIGURA 123 – REMOÇÃO DAS SIRENES DE ALARME SONORO	216
FIGURA 124 – ESTADO INICIAL DA CAIXA DE CONTROLO DO SISTEMA C.C.T.V.	217
FIGURA 125 – BOTÃO ROTATIVO INSTALADO PARA CONTROLO DA PORTA AUTOMÁTICA	217
FIGURA 126 – PLACA ELETRÓNICA DE CONTROLO DA PORTA AUTOMÁTICA	217
FIGURA 127 – LIMPEZA E MANUTENÇÃO DO MOTOR DO SISTEMA DE ABERTURA DO PORTÃO PRINCIPAL	218
FIGURA 128 – REMOÇÃO DO SISTEMA EMISSOR-RECETOR DA CANCELA	218
FIGURA 129 – REMOÇÃO DO LEITOR ÓTICO DE CARTÕES DE IDENTIFICAÇÃO DE ABERTURA DA CANCELA	218
FIGURA 130 – LIGAÇÃO À TERRA DO PORTÃO SUL ATRAVÉS DO POSTE DA CÂMARA DE VIGILÂNCIA	218
FIGURA 131 – <i>SHUNT</i> HIDRÁULICO INSTALADO PROVISORIAMENTE	219
FIGURA 132 – SISTEMA DE REGULAÇÃO DE PRESSÕES	219
FIGURA 133 – SISTEMA DE CONTAGEM POR IMPULSOS	219
FIGURA 134 – EXCERTO DA TELA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CLIMATIZADA (TELA 7-50-005 DO PROJETO DE EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E GESTÃO CENTRALIZADA DO EDIFÍCIO)	220
FIGURA 135 – NOVO CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO INTERIOR DA COPA DO PISO 4 DO EDIFÍCIO PRINCIPAL	221
FIGURA 136 – NOVO CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE TOMADAS DA COPA DO PISO 4 DO EDIFÍCIO PRINCIPAL	221
FIGURA 137 – REPRESENTAÇÃO DAS LIGAÇÕES DA CAIXA DE ALIMENTAÇÃO DO LOGÓTIPO LED	222
FIGURA 138 – REPRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS MUDANÇAS REALIZADAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA CLIMATIZADA (EXCERTO DA TELA 7-50-005 DO PROJETO DE EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E GESTÃO CENTRALIZADA DO EDIFÍCIO)	223


Lista de Tabelas


TABELA 1 - VALORES LIMITE DE EMISSÕES PARA CALDEIRAS (MINISTÉRIOS DO AMBIENTE, 2009) (CARPINTEIRO, AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO, 2011).....	48
TABELA 2 - ESPAÇOS VENTILADOS POR CADA UTA	83
TABELA 3 - VALORES INICIAIS DE CORRENTE E POTÊNCIA EM CADA FASE DO CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO EXTERIOR	97
TABELA 4 - MEDIÇÕES NO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR DURANTE UM PERÍODO DE 15 MINUTOS	111
TABELA 5 - VALORES OBTIDOS NO DECORRER DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO	130
TABELA 6 - VALORES MEDIDOS PARA AS BOMBAS DE ÁGUA FRIA E BOMBAS SECUNDÁRIAS	133
TABELA 7 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EFETUADAS EM LUMINÁRIAS COM BALASTROS FERROMAGNÉTICOS E ELETRÓNICOS	134
TABELA 8 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EFETUADAS EM LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 36 W E LÂMPADAS DE LEDs DE 18 W	135
TABELA 9 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EFETUADAS EM LUMINÁRIAS COM LÂMPADAS FLUORESCENTES DE 36 W E LÂMPADAS ECOTUBO® DE 30 W.....	135
TABELA 10 – PREÇO MÉDIO POR UNIDADE DE CADA TIPO DE LÂMPADA	136
TABELA 11 – PREÇO MÉDIO POR UNIDADE DE CADA TIPO DE BALASTRO	137
TABELA 12 – POTÊNCIAS MÉDIAS DE CADA PARCELA DE GRUPOS CONSUMIDORES	141
TABELA 13 – VALORES ANUAIS DE VOLUME DE GÁS PROPANO ADQUIRIDO E RESPECTIVOS ENCARGOS MONETÁRIOS E EMISSÕES DE CO ₂	142
TABELA 14 - CARATERÍSTICAS DO TRANSFORMADOR EM FUNCIONAMENTO NA INSTALAÇÃO	168
TABELA 15 - CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DOS <i>CHILLERS</i>	169
TABELA 16 - CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DOS COMPRESSORES DOS <i>CHILLERS</i>	170
TABELA 17 - CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DA CALDEIRA	171
TABELA 18 - CARATERÍSTICAS FUNCIONAIS DOS VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE DUPLA ENTRADA	172
TABELA 19 - CARATERÍSTICAS FUNCIONAIS DOS VENTILADORES DE COBERTURA	172
TABELA 20 - CARATERÍSTICAS FUNCIONAIS DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR	173
TABELA 21 - CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DOS GRUPOS ELETROBOMBAS.....	176
TABELA 22 - CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DOS VENTILOCONVETORES.....	177


Lista de Abreviaturas

AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BT	Baixa Tensão
CFC	Clorofluorcarboneto
COP	<i>Coefficient of performance</i> / Coeficiente de Desempenho
GEE	Gases de efeito de estufa
HFC	Hidrofluorcarbonetos
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e de Geologia
MT	Média Tensão
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PT	Posto de Transformação
QAI	Qualidade do Ar Interior
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
TIM	Técnico de Instalação e de Manutenção
TRE	Técnico Responsável pela Exploração
UPS	<i>Uninterruptible Power Source</i> / Unidade de Alimentação Ininterrupta
UTA/UTAN	Unidade de Tratamento de Ar / Unidade de Tratamento de Ar Novo
UTV	Unidade de Termoventilação
VET	Válvula de Expansão Termostática

Lista de Símbolos


Armadura com 2 lâmpadas fluorescentes 

Arrancador 

Balastro ferromagnético 

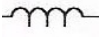
Caixa de derivação ●


Comutador de lustre 


Lâmpada ou outra fonte luminosa 


Luz de emergência 

Quadro elétrico 

Reatância/bobina 

Resistência 

Tomada elétrica 

Transformador de dois enrolamentos 

1. Introdução

1.1 Enquadramento

As políticas de desenvolvimento económico adoptadas com o objetivo de aumentar o bem-estar e qualidade de vida das populações representam um grande aumento dos consumos energéticos à escala mundial e têm um grande impacto ambiental negativo.

É urgente proceder à modificação e redução dos padrões atuais de consumo energético já que, sob o ponto de vista da conservação ambiental, é necessário assegurar a racionalização do uso de recursos naturais, bem como a redução da emissão de gases de efeito de estufa (GEE). Tendo em conta fatores estratégicos e socioeconómicos, tem especial interesse a diminuição dos gastos monetários associados aos consumos de energia e redução da dependência dos mercados internacionais de energia. Assim, o desenvolvimento de estratégias de eficiência energética e uso racional de recursos naturais no setor dos edifícios tornou-se num tópico de investigação de especial relevância no contexto socioeconómico atual.

A ISO (*International Organization for Standardization*) contribuiu neste sentido através da criação da norma ISO 50001:2011- *Energy Management Systems – Requirements with guidance for use*. Esta norma foi traduzida e adotada em Portugal pelo Instituto Português da Qualidade como NP EN ISO 50001 – Sistemas de Gestão de Energia – Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização.

Esta norma foi desenvolvida com o intuito de criar um referencial para a criação de sistemas de gestão de energia, prevendo-se que a sua implementação possa influenciar diretamente até 60% do consumo mundial de energia.

A ISO 50001 oferece um conjunto de requisitos que podem servir como base para um sistema de gestão de energia, visando permitir que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o seu desempenho energético global. A abordagem definida nesta norma assenta na monitorização e tratamento de dados com o intuito de identificar situações que possam ser corrigidas ou melhoradas a nível do seu desempenho energético.

Os requisitos indicados nesta norma foram concebidos de modo a permitir a sua implementação em todo o tipo de empresas e serviços, independentemente do seu tamanho, localização ou do tipo de indústria a que pertencem.

Em Portugal foram já adoptadas diversas medidas que visam garantir o desenvolvimento de um modelo energético economicamente sustentável e adequado às necessidades de empresas e cidadãos, de entre as quais se destaca a implementação do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE). O PNAEE permite a identificação do potencial de melhoria de eficiência energética e das barreiras que dificultam esta melhoria, para além de ajudarem no planeamento de estratégias que permitam alcançar as metas e compromissos internacionais assumidos por Portugal. (Presidência do Conselho de Ministros, 2013)

A Estratégia Europeia “20-20-20” visa alcançar até 2020 uma redução de 20% das emissões de gases de efeito de estufa, relativamente aos níveis de 1990, uma redução de 20% no consumo de energia primária, relativamente à projeção do consumo para 2020, mediante um aumento da eficiência energética, e 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto. No âmbito desta estratégia estabeleceu-se para Portugal um objetivo geral de 25% de redução no consumo de energia primária e, através do programa ECO.Ap, uma meta específica para a Administração Pública de 30% de redução. (Presidência do Conselho de Ministros, 2013) (ADENE, s.d.)

Em Portugal, o setor dos serviços é responsável por 12% do consumo nacional de energia final. Os custos de exploração de um edifício correspondem, em média, à segunda maior despesa de um edifício, sendo que as ações de operação e manutenção das edificações em uso têm um custo anual que varia entre 1% e 2% do seu custo inicial. Deste modo, a gestão da manutenção ganha especial relevância na gestão de energia em edifícios, sendo importante garantir o desenvolvimento e implementação de planos de manutenção preventiva e corretiva, que permitam garantir a maximização e permanência dos níveis de poupança gerados ao longo do tempo devido à implementação de medidas de racionalização e reabilitação energética, prolongar o período de vida útil dos equipamentos, reduzir os respectivos custos de funcionamento e proporcionar o melhor rendimento possível, com segurança para os utilizadores do edifício. (DGEG - Direcção Geral da Energia e Geologia, 2012) (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo demonstrar a relevância das ações de manutenção enquanto agentes de optimização do desempenho energético de um grande edifício de serviços.

Neste sentido, a presente tese consiste no desenvolvimento de metodologias e medidas de manutenção de baixo custo, de grande replicabilidade e com base em materiais facilmente acessíveis, e na definição e implementação de um sistema de manutenção preventiva e corretiva que permita obter um aumento da eficiência energética e uma diminuição dos consumos de energia.

1.3 Caso de estudo

A presente dissertação foi realizada no seguimento dos trabalhos realizados no âmbito do estágio curricular subordinado ao tema “*A importância da manutenção preventiva e corretiva na gestão da energia em grandes edifícios (Campus do LNEG Alfragide)*”, no período compreendido entre 23 de setembro e 4 de dezembro de 2013, e do estágio extracurricular sobre o tema “*Implementação prática de medidas inovadoras nas instalações de eletricidade, gás, água, sistemas AVAC e de segurança, para promoção da eficiência energética e redução de consumos (Campus do LNEG Alfragide)*”, no período de 2 de julho de 2013 a 30 de julho de 2014. Estes estágios foram desenvolvidos no *Campus* de Alfragide do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) sob a orientação do Engenheiro António Manuel Sequeira Abreu, Técnico Responsável pela Exploração das instalações do LNEG (TRE).

O LNEG é uma instituição de investigação e desenvolvimento que funciona sob a tutela do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e procura promover a inovação tecnológica nas áreas de Energia e Geologia de formas que respondam às necessidades do setor empresarial e contribuam para o desenvolvimento sustentável da economia nacional.

A manutenção de alguns dos sistemas existentes nas instalações em estudo encontrava-se sob o controlo de empresas externas ao LNEG, enquanto a responsabilidade pela manutenção dos restantes equipamentos recaía no Núcleo de Manutenção do LNEG. Este modelo de manutenção resultou em que vários equipamentos não recebessem manutenção adequada, e se encontrassem avariados ou a funcionar com perdas de eficiência significativas e com riscos para segurança dos utilizadores e instalações. Os trabalhos realizados no decorrer dos estágios efetuados nesta instituição visaram o estudo e implementação de métodos inovadores, de baixo custo e fácil

introdução nas instalações em estudo, que permitissem a minimização dos consumos energéticos e de água, proporcionando o correto funcionamento dos vários sistemas em estudo e o aumento da eficiência energética e das condições de segurança das instalações.

Estes estágios abrangeram trabalhos realizados a nível das instalações elétricas, incluindo intervenções relacionadas com diversos equipamentos, circuitos elétricos, cabos de abastecimento de energia em média tensão e posto de transformação do cliente (PT), monitorização de consumos elétricos, compensação de energia reativa, deteção e correção de defeitos à terra, implementação de sistemas de transmissão de energia com integração de unidades de alimentação ininterrupta (UPSs) e sistemas de iluminação. Realizaram-se ainda diversas intervenções nas instalações de gás e água, procedeu-se à recuperação, reparação e melhoramento das condições de funcionamento do sistema de segurança, incluindo sistema de deteção de incêndios, sistema de deteção de intrusos e controlo de acessos, do sistema de elevadores e do sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), nomeadamente da caldeira, *Chillers*, unidades de tratamento de ar (UTA) e de ar novo (UTAN), sistema de distribuição e unidades ventiloconvetoras.

1.4 Metodologia

A metodologia empregue incluiu uma pesquisa bibliográfica, com base na análise de material técnico e científico relevante para os temas abordados por este trabalho.

De seguida, efetuou-se uma caracterização dos consumos de referência do edifício e dos equipamentos a incluir no plano de manutenção e uma avaliação do seu estado de conservação que permitiu a identificação de avarias e problemas de funcionamento das instalações, erros de projeto ou de implementação prática do mesmo.

Procedeu-se à realização das intervenções manutenção corretiva necessárias para recuperar os equipamentos avariados e promover o aumento da eficiência energética e das condições de segurança associadas ao funcionamento dos mesmos e à definição de planos de manutenção preventiva, cuja implementação futura se recomenda.

Por fim, realizou-se uma avaliação dos impactos socioeconómicos e ambientais decorrentes do trabalho realizado.

1.5 Organização da dissertação

Esta dissertação é composta por sete capítulos, incluindo o presente capítulo introdutório onde é apresentado o contexto e enquadramento do trabalho, os objetivos propostos, metodologia seguida e a organização do documento.

No segundo capítulo é efetuada uma revisão bibliográfica aos temas abordados neste trabalho, nomeadamente, manutenção e gestão da manutenção em edifícios, instalações elétricas, sistemas AVAC, iluminação, sistemas de segurança e rede de distribuição de água potável.

O terceiro capítulo consiste numa apresentação do atual estado da manutenção nos edifícios de serviços da função pública em Portugal e discussão crítica do mesmo.

No capítulo quatro é apresentado o caso de estudo. Neste capítulo procede-se a uma breve descrição das instalações em estudo, dos principais problemas detetados no início deste estudo e

da manutenção realizada no período pré-estudo. É ainda apresentada uma caracterização dos consumos típicos de eletricidade, gás e água das instalações.

No capítulo cinco são expostos os trabalhos realizados no âmbito deste trabalho ou que são propostos para aplicação futura.

O capítulo seis contém os resultados obtidos através das intervenções realizadas, caracterizando o estado das instalações no final deste estudo e os consumos energéticos e de água atualmente observados, e apresentando uma comparação com os mesmos no período pré-estudo.

Por fim, no capítulo 7 são discutidas as principais conclusões obtidas a partir deste trabalho, sendo ainda apresentadas algumas propostas de trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

Nesta secção são apresentados vários conceitos úteis para a compreensão dos trabalhos realizados no âmbito desta tese. Deste modo, foram incluídas:

- Uma subsecção referente ao tema da manutenção e gestão da manutenção, que visa dar a conhecer os princípios que serviram de base para muitas das medidas implementadas e propostas no decorrer deste projeto;
- Uma subsecção em que são abordados os principais pontos de interesse relativos à conceção e fiscalização de projetos e obras;
- Várias subsecções que apresentam as principais áreas de intervenção no edifício em estudo (tais como instalações elétricas ou sistemas de segurança) de forma a expor os seus princípios básicos de funcionamento e outros detalhes principais com o intuito de facilitar a compreensão da restante tese.

2.1 Manutenção e Gestão da Manutenção

O termo manutenção engloba o conjunto das ações conduzidas com o objetivo de assegurar o correto funcionamento de equipamentos e instalações, evitando a diminuição do seu rendimento ou funcionalidade, ou, se tal acontecer, garantindo que sejam rapidamente repostas as boas condições de operacionalidade. (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006)

Atualmente a manutenção engloba ainda atividades que visam responder a exigências legais, certificação, segurança e sustentabilidade ambiental e social, tendo desenvolvido um cariz multidisciplinar bastante alargado. No caso específico de um edifício de serviços é esperado que a manutenção permita o cumprimento das disposições legais relativamente à gestão da qualidade do ar, gestão energética e minimização dos consumos energéticos, condições de higiene e segurança no local de trabalho, eficiência energética e qualidade ambiental, para além de assegurar a máxima disponibilidade de sistemas e equipamentos.

As normas vigentes definem a gestão da manutenção como “...as actividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por meios, tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo aspectos económicos” (NP EN 13306, 2001).

O planeamento e gestão da manutenção devem ter em conta as exigências legais aplicáveis à situação em causa, bem como boas práticas técnicas aceites na área, e procurar que as actividades de manutenção tenham um custo global otimizado. (Cabral, Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios, 2013)

2.1.1 Tipos de manutenção

Existem vários tipos de manutenção que diferem entre si pelos seus propósitos, área de atuação e periodicidade, sendo que por vezes pode existir alguma sobreposição entre os mesmos e a sua nomenclatura pode variar. Nesta secção é apresentada uma descrição geral de cada um dos tipos mais comuns de manutenção.

É contudo de salientar, que embora este trabalho vá englobar diversos tipos de actividades de manutenção, ele foca-se essencialmente nas manutenções preventiva e corretiva que, pelo seu caráter mais geral, são também mais facilmente adaptadas para aplicação noutros edifícios, permitindo assim a obtenção de resultados mais significativos pela sua replicabilidade.

2.1.1.1 **Manutenção Preventiva**

Este tipo de manutenção é efetuada segundo critérios pré-determinados e tem como objetivo reduzir a probabilidade de ocorrência de avarias e garantir que os equipamentos funcionam de forma segura e eficiente.

A manutenção preventiva pode ser classificada como sistemática, quando as intervenções ocorrem com periodicidade pré-definida, ou condicionada, quando os trabalhos são realizados por indicação técnica. (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006)

A manutenção preventiva sistemática compreende trabalhos de inspeção e diagnóstico e intervenções de rotina, que permitem determinar o estado dos equipamentos e sistemas e reduzir a sua probabilidade de avaria.

Estas visitas e inspeções de rotina possibilitam avaliar o estado do equipamento com base numa análise visual e de ruído, enquanto que as revisões periódicas se baseiam em métodos de previsão de rutura e outros danos em função do grau de utilização do equipamento. Este tipo de manutenção inclui ainda ações de reparação preventiva, como por exemplo, a substituição de peças gastas. (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006)

A manutenção preventiva condicionada assenta no controlo de parâmetros pré-determinados que permitem avaliar o funcionamento e estado de conservação de um equipamento. (Cabral, Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios, 2013)

A implementação deste tipo de manutenção pode, numa fase inicial, exigir um aumento dos custos de manutenção, devido à necessidade de determinar pontos de controlo, comprar novos equipamentos e fornecer a formação necessária aos funcionários da manutenção.

A longo prazo, para além de reduzir a probabilidade de avaria e as paragens para manutenção, este tipo de manutenção permite aumentar o tempo médio entre revisões e reduzir os custos de manutenção e, conseqüentemente aumentar a produtividade.

2.1.1.2 **Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva visa reparar avarias e outros casos de mau funcionamento que tenham surgido sem aviso prévio e sem possibilitar o planeamento de uma intervenção de manutenção preventiva condicional. Deste modo, a manutenção corretiva permite restabelecer o funcionamento seguro e eficiente do equipamento. Este tipo de manutenção, também chamado de manutenção curativa, deve idealmente funcionar como complemento residual da manutenção preventiva. (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006) (Ferreira, 1998)

2.1.1.3 Manutenção de Melhoria

Este tipo de manutenção permite uma melhor adequação de um equipamento ou sistema ao contexto em que este se enquadra.

Engloba alterações que visem:

- Melhorar o desempenho de um sistema ou equipamento;
- Melhorar a eficiência energética de um sistema ou equipamento;
- Melhorar ou reabilitar as características operacionais de um sistema ou equipamento;
- Ajustar um sistema ou equipamento a novas condições de funcionamento;
- Facilitar futuras ações de manutenção;
- Reduzir as necessidades de manutenção.

Assim, a manutenção de melhoria pode incluir ações como a instalação de equipamento adicional de monitorização, controlo ou automação, ou a construção de acessos para manutenção. (Cabral, Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios, 2013)

2.1.2 Organização da gestão da manutenção

Geralmente são aplicados vários tipos de manutenção a um mesmo sistema ao longo do seu período de vida, sendo que alguns tipos de manutenção podem ser mais preponderantes em determinados períodos, como se pode observar na Figura 1. No período inicial da vida de um equipamento, a chamada fase de rodagem, é comum verificar-se que a taxa de avarias é relativamente elevada, sendo necessário proceder a intervenções de natureza corretiva para corrigir problemas derivados de erros de projeto, uso de componentes defeituosos ou erros de montagem. Durante o período de vida útil, depois de as falhas iniciais do período de rodagem terem sido corrigidas, é essencial apostar numa manutenção preventiva adequada para garantir que eventuais avarias ocorram de forma esporádica e de acordo com uma taxa de avaria constante. A última fase da curva de mortalidade corresponde a um aumento da taxa de avarias, que resulta do desgaste dos componentes que constituem o equipamento e depende da qualidade da manutenção a que os equipamentos são sujeitos. (Pitéu, 2011)

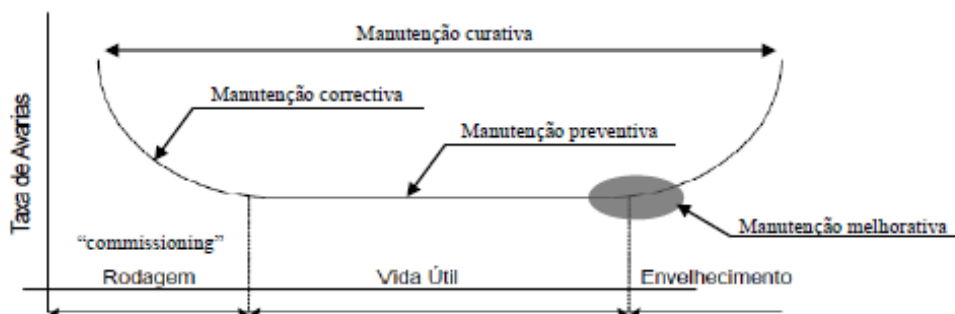


Figura 1 - Zona de atuação de cada tipo de manutenção na curva de mortalidade. (Pitéu, 2011)

A aplicação de diferentes tipos de manutenção ao longo da vida de um sistema ou equipamento reflete, ainda, diferentes tipos de abordagens à maximização da eficiência global do mesmo. A

manutenção corretiva, fortemente implementada na fase de rodagem para redução da taxa de avarias observada para um novo equipamento resultantes de erros de conceção e fabrico, visa a obtenção das melhores condições de eficiência possíveis para o equipamento em estudo. Por outro lado, a aplicação preponderante da manutenção preventiva durante o período de vida útil reflete a necessidade de monitorizar o estado do equipamento para garantir que quaisquer problemas sejam detetados e resolvidos atempadamente, sem comprometer o funcionamento eficiente do mesmo. A manutenção de melhoria tem um papel preponderante na melhoria do desempenho e da eficiência energética de um equipamento, pelo que é frequentemente utilizada para combater os efeitos do envelhecimento e desgaste dos equipamentos verificados no fim da sua vida útil.

A gestão da manutenção deve assegurar que os diversos tipos de manutenção são utilizados de forma adequada e a um custo mínimo, sendo que neste contexto o custo da manutenção engloba a soma dos custos indiretos da manutenção e dos benefícios obtidos através das melhorias resultantes da manutenção, para além dos custos contabilísticos. (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006)

Os chamados custos contabilísticos consistem nos custos de mão-de-obra e dos materiais e equipamentos necessários, podendo ainda incluir o custo de serviços requisitados a terceiros, como por exemplo o custo de contratos de manutenção.

Os custos indiretos são geralmente comuns a duas ou mais áreas ou objetos de custeio, pelo que nem sempre podem ser quantificados. Para avaliar os custos indiretos é necessário comparar os custos contabilísticos da manutenção de um equipamento ou sistema com os custos estimados que podem resultar da não manutenção, tais como perdas devido à paragem de produção (custos facilmente quantificáveis), perdas de qualidade ou de rendimento do equipamento, aumento dos impactos ambientais associados ao funcionamento dos equipamentos ou sistemas ou aumento do risco de acidentes (custos dificilmente quantificáveis). (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006)

Os benefícios resultantes de melhorias podem incluir benefícios associados por exemplo a alterações que permitiram obter aumentos de produção, de qualidade ou rendimento ou melhores condições de segurança, pelo que também são frequentemente difíceis de quantificar.

Sabe-se que em média, os custos da manutenção de um equipamento correspondem a valores entre 2 a 4% do investimento inicial, no entanto, na prática é por vezes impossível construir um modelo de cálculo que permita determinar os valores das várias parcelas anteriormente apresentadas. Tendo em conta a dificuldade em contabilizar os custos totais de manutenção, a gestão da manutenção tende a focar-se na planificação de atividades preventivas e de melhoria, que permitem uma avaliação atempada dos vários custos e benefícios resultantes.

Os planos de manutenção são uma ferramenta muito útil na gestão da manutenção. Estes planos consistem em registos do conjunto das ações de manutenção sistemáticas que deverão ser realizadas. A periodicidade destas ações deve ter em conta as recomendações do fabricante, do Técnico Responsável de Exploração das instalações, do Técnico de Instalação e Manutenção, decorrentes de ações de vistoria, ou provenientes de outras fontes relevantes. É ainda essencial considerar as necessidades específicas de cada caso e ajustar a periodicidade das ações de manutenção tendo em conta elementos técnico-operacionais obtidos no terreno através de análises ou inspeções.

Os indicadores de desempenho são indicadores teóricos que permitem avaliar o estado dos equipamentos e as necessidades de manutenção, auxiliando na tomada de decisões de gestão e na identificação de problemas. Existem numerosos indicadores que podem ser adoptados, se bem que nem todos os indicadores são adequados a todas as situações. Entre os indicadores mais

comuns encontram-se a taxa de avarias, que exprime o número de avarias por unidade de utilização, o tempo médio entre avarias consecutivas e o tempo médio de reparação entre avarias. (Cabral, Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática, 2006)

2.2 Conceção e fiscalização de projetos e obras

O conceito de qualidade pode ser encarado através de vários prismas de avaliação. No que toca à qualidade de uma construção são geralmente considerados os seguintes parâmetros:

- Conformidade com a legislação vigente;
- Conformidade com as exigências dos clientes;
- Conformidade com os documentos de referência;
- Adequação ao uso para o qual a construção é destinada;
- Condições de segurança, sustentabilidade ambiental, eficiência energética e estética.

A falta de controlo da qualidade, especialmente na fase de conceção do projeto, resulta no aparecimento de falhas, desde o início da fase de construção, e de custos exagerados de trabalhos corretivos ou de reconstrução.

De modo a perdurar num mercado bastante competitivo e exigente, várias empresas de construção foram levadas, não só a reduzir os seus lucros, mas também a diminuir os custos diretos e indiretos de produção. Esta redução de custos é frequentemente obtida através da utilização de materiais de qualidade inferior, o que leva a que os utilizadores se deparem com custos de manutenção inesperados durante o período de vida útil do edifício. (Soares, 2011)

A responsabilização da qualidade de uma obra recai sobre os vários intervenientes responsáveis pela conceção e construção da mesma, nomeadamente, o diretor da obra, a equipa de autores de projeto e o coordenador da obra.

O Decreto-Lei n.º 31/2009, de 3 de Julho, aprova o regime jurídico que estabelece a qualificação profissional exigível aos técnicos responsáveis pela elaboração e subscrição de projetos, fiscalização e direção de obras não sujeitas a legislação especial. (Assembleia da República, 2009)

As funções, deveres e responsabilidades dos principais atores na conceção e fiscalização de uma obra são também apresentados neste mesmo decreto-lei, conforme se passa a descrever:

- O autor de projeto é definido como o técnico, ou grupo de técnicos, que são responsáveis pela elaboração dos projetos de arquitetura, engenharia ou paisagismo que integram o projeto de uma obra. Os autores de projeto colaboram com o coordenador do projeto na execução do projeto, de modo a garantir a coerência entre as várias peças desenhadas e escritas necessárias à caracterização da obra. O referido decreto-lei estabelece que os autores de projeto têm o dever de optar pelas soluções de conceção disponíveis que melhor permitam responder aos interesses do dono da obra, devendo justificar tecnicamente todas as soluções propostas;
- O coordenador de projeto está encarregado de assegurar a articulação entre os vários membros da equipa de projeto, devendo garantir a compatibilidade e coerência entre os vários projetos, bem como a exequibilidade técnica das soluções a adotar. Cabe ainda ao coordenador de projeto verificar que são seguidas as normas legais e regulamentares aplicáveis e colaborar com o coordenador em matérias de segurança e saúde durante a elaboração do projeto, de modo a facilitar a aplicação dos princípios gerais de segurança segundo a legislação em vigor;
- O diretor de obra está incumbido de assegurar a execução da obra de acordo com o projeto de execução, as condições da licença ou comunicação prévia e as normas legais e regulamentares em vigor. Assim, cabe ao diretor de obra a tarefa de dirigir a execução dos trabalhos e de assegurar a segurança e eficiência do processo de construção e a qualidade da obra executada;

- O diretor de fiscalização da obra é responsável por assegurar que a execução da obra ocorre em conformidade com o projeto de execução, condições de licença ou de admissão em sede de procedimento, e em cumprimento da legislação vigente. Deste modo, é necessário realizar um acompanhamento frequente da realização da obra, seguido da comunicação imediata ao dono da obra e ao coordenador de projeto de qualquer problema ou deficiência técnica detetada no projeto, da necessidade de efetuar alteração ao projeto de forma a assegurar a sua correta execução. O diretor de fiscalização de obra tem ainda a obrigação de reportar situações que possam comprometer a segurança ou qualidade da obra ou que possam resultar na alteração do preço ou prazo de conclusão da obra previsto contratualmente.
- De acordo com o referido decreto-lei, os vários indivíduos por ele abrangidos são responsáveis pelo ressarcimento dos danos causados a terceiros que decorram da violação culposa, por ação ou omissão, de deveres no exercício da atividade a que estejam obrigados por contrato ou por norma legal ou regulamentar. (Assembleia da República, 2009)

A fiscalização do projeto e da execução de uma obra têm um papel essencial na gestão da qualidade e na implementação de mecanismos de controlo que permitam detetar erros de conceção ou execução da obra que possam comprometer o funcionamento ou segurança das instalações em estudo. Geralmente, a fiscalização inclui o controlo dos custos, prazos e da qualidade e conformidade da obra face ao projeto e à legislação em vigor.

A falta de fiscalização adequada está na origem de diversos dos problemas que são apenas detetados durante a fase de exploração de um edifício, sendo que estudos realizados em vários países indicam que cerca de 40 a 50% dos custos necessários para a reabilitação de anomalias encontradas em construções novas se devem a defeitos originados por problemas a nível do projeto. (Vítor Cóias e Silva e Iolanda Soares, 2003)

Cabe à fiscalização realizar uma revisão final do projeto de modo a detetar eventuais problemas derivados da existência de erros, omissões ou falta de pormenorização e, consecutivamente, propor as alterações adequadas. Durante, e no final da execução da obra, a fiscalização deve verificar se existem erros ou discrepâncias na aplicação do projeto.

A fiscalização pode abranger várias áreas, sendo necessário ter em conta as seguintes vertentes:

- Segurança da estrutura e das fundações do edifício, de modo a assegurar que estas tenham um comportamento adequado face às diversas forças a que o edifício poderá estar sujeito, tendo em conta o local onde este é construído;
- Durabilidade e reparabilidade dos componentes, materiais, sistemas e instalações do edifício, com vista à minoração dos custos de manutenção durante o período de exploração do edifício;
- Minimização dos consumos energéticos previstos para o edifício em estudo;
- Qualidade do ambiente interior;
- Segurança das instalações;
- Implementação de princípios de construção sustentável.

2.3 Instalações Elétricas

Dentro das cargas passivas lineares, as cargas típicas apresentam um teor que pode ser capacitivo, indutivo ou resistivo.

Em circuitos puramente resistivos alimentados por corrente alternada verifica-se que as ondas de corrente e tensão estão em fase, isto é, mudam de polaridade simultaneamente.

No entanto, a corrente elétrica absorvida por uma determinada carga linear sinusoidal encontra-se frequentemente desfasada relativamente à tensão, apresentando um ângulo de fase (φ) diferente de zero.

Se as cargas presentes nestes circuitos forem predominantemente indutivas, como por exemplo no caso dos motores, a corrente estará atrasada em relação à tensão. Por seu turno, se se tratar de cargas capacitivas, como por exemplo condensadores, a onda de corrente irá estar adiantada relativamente à tensão.

Em sistemas elétricos lineares que funcionam em regime forçado alternado sinusoidal, a potência elétrica pode relacionar-se em três componentes: potência aparente (S), potência ativa (P) e potência reativa (Q), sendo que a potência aparente corresponde à soma vetorial das outras duas potências, em quadratura, tal como se pode deduzir a partir do esquema apresentado na Figura 2.

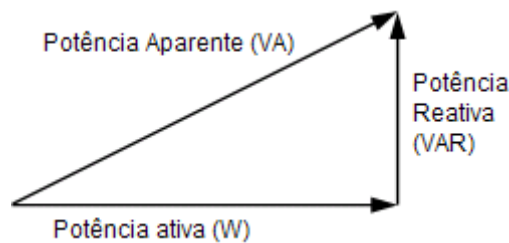


Figura 2 - Triângulo de potência (Wikipédia, s.d.)

A potência ativa corresponde à potência elétrica suscetível de ser transformada em potência útil capaz de produzir trabalho. Esta potência equivale à média da potência instantânea num determinado período de tempo.

A potência reativa, num circuito monofásico em regime sinusoidal, corresponde ao valor máximo da componente oscilante da potência instantânea com valor nulo e com frequência igual ao dobro da frequência da rede. A potência reativa pode ser positiva ou negativa, consoante se trate de uma carga total de tipo indutivo ou capacitivo, respetivamente.

As equações gerais usadas no cálculo da potência ativa, reativa e aparente de uma carga monofásica são apresentadas pelas expressões [1], [2] e [3], respetivamente, onde U corresponde ao valor eficaz da tensão, I ao valor eficaz da corrente e φ é o ângulo de fase entre as ondas de tensão e corrente.

$$P [W] = U \times I \times \cos \varphi \quad [1]$$

$$Q [VAr] = U \times I \times \sin \varphi \quad [2]$$

$$S [VA] = U \times I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [3]$$

O trânsito de energia reativa num dado circuito resulta num aumento da corrente que percorre os fios condutores e, conseqüentemente, em maiores quedas de tensão e num aumento das perdas por efeito de Joule. Assim, interessa minimizar a potência reativa, de modo a que a potência ativa seja o mais próxima possível da potência aparente, sendo que a relação entre a potência ativa e a aparente é geralmente avaliada através do fator de potência (FP), que pode ser calculado através da expressão [4]. A presença de cargas maioritariamente indutivas numa instalação elétrica leva a que o fator de potência tenha um valor menor que 1.

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{U \times I \times \cos \varphi}{U \times I} = \cos \varphi \quad [4]$$

Num sistema trifásico sinusoidal existe um sistema equilibrado e simétrico composto por três tensões com a mesma frequência e desfasadas de 120° entre si. A presença destas cargas origina o aparecimento de correntes, que poderão ser ou não sinusoidais, consoante a natureza das cargas. A natureza das cargas determina também se o sistema de correntes é ou não equilibrado e/ou simétrico.

Estas tensões, sendo produzidas por geradores trifásicos constituídos por três bobinas idênticas, dispostas de forma simétrica de modo a formar ângulos de 120°, são inicialmente simétricas e com uma sequência de fases positiva, pelo que as redes trifásicas se deveriam comportar como sistemas equilibrados e simétricos e possuir impedâncias semelhantes em todas as fases. Contudo, como as cargas alimentadas por estas redes são maioritariamente monofásicas, é comum que a carga destas redes seja inerentemente desequilibrada. (Delgado, 2010)

Na Figura 3 é apresentado um sistema de alimentação independente de três cargas idênticas, cada uma alimentada por uma fase diferente. Considerando que as cargas têm todas a mesma impedância, as correntes que as alimentam deverão ter o mesmo valor eficaz e desfasamento de 120° entre si, ou seja, o sistema está equilibrado.

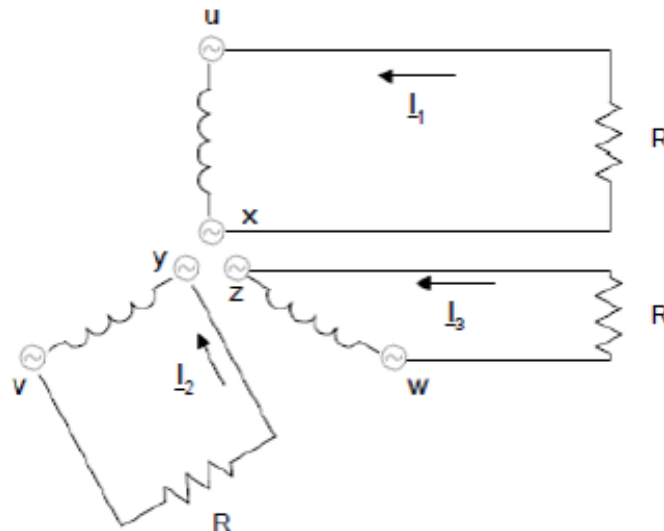


Figura 3 - Sistema de alimentação independente de três cargas semelhantes

Tendo em conta que a soma de três vetores com módulos iguais e com um desfasamento de 120° entre si resulta num vetor nulo, os três condutores de retorno da Figura 3 podem ser substituídos por um único condutor que terá corrente nula, o condutor neutro. Desta forma, o esquema anteriormente apresentado pode ser simplificado, usando apenas quatro condutores, um condutor por cada fase e um condutor neutro, em vez de seis, como se pode observar na Figura 4.

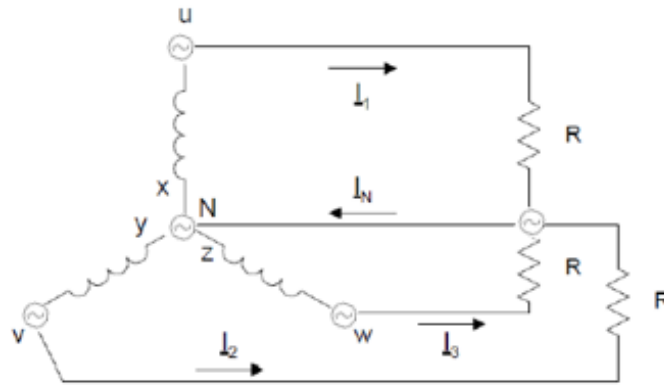


Figura 4 - Sistema equilibrado de cargas com neutro (Santos D. S., 2014)

2.3.1 Principais componentes

2.3.1.1 Transformador

Um transformador é um equipamento usado para transmitir energia ou potência elétrica de um circuito para outro, induzindo as tensões ou correntes desejadas ou alterando o número de fases de uma rede de transporte de energia elétrica, para isolamento galvânico ou para modificar as impedâncias elétricas de um circuito.

Os transformadores são constituídos por enrolamentos, formados por bobinas, geralmente feitas de cobre eletrolítico, cobertas por uma camada isolante, acoplados magneticamente através de um núcleo magnético comum. Os enrolamentos podem ter um núcleo ferromagnético, normalmente constituído por chapas de aço-silício isoladas eletricamente entre si de forma a reduzir as perdas derivadas da formação de correntes de Foucault.

O funcionamento de um transformador real implica necessariamente a existência de perdas, que podem ser classificadas como perdas no cobre ou perdas no ferro.

As perdas no cobre ocorrem nos enrolamentos em carga, consistindo na dissipação de potência sob a forma de calor por efeito de Joule.

As perdas no ferro correspondem às perdas no núcleo ou perdas em vazio, isto é, às perdas associadas à potência absorvida por um transformador que esteja a ser alimentado por um enrolamento e com os terminais dos restantes enrolamentos em circuito aberto. Estas perdas incluem as perdas por histerese magnética e por correntes de Foucault. Para reduzir estas perdas utilizam-se materiais laminados de pequena espessura revestidos com um isolante.

As perdas podem ser determinadas através de testes ao transformador, nomeadamente, ensaios em vazio e em curto-circuito.

Nos ensaios em vazio o enrolamento primário está à tensão nominal e o secundário é deixado em aberto, pelo que as perdas no cobre neste enrolamento são nulas. Tendo em conta que a corrente que circula no primário é muito pequena, as perdas no cobre neste enrolamento são desprezáveis, logo, a energia gasta neste ensaio corresponde às perdas no ferro. Os ensaios em vazio permitem ainda obter a reatância de magnetização e o fator de potência do transformador em vazio. (Paiva, 2004)

Num ensaio em curto-circuito o secundário é curto-circuitado e a tensão no primário é selecionada de modo a permitir que a corrente no secundário atinja o valor nominal. Assim, neste ensaio a tensão no primário tem um valor muito reduzido e as correntes de magnetização e do ferro são muito pequenas, pelo que as perdas no ferro podem ser desprezadas. Este ensaio permite determinar as perdas no cobre e as correntes de curto-circuito do primário e do secundário. (Paiva, 2004)

Tipicamente, os transformadores têm rendimento elevado, com valores superiores a 80%. Embora as perdas possam ser consideradas desprezáveis quando o transformador se encontra em regime de carga, estas podem assumir valores significativos comparativamente ao consumo total da instalação nos períodos de vazio. O rendimento de um transformador pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{secundário}}}{P_{\text{secundário}} + P_{\text{perdas}}} \quad [5]$$

2.3.1.2 Sistemas de compensação de fator de potência

A existência de um baixo fator de potência global afeta os sistemas de produção, transporte e distribuição de energia, na medida em que para produzir a potência ativa requerida pelos consumidores se torna necessário o uso de equipamentos de potência superior. Por este motivo foram implementadas medidas de incentivo ao controlo da energia reativa através da aplicação de um regime de faturação da energia reativa capacitiva injetada na rede nos períodos de vazio e que estabelece fatores multiplicativos a aplicar ao preço de referência da energia reativa indutiva consumida fora das horas de vazio com base em escalões de $\tan \varphi$ (que corresponde à razão entre energia reativa e energia aparente). Se o fator de potência for inferior a um determinado valor limite, o consumidor deverá pagar o excesso de energia reativa. (Santos D. S., 2014) (EDP, s.d.)

A compensação de energia reativa em sistemas passivos lineares é geralmente feita através da instalação de baterias de condensadores ligados em paralelo com as cargas indutivas, de modo a que a componente capacitiva da corrente que neles circula possa anular (compensação total) ou reduzir (compensação parcial) a corrente indutiva das cargas.

Existem vários métodos de compensação de energia reativa, nomeadamente:

- Compensação geral, com instalação da bateria de condensadores à saída do transformador ou do Quadro Geral;
- Compensação por conjunto de recetores, com compensação por setores ou grupos de equipamentos através da instalação de baterias de condensadores junto ao Quadro Parcial de alimentação dessas cargas;
- Compensação individual, através da ligação dos condensadores junto ao equipamento;
- Compensação mista, que consiste numa combinação de vários tipos de compensação numa mesma instalação;
- Compensação com regulação automática.

A compensação geral é indicada para situações de carga estável e contínua, típica de instalações que possuem numerosas cargas de baixa ou média potência que não trabalhem todas simultaneamente. A compensação por setores é mais apropriada para instalações que apresentam equipamentos divididos por setores com regimes de carga diferenciados.

Os métodos de compensação geral e mista estão presentes na maioria das instalações enquanto a compensação individual tende a ser usada em equipamentos com potência considerável relativamente à potência total da instalação.

A compensação individual é geralmente a melhor solução do ponto de vista técnico, já que permite evitar o trânsito de energia reativa nos cabos de alimentação e, conseqüentemente, possibilita uma redução das perdas por efeito de Joule, aumento da capacidade de transporte, melhoria dos níveis de tensão e uma diminuição dos encargos associados ao consumo de energia elétrica. Esta solução permite ainda a compensação das harmónicas de corrente injetadas por conversores eletrónicos de potência através da aplicação de filtros ativos de potência. Este tipo de compensação do fator de potência acarreta despesas de implementação consideravelmente superiores às das outras soluções. (Santos J. N., 2006) (Associação Empresarial de Águeda, 2013)

2.3.1.3 Sistemas de contagem de energia

Os contadores de energia podem ser classificados como contadores eletromecânicos, estáticos ou híbridos.

Os contadores eletromecânicos são constituídos por um dispositivo de indução com o comportamento de um motor elétrico, mostrador, registo, bloco de terminais e sensores de tensão e de corrente. O funcionamento dos contadores eletromecânicos baseia-se no fenómeno de indução eletromagnética: o condutor ao ser percorrido por uma corrente na presença de um campo magnético fica submetido a uma força que produz o movimento do motor. A velocidade de rotação do rotor é proporcional à potência, permitindo obter a quantidade de energia consumida através do número de rotações efetuadas pelo rotor. A presença de harmónicas de tensão ou corrente pode causar erros de medição ao criarem outros torques que afetam o movimento do disco. Este é o tipo de contador mais comum em Portugal, se bem que nos últimos anos se verificou uma diminuição na sua instalação em detrimento de novas tecnologias. (Santos D. S., 2014) (Minguez, 2007) (KEMA, 2012)

Os contadores estáticos transformam os valores de corrente e tensão em grandezas digitais usando primeiramente divisores internos, sendo que estes valores são depois convertidos em grandezas digitais. Estas são então filtradas, processadas e convertidas em impulsos proporcionais à energia consumida em cada instante, realizando-se uma contabilização destes impulsos para determinar a energia elétrica gasta e proceder à sua faturação. Os resultados obtidos são armazenados e registados pelo contador. Estes contadores permitem obter informação mais exata e complexa do que os contadores eletromecânicos e possibilitam a medição simultânea de energia activa e reativa, o tratamento dos dados obtidos e a adição de sistemas de comunicação de telecontagem.

Os contadores híbridos são uma combinação entre os dois tipos contadores anteriormente apresentados, com um processo de aquisição de dados semelhante ao de um contador eletromecânico e um processamento digital da informação obtida, de modo obter registos de consumo e classifica-los segundo tarifas horárias. (Santos D. S., 2014)

Em sistemas que possam consumir e enviar para a rede energia ativa e reativa, aplica-se o conceito de energia por quadrante, representado na Figura 5. Os contadores de quadro quadrantes permitem medir estes quatro tipos de trânsito de energia, em situações sem injeção de energia ativa na rede

pública por parte do cliente, como no caso em estudo, consideram-se apenas os quadrantes respeitantes à componente reativa (semieixos imaginário positivo e negativo) e ao consumo de energia ativa (semieixo real positivo).

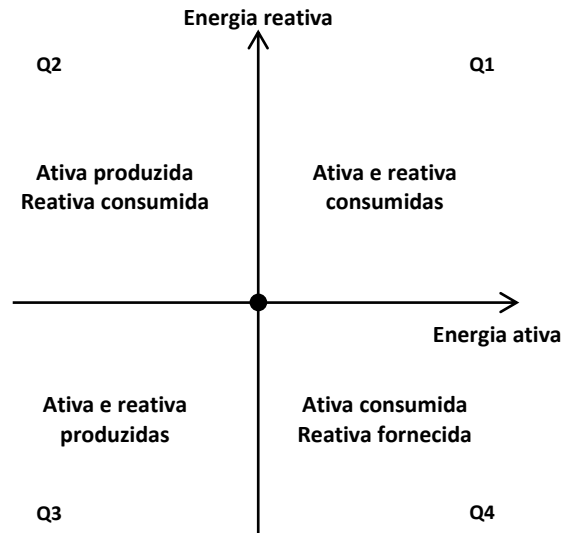


Figura 5 - Energia por quadrante

2.3.1.4 Ligação à terra

Existem dois tipos de ligações à terra, a terra de serviço, que realiza a ligação do neutro à terra, e a terra de proteção, que permite a ligação das massas à terra sem ligação direta ao neutro, de forma a diminuir a tensão de passo e contacto e contribuindo para a segurança de pessoas em contacto ou na proximidade do local do defeito.

Os sistemas de ligação à terra podem ser classificados como ligações TT (neutro ligado à terra e massas ligadas diretamente à terra) que são as mais comuns em Portugal, ligações TN (neutro ligado à terra e massas ligadas ao neutro) ou ligações IT (neutro isolado da terra e massas ligadas diretamente à terra).

Nas ligações TT um ponto da alimentação está ligado diretamente à terra. Geralmente o neutro é ligado à terra de serviço no posto de transformação e as massas dos diversos equipamentos ligados à instalação são ligados à terra de proteção. Estes sistemas são simples de implementar e permitem uma fácil identificação da localização de defeitos.

2.3.1.5 Detecção de defeitos à terra

Os aparelhos detetores de defeitos à terra visam a deteção automática de defeitos capazes de comprometer o normal regime de exploração da rede elétrica onde se encontram instalados, protegendo a integridade dos equipamentos e utilizadores da rede.

Estes equipamentos possuem um transformador de intensidade toroidal externo, que abraça os quatro condutores (três fases, que na Figura 6 são identificadas como i_1 , i_2 e i_3 , e um neutro, i_n)

provenientes do secundário do transformador de potência e que alimentam o quadro geral de baixa tensão.

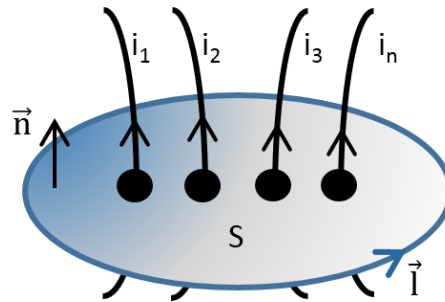


Figura 6 - Representação esquemática do princípio de medição de correntes elétricas nestes dispositivos

O transformador toroidal, que por comodidade passa a ser designado apenas por toro, destina-se a medir o campo magnético resultante da contribuição dos quatro condutores de acordo com a lei de Ampère. As expressões a seguir apresentadas relacionam o campo magnético H ao longo de um percurso fechado l , que envolve o condutor ou conjunto de condutores por onde circulam as correntes do circuito sob análise. Sobre este percurso assenta uma superfície aberta, na qual atravessam todas as correntes. O sentido do percurso de integração é determinado pela regra da mão direita ou do saca-rolhas, tendo em atenção a orientação do vetor \vec{n} .

$$\int_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS \quad [6]$$

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 + i_n = \int_l \vec{H} \cdot d\vec{l} \quad [7]$$

O primeiro termo equação [7] representa a soma vetorial de todas as correntes que atravessam o toro, a qual, numa situação normal de exploração, é nula, isto é:

$$i_{total} = \int_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0 \quad [8]$$

Em caso de defeito, ou seja, na presença de uma corrente que se fecha através do terreno em vez de se fechar pelos quatro condutores e que retorna através do eletrodo de terra de serviço ligado ao neutro do transformador de potência situado no posto de transformação, a resultante deixa de ser nula dando origem a um campo magnético não nulo que aciona o mecanismo de desarme do sistema, assinalando a existência do defeito em questão.

2.3.1.6 Aparelhagem elétrica

O termo quadro elétrico é usado para denominar um conjunto de aparelhagem elétrica, geralmente aparelhos de comando, controlo e proteção de instalações elétricas, agrupada de forma a satisfazer

os requisitos de segurança apropriados e a assegurar o cumprimento das funções a que este se destina.

A aparelhagem elétrica pode ser dividida em várias categorias, nomeadamente:

- Aparelhos de proteção (disjuntores, fusíveis, etc.);
- Aparelhos de comando (inversores, contadores, etc.);
- Aparelhos de corte (interruptores, seccionadores, etc.);
- Aparelhagem de medida e contagem (contadores de energia, voltímetros, etc.);
- Aparelhagem de ligação (tomadas, caixas de coluna, etc.);
- Aparelhagem de regulação (potenciômetros, reguladores de luminosidade, etc.);
- Aparelhagem de utilização ou cargas.

Os aparelhos de proteção devem proteger os vários componentes que constituem um circuito ou instalação elétrica em caso da ocorrência de avarias, defeitos ou anomalias tais como sobreintensidades (sejam sobrecargas ou curto-circuitos), correntes de fuga, sobretensões e subtenções.

O termo sobreintensidade refere-se a situações em que são ultrapassados os valores de corrente nominal dos aparelhos instalados devido à ocorrência de sobrecargas (quando a intensidade total pedida pelas cargas ultrapassa o valor máximo de intensidade admitido pelas instalações elétricas, geralmente devido à ligação simultânea de um número excessivo de cargas) ou curto-circuitos. Para proteger um circuito contra sobreintensidades podem-se empregar fusíveis ou disjuntores magnetotérmicos.

Os fusíveis são constituídos por um invólucro protetor e um fio condutor calibrado de modo a suportar correntes até uma determinada intensidade, I_n , adequada ao circuito que se pretende proteger. Quando a intensidade da corrente ultrapassa I_n o fio condutor funde-se, interrompendo o circuito.

Os disjuntores magnetotérmicos permitem detetar a ocorrência de sobreintensidades e interromper automaticamente a passagem de corrente no circuito. Estes disjuntores possuem um relé eletromagnético e um relé térmico. Em caso de curto-circuito, a bobina do relé eletromagnético é percorrida por uma corrente superior à estipulada, o que origina a abertura dos contactos elétricos e corta a passagem de corrente no circuito. Em situações de sobrecarga, a lâmina bimetálica do relé térmico começa a curvar, originando a abertura dos contactos elétricos.

As correntes de fuga são correntes indesejadas que são conduzidas para a terra pelos condutores de proteção ou que vazam através de outros elementos condutores do equipamento. Estas correntes estão na origem de tensões de contato entre a carcaça dos equipamentos e a terra e de tensões de passo entre o eletrodo terra e a sua área envolvente a uma distância de um passo humano, as quais podem ser perigosas para a segurança dos utilizadores e para a integridade dos equipamentos e instalações elétricas, se ultrapassarem determinados valores limite. Uma das medidas geralmente implementadas para proteger os utilizadores dos efeitos das correntes de fuga consiste em garantir a equipotencialidade das instalações, ligando entre si as várias massas expostas aos utilizadores que possam vir a ficar em tensão, de modo a que estas se encontrem todas ao mesmo potencial elétrico e a assegurar a sua ligação ao condutor de terra. (Matias, 2013)

Os interruptores diferenciais permitem a proteção dos utilizadores das instalações elétricas das correntes de defeito que possam aparecer indiretamente nas massas dos equipamentos ou nas canalizações. Estes dispositivos comparam as correntes que circulam nos condutores de fase e no neutro de modo a detetar a presença de correntes de fuga. Na ausência de correntes de fuga para a terra não há corrente induzida na bobina de deteção que aciona o relé, pelo que os contactos

continuam fechados e a instalação funciona normalmente, no entanto, se existirem correntes de fuga haverá uma corrente induzida na bobina de deteção que aciona o relé, pelo que os contatos abrem e o circuito é desligado. Os disjuntores diferenciais são interruptores diferenciais que também possuem proteção magnetotérmica.

2.3.1.7 Alimentação de emergência

Os sistemas de alimentação de emergência permitem assegurar o funcionamento de determinados equipamentos em caso de falha de energia da rede. As fontes de energia de emergência são geralmente utilizadas para alimentar sistemas de proteção e segurança, tais como sistemas de deteção e combate a incêndios, ou sistemas eletrónicos que sejam essenciais às atividades em curso, por exemplo redes informáticas ou sistemas de gestão de edifícios.

As fontes centrais de energia de emergência podem consistir em grupos geradores ou unidades de alimentação ininterrupta (UPS).

Geralmente as UPSs são constituídas por um carregador de baterias, baterias, inversor e comutador. O carregador de baterias é composto por um retificador, que converte a corrente alternada da rede em corrente contínua, e por um controlador que regula a tensão de carga das baterias, de forma a impedir que estas sejam carregadas por tensões superiores às adequadas. O inversor é usado para converter a corrente contínua originária das baterias em corrente alternada para alimentar as cargas. O comutador, ou *bypass*, possibilita a troca do sistema de alimentação das cargas entre a rede elétrica e a energia armazenada nas baterias. (INDUSMELEC, 2014)

As UPSs, sendo suportadas por um conjunto de baterias, garantem uma alimentação elétrica ininterrupta, enquanto que no caso de outros sistemas de alimentação de emergência, tais como geradores elétricos, existe um intervalo de tempo entre a falha da alimentação da rede e o disparo do sistema. Estes tipos de fontes de alimentação de emergência são frequentemente usados conjuntamente para assegurar a continuidade do funcionamento dos equipamentos que deles dependem.

As UPSs são também usadas para filtrar perturbações que ocorram na rede elétrica, de modo a corrigir quedas de tensão, sobretensões, picos de corrente ou outros tipos de ruído elétrico, protegendo as cargas mais sensíveis.

2.3.2 Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental

O Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de dezembro, aprovou o Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica e o Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas, que consistem num conjunto de regras técnicas que deveriam ser aplicadas às instalações elétricas de baixa tensão. (Ministério da Economia, 1974)

Posteriormente, face aos avanços técnicos e tecnológicos ocorridos nesta área, bem como à necessidade de obter um conjunto de regras técnicas em conformidade com os regulamentos adoptados a nível europeu, aprovou-se um novo conjunto de regras técnicas das instalações de baixa tensão através do Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de Dezembro. (Ministério da Economia e da Inovação, 2005)

A Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro, estabelece as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (R.T.I.E.B.T.), um conjunto de normas para o projeto e execução das

instalações elétricas que devem ser observadas nas instalações elétricas de utilização em baixa tensão de modo a garantir o seu funcionamento seguro e correto. (Ministério da Economia e da Inovação, 2006)

O Estatuto do Técnico Responsável por Instalações Elétricas de Serviço Particular, que foi aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 31/83 de 18 de abril, e modificado por Decretos Lei subsequentes, estabelece os requisitos necessários para ocupar a posição de técnico responsável por instalações elétrica de serviço particular e regulamenta a atividade destes técnicos relativamente à elaboração de projetos, execução e exploração de instalações elétricas de serviço particular. (Ministérios do Trabalho e da Indústria, Energia e Exportação, 1983) (Ministério da Economia e da Inovação, 2006).

O Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (SCIE), aprovado pela Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro, estabelece várias condições de instalação e utilização das instalações elétricas e respetivos equipamentos, incluindo transformadores de potência, grupos geradores, UPSs, quadros elétricos e locais afetos a serviços elétricos.

2.4 Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

A sigla AVAC é utilizada para denominar o conjunto dos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.

Estes sistemas têm um papel fundamental no controlo das condições ambientais interiores, especialmente em edifícios industriais e de serviços de média ou grande dimensão ou que contenham instalações com ambientes especiais que necessitem de controlo rigoroso, como laboratórios.

A qualidade do ar em espaços fechados está dependente de diversos factores como a qualidade do ar exterior, qualidade do funcionamento dos sistemas AVAC, presença de odores, poluentes ou agentes microbiológicos. Tendo em conta que a existência de problemas de qualidade do ar interior têm um impacto significativo na saúde humana, torna-se necessário fazer uma monitorização cuidadosa do mesmo e garantir o correto funcionamento dos sistemas AVAC. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009)

Em Portugal verificou-se nas últimas décadas um aumento significativo da procura de sistemas de climatização que resulta da melhoria da qualidade de vida das populações e do rápido crescimento do parque construído. Consequentemente verificou-se um aumento dos consumos energéticos relativos à climatização, sendo que esta corresponde atualmente a uma parcela significativa dos consumos de energia, que no caso dos edifícios de serviços pode chegar aos 50%. (Marques, 2011)

Para fazer face a esta situação foram desenvolvidas várias medidas a nível nacional e europeu que visam a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, de entre as quais se salienta a Diretiva n.º 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 16 de dezembro de 2002.

O pacote legislativo que inclui o SCE, RSECE e RCCTE resulta da transposição para direito nacional desta Diretiva.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), implementado pelo Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril de 2006, criou um sistema de certificação energética de edifícios que permite comprovar a correta aplicação da regulamentação térmica em vigor.

Para além de certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior dos edifícios, o SCE visa identificar medidas corretivas ou de melhoria de desempenho energético e qualidade do ar interior e assegurar a aplicação regulamentar das condições de eficiência energética, garantia da qualidade de ar interior e utilização de sistemas de energias renováveis, de acordo com as disposições contidas no RSECE e RCCTE. (Ministério da Economia e da Inovação, 2006)

O Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril de 2006, impôs a revisão do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que tinha sido previamente aprovado pelo Decreto-Lei n.º 118/98, de 7 de maio de 1998.

Inicialmente, o RSECE visava a introdução de medidas de racionalização energética (em função da dimensão (potência) dos sistemas, para evitar o sobredimensionamento dos mesmos) e de certos procedimentos de receção após a instalação; e de manutenção durante a fase de exploração.

A revisão do RSECE veio regular condições de conforto térmico e de higiene e padrões de qualidade, tratamento e renovação do ar interior a serem exigidas em diferentes espaços dos edifícios.

Foram também estabelecidas medidas que visam melhorar a eficiência energética global dos edifícios, nomeadamente através da implementação de limites máximos de consumos de energia para todo o edifício e especialmente para os sistemas de climatização, parâmetros de eficiência energética, qualidade, segurança e impacto ambiental e da imposição de condições de auditoria e monitorização regular das práticas da manutenção em termos de consumos de energia, eficiência energética e qualidade do ar interior. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006)

O RSECE considera os requisitos exigenciais de conforto térmico de referência para cálculo das necessidades energéticas fixados no RCCTE.

O RCCTE, ou Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, é um regulamento que incide nos parâmetros de construção e conforto térmico de um edifício e visa melhorar a qualidade dos edifícios e reduzir os seus consumos de energia e emissões de GEE. A primeira versão foi criada em 1990, existindo uma versão mais recente aprovada pelo Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de abril de 2006.

Este regulamento estabelece os índices e parâmetros de caracterização do comportamento térmico dos edifícios e as regras que devem ser seguidas para todos os edifícios de habitação e edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, para satisfazer as exigências de conforto térmico, garantia da qualidade do ar interior e necessidades de água quente sanitária sem gasto excessivo de energia, e minimizar a ocorrência de situações patológicas que possam ter um impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006)

A reformulação da Diretiva n.º 2002/91/CE em 2010 levou à revisão da legislação nacional que revogou o SCE, RSECE e RCCTE. O Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto de 2013, aprovou um diploma único que abrange o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético de Comércio e Serviços. (Ministério da Economia e do Emprego, 2013)

O novo enquadramento legal do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios tem um âmbito de aplicação mais abrangente, englobando todos os edifícios que entrem em processo de venda ou locação, edifícios novos ou sujeitos a grandes intervenções, edifícios públicos, entre outros. Ao abrigo do SCE torna-se obrigatória a existência do certificado energético, que deve ser verificado em todos os processos, incluindo compra, venda ou locação.

O SCE implementa ainda atualizações face ao anteriormente estabelecido relativamente aos requisitos de qualidade térmica e eficiência energética e estabelece os parâmetros de um edifício com necessidades quase nulas de energia.

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) estabelece os requisitos de avaliação de edifícios novos ou sujeitos a intervenções, considerando a melhoria do seu comportamento térmico e conforto do ambiente interior, a prevenção de patologias e a redução das necessidades energéticas do edifício.

O Regulamento de Desempenho Energético de Comércio e Serviços (RECS) tem objetivos semelhantes ao REH, mas tem aplicação nos edifícios de comércio e serviço, impondo por este motivo diferentes restrições que visam garantir as condições de bem-estar e saúde dos utilizadores do edifício, incluindo limiares de proteção para as concentrações de poluentes no ar interior e valores mínimos de caudal de ar novo adequados ao espaço em questão. O RECS define ainda requisitos de instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos.

Esta reorganização da legislação existente deverá resultar numa simplificação da mesma, facilitando a sua interpretação e implementação no terreno, para além de ter permitido a criação de um sistema de certificação energética, a atualização dos requisitos de qualidade térmica, definição de requisitos e a avaliação do desempenho energético dos vários sistemas, incluindo o aproveitamento de energias renováveis, e a instalação e manutenção de sistemas técnicos. (Ministério da Economia e do Emprego, 2013)

2.4.1 *Chiller*

Os *Chillers* são máquinas que retiram calor de um líquido através de um ciclo de refrigeração, produzindo água fria para efeitos de climatização.

Os dois principais tipos de *Chillers* existentes são os *Chillers* de absorção e os *Chillers* de compressão ou elétricos.

A presente dissertação vai focar-se nos *Chillers* de compressão, por ser este o tipo de *Chiller* existente no edifício em estudo.

2.4.1.1 Ciclo frigorífico de um *Chiller* de compressão

O funcionamento destes *Chillers* baseia-se no efeito de *Joule-Thompson*, que descreve o arrefecimento de fluidos numa expansão adiabática resultante de um processo de estrangulamento.

Neste sistema de refrigeração por ciclo contínuo, um fluido refrigerante é sujeito a processos termodinâmicos de compressão, condensação, expansão e evaporação, resultando na extração de calor do meio a arrefecer, como se pode observar no esquema apresentado na figura seguinte.

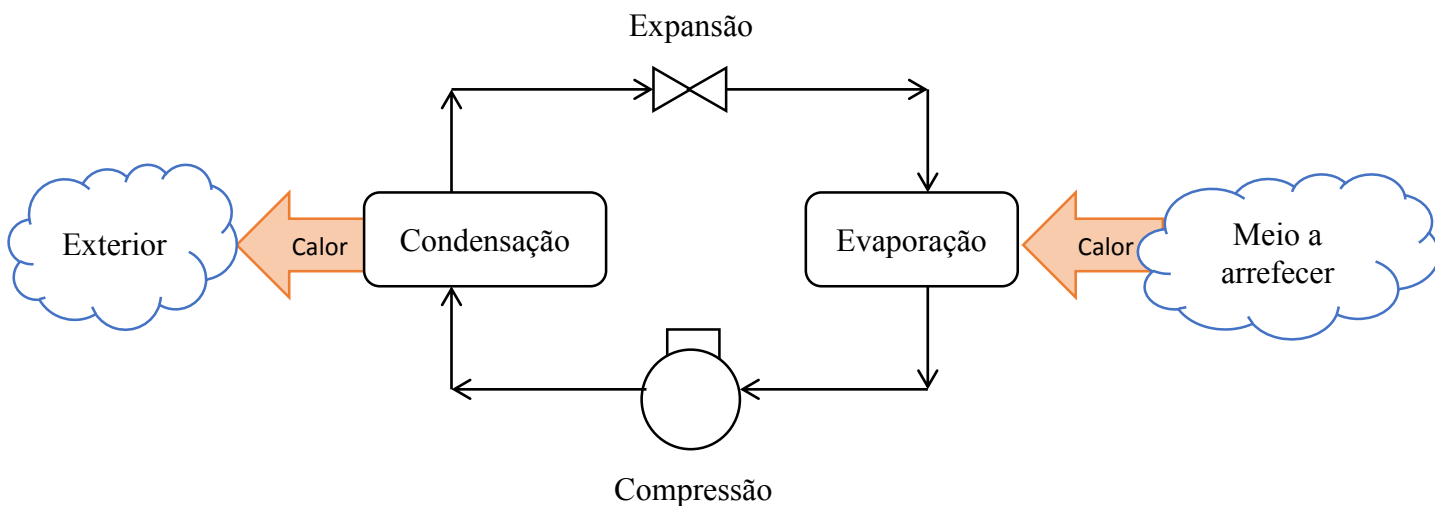


Figura 7 - Ciclo frigorífico

Os componentes fundamentais de uma instalação frigorífica são o compressor, o condensador, a válvula de expansão e o evaporador. A Figura 8 associa cada componente ao processo termodinâmico que lhe corresponde.

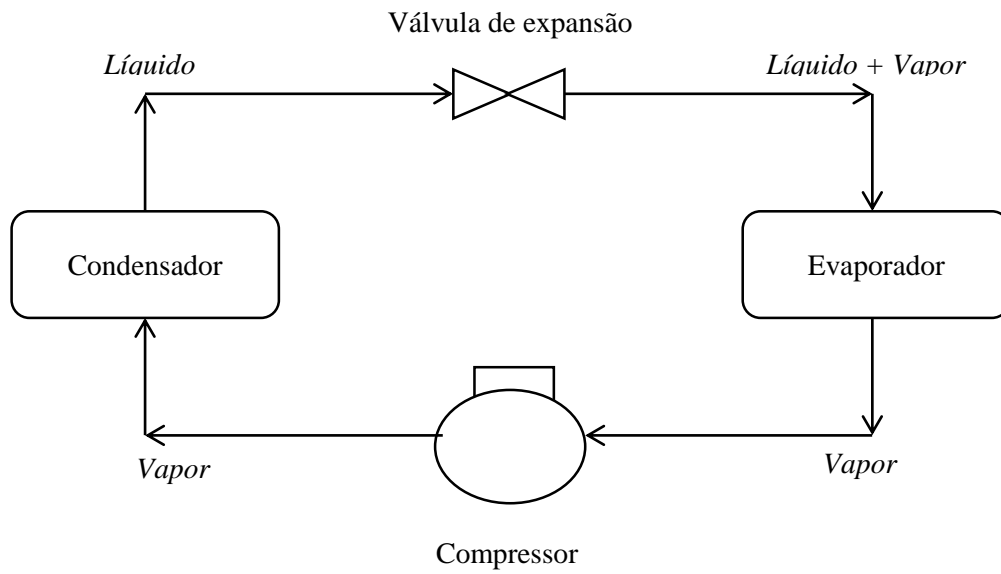


Figura 8 - Ciclo frigorífico e seus equipamentos

No ciclo frigorífico o fluido refrigerante entra no compressor no estado gasoso e à pressão do evaporador, sendo comprimido até atingir a pressão de condensação. Neste estado o fluido está sobreaquecido, tendo uma temperatura superior à temperatura de condensação. Esta etapa está representada no diagrama de Mollier da Figura 9 pelo processo [1] → [2].

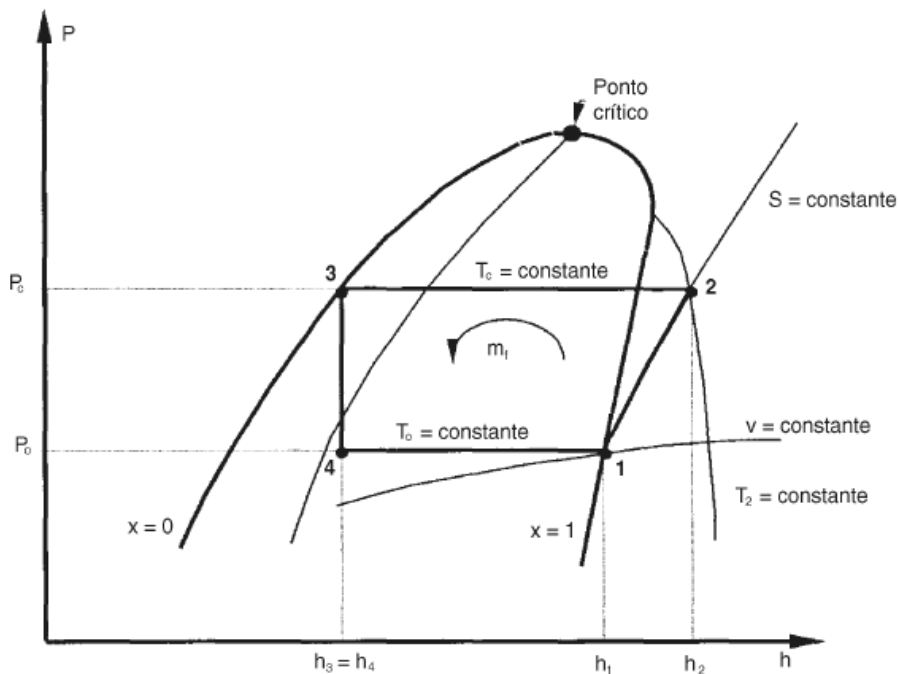


Figura 9 - Ciclo teórico de refrigeração no diagrama de Mollier (Castro, 2011)

O processo de rejeição de calor para o meio exterior ocorre no condensador, com pressão constante. Esta perda de calor leva a que o fluido condense até se tornar líquido saturado. Esta fase está representada na Figura 9 pelo processo [2]→ [3].

O fluido sofre um processo isentálpico de expansão na válvula de expansão, onde passa da pressão de condensação e líquido saturado para a pressão de vaporização. Esta queda de pressão corresponde ao processo [3]→ [4] da Figura 9.

No evaporador ocorre o processo de transferência de calor com pressão constante, em que o fluido refrigerante passa de vapor húmido para vapor seco saturado, obtendo-se assim a produção de frio no meio a arrefecer. Esta etapa está representada na Figura 9 pelo processo [4]→ [1].

O ciclo teórico de refrigeração consiste no ciclo de melhor desempenho quando a operar nas mesmas condições de um ciclo real e pode ser representado no diagrama de Mollier (no plano pressão-entalpia) como se pode observar na Figura 9.

Um ciclo frigorífico real difere de um ciclo teórico devido à ocorrência de perdas de carga, quedas de pressão, subarrefecimento do fluido refrigerante na saída do condensador (nem todos os sistemas são projetados com subarrefecimento) e sobreaquecimento com o objetivo de evitar a entrada de líquido no compressor. A Figura 10 exemplifica as diferenças entre o ciclo teórico e o ciclo real.

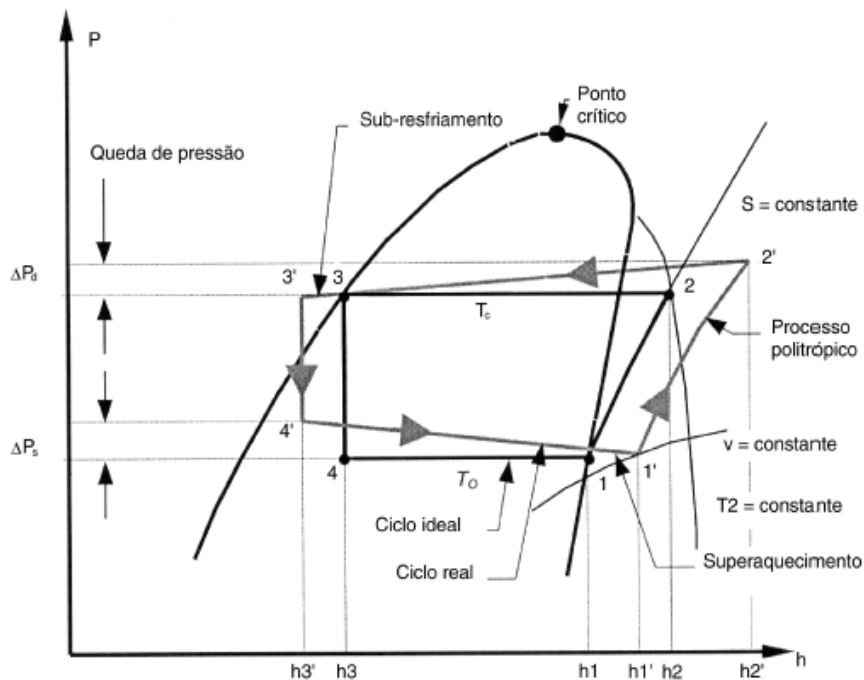


Figura 10 - Ciclo real e ideal de refrigeração no diagrama pressão-entalpia (Castro, 2011)

2.4.1.2 Principais componentes de um *Chiller* de compressão

2.4.1.2.1 *Fluidos Refrigerantes*

Os fluidos refrigerantes são fluidos utilizados em instalações frigoríficas para transportarem o calor absorvido do meio a arrefecer para o exterior do sistema.

Existem dois tipos de fluido refrigerante, os fluidos refrigerantes primários, que sofrem as transformações inerentes aos processos termodinâmicos do ciclo frigorífico, absorvendo e rejeitando calor, e os fluidos refrigerantes secundários, que transferem calor dos espaços a arrefecer para o agente refrigerante primário, provocando a sua vaporização.

Um fluido refrigerante primário deve possuir determinadas características termodinâmicas, físicas e químicas que permitam o correto desempenho do mesmo nas várias etapas do ciclo frigorífico, nomeadamente:

- Uma pressão de condensação tão baixa quanto possível;
- Uma pressão à temperatura de evaporação pretendida ligeiramente superior à pressão atmosférica;
- A menor relação possível entre pressões para as condições de funcionamento pretendidas;
- Pressões e temperaturas críticas muito superiores aos maiores valores de pressão e temperatura de funcionamento;
- Baixas temperaturas de descarga do compressor;
- Elevado calor latente de vaporização;
- Elevados coeficientes de convecção do líquido e do vapor;
- Ser quimicamente estável relativamente ao ar, água e óleos lubrificantes, nas gamas de temperaturas de funcionamento.

Os refrigerantes primários devem ainda ser de baixo custo e fácil obtenção e obedecer a alguns parâmetros de segurança. Estes fluidos não devem ser tóxicos, inflamáveis ou explosivos quando em contato com o ar, devem ter um odor característico suave e não irritante e devem ter pouca tendência para fugas e, no caso de estas existirem, devem ser de fácil deteção. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Os fluidos refrigerantes secundários são usados para retirar a carga térmica dos espaços que se pretende arrefecer, deixando o calor no evaporador, para que o fluido refrigerante primário possa ser vaporizado.

Para que um fluido possa ser usado como refrigerante secundário ele deve ser quimicamente estável quando em contato com o agente refrigerante, ter um ponto de congelação bastante inferior à temperatura do meio a arrefecer, baixa viscosidade, elevado coeficiente de transmissão de calor e elevado calor específico, de forma a minimizar o caudal em circulação. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

A água é um excelente fluido refrigerante secundário para temperaturas de operação até 3°C. Soluções anticongelantes e soluções de sais inorgânicos são também usadas como fluidos refrigerantes secundários.

A utilização de fluidos refrigerantes secundários permite confinar o fluido refrigerante primário a uma zona limitada, facilitando a deteção de eventuais fugas.

2.4.1.2.2 Compressores

O compressor é responsável por aspirar o fluido refrigerante do evaporador e elevar a sua pressão para que este possa condensar no condensador por perda de calor para o meio exterior.

Os compressores podem ter um princípio de funcionamento classificado como volumétrico ou dinâmico.

O funcionamento dos compressores volumétricos assenta numa diminuição do volume disponível que resulta num aumento da pressão do fluido refrigerante.

Existem compressores volumétricos alternativos, que possuem um êmbolo que executa movimentos alternados, aspirando o fluido refrigerante no movimento descendente e comprimindo-o no movimento ascendente, e compressores volumétricos rotativos, que possuem um rotor que se desloca com um movimento rotacional criando zonas de alta e baixa pressão. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Nos compressores dinâmicos o fluido refrigerante recebe energia sob a forma de energia cinética que é transformada em energia de pressão por um difusor, conseguindo-se assim obter um aumento da pressão à saída do compressor.

Os compressores são também classificados quanto ao seu tipo de acoplamento como herméticos, semi-herméticos ou abertos de acordo com a posição do motor de acionamento.

Nos compressores herméticos o motor e o compressor estão instalados dentro da mesma carcaça, não possibilitando o acesso a partir do exterior. Estes compressores têm a vantagem de serem mais silenciosos, resistentes, económicos e de fácil instalação, mas a impossibilidade de acesso implica que em caso de avaria tenham geralmente de ser substituídos.

Os compressores semi-herméticos têm o motor no prolongamento do veio de manivelas do compressor. Embora o motor e o compressor formem um só bloco é possível aceder do exterior, se bem que em caso de avaria elétrica seja necessário fazer a limpeza de todo o circuito de refrigeração para eliminar possíveis contaminantes. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

No caso dos compressores abertos o motor e o acoplamento entre o motor e o compressor estão fora da carcaça do compressor, permitindo o acesso à parte elétrica.

2.4.1.2.3 Condensadores

O condensador é responsável por rejeitar o calor absorvido pelo fluido refrigerante, causando o seu arrefecimento e condensação.

Os condensadores podem ser divididos em três regiões com base no estado do fluido refrigerante. A primeira região corresponde à zona de entrada, onde o fluido refrigerante se encontra no estado de vapor sobreaquecido. A região intermédia acomoda uma mistura de líquido e vapor, sendo a região onde de facto ocorre o processo de condensação. Na zona final o fluido refrigerante subarrefecido deve estar no estado de líquido saturado. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Os condensadores são classificados de acordo com o fluido que recebe a energia rejeitada pelo fluido refrigerante no condensador, que pode ser ar ou água.

Os condensadores arrefecidos a ar podem ser de convecção natural ou convecção forçada. Os condensadores arrefecidos a ar por convecção natural são geralmente usados em aplicações domésticas ou em sistemas de potência reduzida, sendo os sistemas de convecção forçada mais adequados para sistemas de potência média. Os condensadores de convecção forçada usam alhetas para facilitar as trocas de calor e são geralmente mais económicos do que os condensadores a água. (Castro, 2011)

Os condensadores a água podem ser de circuito aberto (por água perdida) ou em circuito fechado, sendo sempre necessário utilizar bombas para fazer a circulação da água. O calor absorvido pela água têm de ser posteriormente transferido para o ar exterior, por exemplo através de torres de arrefecimento. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

2.4.1.2.4 Dispositivo de expansão

Os dispositivos de expansão funcionam como redutores de pressão, mantendo a diferença de pressões entre a zona de alta pressão (condensador) e a da baixa pressão (evaporador) de modo a que o fluido refrigerante possa vaporizar à pressão correspondente à temperatura desejada. O esquema apresentado na Figura 11 indica a separação entre as zonas de alta e de baixa pressão no ciclo frigorífico.

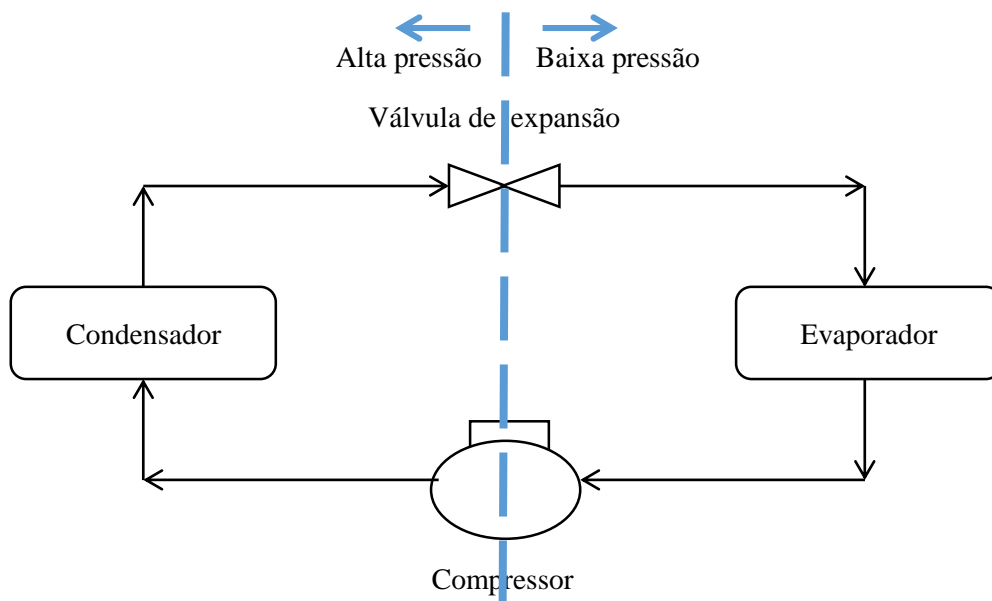


Figura 11 - Zonas de alta e baixa pressão no ciclo frigorífico

Estes equipamentos são ainda usados para controlar o fluxo de fluido refrigerante que alimenta o evaporador, de acordo com as necessidades de vaporização.

Os dispositivos de expansão mais comuns são os tubos capilares e as válvulas expansoras.

Os tubos capilares são tubos de pequeno diâmetro e grande comprimento instalados entre a saída do condensador e a entrada do evaporador. Os tubos capilares são geralmente usados em instalações de pequena dimensão.

As válvulas expansoras podem ser classificadas de acordo com o seu método de acionamento como manuais, termostáticas e automáticas.

As válvulas expansoras manuais são válvulas de agulha comandadas manualmente, variando o fluxo de fluido refrigerante de acordo com o tamanho da abertura da válvula e com a diferença entre a pressão do condensador e do evaporador. Este tipo de válvulas já quase não é usado atualmente.

As válvulas expansoras termostáticas permitem que se mantenha um sobreaquecimento constante à saída do evaporador, garantindo uma alimentação constante do mesmo, independentemente da carga existente no sistema. O sistema de abertura das válvulas de expansão termostática (VET) baseia-se no equilíbrio entre a pressão exercida pelo fluido existente no bolbo da válvula (p_b), que têm tendência para abrir a válvula e que varia em função da temperatura do fluido, e as pressões de evaporação (p_o) e da mola (p_s), que têm tendência para fechar a válvula: $p_b = p_o + p_s$. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

As válvulas expansoras automáticas têm um sistema de abertura que se baseia no equilíbrio entre a pressão de evaporação, que tem tendência a fechar a válvula, e a pressão da mola, que tem tendência a abrir a válvula. Estas válvulas têm um parafuso de regulação que intervém na variação da pressão de fecho ou abertura da válvula.

2.4.1.2.5 Evaporador

O evaporador absorve o calor do ambiente interno, resultando na vaporização do fluido refrigerante.

Os evaporadores devem ter uma área de permuta que permita transferir a quantidade necessária de energia sem que se verifique uma diferença excessiva de temperatura entre o fluido refrigerante e o meio a arrefecer. Os evaporadores devem ter também um volume que possibilite armazenar o fluido refrigerante e efetuar a separação entre líquido e vapor. É ainda necessário que o evaporador possua uma baixa perda de carga e um elevado coeficiente de transmissão de calor. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Os evaporadores podem ser classificados com base no movimento do fluido a arrefecer, que pode ser por convecção natural ou forçada.

Os sistemas de convecção natural têm um elevado factor de contato e reduzido coeficiente de transmissão de calor, o que pode criar uma humidade relativa com valores próximos da saturação. Estes sistemas são geralmente usados em instalações de baixa potência frigorífica, onde a ausência de ventiladores representa uma redução do custo da instalação. Para potências superiores é necessária uma maior área de permuta que resulta num aumento considerável dos custos.

Os evaporadores de convecção forçada apresentam várias vantagens relativamente aos de convecção natural, nomeadamente, a possibilidade de regular o grau de humidade relativa, uma temperatura do ar mais uniforme, maior facilidade de instalação e dimensões mais reduzidas, devido ao facto de os evaporadores de convecção forçada necessitarem de uma área de permuta inferior para a mesma potência térmica. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Os evaporadores podem ainda ser classificados quanto ao tipo de configuração em evaporadores de tubos e de tubos e alhetas.

Os evaporadores de tubos são tubos de cobre geralmente aplicados em instalações de pequena capacidade, ou de arrefecimento de líquidos por imersão.

Os evaporadores de tubos e alhetas são evaporadores de tubos com finas placas de metal fixadas entre os tubos. As alhetas permitem um aumento de eficiência nas trocas térmicas devido ao aumento da área de transferência de calor e possibilitam que estes evaporadores sejam mais compactos do que os de tubo liso. (Portal da Refrigeração, s.d.)

2.4.1.3 Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental

O fluido refrigerante a ser utilizado num sistema frigorífico deve ser escolhido tendo em atenção as regulamentações impostas quanto à utilização de substâncias que possam ser nocivas à saúde humana ou ao meio ambiente. Nomeadamente, existem vários grupos de fluidos refrigerantes, alguns dos quais não são permitidos por lei devido à presença de clorofluorcarbonetos (CFCs) que causam a degradação da camada de ozono.

Os refrigerantes hidrofluorcarbonetos (HFCs) foram desenvolvidos como alternativa aos refrigerantes à base de CFCs. Devido ao facto de não possuírem cloro os HFCs, têm um impacto menos agressivo para a camada de ozono. (Ajuda, 2009)

Foram já adotadas diversas medidas a nível nacional e europeu para controlar o uso deste tipo de refrigerantes e reduzir o nível de emissões de gases fluorados e de efeito de estufa, de entre os quais se destaca o Regulamento (UE) n.º 517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril, aplicável a partir de 1 de janeiro de 2015, que estabelece regras para o confinamento, utilização, recuperação e destruição de gases fluorados de efeito de estufa e impõe limites quantitativos à colocação no mercado de HFCs e produtos e equipamentos específicos que contenham, ou cujo funcionamento dependa de gases fluorados com efeito de estufa. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2014)

Os *Chillers* são responsáveis por uma porção significativa do consumo elétricos de um edifício, pelo que é indispensável investir na sua otimização de forma a diminuir os custos de operação destes equipamentos, bem como o seu impacto ambiental.

A eficiência de um *Chiller* pode ser avaliada através do seu coeficiente de desempenho (COP) e do seu índice de eficiência de energia (EER), sendo que valores mais elevados de COP e de EER correspondem a sistemas mais eficientes.

Numa instalação frigorífica o COP corresponde à razão entre a potência térmica e a potência elétrica consumida pelo sistema, como é apresentado na expressão [9]. O COP de uma instalação depende das temperaturas de evaporação e condensação, das características do fluido refrigerante e do estado dos vários componentes do sistema.

$$\text{COP} = \frac{P_{\text{térmica}} [\text{W}]}{P_{\text{elétrica}} [\text{W}]} \quad [9]$$

Já o EER representa o rácio entre a energia frigorífica produzida e a energia elétrica consumida para a produção de frio, como se pode observar na expressão [10].

$$\text{EER} = \frac{E_{\text{frigorífica}} [\text{BTU}]}{E_{\text{elétrica}} [\text{Wh}]} \quad [10]$$

2.4.2 Caldeira

Os sistemas de aquecimento central têm produção de calor por combustão num ponto central e distinto dos locais a climatizar, recorrendo a uma ou mais caldeiras, bombas de calor, energia solar térmica ou cogeração. Este calor é depois transportado ao longo do restante sistema através de um fluido térmico e devido a um processo de circulação natural por diferenças de temperatura ou de circulação forçada com recurso a bombas ou ventiladores. Ao longo da sua circulação pelo edifício, o fluido térmico transmite calor aos ventiladores que o difundem pelo espaço por processos de convecção. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

2.4.2.1 Processo de produção de calor

Na Figura 12 são apresentados os principais elementos intervenientes na produção de calor numa caldeira.

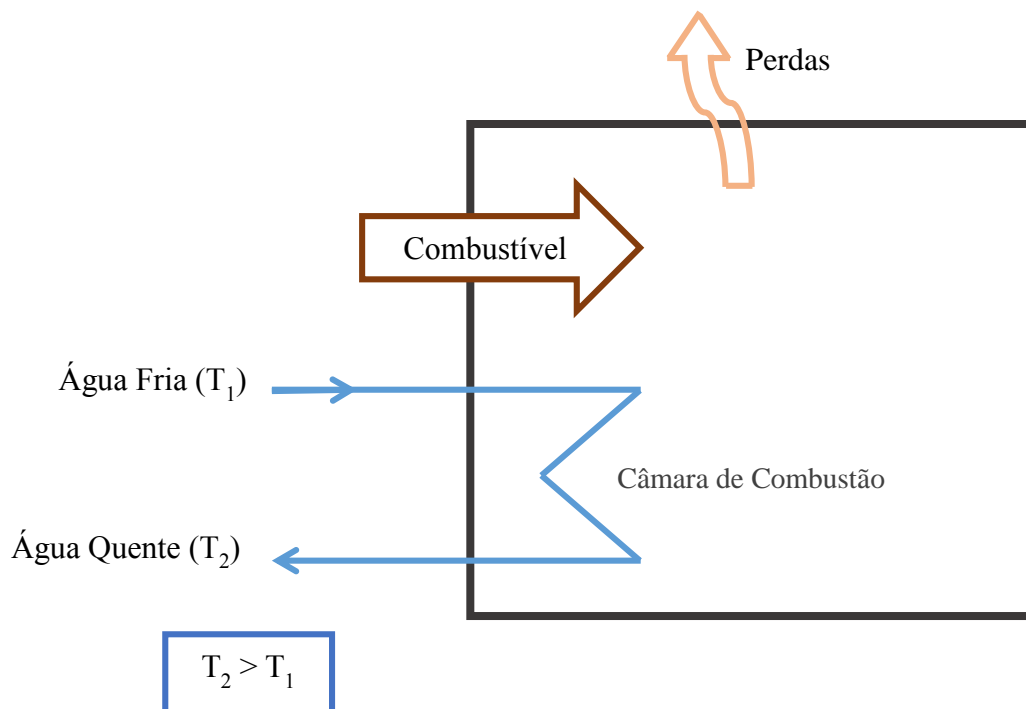


Figura 12 - Processo de produção de calor numa caldeira

Nas caldeiras o combustível é injetado através de mecanismos automáticos na chamada câmara de combustão, onde ocorre a queima do combustível.

Este processo causa o aquecimento dos componentes metálicos que transferem calor ao fluido térmico permitindo o aumento da sua temperatura antes que este seja enviado para os espaços a climatizar. No entanto, existe uma perda de energia térmica para o meio envolvente, a qual deve ser minimizada isolando as canalizações de água, a estrutura da caldeira e até a coluna de exaustão.

Os gases resultantes do processo de combustão são libertados para o meio exterior.

2.4.2.2 Principais componentes da caldeira

2.4.2.2.1 Fluido térmico

Um fluido térmico é um composto que possui propriedades que permitem o seu uso em processos que envolvam transferências de calor. Em sistemas de aquecimento central o calor produzido é usado para aquecer o fluido térmico que é depois circulado pelo edifício, transferindo calor para o meio que se pretende aquecer.

O calor produzido por caldeiras é geralmente transportado por vapor de água, água quente ou ar quente.

Os sistemas de água quente podem ser classificados em sistemas de um tubo ou de dois tubos. Nos sistemas de um tubo a água de alimentação de cada radiador entra e sai pela mesma tubagem depois de circular no seu interior. Nos sistemas de dois tubos existe uma tubagem para transporte de água quente da caldeira para os radiadores e outra para o transporte de água dos radiadores para a caldeira. Ambos os sistemas necessitam de compensar as variações de volume de água através de um vaso de expansão e são geralmente mais eficientes e menos propensos a sofrer corrosão do que os sistemas de vapor de água. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011) (Couras, Gestão Técnica de Edifícios - Aplicação em Edifício Escolar, 2011)

Os sistemas de vapor de água funcionam devido ao processo de libertação de calor resultante da condensação do vapor. O transporte do vapor de água ao longo de grandes distâncias é feito a alta pressão, sendo necessário existir um redutor de pressão para permitir a distribuição de calor no edifício.

Nos sistemas de ar quente, o ar frio é aquecido ao entrar em contato com as superfícies quentes da caldeira, passando em seguida por um humidificador. Estes sistemas não necessitam de radiadores, o ar quente circula pelo edifício através das canalizações e o controlo da temperatura num espaço é determinado pela abertura ou fecho dos registos das grelhas. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

2.4.2.2.2 Fornalha

O processo de combustão e produção de calor ocorrem na câmara de combustão da fornalha da caldeira.

A câmara de combustão é um compartimento que tem a função de manter a chama numa temperatura elevada, de modo a produzir o calor pretendido.

A fornalha pode ainda incluir um tabuleiro de acumulação de cinzas, dependendo do tipo de combustível usado.

2.4.2.2.3 Queimador

O calor associado ao processo de combustão numa caldeira é controlado pelo queimador, que realiza a transformação da energia química armazenada no combustível em energia térmica.

Para além de permitir o controlo da temperatura de saída e da pressão da caldeira, o queimador contribui para a estabilização da chama, promovendo a turbulência da mistura, a pulverização adequada do combustível e a recirculação dos gases da chama. Assim, e devido ao facto de poder ter uma posição fixa ou regulável, este equipamento influencia grandemente a eficiência média da queima. (Roriz) (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

2.4.2.2.4 Registo de admissão de ar

A intensidade e estabilidade da chama podem ser comprometidas se a entrada de ar ocorrer com muita turbulência ou com velocidade excessiva.

O registo de admissão de ar permite a regulação do caudal de ar e, conseqüentemente, a estabilização da chama.

2.4.2.2.5 Permutador de calor

Nas caldeiras são usados permutadores de contato indireto permitem a transferência do calor resultante do processo de combustão para o fluido térmico sem que estes se misturem.

A eficiência do permutador é avaliada pela relação entre o calor transmitido e o máximo que se pode permutar entre dois fluidos a determinadas temperaturas. Esta eficiência está essencialmente dependente do fluxo, temperatura e coeficiente de condutibilidade térmica dos fluidos, do formato do permutador e do material que o constitui. (Azevedo, 2005)

2.4.2.2.6 Equipamentos de controlo e segurança

Estes equipamentos permitem que a caldeira funcione corretamente e com segurança. De entre os equipamentos de controlo e segurança são de salientar:

- Vasos de expansão, que permitem compensar a variação do volume de água devido às mudanças de temperatura;
- Termostatos, usados para obter a temperatura da água;
- Filtros de água e de fumo, para limitar a entrada de impurezas nas tubagens de água e emissão de poluentes, respetivamente;

- Purgadores de água, para limpeza das tubagens, e purgadores de ar, para escoar o ar das canalizações de água;
- Queimador de arranque;
- Detetores de chama;
- Válvulas de controlo de temperatura e pressão e válvulas de segurança.

2.4.2.3 Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental

Segundo as condições ambientes de conforto de referência descritas no RCCTE, a temperatura do ar interior na estação de aquecimento deverá ser 20°C de modo a assegurar o conforto dos ocupantes do edifício e diminuir os efeitos da humidade. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006)

Devido aos riscos de segurança inerentes ao funcionamento das caldeiras, estas devem estar sujeitas a medidas que permitam assegurar a segurança dos utilizadores e instalações, incluindo manutenção adequada à legislação vigente e que permita o controlo das condições de funcionamento e deteção de eventuais anomalias da caldeira e a identificação de fugas de combustível ou de fluido térmico. Estas medidas devem ainda visar a verificação regular dos consumos da caldeira, incluindo consumos de combustível, energia elétrica, água quente e água de alimentação da caldeira, e a avaliação do desempenho da mesma. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Segundo o Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de agosto de 2013 a ADENE deve fazer recomendações relativamente à substituição, alteração e avaliação da eficiência energética e da potência adequada dos sistema de aquecimento com caldeira. (Ministério da Economia e do Emprego, 2013)

O Decreto-Lei n.º78/2004 de 3 de abril de 2004 estabelece o regime de prevenção e controlo das emissões de poluentes atmosféricos. As Portarias n.º 675/2009 e n.º 677/2009 de 23 de junho de 2009 vieram estabelecer os valores limite de emissão (VLE) de aplicação geral abrangidas por este Decreto-Lei, que para o caso de uma caldeira normal de combustível gasoso são os apresentados na Tabela 1. (Ministérios do Ambiente, 2009) (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Tabela 1 - Valores limite de emissões para caldeiras (Ministérios do Ambiente, 2009) (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Combustível	Teor de O ₂ de referência (%)	SO ₂ [mg/Nm ³]	NO _x [mg/Nm ³]	CO [mg/Nm ³]	H ₂ S [mg/Nm ³]	Partículas Totais [mg/Nm ³]
Gasoso	3	35	300	500	5	50

A potência calorífica do gás combustível é obtida através da expressão [11], onde $q_{\text{gás}}$ é o caudal de gás consumido e H a sua entalpia.

$$P_{\text{gás combustível}} [\text{W}] = q_{\text{gás}} [\text{kg/s}] \times H [\text{J/kg}] \quad [11]$$

A partir do valor desta potência, e considerando o rendimento da caldeira (η), é possível obter a potência cedida à água a partir da seguinte expressão:

$$P_{\text{água}} [\text{W}] = P_{\text{gás combustível}} [\text{W}] \times \eta \quad [12]$$

O calor sensível recebido pela água é obtido pela expressão [13], onde $q_{\text{água}}$ é o caudal de água utilizado, $c_{p_{\text{água}}}$ é o calor específico da água e T_1 e T_2 são a temperatura de entrada e saída da água, respectivamente:

$$Q_{\text{água}} [\text{W}] = q_{\text{água}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \times c_{p_{\text{água}}} \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \times (T_2 - T_1) [\text{K}] \quad [13]$$

2.4.3 Ventilação

Os sistemas de ventilação existentes num edifício têm um papel fundamental no controlo da qualidade do ar interior, possibilitando a extração de poluentes interiores emitidos por fontes pontuais (como cozinhas ou instalações sanitárias), e a eliminação de poluentes gerados de forma dispersa pelos equipamentos e ocupantes do espaço, através insuflação de ar novo e da remoção de poluentes por filtragem do ar interior. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

A ventilação de um edifício pode ser feita por mecanismos de convecção natural, devido a diferenças de temperatura e pressão entre massas de ar. Porém, na maioria dos casos a conceção arquitetónica dos edifícios requer a utilização de sistemas de ventilação forçada, sendo necessário recorrer à movimentação mecânica do ar para providenciar caudais de ar adequados às necessidades dos vários espaços.

Os sistemas de ventilação forçada permitem um controlo mais eficaz das taxas de renovação de ar e dos caudais de ar de insuflação e extração, enquanto nos sistemas de ventilação natural a circulação de ar varia de acordo com as condições atmosféricas. Os sistemas de ventilação forçada têm ainda a vantagem de poderem realizar o pré-aquecimento, pré-arrefecimento ou humidificação do ar insuflado.

Quando os sistemas de ventilação forçada estão desligados, o caudal de ar é quase nulo, o que pode resultar na acumulação de poluentes ou propagação de agentes patogénicos que podem ter consequências negativas para a saúde e conforto dos utilizadores. Estes sistemas têm ainda a desvantagem de que necessitam de consumir energia elétrica para funcionar e podem ser ruidosos. (Peneda, 2013)

2.4.3.1 Principais equipamentos dos sistemas de ventilação forçada

2.4.3.1.1 Unidades de Ventilação

As unidades de ventilação são compostas por uma caixa de ventilação, isto é, uma caixa metálica onde está instalado ventilador e que pode possuir um sistema de filtragem de ar.

Os ventiladores podem ser classificados relativamente ao seu princípio de funcionamento em:

- Ventiladores de insuflação, se enviarem ar absorvido no exterior do edifício para o espaço a ser ventilado;
- Ventiladores de extração, se fizerem a aspiração do ar existentes num espaço e o libertarem no exterior;
- Ventiladores insufladores e extractores *in-line*, se forem ventiladores em que aspiração e a descarga estão ligadas à mesma conduta.

Os ventiladores são equipamentos que convertem a energia mecânica de rotação aplicada nos seus eixos num aumento de pressão do ar, causando a movimentação de um caudal de ar a uma certa velocidade determinada pela diferença de pressão existente entre os dois extremos da conduta de ar.

Estes equipamentos são constituídos por um propulsor giratório, um motor, geralmente elétrico, de acionamento e dispositivos de controlo que permitem, por exemplo, o arranque e a regulação da velocidade de funcionamento.

É possível classificar os ventiladores em axiais, centrífugos e hélio-centrífugos, de acordo com o percurso do ar.

Os ventiladores axiais são ventiladores económicos, que produzem pouco ruído e possuem uma inclinação das pás relativamente ao eixo que permite que ao girarem criem um movimento em forma de hélice que resulte na aspiração de ar. Nos ventiladores centrífugos o ar entra pela zona central da turbina, sendo impulsionado para a periferia da mesma pelas pás, de modo a ser conduzido para a chamada “boca de saída”. Os ventiladores hélio-centrífugos são equipamentos em que a trajetória do ar no rotor ocorre seguindo um percurso conforme superfícies cilíndricas coaxiais na entrada, como nos ventiladores axiais, e com um comportamento à saída semelhante ao dos ventiladores centrífugos. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

A escolha do ventilador mais adequado para cada situação depende de vários fatores, nomeadamente, do caudal e pressão de funcionamento pretendidos.

Os ventiladores podem funcionar por acionamento direto, se o motor tiver um eixo comum ou de prolongação do eixo do ventilador, ou por acionamento por transmissão por correias e polias, o que permite que o motor seja posicionado fora do alcance da corrente de ar.

2.4.3.1.2 Unidades de Termoventilação

As unidades de termoventilação (UTVs) são caixas de ventilação com sistema de filtragem de ar e bateria de aquecimento, que possibilitam a renovação e aquecimento do ar enviado para o espaço a ser climatizado.

As baterias de aquecimento instaladas nas UTVs permitem o controlo da temperatura do ar insuflado. Estas baterias podem ser constituídas por fiadas de resistências elétricas alhetadas ou

por sistemas de alhetas e tubos por onde circula água quente. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

2.4.3.1.3 Unidades de Tratamento de Ar

As unidades de tratamento de ar (UTAs) permitem a renovação, tratamento e climatização do ar, fornecendo ar quente ou frio para os espaços a ventilar.

As UTAs fazem a mistura e insuflação de ar novo e de ar recirculado, de modo a satisfazer as necessidades de ventilação do espaço e fazer um melhor aproveitamento energético, respetivamente. O ar que é extraído depois de varrer os espaços a ventilar e remover parte da carga térmica que estes contêm, é enviado para as UTAs para que possa voltar a ser parcialmente recirculado ou expulso para o exterior e substituído por ar novo.

As chamadas unidades de tratamento de ar novo (UTANs) fazem a insuflação de ar novo mas não a recirculação de ar.

Estes equipamentos são geralmente constituídos por um grupo moto-ventilador, filtros, entrada de ar e baterias de aquecimento, arrefecimento ou ambas.

As baterias de aquecimento das UTAs são semelhantes às das UTVs. As baterias de arrefecimento podem ser constituídas por sistemas de alhetas e tubos por onde circula água refrigerada por uma unidade produtora de água fria ou um fluido refrigerante semelhante ao R-22.

2.4.3.2 Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental

Os vários equipamentos empregues nos sistemas de ventilação forçada incluem ventiladores, que por serem máquinas rotativas criam ruído ao funcionarem.

A quantidade de ruído provocado pelos ventiladores depende do estado de conservação do ventilador, do modo e local onde este está fixado e das características do próprio ventilador.

A exposição prolongada ao ruído pode ter vários impactos na saúde dos utilizadores do edifício, nomeadamente através da perda de audição, dores de cabeça, alterações de humor, redução das capacidades de compreensão e retenção de informação e aumento da sensação de *stress*, que por sua vez tem efeitos fisiológicos temporários como o aumento da tensão arterial, aumento da frequência cardíaca ou vasoconstrição e aumento do risco de acidentes. (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, s.d.) (Carla Ramos)

Devido à necessidade de controlo da poluição sonora é necessário realizar medições regulares do nível de pressão sonora causada por estes equipamentos, para verificar se estes se encontram dentro dos valores máximos de nível sonoro aceitáveis para o local onde estão instalados, de acordo com o legislado no Regulamento Geral do Ruído aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro. (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2006)

No caso de equipamentos que possuam atenuadores acústicos, estes devem ser selecionados tendo em conta o tipo de fibras que possam libertar e o impacto que estas possam ter na saúde humana e no meio ambiente.

Os vários equipamentos usados para a ventilação podem apresentar desperdícios energéticos resultantes da perda de carga no seu interior, sendo por isso de extrema importância proceder ao seu correto dimensionamento para obter o melhor aproveitamento possível. No caso específico das baterias de arrefecimento, onde ocorre a formação de gotículas de água por condensação, este dimensionamento deve ter em conta a perda de carga introduzida pelo arrastamento das mesmas. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

A formação de gotículas de água, resultante do funcionamento das UTAs, pode levar a que nas zonas de acumulação de condensados se verifique o aparecimento de fungos, algas e outros organismos que podem ser prejudiciais à saúde humana, de entre os quais se salienta a *legionella*, uma bactéria que se reproduz em ambientes aquáticos naturais e artificiais de água doce.

Esta bactéria pode provocar uma pneumonia bacteriana grave, por vezes referida como doença do legionário, transmitida por via aérea através da inalação de gotículas de água contaminadas. A *legionella* pode desenvolver-se em sistemas de água onde ocorra estagnação de água e se verifiquem condições físico-químicas propícias à sua reprodução, nomeadamente se a água apresentar temperaturas entre os 20°C e os 43°C e pH entre 2 e 8,5.

Deste modo, é necessário evitar a presença de água estagnada através do correto dimensionamento dos sistemas de ventilação, da utilização de tabuleiros de recolha de condensados de aço *inox* de fundo inclinado e com ligação ao esgoto para escoamento da água, e de manutenção regular adequada, incluindo inspeções visuais regulares, aplicação de substâncias inibidoras de corrosão e de incrustação, uso de biocidas para controlo microbiológico e o isolamento interior destas unidades quando se fizer a limpeza das serpentinas. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, 2011)

Para prevenção da reprodução da *legionella* deve-se ainda garantir que a temperatura da água do circuito de água fria esteja sempre abaixo de 20°C, a temperatura da água no circuito de água quente esteja acima dos 50°C no ponto mais afastado do circuito e que as tubagens de água fria, para além de serem isoladas termicamente, estejam suficientemente afastadas das tubagens de água quente. (Direcção-Geral da Saúde & Direcção-Geral do Turismo, 2001)

2.4.4 Sistema de Distribuição de Ar e Água Climatizada

Os sistemas de climatização podem ser classificados como sistemas individuais ou centralizados.

Os sistemas individuais consistem num equipamento ou conjunto de equipamentos que permitem responder às necessidades de climatização do local onde estão instalados. Estes equipamentos possibilitam a produção de calor ou frio através de um sistema de expansão direta de um fluido refrigerante e o aquecimento ou arrefecimento direto do ar que os rodeia, pelo que são mais adequados para espaços pequenos. Os sistemas individuais são geralmente compactos e têm um custo de investimento inicial moderado. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

Estes sistemas podem ser de tipo *split*, se forem constituídos por duas unidades, uma localizada no interior do espaço a climatizar e a outra no exterior, ou unitário, se aparelho tiver apenas uma unidade que inclui evaporador e condensador. Atualmente os sistemas *split* são comuns, especialmente desde o aparecimento dos sistemas *multi-split* que permitem que várias unidades interiores estejam ligadas a uma única unidade exterior.

Nos sistemas centralizados as unidades de produção de frio ou calor estão em locais distintos dos espaços a climatizar e existe um sistema de distribuição do fluido de transferência de energia aos

equipamentos terminais localizados nestes espaços, permitindo a climatização da maioria ou totalidade do edifício. (Chaves, 2009)

A implementação de um sistema de gestão técnica centralizada possibilita o controlo central dos vários equipamentos do sistema de climatização, incluindo a monitorização do seu estado de funcionamento, comando automático, monitorização de consumos e deteção de avarias. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

Os sistemas centralizados de climatização podem utilizar água, fluidos refrigerantes, soluções aquosas, ar ou outros gases como fluido térmico. De acordo com o fluido térmico usado estes sistemas são geralmente classificados como sistemas tudo água, tudo ar, ar-água ou com expansão direta de um fluido refrigerante.

Os sistemas tudo água utilizam água como fluido térmico, fazendo a distribuição de água quente ou fria pelos equipamentos terminais do edifício, de entre os quais se salientam os ventilosconvetores pelo seu uso generalizado, de modo a contrariar o efeito das cargas térmicas existentes nos vários espaços. Os circuitos de tubagens de distribuição de água dos sistemas tudo água ocupam pouco espaço, constituindo uma solução mais compacta do que os sistemas tudo ar, mas estes sistemas têm as desvantagens de serem muito dispendiosos, de não permitirem a renovação de ar e de praticamente não haver controlo da humidade. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

Nos sistemas tudo ar o transporte de calor ou frio é realizado por ar que foi previamente aquecido ou arrefecido por uma UTA. Estes sistemas podem ser classificados como sendo de percurso simples, se as baterias de aquecimento e arrefecimento das UTAs estiverem montadas em serie e a distribuição de ar climatizado for realizada por apenas uma conduta, ou de percurso duplo, se as baterias de aquecimento e arrefecimento estiverem montadas em paralelo permitindo que os processos de aquecimento e arrefecimento de ar ocorram simultaneamente. Os sistemas tudo ar são pouco dispendiosos mas podem apresentar problemas na resposta às necessidades de climatização de vários espaços em simultâneo. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

Os sistemas ar-água possibilitam simultaneamente a renovação do ar dos espaços climatizados, através da introdução de ar proveniente das UTAs, e a distribuição de calor ou frio às unidades terminais instaladas nestes espaços através da circulação de água climatizada. A implementação destes sistemas implica um maior investimento inicial mas resulta num funcionamento mais eficiente e numa melhor qualidade do ar interior.

Os sistemas com expansão direta de um fluido refrigerante são semelhantes aos sistemas tudo-água mas utilizam um fluido refrigerante em vez de água. Assim, estes sistemas apresentam as mesmas desvantagens dos sistemas tudo-água, não tendo renovação do ar e praticamente não permitindo o controlo de humidade. A utilização de um fluido refrigerante possibilita uma redução do caudal usado para o aproveitamento do calor latente do espaço.

2.4.4.1 Principais componentes

2.4.4.1.1 Rede de distribuição de ar

A rede de distribuição de ar é composta por um conjunto de condutas que fazem a ligação entre os equipamentos terminais instalados nos espaços a climatizar e as unidades de ventilação e de

tratamento de ar. Estas condutas devem possuir um diâmetro que permita que a velocidade de circulação no seu interior resulte no arrastamento das partículas sólidas.

As condutas devem possuir registos para regulação do caudal de ar, registos corta-fogo, filtros e painéis de acesso para limpeza, inspeção e manutenção. A presença destes elementos, bem como a própria estrutura das condutas, resulta numa perda de carga ao longo percurso que tem uma componente linear, devido ao contacto com as paredes da conduta, e uma componente localizada, que advém das curvas, estrangulamentos, mudanças de direção e outros obstáculos à passagem do ar. Esta perda de carga deve ser levada em conta ao escolher o ventilador a instalar. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

O ar é insuflado nos vários espaços através de grelhas de insuflação e difusores e extraído através de grelhas de aspiração.

2.4.4.1.2 Rede de distribuição de água climatizada

A rede de distribuição de água climatizada inclui um conjunto de tubagens que permite o transporte de água ao longo dos vários equipamentos do sistema centralizado de climatização. No dimensionamento destas tubagens, a seleção do diâmetro e comprimento da tubagem e a rugosidade interna do material que a constitui deve visar a minimização da perda de carga para o caudal necessário.

As tubagens de distribuição de água climatizada e respetivos acessórios devem ser isolados termicamente e as tubagens localizadas nas áreas técnicas, no exterior ou no interior à vista devem possuir um revestimento de proteção mecânica de folha de alumínio. Todos os circuitos de tubagem devem estar corretamente identificados de acordo com o código adotado relativamente ao sentido de circulação e aos equipamentos que servem. (Nunes, 2010)

Estes sistemas necessitam de diversos acessórios, de entre os quais se destacam pela sua importância os purgadores, filtros, manómetros, termómetros, vasos de expansão, foles e juntas antivibráticas para absorver as dilatações térmicas da tubagem assim como as vibrações produzidas pelos motores dos vários equipamentos, e válvulas de segurança e para controlo da circulação da água ao longo dos circuitos de tubagem, incluindo válvulas de seccionamento, purga ou descarga, reguladoras de fluxo, redutoras de pressão, de controlo de caudal ou de nível. (Monteiro, 2008)

Nas redes de distribuição de água climatizada são utilizados sistemas de bombagem para assegurar a circulação da água. As bombas hidráulicas ao fazerem a transformação de energia mecânica em energia cinética ou pressão possibilitam que este fluido atinja uma cota com pressão que assegure as condições mínimas de escoamento, garantindo a movimentação da água ao longo do sistema. (Simão, 2009)

As bombas hidráulicas são constituídas por um motor elétrico que permite a conversão de energia elétrica em movimento mecânico de rotação que é transferido por um eixo acoplado ao rotor e impulsor, produzindo um aumento da pressão no interior da bomba que possibilita a movimentação do fluido.

Tal como acontece com os ventiladores, as bombas podem ser classificadas de acordo com o tipo e formato do rotor em bombas axiais, que possuem trajetórias de fluxo de acordo com a direção do eixo da bomba, bombas radiais, ou centrífugas, que têm uma trajetória de fluxo segundo um percurso radial do centro para a periferia do rotor, ou bombas mistas, cuja trajetória de fluxo é diagonal relativamente ao eixo do rotor. (Simão, 2009)

Num sistema trifásico sinusoidal, simétrico e equilibrado a potência elétrica fornecida ao motor da bomba hidráulica poderia ser calculada através da expressão [14], onde I representa o valor eficaz da corrente, U_c o valor eficaz da tensão composta e $\cos \varphi$ é o fator de potência.

$$P_{\text{elect}} [\text{W}] = \sqrt{3} \times U_c [\text{V}] \times I[\text{A}] \times \cos \varphi \quad [14]$$

A equação [15] representa a conversão desta potência elétrica em potência mecânica no veio, sendo que η_{motor} é o rendimento do motor elétrico, ω a velocidade angular do veio e τ o binário mecânico.

$$P_{\text{mec veio}} [\text{W}] = \eta_{\text{motor}} \times P_{\text{elect}} [\text{W}] = \omega [\text{rad/s}] \times \tau [\text{N.m}] \quad [15]$$

A potência hidráulica necessária para que um caudal mássico de água $q_{\text{água}}$ seja elevado a uma dada altura manométrica Δh pode ser obtida pela expressão [16], sendo que η_{bomba} corresponde ao rendimento da bomba hidráulica, g representa a aceleração da gravidade e ρ a massa específica da água.

$$P_{\text{hidráulica}} [\text{W}] = \eta_{\text{bomba}} \times P_{\text{mec veio}} [\text{W}] = q_{\text{água}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \times \Delta h [\text{m}] \times g \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \times \rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad [16]$$

2.4.4.1.3 Unidades ventiloconvetoras

As unidades ventiloconvetoras são as unidades terminais de tratamento de ar mais usadas para climatização local de um dado espaço, possibilitando a filtração, aquecimento ou arrefecimento e, por vezes, a desumidificação do ar insuflado. Estes equipamentos são geralmente constituídos por um grupo moto-ventilador, filtro de ar e uma ou duas baterias para aquecimento ou arrefecimento. (Chaves, 2009)

A utilização de ventiloconvetores permite o controlo individualizado da climatização de cada espaço, garantindo um maior conforto térmico dos seus utilizadores e uma poupança energética derivada do facto do consumo do grupo moto-ventilador ser variável, e possibilita a disponibilização de potências elevadas usando tubagens de secção reduzida.

Neste tipo de sistemas o controlo do nível de ruído é difícil devido ao facto do equipamento estar instalado no próprio espaço a climatizar. Estes equipamentos apresentam ainda outras desvantagens, como obrigarem à existência de um sistema separado de tratamento de ar novo e possuem sistemas de filtragem serem geralmente pouco eficientes e com uma grande perda de carga. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

Os ventiloconvetores integrados em sistemas com distribuição de água quente e fria podem apresentar diferentes configurações de alimentação e retorno, pelo que estes sistemas são classificados como sistemas de distribuição a dois, três ou quatro tubos.

Nos sistemas de dois tubos ocorre apenas ida e retorno de água quente ou fria, já que existe apenas uma bateria para aquecimento ou arrefecimento. Desta forma, todos os espaços são simultaneamente aquecidos ou arrefecidos e o único controlo que pode ser exercido sobre a temperatura num dado espaço advém da regulação do caudal de água que circula pela bateria efetuada através de válvulas modulantes de duas ou três vias e que podem ser manuais ou automáticas. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011)

Os sistemas de três tubos possuem duas vias de ida, uma para água quente e outra para água fria, e uma via de retorno onde ocorre mistura de água quente e fria proveniente das várias unidades ventiloinveteras. Estes sistemas possibilitam a resposta simultânea e independente às necessidades de aquecimento e arrefecimento de diferentes espaços, mas são pouco usado atualmente, já que a mistura de fluidos no retorno resulta numa perda de eficiência energética global. São usadas válvulas não misturadoras de três válvulas para selecionar o modo de funcionamento das baterias e regular o caudal de água que as atravessas. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011) (Chaves, 2009)

Os sistemas de quatro tubos são alimentados por uma tubagem de água quente e outra de água fria, podendo ter uma ou duas baterias e possibilitando o aquecimento e arrefecimento simultâneo de diferentes espaços do edifício sem que ocorra mistura de águas no retorno. Válvulas modulantes de duas ou três vias permitem a seleção e modulação do caudal de água que circula pela bateria de acordo com o comando dado pelo termóstato de ambiente. A implementação deste tipo de sistema apresenta um custo inicial elevado, mas resulta num aumento da eficiência energética global do sistema que permite a redução dos custos de exploração comparativamente aos sistemas de três tubos. (Chaves, 2009)

2.4.4.2 **Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental**

Os sistemas centralizados possibilitam o aumento da eficiência energética do edifício, pelo que existem limitações ao uso de sistemas unitários e obrigações relacionadas com o uso de sistemas centralizados, implementadas pelo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), do decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de abril de 2006. O RSECE impõe também obrigações relacionadas com a monitorização e gestão de energia dos sistemas de climatização.

Estes sistemas devem também respeitar o Regulamento Geral do Ruído, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios implementado através do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013. (Carpinteiro, Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, 2011) (Nunes, 2010)

Existem ainda diversas normas portuguesas desenvolvidas pela Associação Portuguesa da Indústria de Refrigeração e Ar Condicionado em conformidade com as normas estabelecidas a nível europeu, que devem ser consideradas no que diz respeito ao dimensionamento e funcionamento destes sistemas e aos requisitos de segurança e proteção ambiental que os mesmos podem oferecer. (Associação Portuguesa da Indústria de Refrigeração e Ar Condicionado, s.d.)

2.5 Iluminação

2.5.1 Iluminação interior

A iluminação interior artificial deve responder às necessidades funcionais do espaço em que se encontra instalada, permitindo boas condições de visibilidade e segurança e complementando a iluminação natural disponível.

Os sistemas de iluminação artificial podem ser divididos em três grupos: o sistema de iluminação principal, que deve assegurar as necessidades de conforto luminoso, o sistema de iluminação secundário, que engloba as fontes luminosas decorativas e arquitetónicas, e o sistema terciário ou de segurança, necessário em situações de emergência para sinalizar o percurso de evacuação e permitir a intervenção das equipas de socorro. (Silva, 2011)

2.5.2 Iluminação exterior

As principais funções da iluminação exterior consistem em oferecer segurança para os utilizadores e garantir condições de visibilidade que permitam o trânsito de viaturas e peões. Para assegurar estes objetivos é importante obter a maior uniformidade possível entre pontos de luz e uma boa reprodução de cores.

As luminárias podem ser instaladas numa superfície exterior do edifício, como no caso dos holofotes, ou serem suportadas por postes ou colunas de sustentação.

No caso das luminárias instaladas em colunas de sustentação, existem diferentes formas de disposição de luminárias em vias que podem ser usadas para permitir a iluminação ao longo de estradas, caminhos ou parques de estacionamento. Um dos arranjos mais comuns consiste na instalação bilateral dos postes de iluminação, que pode ocorrer com os postes frente a frente ou de forma alternada, como se pode observar na figura seguinte.

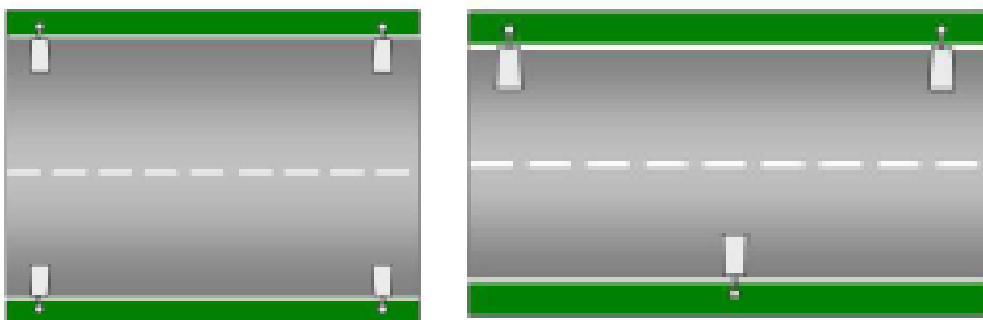


Figura 13 - Disposição bilateral frente a frente e bilateral alternada (CEMIG, 2012)

Outros arranjos comuns na distribuição das luminárias são a disposição unilateral, geralmente usada em estradas mais estreitas com largura menor ou igual à altura das luminárias, e a disposição em canteiros centrais.

2.5.3 Principais componentes dos sistemas de iluminação

2.5.3.1 Lâmpadas

Atualmente existem diversos tipos de lâmpadas, cada um com diferentes características luminotécnicas que devem ser consideradas para garantir a adequação do sistema de iluminação às necessidades do espaço. As principais características a ter em conta são o rendimento luminoso, a luminância, temperatura da cor, índice de restituição cromática e duração de vida média da lâmpada.

As lâmpadas podem ser classificadas como lâmpadas incandescentes, lâmpadas de descarga, lâmpadas de indução ou LEDs.

As lâmpadas incandescentes são formadas por uma ampola de vidro que contém um gás inerte, geralmente azoto ou argon, e um filamento de elevada resistência elétrica que produz luz e calor quando levado à incandescência devido à passagem de corrente elétrica.

As lâmpadas de halogéneo possuem um filamento de tungsténio que emite luz devido à passagem de corrente elétrica, tal como acontece nas lâmpadas incandescentes. Durante este processo, algumas moléculas do filamento evaporam, sendo capturadas pela mistura de gases inertes e halogéneo contida na ampola das lâmpadas. Posteriormente, este composto formado pelo halogéneo e o tungsténio decompõe-se devido à elevada temperatura do filamento, levando à restituição do tungsténio ao filamento e à regeneração do mesmo. Assim, é possível obter lâmpadas de tamanho reduzido e com grande durabilidade.

As lâmpadas de descarga são constituídas por um tubo que contém um gás ou vapor metálico no seu interior e um eletrodo em cada extremidade e que é externamente envolvido por um outro tubo ou ampola de vidro. Nestas lâmpadas a emissão de luz é provocada pela ionização do gás devido à excitação dos eletrões resultante da aplicação de uma tensão nos eletrodos do tubo de descarga. As lâmpadas de descarga necessitam de um dispositivo arrancador, que consiste numa reatância indutiva (balastro ferromagnético ou eletrónico), para providenciar uma sobretensão no processo de arranque e para limitar a corrente em funcionamento normal, que tenderia a aumentar devido ao efeito de impedância negativo característico do comportamento do gás já ionizado

Estas lâmpadas podem ser classificadas de acordo com a pressão do gás ou vapor metálico em lâmpadas de alta pressão ou de baixa pressão, conforme tenham pressões superiores ou inferiores a 1 bar, respectivamente.

As lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão são geralmente utilizadas em grandes espaços exteriores, apresentando a vantagem de terem um baixo custo inicial. Contudo, estas lâmpadas têm uma baixa eficiência energética, com perdas de energia que podem corresponder a até 50% da potência consumida, pelo que têm vindo a ser substituídas por outras lâmpadas de maior rendimento luminoso. (Sousa D. N., 2012)

As lâmpadas de iodetos metálicos são semelhantes às lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão a que se adicionaram iodetos metálicos ao gás de descarga de modo a obter uma elevada eficiência energética. Estas lâmpadas emitem luz branca e extremamente brilhante, permitindo uma iluminação intensa adequada para aplicações interiores e exteriores em que se pretenda valorizar o espaço. (Jesus, 2012) (Sousa R. M., 2011)

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão são semelhantes às lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão em termos de construção e funcionamento, mas permitem obter um melhor rendimento luminoso devido à utilização do vapor de sódio que emite uma maior percentagem de radiação visível. Para além de conterem um excesso de sódio, que permite obter condições de

saturação do vapor durante o funcionamento da lâmpada, estas lâmpadas contêm um excesso de mercúrio, que funciona como gás de proteção, e argón ou xénon sob baixa pressão, que facilita o arranque e limita a propagação do arco de descarga para a parede do tubo. As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão são ligeiramente mais caras do que as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão, apresentando uma excelente relação custo/benefício. (Sousa D. N., 2012) (Sousa R. M., 2011)

As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão são formadas por uma ampola transparente que envolve o tubo de descarga que contém um gás inerte que consiste numa mistura de néon e argón, e uma fina camada de sódio. O gás inerte é utilizado para facilitar o arranque da lâmpada, produzindo calor devido à descarga elétrica que vaporiza o sódio, e resulta na emissão de luz avermelhada durante o arranque que posteriormente é substituída pela luz de cor amarela emitida pelo sódio. (Sousa D. N., 2012) (Sousa R. M., 2011)

As lâmpadas fluorescentes são semelhantes às lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão mas utilizam vapor de mercúrio a baixa pressão em vez de vapor de sódio. O interior do tubo de descarga destas lâmpadas é revestido por uma mistura de compostos fluorescentes que permitem que a radiação ultravioleta emitida devido à descarga do mercúrio seja convertida em radiação visível.

As lâmpadas fluorescentes podem ser classificadas como lâmpadas fluorescentes compactas integradas, lâmpadas fluorescentes compactas não integradas ou lâmpadas fluorescentes tubulares.

As lâmpadas fluorescentes compactas são frequentemente utilizadas para substituir lâmpadas incandescentes. Estas lâmpadas emitem luz branca, semelhante à emitida pelas lâmpadas incandescentes, existindo também lâmpadas de outras cores.

As lâmpadas fluorescentes compactas integradas possuem um conversor eletrónico incorporado na lâmpada, não sendo necessário utilizar nenhum de equipamento adicional. Os casquilhos são semelhantes aos das lâmpadas incandescentes (E27 ou E14), permitindo a sua substituição imediata. (Sousa R. M., 2011)

Atualmente existe uma grande variedade de lâmpadas fluorescentes tubulares, com diferentes potências e diâmetros, permitindo a sua adequação a diversos espaços e aplicações, incluindo escritórios, edifícios de serviços ou comércio, escolas e habitações.

Existem equipamentos que permitem maximizar as radiações emitidas pelas lâmpadas, aumentando a eficiência dos sistemas de iluminação. De entre estas tecnologias é importante salientar os adaptadores Eco-Tubo[®], que possibilitam a utilização de lâmpadas de diâmetro T5 em aplicações concebidas para T8 e a utilização de lâmpadas de menor potência sem ser necessário modificar as luminárias, incluem um refletor de luz e um balastro eletrónico integrado no corpo do adaptador e permitem uma redução de até 50% nos consumos elétricos Na Figura 14 é apresentada uma fotografia de um adaptador Eco-Tubo[®]. (Sales Craft, S.L., s.d.)



Figura 14 - Lâmpada e adaptador Eco-Tubo[®] (SalesCraft, S.L., s.d.)

Um díodo emissor de luz, também designado pela sigla inglesa LED (*light emitting diode*), é constituído por uma junção P-N de material semicondutor. Quando se aplica uma tensão que polariza o LED nem todos os eletrões possuem energia suficiente para passarem da banda de valência para a banda de condução. Estes eletrões retornam à banda de valência, ocorrendo uma libertação de energia que se traduz na emissão de fotões, ou seja, na produção de luz.

Os LEDs possuem várias características que permitem o seu uso numa grande variedade de aplicações, nomeadamente o facto de não emitirem radiações ultravioleta ou infravermelhas, serem resistentes a impactos e vibrações e funcionarem a baixa tensão, o que se traduz em instalações mais seguras para os utilizadores.

Estas lâmpadas necessitam de conversores eletrónicos de fotões que convertam a energia proveniente da rede às características de funcionamento dos LEDs e, no caso dos LEDs de alta potência, podem necessitar de equipamentos de dissipação de calor para garantir o seu correto funcionamento já que a quantidade de luz emitida tende a diminuir com o aumento da temperatura.

Estes equipamentos têm um custo de aquisição elevado, no entanto têm uma vida útil muito superior à dos outros tipos de lâmpadas, atingindo as 50.000 horas, o que se traduz numa diminuição dos custos associados à manutenção e baixo consumos energéticos. (Sousa D. N., 2012)

2.5.3.2 Luminárias

As luminárias são estruturas mecânicas usadas para suportar as lâmpadas e respectivos equipamentos auxiliares, nomeadamente balastos, arrancadores, condensadores, refletores e difusores, assegurando a sua proteção e correta interligação mecânica e elétrica.

É possível encontrar numerosos modelos de luminárias no mercado, pelo que é importante proceder à escolha do tipo de luminária mais adequado a cada situação, tendo em conta algumas características que afetam o rendimento luminoso, o conforto visual dos utilizadores ou a segurança das instalações elétricas, como o tipo de distribuição da luz (direta, indireta, semidireta, difusa ou de destaque), distribuição da luminância e uniformidade da iluminação proporcionadas pela luminária, material constituinte e índice de proteção, um valor de dois algarismos usado para indicar o nível de proteção contra a entrada de agentes externos, como poeira ou humidade. (Louçano, 2009) (Pais, 2011)

As luminárias usadas nos sistemas de iluminação geral interior são geralmente fixas, suspensas ou embutidas no teto. O uso de luminárias com difusores permite limitar o ângulo de encadeamento, contribuindo para aumentar o conforto visual dos utilizadores. (Pais, 2011)

No caso da iluminação exterior, as colunas de sustentação devem ser suficientemente resistentes para suportar as luminárias e aguentar a ação dos agentes climatéricos, bem como pequenos impactos que possam ocorrer como resultado das atividades que possam decorrer na zona envolvente.

2.5.3.3 Arrançadores

Os arrançadores são dispositivos necessários para o arranque das lâmpadas de descarga.

Estes dispositivos são constituídos por um invólucro exterior dentro do qual se encontram um pequeno condensador, dois polos metálicos, uma campânula de vidro que contém argon e um conjunto de lâminas bimetálicas que se curvam quando aquecidas. (Deus, 2008)

Na situação de repouso, isto é, quando a tensão aplicada aos terminais do arrançador é inferior a um valor de referência (tensão nominal aos terminais da lâmpada quando acesa) estas lâminas encontram-se muito próximas mas sem estarem em contacto.

Quando a lâmpada se encontra apagada, a tensão de alimentação aplicada à luminária está praticamente aplicada aos terminais do arrançador, uma vez que a corrente que o atravessa tem um valor mínimo e que não é suficiente para originar queda de tensão no balastro e nos filamentos da lâmpada.

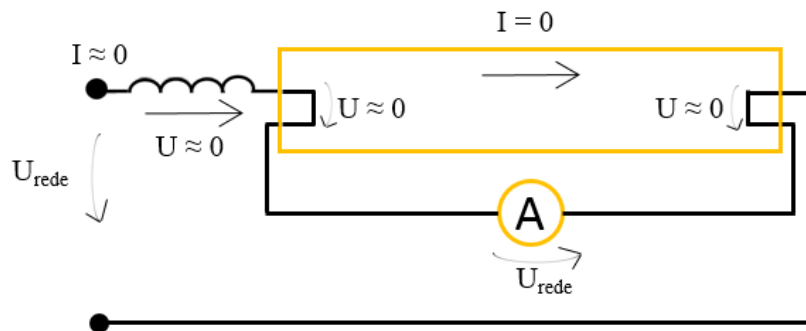


Figura 15 – Representação esquemática das condições de tensão e corrente numa luminária quando a lâmpada está apagada

Em virtude desta tensão aplicada ao arrançador, cria-se um forte campo elétrico entre as lâminas bimetálicas existentes no interior da ampola do arrançador. A existência deste campo elétrico leva à formação de carga espacial eletrónica em torno das lâminas, originando a passagem de uma corrente elétrica que origina a deformação das lâminas por efeito da elevação da temperatura, levando-as a encostarem-se, permitindo o contato elétrico e a franca condução ($R \approx 0 \Omega$). A corrente resultante fica então determinada pela expressão [17], onde U_{rede} corresponde à tensão da rede, I_{eficaz} à corrente eficaz, $X_{balastro}$ é a reatância do balastro e $R_{balastro}$, $R_{filamentos}$ e $R_{arrançadores}$ correspondem à resistência do balastro, dos filamentos e dos arrançadores, respetivamente.

$$I_{eficaz} = \frac{U_{rede}}{\sqrt{X_{balastro}^2 + (R_{balastro} + R_{arrançadores} + 2 \times R_{filamentos})^2}} \quad [17]$$

Esta corrente irá, por efeito de Joule, fazer com que os dois filamentos da lâmpada se aqueçam, estabelecendo condições para a fotoemissão catódica a partir do instante imediatamente a seguir à abertura do circuito do arrançador. Este instante ocorrerá assim que as suas lâminas arrefecerem, o que acontece em poucos segundos, em virtude de deixarem de estar ionizadas por ausência do campo elétrico interno.

Uma vez que aos terminais do arrancador está também ligado um condensador de pequena capacidade, este fica em série com a reatância do balastro na sequência da abertura, fomentando o aparecimento de uma tensão de valor suficientemente elevado para provocar a descarga elétrica no interior da lâmpada.

Daquela descarga, e dadas as condições propícias do pré-aquecimento do cátodo, resulta o acendimento e a franca condução da lâmpada. Uma vez acesa, aos terminais da lâmpada fica uma tensão de valor inferior, que deixa de ser suficiente para reativar o arrancador, que se comporta como se este não estivesse presente no circuito, ficando a lâmpada acesa em regime permanente.

2.5.3.4 **Balastros**

Os balastros são dispositivos necessários ao funcionamento de sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas fluorescentes. Estes aparelhos servem várias funções, nomeadamente:

- Pré-aquecer os elétrodos, desencadeando a emissão de eletrões (sendo por vezes necessário instalar arrancadores, dependendo do tipo de balastro);
- Produzir a tensão de arranque para iniciar a descarga;
- Limitar a intensidade da corrente de funcionamento.

Os balastros podem ser de tipo ferromagnético ou eletrónico.

Existem diversos tipos de balastros ferromagnéticos, sendo que os mais comuns são os de tipo indutivo. Os balastros ferromagnéticos são formados por um núcleo laminado de aço silício e uma bobina de fio de alumínio ou de cobre esmaltado, com um determinado número de espiras, imbuídos em resina de poliéster com adição de carga mineral, possuindo elevadas capacidades de isolamento e dissipação térmica. A secção do núcleo magnético, o número de espiras e a secção do fio da bobina são forçadas da potência da lâmpada a alimentar.

Estes balastros funcionam como reatâncias, oferecendo impedância elétrica à passagem de corrente alternada. Porém, dissipam calor, contribuindo para acelerar a deterioração do equipamento, e reduzem o fator de potência da instalação originando energia reativa, pelo que é necessário instalar condensadores para efeitos de compensação de energia reativa.

Face aos problemas apresentados pelos balastros ferromagnéticos, e como consequência direta do protocolo de Kyoto, foi adotada uma diretiva da União Europeia que estabelece as disposições aplicáveis à eficiência energética das fontes de iluminação fluorescentes e barra a utilização de balastros ferromagnéticos em favor dos balastros eletrónicos.

Os balastros eletrónicos são compostos por diversos componentes eletrónicos, tais como, resistências, circuitos integrados, condensadores e bobinas de alta frequência.

Estes balastros funcionam a alta frequência, geralmente superior a 20 kHz. Ao converter a frequência de 50 Hz da rede para uma frequência mais elevada, as lâmpadas podem funcionar a uma potência mais baixa com a mesma emissão de fluxo, ou seja, os balastros eletrónicos permitem que a mesma quantidade de luz seja produzida com um menor consumo de energia. Deste modo, os balastros eletrónicos permitem obter uma redução de 20 a 25% dos consumos elétricos associados aos sistemas de iluminação e um aumento do rendimento luminoso, possibilitando que as lâmpadas produzam cerca de mais 10% de luminosidade para a mesma potência absorvia.

Quando uma lâmpada funciona a 50 Hz, a luz por ela produzida extingue-se duas vezes por ciclo, quando a corrente passa por zero, resultando na produção dos efeitos anteriormente referidos. Os balastros eletrónicos permitem que as lâmpadas funcionem a alta frequência resultando na emissão de luz contínua e na eliminação dos efeitos *flicker* (que provoca cansaço visual) e estroboscópico (que pode ser perigoso em locais de trabalho com máquinas rotativas).

Devido ao facto de estes balastros funcionarem acima da gama de frequências audíveis não ocorre produção de ruído, ao contrário do que acontece com os balastros ferromagnéticos, nos quais ocorre emissão de ruído resultante das vibrações mecânicas das chapas laminadas do núcleo e da bobina, e que são subsequentemente transmitidas e ampliadas pelas estruturas metálicas da armadura da luminária e das superfícies a que esta está afixada. (Sousa R. M., 2011) (Sousa D. N., 2012)

Os componentes de eletrónica permitem ainda que estes balastros tenham um elevado fator de potência, geralmente superior a 0,95.

Estes balastros são constituídos por conjuntos de componentes eletrónicos que convertem a corrente alterna da rede, de baixa frequência (50 Hz), em corrente alternada de alta frequência (tipicamente nas poucas dezenas de quilohertz).

Os balastros eletrónicos têm perdas muito inferiores às dos balastros ferromagnéticos devido ao facto de funcionarem à frequência de comutação elevada, que favorece a corrente de deslocamento no interior da lâmpada. O balastro eletrónico contém um transformador de alta frequência com núcleo de ferrite cujos enrolamentos têm relativamente poucas espiras, o que os leva a ser pouco dissipativos quando comparados com os balastros convencionais ferromagnéticos.

A substituição de balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos apresenta ainda outras vantagens devido ao facto destes terem uma baixa temperatura de funcionamento, desligarem automaticamente as lâmpadas em caso de anomalia e voltarem a ligá-las automaticamente após a correção do problema, e de permitirem obter um fluxo constante independente da tensão de alimentação.

Alguns balastros eletrónicos permitem a regulação do fluxo luminoso, o que pode representar reduções adicionais dos consumos elétricos se se implementar um sistema de controlo automático. (Sousa R. M., 2011)

2.5.3.5 Sistemas de controlo

Para obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente é necessário implementar estratégias que possibilitem minimizar o tempo de utilização destes sistemas, por exemplo através do uso de controladores de iluminação artificial que permitam maximizar o aproveitamento da iluminação natural, para além de diminuir a potência instalada e investir na utilização de tecnologias de baixo consumo e elevado rendimento.

Os sistemas de iluminação podem ser controlados por interruptores horários, digitais ou analógicos, que permitem ligar ou desligar os vários circuitos de forma automática e de acordo com as instruções programadas pelo utilizador. Estes sistemas podem integrar o sistema de gestão técnica integrada do edifício ou trabalhar em conjunto com outros sistemas de controlo.

Este tipo de sistemas são geralmente usados para controlo da iluminação de fachadas e outros tipos de iluminação exterior, zonas de circulação e outros tipos de espaços comuns, mas podem ser também usados para controlo geral da iluminação do edifício, por exemplo para acionar os

circuitos de iluminação de manhã e desligá-los ao fim do dia, desde que não comprometam a segurança dos utilizadores. Por este motivo, é também importante garantir que os utilizadores têm a possibilidade de restabelecer a iluminação e que durante os períodos em que a iluminação está desligada exista um nível mínimo de iluminação que permita aceder ao comando de acendimento de forma segura. (Sousa R. M., 2011) (Brandão, 2012)

Os sistemas de controlo da iluminação com interruptor crepuscular permitem que a iluminação artificial seja ligada ou desligada segundo as necessidades impostas pelo nível de iluminação natural disponível. Estes sistemas podem ser comandados por uma célula fotoelétrica, um dispositivo que mede a luz natural existente e envia um sinal elétrico que activa o sistema de iluminação artificial quando deteta níveis de luminosidade inferiores a um dado valor pré-determinado, ou funcionar conjuntamente com interruptores horários.

É aconselhável subdividir os circuitos de iluminação ao máximo para a facilitar a gestão dos sistemas de iluminação, de modo a que se possam desligar os circuitos referentes a áreas que não estão a ser utilizadas sem comprometer a iluminação dos restantes espaços.

2.5.4 Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental

A iluminação interior artificial tem um peso significativo no total dos consumos energéticos de um edifício, correspondendo a cerca de 30% a 40% dos consumos elétrico em edifícios de serviços em Portugal. Os sistemas de iluminação são também responsáveis pelo aumento da carga térmica dos espaços, criando um aumento dos consumos energéticos relativos à climatização. (EDP, 2014)

Deste modo, e tendo em conta a existência de valores limite para os consumos energéticos impostos pela legislação em vigor, de entre a qual se salienta o SCE, é imperativo optar pela utilização de sistemas de iluminação eficientes, que permitam a redução dos consumos sem sacrificar o conforto visual e a satisfação e produtividade dos utilizadores.

A norma EN 12464-1 sobre a iluminação interior estabelece requisitos mínimos relativamente aos sistemas de iluminação interior em locais de trabalho, incluindo a média de iluminância mínima requerida por tarefa, reprodução mínima das cores exigida e uniformidade mínima e índice de encadeamento máximo a respeitar. Esta norma recomenda ainda a utilização de luz natural e de sistemas com reduzido consumo energético, desde que estes não comportam a qualidade da iluminação. (ETAP, 2012)

No caso das lâmpadas de descarga, o envelhecimento natural das lâmpadas pode resultar na emissão de radiações perigosas. Assim, é necessário que o plano de manutenção preventiva adotado inclua inspeções regulares do estado destas lâmpadas, de forma a detetar sinais de desaparecimento ou degradação da camada de fósforo e do invólucro de vidro da lâmpada.

Tendo em conta a necessidade de reduzir a poluição luminosa resultante da dispersão da luminosidade causada pela iluminação exterior, é aconselhável usar luminárias de modelos que permitam direcionar o máximo possível de radiação produzida para as áreas que se pretende iluminar.

2.6 Sistemas de Segurança

2.6.1 Sistemas de deteção e alarme de incêndios

Os sistemas de deteção e alarme de incêndio têm várias funções, nomeadamente:

- Identificação de focos de incêndio num estágio inicial, de modo a que estes possam ser imediatamente combatidos;
- Garantir a notificação imediata dos utilizadores do edifício, para que este possa ser evacuado, e dos Bombeiros ou outras entidades competentes exteriores ao edifício de forma a que estes possam intervir rapidamente;
- Acionar sistemas de controlo de propagação de incêndios e de controlo de fumos (portas corta-fogo, registos corta-fogo, sistemas de extinção de focos de incêndio, etc.);
- Fornecer dados sobre as áreas afetadas que permitam a fácil identificação dos focos de incêndio de forma a facilitar a intervenção das equipas de socorro.

Um sistema automático de deteção de incêndios (SADI) é geralmente constituído por detetores automáticos de incêndio, botoneiras de alarme manual, sirenes, cablagem e uma central de controlo.

2.6.1.1 Principais componentes

2.6.1.1.1 Detetores automáticos de incêndio

Os detetores automáticos de incêndios são os aparelhos responsáveis pela identificação de focos de incêndios, através da monitorização de vários fatores do seu meio envolvente, e transmissão dos dados obtidos à central de incêndios.

Os detetores automáticos de incêndio podem ser classificados como detetores de calor, detetores de fumo ou detetores de chama.

O princípio de funcionamento dos detetores de calor baseia-se na identificação de subidas da temperatura ambiente através de componentes cuja resistência elétrica varia significativamente em resposta a aumentos de temperatura. Os detetores de calor podem ser de tipo termovelocimétrico ou termostático.

Os detetores termovelocimétricos possuem um par de termístores, um isolado e o outro exposto ao ambiente, que em condições normais têm o mesmo valor de resistência. Em caso de aumento da temperatura do ar ambiente, a taxa de variação da resistência do termístor exposto é superior à do termístor isolado, sendo o alarme despoletado quando este diferencial atinge um valor pré-estabelecido. Estes detetores são considerados muito fiáveis e mas têm um período de reação lento, geralmente igual ou superior a dois minutos. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

Os detetores termostáticos contêm um sensor bimetálico que dilata quando a temperatura ambiente aumenta. Em caso de incêndio, o aumento da temperatura ambiente acima de um determinado valor resulta na fusão de um elemento do detetor, pelo que ocorre contacto elétrico entre dois cabos previamente separados por uma camada que é isolante apenas até uma determinada temperatura, desencadeando o alarme de incêndio. (Rebelo, 2010)

Os detetores de fumos permitem a identificação de incêndios quando estes ainda se encontram numa fase inicial através da deteção de gases de combustão e outras partículas suspensas. Estes detetores podem de tipo ótico ou iónico.

Os detetores óticos de fumos podem apresentar um funcionamento baseado nos fenómenos de dispersão ou de absorção da luz. Os detetores que utilizam o princípio de dispersão luminosa são constituídos por uma câmara de fumos que contém um emissor e um recetor de infravermelhos dispostos de modo a que a radiação projetada pelo emissor não atinja o recetor em condições normais. Em caso de incêndio, o fumo que entra na câmara provoca a dispersão desta radiação, que ao incidir sobre o recetor aciona o alarme. Nos detetores óticos que funcionam por absorção da radiação o alarme é despoletado quando ocorre uma redução da intensidade luminosa devido à presença do fumo. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança) (Rebelo, 2010)

Os detetores iónicos de fumos incluem uma fonte radioativa que ioniza o ar que circula no interior do detetor, resultando numa diferença de potencial entre dois eléctrodos que leva à formação de uma corrente eléctrica. As partículas que constituem o fumo, sendo maiores e mais pesadas do que as partículas de ar ionizado, modificam a condutividade do ar ionizado, o que resulta numa alteração da corrente medida e provoca o disparo do alarme. (Rebelo, 2010)

Os detetores de chama possuem sensores óticos sensíveis às emissões características das chamas e um sistema de processamento que permite diferenciá-las das restantes radiações emitidas pelo meio envolvente. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança, 2008)

Os detetores automáticos de incêndios podem ainda ser classificados como pontuais, lineares, multipontuais ou volumétricos, de acordo com a sua disposição e zona de alcance. Assim, os detetores podem permitir o controlo de pontos isolados (detetores pontuais), ao longo de uma linha (detetores lineares), na vizinhança de vários pontos (detetores multipontuais) ou analisar um determinado volume (detetores volumétricos).

2.6.1.1.2 Botoneiras

As botoneiras, ou botões de alarme, são componentes dos sistemas de deteção e alarme de incêndio que permitem o acionamento manual do alarme, possibilitando a intervenção humana em situações em que o sistema automático ainda não tenha sido acionado. São constituídas por uma componente mecânica que ao ser operada desencadeia o sinal de alarme ao acionar a componente eléctrica. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

Estas botoneiras devem ser de cor vermelha, estar claramente visíveis e estar instaladas em locais de fácil acesso perto das saídas, escadas, caminhos de evacuação e zonas de risco especial.

2.6.1.1.3 Sirenes

As sirenes devem emitir um sinal sonoro em resposta ao acionar do sistema de deteção de incêndios de modo a alertar os ocupantes do edifício.

Estes dispositivos devem ser instalados em número suficiente para produzir o nível sonoro recomendável, sendo no entanto necessário instalar sempre dois ou mais dispositivos, mesmo que seja possível obter o nível sonoro recomendado com um único dispositivo.

Geralmente as sirenes emitem um sinal contínuo, contudo, existem sistemas que emitem mensagens pré-gravadas ou sinais intermitentes ou que possuem amplitude e frequência variável. Estes últimos devem ser utilizados apenas em situações em que os ocupantes do edifício sejam devidamente treinados para reconhecer estes sinais e não sendo previsível que estes possam ser incorretamente interpretados pelos visitantes do edifício. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

2.6.1.1.4 Central de deteção de incêndio

A central de deteção de incêndios é o órgão responsável pela monitorização e controlo do sistema de deteção de incêndios. Esta central está ligada aos vários equipamentos periféricos do sistema de deteção e alarme de incêndios, recebendo sinais dos detetores de incêndio que lhe permitem identificar uma situação de incêndio, acionar os meios sonoros e visuais de alarme disponíveis, transmitir as informações necessárias aos Bombeiros ou outras organizações relevantes e acionar equipamentos automáticos de extinção de incêndio, quando aplicável.

Estas centrais devem ainda informar sobre as condições funcionais do sistema, sinalizando de forma claramente visível se o sistema se encontra em repouso, com avarias ou se foi acionado, sendo que neste caso deve ainda indicar quais as zonas afetadas. Algumas centrais possibilitam ainda o comando de equipamentos, permitindo a paragem dos elevadores ou o fecho de portas corta-fogo, por exemplo. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

As centrais dos sistemas de deteção de incêndio devem ser instaladas em locais de acesso reservado ao pessoal encarregue da segurança do edifício, de fácil acesso aos Bombeiros e que estejam devidamente sinalizados. É necessário garantir que estes locais possuam um nível de ruído de fundo que possibilite ouvir claramente indicações sonoras, um sistema de iluminação que permita que as etiquetas e indicações visuais do sistema sejam facilmente visíveis e legíveis, que o risco de danos mecânicos para o equipamento e de ocorrência de incêndios na área envolvente seja baixo e que este local se encontra protegido por detetores de incêndio integrados no sistema. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

As centrais podem ser de tipo convencional ou analógico-endereçáveis.

As centrais convencionais são geralmente utilizadas apenas em edifícios de pequenas dimensões e são compostos por vários circuitos de detetores. A principal desvantagem destas centrais é a não identificação do dispositivo de deteção que foi acionado, já que vários detetores estão ligados a uma mesma linha de sinal único. Contudo, é possível identificar qual o circuito que contém o detetor que foi acionado e, geralmente, existem sinalizadores que permitem localizar rapidamente as zonas afetadas. Nestas centrais os circuitos dos detetores de incêndio e das botoneiras estão separados, de modo a permitir distinguir se o alarme resulta de uma deteção automática ou manual. Os circuitos correspondentes às sirenes podem ser agrupados por zonas, associados aos circuitos de detetores existentes, ou gerais, para cobertura de todas as zonas do edifício. (Rebelo, 2010) (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

As centrais analógico-endereçáveis são frequentemente implementadas em edifícios de grandes dimensões. Nos sistemas que utilizam estas centrais os detetores possuem um sistema de endereçamento e são ligados de modo a formar um anel fechado (*loop*) com a central. Estas centrais utilizam microprocessadores que permitem a programação do sistema de forma ajustada às necessidades de cada zona, sendo que cada elemento do sistema é considerado como um endereço individual, não existindo uma separação do sistema por circuitos. Os sistemas de deteção de incêndio que contêm centrais analógico-endereçáveis são considerados mais eficazes devido

ao facto de permitirem a rápida identificação dos locais afetados pelo incêndio. (Rebelo, 2010) (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

2.6.1.2 **Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental**

O Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, estabelece o regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios (SG-SCIE) e aprova as disposições regulamentares de segurança contra incêndios aplicáveis a todos os edifícios e recintos, estabelecendo categorias e fatores de risco, condições de fiscalização e medidas de autoproteção e gestão de segurança contra incêndios de forma a reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios, minimizar o desenvolvimento de eventuais incêndios e facilitar a evacuação e socorro dos ocupantes em risco. (Ministério da Administração Interna, 2008)

A criação deste regulamento permitiu resolver os principais problemas associados à legislação anteriormente existente sobre segurança contra incêndios em edifícios, a qual se encontrava dispersa por um número excessivo de diplomas avulsos e por vezes divergentes e não incluía um conjunto elevado de edifícios. (Ministério da Administração Interna, 2008)

O artigo 15.º deste Decreto-Lei impõe que as disposições técnicas referentes às condições exteriores comuns, às condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção, às condições de evacuação, às condições das instalações técnicas, às condições dos equipamentos e sistemas de segurança e às condições de autoproteção sejam regulamentadas pela Portaria n.º 1532/2008, de 29 de setembro. (Ministério da Administração Interna, 2008)

Apesar de não existir nenhuma interdição legal relativamente à implementados de detetores iónicos de fumo, que contém substâncias radioativas, estes estão a deixar de ser utilizados devido a questões de protecção ambiental e de saúde pública. (Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2013)

2.6.2 **Sistemas de deteção e alarme de intrusão e de controlo de acessos**

Os sistemas de deteção automática de intrusão (SAI) devem permitir identificar tentativas indesejadas de acesso a um espaço ou objeto.

Os sistemas de deteção automática de intrusão são geralmente constituídos por uma central de intrusão, dispositivos de entrada, isto é, detetores automáticos de intrusão e botões de pânico, e dispositivos de saída, ou seja, transmissores de alarme, equipamentos de alarme acústico ou visual e comandos externos. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

Os sistemas de controlos de acessos permitem a restrição de entradas e saídas de um espaço ou edifício. Estes sistemas podem ser baseados em meios mecânicos, como fechaduras de abertura por chave mecânica, ou eletrónicos.

Os sistemas eletrónicos de controlo de acesso são frequentemente utilizados em edifícios de serviços devido ao facto de permitirem a integração de métodos de identificação pessoal, monitorização de acessos e controlo de assiduidade. Estes sistemas de verificação automática de identidade ou permissão de acesso podem basear-se na introdução de PINs ou *passwords*, na apresentação de cartões ou outros métodos de identificação ou análise de características biométricas.

Este tipo de sistemas permitem o controlo de vários tipos de elementos de passagem, incluindo portas, portas automáticas, portões e cancelas, e possibilitam que o acesso seja permitido ou negado de acordo com parâmetros pré-determinados, por exemplo períodos horários.

2.6.2.1 Principais componentes

2.6.2.1.1 Dispositivos de deteção de intrusão

Os dispositivos de deteção de intrusão podem ter diversos princípios de funcionamento, tais como deteção de movimento, de vibração eletrónica, de pressão ou áudio. Neste trabalho serão apenas abordados os principais tipos de detetores usados em sistemas de intrusão em edifícios de serviços. (Couras, Gestão Técnica de Edifícios - Aplicação em Edifício Escolar, 2011)

Os detetores de infravermelhos passivos são constituídos por:

- Um conjunto de sensores piroelétricos que permitem a captação de radiação infravermelha e produzem um sinal elétrico proporcional à radiação captada;
- Um sistema ótico para focar a radiação infravermelha na superfície do elemento sensor e que permite definir a área e padrão de cobertura do detetor;
- Um circuito de processamento responsável pela análise e tratamento dos sinais gerados pelos sensores.

A área de cobertura destes detetores está dividida em secções criadas pelo sistema ótico, pelo que se houver movimentação de corpos emissores de radiação infravermelha haverá diferenças entre as temperaturas captadas pelas diferentes secções. Se a análise dos sinais enviados pelas várias secções revelar que este movimento corresponde a um padrão suspeito é enviado um sinal de alarme. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

Os detetores de infravermelhos ativos são formados por emissores e recetores de infravermelhos instalados de modo a formar uma barreira de infravermelhos. Quando um feixe de infravermelhos é interrompido o sistema envia um sinal de alarme.

Os detetores de infravermelhos devem ser instalados em locais em que não existam objetos em movimento, em que não fiquem expostas fontes de calor ou a radiação solar direta e em que não sejam previsíveis alterações significativas de temperatura ambiente.

Os detetores de contactos magnéticos são formados por duas lâminas magnéticas com contactos nas extremidades, sendo que este conjunto está encerrado num invólucro cilíndrico de vidro preenchido com um gás inerte. Estes detetores são geralmente instalados em portas e janelas, estando um invólucro fixado na moldura e outro na parte móvel, de modo a que quando a porta ou janela está fechada o circuito esteja fechado e quando esta é aberta o circuito seja aberto, sendo emitido o sinal de alarme. (Rodrigues, 2005)

Os detetores acústicos de quebra de vidro são usados nos sistemas de proteção perimétrica, sendo fixados em janelas ou portas de vidro ou na proximidade destas estruturas. Estes detetores são constituídos por um pequeno microfone que consegue captar o som de baixas frequências de uma pancada no vidro e o som de altas frequências correspondente ao estilhaçar do vidro e um sistema de processamento dos sinais que permite identificar os sons produzidos pelo quebrar do vidro e ignorar outros ruídos.

Os botões de pânico são dispositivos que permitem o acionamento manual do alarme de intrusão. Estes dispositivos podem ser botões fixos, geralmente instalados junto de entradas ou em postos

de trabalho sujeitos a coação externa, ou dispositivos portáteis que podem transportados pelo pessoal de segurança em patrulha. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

2.6.2.1.2 Dispositivos de alarme

Os dispositivos de alarme devem alertar os presentes no local da ocorrência de uma intrusão através de sinalização acústica ou luminosa.

Os sistemas de deteção de intrusão podem ainda permitir o controlo de outros sistemas, de modo a garantir a resposta adequada e imediata em caso de intrusão. Nomeadamente, estes sistemas podem ativar circuitos de videovigilância, de fecho de portas ou simulação de presença, entre outros. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança)

2.6.2.1.3 Central de intrusão

As centrais de intrusão são responsáveis pelo controlo de todo o sistema de intrusão, devendo ser operadas apenas por pessoas autorizadas.

Estas centrais contêm um painel de controlo que recebe os sinais enviados pelos dispositivos de deteção de intrusão, incluindo botões de pânico, processa a informação assim recebida e comanda os dispositivos de saída adequados em caso de intrusão.

As centrais de intrusão possibilitam a programação de vários parâmetros de funcionamento, tais como a implementação de horários de vigília e repouso ou a temporização da duração dos alarmes. (APSEi - Associação Portuguesa de Segurança) (Couras, Gestão Técnica de Edifícios - Aplicação em Edifício Escolar, 2011)

2.6.2.2 Legislação específica, eficiência energética e impacto ambiental

A utilização de sistemas de alarmes contra roubo ou intrusão foi regulada pela primeira vez pelo Decreto-Lei n.º 465/1985, de 5 de novembro. (Ministério da Administração Interna, 1985)

A Portaria n.º 135/1999, de 26 de fevereiro, regula as condições de exploração e gestão de centrais de receção e monitorização de alarmes de roubo e intrusão, bem como da instalação, manutenção e exploração de sistemas de segurança. Esta portaria impõe que estes equipamentos sejam certificados por estados membros da União Europeia, da EFTA, por organismos reconhecidos segundo critérios equivalentes aos previstos nas normas NP EN-45 000 ou por organismos titulares de certificados emitidos nos termos de normais nacionais que transponham a norma europeia NP EN-45 001. (Ministério da Administração Interna, 1999)

A prática das atividade de segurança privada foi regulamentada pela primeira vez pelo Decreto-Lei n.º 282/86, de 5 de setembro, o qual foi posteriormente modificado por diversas portarias e decretos-lei. A mais recente revisão do regime jurídico de regulação destas atividades foi implementada pela Portaria 273/2013, de 20 de agosto, a qual estabelece as condições específicas da prestação de serviços de segurança privada, bem como os requisitos técnicos dos equipamentos, funcionamento e modelo de comunicação de alarmes. (Ministério da Administração Interna, 2013)

A Portaria n.º 122/92, de 27 de fevereiro, estabelece os custos de instalação e utilização anual de centrais e dispositivos públicos de alarme, enquanto a Portaria n.º 272/2013, de 20 de agosto, define os requisitos e procedimentos de registo das entidades que procedam ao estudo, conceção, instalação, manutenção ou assistência técnica de material e equipamento de segurança ou de centrais de alarme. (Ministérios da Administração Interna e das Finanças, 1992) (Ministério da Administração Interna, 2013)

O ruído produzido por sistemas sonoros de alarme é regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 297/1999, de 4 de agosto, que regula a ligação de equipamentos de segurança contra roubo ou intrusão instalados em edifícios ou imóveis de qualquer natureza às forças e segurança, Guarda Nacional Republicana e Polícia de Segurança Pública. (Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007)

2.7 Rede de Distribuição de Água

O termo rede de distribuição de água refere-se a um sistema de abastecimento de água que assegura o transporte da mesma aos seus utilizadores com boas condições de caudal, pressão e qualidade, através de um conjunto de condutas e elementos acessórios. No âmbito deste trabalho estão abrangidas apenas as canalizações, acessórios e outros aparelhos dos sistemas de distribuição de água que recaem sobre a responsabilidade da entidade exploradora das instalações em estudo, de acordo com os termos da legislação vigente.

2.7.1 Principais componentes das redes de distribuição de água

2.7.1.1 Tubagem

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) estabelece os princípios que devem ser aplicados na elaboração e dimensionamento das redes de condutas dos sistemas de distribuição de água e indica os materiais e tipos de proteção que podem ser utilizados nestas tubagens.

Os materiais utilizados nas redes de distribuição de água têm variado ao longo do tempo, sendo que atualmente as tubagens instaladas são geralmente construídas em aço inoxidável, ferro, cobre, material termoplástico ou outros materiais que reúnam as necessárias condições de utilização estipuladas pela legislação vigente. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

2.7.1.2 Ligação à rede pública

O sistema de abastecimento de água de um edifício pode estar ligado à rede pública através de diferentes formas, dependendo das condições de pressão e caudal oferecidas pela rede. Assim, a ligação à rede pública pode consistir num sistema de alimentação direta, em que a água é enviada diretamente para a rede de distribuição de água do edifício, ou num sistema de alimentação indireta, se houver necessidade de instalar um reservatório de água para proporcionar as condições desejadas de fornecimento de água. Existem ainda sistemas mistos que estão divididos em vários níveis de pressão.

A inserção dos sistemas privados de distribuição de água nas condutas da rede pública deve incluir uma válvula de seccionamento para suspensão do serviço de abastecimento.

2.7.1.3 Contadores de água

A norma NP EN 14154-1:2008 define um contador de água como sendo um equipamento criado de modo a permitir medir de forma contínua, registar e indicar o volume de água que o atravessa nas condições normais de funcionamento. Segundo esta norma, que define as dimensões, materiais e características que os contadores devem apresentar, um contador deve ter pelo menos um transdutor da medição, um calculador e um dispositivo indicador. (Pacheco, 2010)

De acordo com o RGSPDADAR, compete à entidade gestora a seleção do tipo, calibre e classe metrológica do contador a ser instalado, bem como a escolha do local destinado à instalação dos contadores e respetivos acessórios, sendo que este espaço deve ser facilmente acessível às

entidades responsáveis pela leitura dos contadores e pelos trabalhos de manutenção e conservação dos mesmos. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

Os contadores podem ser classificados de acordo com o seu princípio de funcionamento e características construtivas. Os contadores mais comumente utilizados em Portugal são de tipo volumétrico ou velocimétrico.

Os contadores volumétricos funcionam com base na passagem contínua da água, que atravessa pequenas câmaras de medição de volume conhecido e no interior das quais existe um êmbolo oscilante. O movimento deste êmbolo devido à passagem da água permite a contagem dos volumes de água que atravessam o contador. Este tipo de contador são geralmente de baixo custo e permitem a medição de caudais muito baixos, no entanto, têm um período de vida útil muito reduzido.

Os contadores velocimétricos possuem um elemento móvel que é colocado em movimento devido à velocidade de escoamento da água. Este movimento é transmitido ao dispositivo indicador, de modo a totalizar o volume de água que atravessa o contador. Estes contadores apresentam as vantagens de terem um baixo custo de aquisição e de introduzirem pequenas perdas de carga. Os contadores velocimétrico têm um erro reduzido para caudais superiores aos de dimensionamento do equipamento, mas apresentam um erro muito elevado para caudais muito baixos. (Pacheco, 2010)

2.7.1.4 Elementos acessórios

As redes de distribuição de água possuem vários elementos acessórios necessários ao seu correto funcionamento, sendo que o RGSPDADAR refere os principais pontos que devem ser observados na seleção e instalação destes componentes.

De acordo com este regulamento, as válvulas de seccionamento devem estar instaladas à entrada dos ramais de distribuição, a montante e jusante dos contadores, a montante de purgadores de ar, nas entradas das instalações sanitárias, equipamentos de lavagem e outros elementos acessórios ou instalações complementares que possam ter de ser colocadas fora de serviço e fluxómetros, de modo a permitir o seccionamento de todas as partes da rede, facilitando a operação do sistema de distribuição de água, e minimizando os inconvenientes associados a possíveis interrupções no abastecimento de água. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

As válvulas de retenção, que visam impedir a circulação de água num sentido, devem ser instalados de acordo com o sentido do escoamento pretendido, a montante dos aparelhos produtores e armazenadores de água quente e de qualquer rede destinada à distribuição de água para consumo humano. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

As válvulas redutoras de pressão devem ser instaladas nos ramais de introdução de redes com uma pressão superior a 600 kPa ou de equipamentos cuja pressão máxima admissível seja inferior à da rede. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

O RGSPDADAR menciona também que os materiais constituintes destes elementos acessórios devem ser de nobreza semelhante ao da do material das canalizações, de modo a minimizar a ocorrência de corrosão. Alternativamente, poder-se-á recorrer ao uso de juntas dielétricas para atingir o mesmo objetivo. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

2.7.1 Legislação específica, eficiência energética, impacto ambiental e segurança contra incêndios

Os sistemas de distribuição de água são regulados pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), o qual foi publicado como parte integrante do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto. Este regulamento estabelece os princípios gerais de conceção, construção e exploração dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de água residuais, de modo a assegurar o seu correto funcionamento e a preservação de condições estipuladas de segurança, saúde pública e conforto dos utentes. (Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1995)

O RGSPDADAR utiliza várias categorias de risco para indicar os caudais de água adequados aos consumos previsíveis dos sistemas de abastecimento de água para combate a incêndios e estipular as medidas de dimensionamento dos mesmos.

A diretiva 98/83/CE, de 3 de novembro de 1998, que visa a proteção da saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da contaminação de água destinada ao consumo humano, estabelece os valores paramétricos químicos e microbiológicos recomendados para a água fornecida a partir de uma rede de distribuição nos pontos de acesso normalmente utilizados para consumo humano, no interior de instalações ou estabelecimentos. (Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1998)

O Decreto-Lei 192/2006, de 26 de setembro, transpõe para a ordem jurídica interna o disposto na Diretiva n.º 2004/22/CE (EUR-Lex), do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de março, relativa a instrumentos de medição, incluindo contadores de água fria ou quente, estabelece os requisitos essenciais a observar na colocação destes equipamentos no mercado e em serviço. Adicionalmente, a Portaria n.º 21/2007, de 5 de janeiro, aprova regulamentação a aplicar a nível dos contadores de água limpa, fria ou quente, para uso doméstico, comercial ou da indústria ligeira. (Ministério da Economia e da Inovação, 2006) (Ministério da Economia e da Inovação, 2007)

3. Considerações sobre as práticas de manutenção seguidas na função pública em Portugal

O modelo atualmente em vigor para deteção e resolução de problemas seguido na gestão de edifícios da função pública consiste num processo complexo e demorado que não permite responder rapidamente aos problemas existentes. Em linhas gerais é possível afirmar que estes processos tendem a incluir as seguintes etapas:

- 1) Identificação do problema;
- 2) Criação de um processo administrativo referente a esse problema;
- 3) Abertura de um concurso público para selecionar uma empresa prestadora do serviço necessário;
- 4) Deliberação para a escolha da empresa a contratar;
- 5) Processo de adjudicação do projeto;
- 6) Realização da obra/intervenção.

Em algumas situações, as etapas três a seis podem não ser necessárias, sendo as intervenções necessárias realizadas por técnicos pertencentes às áreas de manutenção, gestão técnica e logística ou outros serviços semelhantes da entidade responsável. Embora esta solução permita uma resposta mais imediata, a falta de pessoal adequadamente qualificado bem como as pressões para diminuir os custos com a função pública verificados nos últimos anos, têm levado a que esta opção seja aplicada apenas em intervenções mais rotineiras (tais como a substituição de lâmpadas fundidas ou o arranjo de torneiras a pingar) em detrimento da contratação de empresas exteriores para reparação e manutenção de equipamentos mais complexos, como por exemplo os equipamentos do sistema AVAC ou dos sistemas de segurança.

Apesar de a contratação de empresas exteriores poder parecer a solução mais simples e economicamente preferível, esta escolha pode implicar consequências indesejáveis, conforme se se explica em seguida.

Tendo em conta que a responsabilidade da manutenção e reparação do equipamento ou sistema passa a recair sobre a empresa contratada, após a deteção de um problema é geralmente necessário aguardar durante um certo período de tempo até que este possa ser resolvido, dependendo dos termos do contrato, disponibilidade por parte dessa empresa e urgência da situação. Este intervalo de tempo até que o problema seja resolvido pode resultar em interrupções do trabalho normalmente realizado, em perdas de conforto para os utilizadores do edifício e até em perdas monetárias, dependendo da situação em questão.

A contratação de empresas externas pode ainda implicar que a entidade exploradora passe a ter menos controlo no que toca ao planeamento e monitorização dos equipamentos e projetos adjudicados, e tenha tendência a tomar decisões baseadas apenas nas informações fornecidas pela empresa contratada, que podem nem sempre ser no seu melhor interesse (por exemplo, pode ser sugerido que um equipamento que se encontrava avariado seja substituído quando na realidade poderia ser reparado a um custo inferior).

Independentemente do método escolhido para proceder à resolução de um problema, este processo começa necessariamente pela deteção e reporte da situação.

Nalguns casos a ocorrência de um problema é imediatamente aparente, como por exemplo a paragem de um equipamento essencial, no entanto a identificação das suas origens pode ser mais complicada, principalmente se o equipamento em questão não for sujeito a manutenções e inspeções regulares e não existir uma monitorização consistente do seu estado e condições de funcionamento.

Existem também situações que não têm consequências imediatamente observáveis pelo que podem ser de difícil deteção, tais como a diminuição do fator de potência global da instalação, o aumento de emissões poluentes ou a existência de fugas de gás ou de água em locais não visíveis. Embora estes problemas sejam prejudiciais aos objetivos de sustentabilidade e redução de custos seguidos atualmente pelo estado português, a maioria dos serviços da função pública não possui atualmente sistemas que permitam a monitorização cuidadosa destes fatores, resultando na deteção tardia destas situações.

É também de referir que os métodos de previsão de consumos atualmente em uso assentam essencialmente em estimativas baseadas na análise de faturas referentes a consumos em períodos semelhantes. Estes métodos têm uma margem de erro inerente que resulta em sobre ou subestimativas, já que os valores reais são apenas conhecidos ao fim do mês com a chegada das faturas. Assim, a utilização destes métodos não possibilita correções atempadas a nível do perfil de consumos dos utilizadores nem a deteção de comportamentos anómalos que possam apontar para a existência de fugas, avarias ou outros problemas semelhantes.

No presente trabalho, para além de serem sugeridos novos objetivos e rotinas de manutenção preventiva, que visam a redução da incidência de avarias, foram também realizadas intervenções de cariz corretivo e implementadas estratégias que visam facilitar a deteção de problemas futuros, resolvendo as dificuldades acima discutidas.

Estas estratégias baseiam-se no método “Predictor-Corrector” desenvolvido pelo Engenheiro António Abreu. Este método, que será explicado em mais pormenor posteriormente quando se proceder à sua aplicação, apoia-se na monitorização constante dos consumos de cada equipamento em estudo de forma a permitir a deteção e correção mais rápida de situações anómalas. (Abreu, Apresentação de um algoritmo de optimização de recursos energéticos naturais, 2005)

4. Apresentação do edifício em estudo

4.1 Descrição do Edifício

O edifício em estudo foi construído em 1993, ocupando um lote de 38120 m² no Bairro do Zambujal em Alfragide, concelho da Amadora.

Inicialmente este empreendimento foi ocupado pelos Serviços Geológicos de Portugal e pelos Serviços de Fomento Mineiro num edifício que constituía o Centro de Dados Geológicos e Mineiros. Ao longo dos anos, e como resultado de diversas reorganizações a nível da função pública, o edifício acolheu diferentes entidades, sendo atualmente ocupado pelos núcleos de investigação da área da Geologia e Geologia Marinha do LNEG e pela Agência Portuguesa do Ambiente. A Agência Portuguesa do Ambiente mudou-se para estas instalações apenas em 2015, resultando na entrada de aproximadamente quarenta novos trabalhadores.

Este *Campus* engloba um edifício principal, um edifício anexo, denominado de edifício social, e uma portaria junto ao portão principal. Estes edifícios foram identificados na fotografia aérea apresentada na Figura 16. A área envolvente a estes espaços inclui circulações pedonais e de veículos e zonas de manobra e estacionamento.



Figura 16 – Identificação dos edifícios do *Campus* do LNEG Alfragide (Google, 2014)

O edifício principal é constituído por dois pisos abaixo do piso térreo e três pisos acima do piso térreo, com pisos inferiores semienterrados. Existem duas colunas de acesso vertical que permitem a articulação entre pisos e por cima dessas colunas existem dois espaços inicialmente destinados a áreas técnicas que neste trabalho serão referidos conjuntamente como Piso 4.

Cada piso deste edifício tem uma área bruta diferente. Os pisos inferiores são de maior dimensão, excepto o piso -1 que é um piso parcial de apenas uma ala, utilizando parte do pé direito duplo do piso -2.

Na parte central do piso 0 existe um pátio interior que, para além de funcionar como um *foyer*, também proporciona iluminação natural a parte das salas do edifício.

Este edifício tem salas que apresentam características específicas para uso como gabinetes, laboratórios, salas de reuniões, área de receção do público exterior, auditório, biblioteca, arquivos e serviços técnicos, entre outros.

O edifício social encontra-se sob a alçada dos Serviços Sociais da Administração Pública. Este edifício é constituído por um piso térreo e contém as zonas do refeitório, bar, cozinha e gabinete médico, assim como salas de apoio e de armazenamento de bens.

Existe ainda uma ETAR que foi instalada para realizar o tratamento das águas provindas dos laboratórios antes que as mesmas sejam lançadas para a rede pública de saneamento. Esta ETAR encontra-se atualmente desativada.

O projeto do edifício em estudo adotou várias medidas consideradas inovadoras nessa época que visavam proporcionar um funcionamento mais eficiente destas instalações. De entre estas inovações salientam-se a inclusão de:

- Sistema centralizado de gestão técnica;
- Existência de dois circuitos de distribuição de água climatizada, de modo a permitir a independência dos setores poente e nascente do edifício que pertenciam inicialmente a duas entidades separadas;
- Rede de distribuição de água climatizada que pode ser alterada para permitir o seu uso durante as estações de aquecimento, arrefecimento e meia-estação;
- Luminárias que permitem a montagem dupla de lâmpadas fluorescentes com compensação local de energia reativa;
- Compensação geral de energia reativa através da instalação de bancos de condensadores no posto de transformação, um para cada um dos transformadores de potência;
- Alimentação dupla dos transformadores do posto de transformação;
- Rede de distribuição de água potável que utiliza um regime de pressões impostas pela distribuição para fazer o transporte de água, em vez de recorrer a hidrobombas.

No decorrer deste estudo foi possível detetar vários problemas derivados de erros de projeto e de fiscalização das instalações. Estes problemas são apresentados mais à frente na secção 4.3 da presente tese.

Aproveitou-se a manutenção preventiva para se corrigir as anomalias detetadas, no âmbito da avença contratualizada entre o LNEG e o Engenheiro António Abreu, na sequência dos resultados obtidos pelo mesmo noutras instituições.

Seguidamente, apresenta-se uma descrição dos vários sistemas abordados neste trabalho.

4.1.1 Instalações elétricas

O fornecimento de energia elétrica ao edifício em estudo é feito em média tensão, com uma potência contratada de 585,90 kW.

A entrega de energia ocorre em MT à tensão nominal composta de 10 kV num posto de seccionamento localizado no lado Norte, junto à entrada principal do LNEG. A passagem para baixa tensão é realizada no posto de transformação instalado no *campus* em estudo, por um dos dois transformadores que aí se encontram. As características destes transformadores são apresentadas no Anexo II.

Neste posto de transformação estão instaladas duas baterias de condensadores com capacidade para 250 kVAr e sete escalões de compensação de energia reativa. Estas baterias eram inicialmente comandadas pelos respetivos relés varimétricos, equipamentos que visam manter o fator de potência da instalação dentro dos valores desejados através da introdução ou remoção de escalões.

O posto de transformação contém também diversos equipamentos necessários ao correto funcionamento e controle das instalações elétricas, tais como aparelhos de manobra e de proteção (seccionadores, interruptores, disjuntores, etc.).

Num espaço adjacente está instalado um gerador de emergência que funciona a gasóleo e têm capacidade para alimentar 20% da carga instalada, bem com o respetivo quadro elétrico, com interruptores-inversores que permitem a ligação da rede de emergência à rede normal de alimentação do edifício.

A rede de emergência do edifício principal tinha uma estrutura descentralizada, em que cada zona ou sistema possuía a sua própria UPS. As intervenções realizadas no âmbito deste trabalho incluíram a substituição da UPS inicialmente instalada no piso 0 do edifício principal.

Esta UPS, que estava ligada ao sistema de informática e dos laboratórios, possuía alimentação trifásica e saída de energia trifásica. Na Figura 17 é apresentada uma representação simplificada dos circuitos de alimentação desta UPS e respetivas baterias e da ligação da UPS ao resto do edifício.

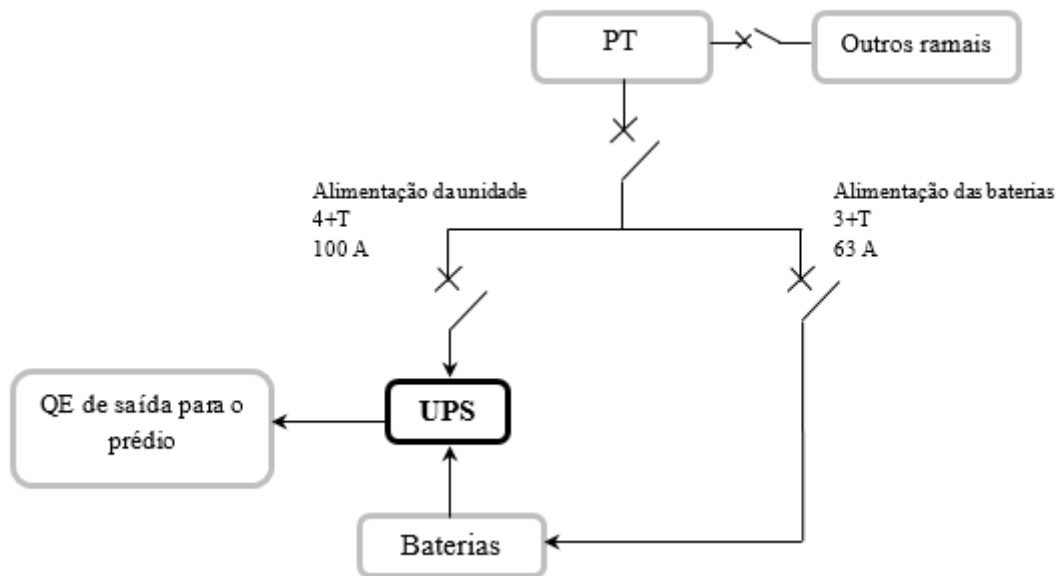


Figura 17 – Circuito de alimentação da UPS e de ligação ao resto do edifício

4.1.2 Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

O edifício em estudo beneficia de um sistema AVAC que permite o controlo das condições ambientais interiores, possibilitando a obtenção de condições satisfatórias de conforto para os utilizadores destas instalações.

Este sistema AVAC inclui os seguintes componentes, que serão apresentados detalhadamente mais à frente:

- Unidades de produção de frio, formadas por *Chillers* de compressão;
- Unidade de produção de calor, formada por uma caldeira monobloco, para produção de água quente;
- Sistema de distribuição de água climatizada, que inclui eletrobombas, tubagens, grelhas, válvulas e sistemas de regulação e controlo;
- Unidades de tratamento de ar (UTAs);
- Unidades ventiloconvetoras (VCs);
- Ventiladores de extração e insuflação.

No piso 4 do edifício principal existe uma sala técnica onde se encontram instaladas a caldeira, as eletrobombas, numerosos elementos do sistema de distribuição de água climatizada e um quadro elétrico (QAVAC 1) que comanda vários equipamentos do sistema AVAC.

4.1.2.1 *Chillers*

As necessidades de arrefecimento do edifício principal são asseguradas por um sistema de arrefecimento central composto por dois *Chillers* da marca SEVESO e modelo RANS 525. O *Chiller* instalado no telhado voltado a Oeste será referido como *Chiller 1* e o do telhado voltado a Este como *Chiller 2*. As principais características funcionais de cada *Chiller* são apresentadas no Anexo III.

Cada *Chiller* contém dois compressores frigoríficos, dez condensadores (cinco por circuito independente), oito eletroventiladores (quatro por circuito independente), um dispositivo de laminagem, um permutador de calor com evaporador e um quadro de controlo. Existem ainda diversos equipamentos de comando e segurança, incluindo termómetros, manómetros, válvulas de segurança, amortecedores de vibrações, juntas antivibráticas e ligações ao esgoto.

Os compressores, modelo CHC88 AHF-1 Trifásico, são semi-herméticos e podem ser classificados quanto ao seu princípio de funcionamento como volumétricos alternativos. O Anexo IV apresenta as principais características funcionais destes compressores.

As caixas de ligações dos motores trifásicos dos compressores possuem no seu interior uma placa com seis bornes que permitem a ligação entre os enrolamentos e a rede elétrica. Os motores dos *Chillers* em estudo possuem uma ligação em dupla estrela: no arranque é ligada apenas um enrolamento, já que as pressões são inicialmente baixas; seguidamente é alimentado o seguinte, de modo a permitir o funcionamento dos compressores a pressões mais elevadas e como maior potência de acionamento.

O fluido refrigerante primário utilizado nestes compressores é o R-22 e o fluido secundário é a água. A legislação atualmente em vigor não permite que continuem a ser utilizados gases refrigerantes que contenham HCFCs, como é o caso do R-22, pelo que será necessário proceder à sua substituição até ao fim de 2015.

Os condensadores dos *Chillers* são arrefecidos a ar por convecção forçada e têm três fiadas de tubo de cobre e alhetas de alumínio. Os eletroventiladores são helicoidais axiais e de acoplamento direto a motores elétricos.

O dispositivo de laminagem utilizado é constituído por uma válvula de expansão termostática (VET).

O evaporador é de convecção forçada e tem uma configuração multitubular de tubos e alhetas. O evaporador encontra-se dentro do permutador de calor, sendo este de tipo tubular e o processo de transferência de calor de contato indireto, através de uma parede que separa os dois fluidos de modo a que estes permaneçam separados.

O quadro de comando e controlo dos *Chillers* permite a regulação automática de modulação da capacidade e contém o circuito de alimentação, interruptores de alta e baixa pressão e termostatos de regulação da temperatura da água.

4.1.2.2 **Caldeira**

O calor necessário para a produção de água quente é assegurado por uma caldeira de marca ROCA modelo NTD-360 monobloco com as características funcionais apresentadas no Anexo V.

Esta caldeira tem um queimador modelo PR-55/2G que queima gás propano, tendo uma linha de gás com válvulas de regulação e segurança, pressostatos e outros equipamentos de regulação e controlo.

O fluido térmico usado para transporte de calor através do edifício é água.

4.1.2.3 **Sistemas de ventilação**

No edifício principal existem vários tipos de unidades de ventilação, nomeadamente, ventiladores centrífugos de dupla entrada, ventiladores de cobertura e ventiladores de parede.

No edifício social estão instalados ventiladores de cobertura que asseguram a ventilação das instalações sanitárias e da *hotte* da cozinha.

As unidades de ventilação com ventiladores centrífugos de dupla entrada são da série CA da marca EVAC, sendo constituídos por um ventilador de dupla aspiração accionado indiretamente por correias e um motor trifásico de quatro polos. Estes ventiladores são protegidos por invólucros metálicos em chapa galvanizada, sendo as caixas isoladas internamente com fins acústicos. A Tabela 17, incluída no Anexo VI, apresenta as características funcionais destas unidades de ventilação.

No edifício principal existem três ventiladores de parede, modelo E-254 da marca VORTICE, com persiana em PVC do tipo antirretorno com um caudal de extração de cerca de 1.000 m³/h.

Os ventiladores de cobertura, cujas características funcionais são apresentadas na Tabela 18, no Anexo VI, são unidades de ventilação centrífugas de acionamento direto, com invólucro exterior adequado para coberturas, da série ECT da marca EFACEC.

As unidades de tratamento de ar (UTAs) e de termoventilação instaladas no edifício em estudo são da marca EVAC, sendo as suas características funcionais de acordo com o projeto de licenciamento do edifício apresentadas no Anexo VII. Duas UTAs (as UTAs 1 e 7) são unidades de tratamento de ar novo (UTANs), ou seja, não fazem recirculação de ar.

As UTAs são compostas por secções de ventilação, filtros e baterias de aquecimento e arrefecimento (ver Anexo VIII). Cada uma destas secções é construída em chapa galvanizada, tratada com tinta adequada para ambiente exterior e termicamente isoladas pelo interior.

A secção de ventilação das UTAs é constituída por um ventilador de dupla aspiração com acionamento indireto por correias e motor trifásico com velocidade de rotação de 1500 r.p.m., montado no interior.

As secções de filtros de mistura das UTAS têm uma entrada para ar recirculado e um sistema externo para entrada de ar novo, enquanto que as das UTANs têm apenas uma entrada, para ar novo. Estas secções dispõem ainda de filtros secos, laváveis e de elevado rendimento e estão equipadas com registos.

As baterias de aquecimento e arrefecimento são constituídas por serpentinhas de tubos em cobre e alhetas de alumínio onde circula água quente e água fria, respetivamente.

As UTAs incluem ainda:

- Um conjunto de apoios antivibráticos;
- Pressostatos diferenciais para análise da limpeza dos filtros de ar e de falta de caudal no ventilador;
- Uma válvula de seccionamento por cada bateria;
- Válvulas modulantes de três vias no controlo da água quente e fria.

As válvulas de regulação são tipo TA (termostáticas) de modo a permitir uma maior eficácia na afinação dos caudais.

Cada UTA está responsável pela ventilação de uma zona específica do edifício, como se pode observar na Tabela 2.

Tabela 2 - Espaços ventilados por cada UTA

UTA 1	Piso 1
UTA 2	<i>Hall</i> de entrada – Piso 0
UTA 3	Secretaria, tesouraria e contabilidade – Piso 0
UTA 4	Biblioteca – Piso 0
UTA 5	Secção de projetos – Piso 0
UTA 6	Auditório – Piso 0
UTA 7	Pisos 2 e 3

4.1.2.4 Sistema de distribuição de ar e de água climatizada

A rede distribuição de ar do sistema centralizado de climatização inclui condutas retangulares e circulares, rígidas ou flexíveis, que possuem registos manuais, defletores e outros acessórios necessários ao seu funcionamento.

As grelhas e difusores instalados foram escolhidos com base nas necessidades de cada área a ventilar. Os registos corta-fogo são de aço galvanizado com alhetas em aço inox e incluem atuador automático, fusível térmico, indicador visual e sistema de rearme manual, oferecendo resistência ao fogo durante aproximadamente duas horas.

Estas condutas são isoladas termicamente pelo exterior e têm um revestimento metálico de chapa de alumínio nas zonas expostas.

As uniões entre as condutas e as unidades de tratamento de ar e ventiladores são feitas através de mangas antivibráticas.

As redes de distribuição de água incluem acessórios como purgadores, termómetros e mangas antivibráticas, isolamento térmico e forra metálica nas zonas em que a tubagem está à vista.

Os circuitos de água quente e de água fria possuíam inicialmente dois vasos de expansão do tipo fechado para compensação das variações de volume de 80 L e 280 L.

O controlo da circulação de água quente ou água fria para os ventiloconvetores é realizado na sala técnica do sistema AVAC através de dois conjuntos de válvulas motorizadas de duas vias comandadas manualmente ou por um sistema automático de comandos.

A circulação da água nas tubagens é controlada por diversas válvulas instaladas ao longo da rede de distribuição, incluindo válvulas de seccionamento, simples e termostáticas, válvulas de duas vias e válvulas de três vias modulantes.

As válvulas de seccionamento permitem cortar ou estabelecer a passagem de água num dado ramal, evitando o esvaziamento de grandes trechos de tubagem em caso da avaria ou manutenção. Existem vários tipos de válvulas de seccionamento, sendo que nas instalações em estudo são usadas válvulas tipo cunha, que têm um obturador tipo cunha que se move perpendicularmente ao sentido de escoamento como resultado da rotação do veio de um volante, e de tipo borboleta, que permitem o controlo do fluxo através do movimento do obturador, que toma a forma de um disco colocado no centro do corpo da válvula e roda segundo um eixo vertical.

As válvulas modulantes de três vias possibilitam a regulação de fluxo e a mistura de águas de diferentes origens.

A rede de distribuição de água climatizada utiliza uma bomba para o circuito primário de água quente, duas bombas hidráulicas para circulação de água fria e duas bombas secundárias para transporte de água para os ventiloconvetores, cada uma permitindo a circulação de água para metade do edifício.

Estas bombas são da marca EFACEC e possuem as características funcionais apresentadas no Anexo X.

Todas as bombas estão montadas na posição horizontal, tendo um corpo em ferro fundido, veio em aço e empanques mecânicos. A bomba de água quente possui uma turbina em bronze, enquanto as restantes bombas têm turbinas de ferro fundido.

As bombas dos circuitos primários de água quente e de água fria são de acoplamento direto, isto é, o impulsor está ligado solidariamente ao veio.

As bombas secundárias são usadas para circulação de água através do edifício para alimentação das unidades ventiloconvetoras. Estas bombas são de acoplamento indirecto, existindo dois veios separáveis com união *Cardan*, uma união de transmissão homocinética que permite a transmissão de movimento entre os dois veios. O acoplamento entre unidades é elástico de modo a proteger as partes móveis e mecânicas, compensando possíveis movimentos axiais do eixo e desalinhamentos axiais ou radiais.

Os motores das eletrobombas possuem um grau de proteção IP54, que garante a proteção contra projeções de água e acumulação de poeiras.

Os ventiloconvetores instalados no edifício em estudo são da série PR da marca SEVESO, sendo as suas características funcionais apresentadas no Anexo XI.

As unidades ventiloconvetoras estão integradas num sistema de dois tubos, possuindo uma serpentina comum aos processos de aquecimento e de arrefecimento de construção em tubos de cobre e alhetas de alumínio.

Estes ventiloconvetores foram instalados sem invólucro exterior e com montagem em teto falso com grelhas de insuflação de dupla deflexão e grelha de retorno de simples deflexão.

Estes equipamentos possuem termostatos ambiente de inversão verão/inverno manual, duas válvulas de corte tipo cunha, uma válvula motorizada de três vias tudo/nada. Os ventiloconvetores têm um comando das três velocidades e com posição de desligado constituído por um painel com comutador adequado para montagem à distância.

4.1.3 Iluminação interior

Inicialmente o sistema de iluminação geral do edifício principal consistia principalmente em lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W com balastos ferromagnéticos instaladas em luminárias de cor branca sem refletores embutidas no teto adequadas à instalação de uma ou duas lâmpadas.

Nos pisos -2, -1 e 4 as luminárias são quadradas permitindo a adaptação ao tipo de teto falso existente nestes pisos. A maioria destas luminárias é de cor branca, sem refletores e permite a instalação de três lâmpadas fluorescentes tubulares de 18 W e dois balastos ferromagnéticos, um de 18 W e outro de 36 W, sendo que as restantes têm refletores e são adequadas à instalação de quatro lâmpadas de 18 W com dois balastos ferromagnéticos de 36 W.

Noutros pontos do edifício estavam instaladas lâmpadas fluorescentes compactas de 8 W ou 21 W, lâmpadas incandescentes de 60 W, lâmpadas de halogéneo de 50 W e lâmpadas *Eco-Classic* refletoras de halogéneo de 28 W.

Existem ainda dois letreiros, constituídos por painéis de LEDs que formam o logótipo do LNEG, instalados nas fachadas Norte e Este.

Apesar de a maioria dos circuitos de iluminação interior ser de ativação manual, o circuito relativo à iluminação do telheiro e dos logótipos é controlado por um interruptor horário em conjunto com um interruptor crepuscular.

4.1.4 Iluminação exterior

O sistema de iluminação exterior consiste principalmente em candeeiros suportados por colunas de sustentação, existindo ainda alguns holofotes afixados ao exterior edifício ou nas colunas de iluminação.

As luminárias instaladas em colunas de sustentação eram maioritariamente do tipo com globo de proteção, existindo também dois postes com suportes de três cabeças instalados no parque de estacionamento em frente do edifício. Exemplos de ambos os tipos de luminárias são apresentados na Figura 18.



Figura 18 – Colunas de iluminação com globo de proteção e com suporte de três cabeças

Estas luminárias usam lâmpadas de vapor de sódio ou vapor de mercúrio de 70 W, 100 W ou 250 W, com reatâncias e condensadores apropriados.

As luminárias dispostas ao longo das vias de circulação têm uma disposição bilateral alternada.

As luminárias são alimentadas por um circuito trifásico dividido em três circuitos, nomeados de Norte, Centro e Sul e acionadas por um interruptor crepuscular comandado por uma célula fotoelétrica (Anexo XII).

4.1.5 Sistemas de segurança

4.1.5.1 Sistemas de deteção e alarme de incêndio

O sistema de deteção de incêndios inicialmente instalado neste edifício era constituído por uma central analógico-endereçável instalada na sala da segurança no piso 0, ligada a vários ramais (*loops*) de detetores de incêndio, botoneiras de ativação manual e sistemas de alarme.

Na instalação em estudo existem dois tipos de detetores de incêndio: detetores iónicos de fumo, que constituem a maioria dos detetores, e detetores termovelocimétricos, instalados apenas na zona técnica do piso -2 correspondente ao armazém do material das sondagens.

As botoneiras de ativação manual instaladas são de operação indireta e estão instaladas junto aos acessos para o exterior e nos patamares das escadas de cada piso.

Este sistema de deteção de incêndios inclui ainda uma rede sirenes para alarme sonoro de aviso de incêndio e de sinais luminosos instalados por cima das portas de cada sala de modo a permitir a rápida identificação das zonas em que o detetor de incêndios disparou.

4.1.5.2 Sistema de deteção e alarme de intrusão e controlo de acessos

O sistema de deteção de intrusão instalado no LNEG é constituído por uma central de intrusão instalada no piso 0 do edifício principal à qual estão ligados vários ramais de detetores de movimento. Estes detetores estão colocados nos pisos -2, -1, 0 e 1 do edifício principal e no edifício social.

O circuito interno de televisão (ou C.C.T.V., do inglês *closed-circuit television*) é usado para monitorizar os principais pontos de acesso às instalações, bem como outros locais considerados sensíveis. As imagens adquiridas por estas câmaras são transmitidas para monitores instalados na portaria existente no piso 0 do edifício principal.

O LNEG possui dois portões de entrada: um portão principal, através do qual ocorrem a maioria das entradas de peões e veículos e que permite o acesso à Estrada da Portela, e um portão secundário, que está localizado na zona secundário da propriedade em estudo e que é menos utilizado. Junto ao portão principal existe uma cancela que permite o controlo de entradas e saídas de veículos.

4.1.6 Rede de distribuição de água potável

O edifício está ligado à rede de água pública dos Serviços Intermunicipalizados de Água e Saneamento de Oeiras e Amadora (SiMAS), tendo uma entrada de água junto da portaria que inclui um contador volumétrico com sistema de telecontagem. No Anexo XIV é apresentada uma representação esquemática desta rede de água.

Este sistema não recorre a bombas para fazer o transporte de água, usando a pressão da rede de água do SiMAS (P_0) e a força gravítica resultante do declive natural entre o ponto de entrada de água e o edifício (P_1) para conduzir a água até aos vários pontos de consumo da instalação, incluindo o piso mais elevado do edifício onde está instalado parte do sistemas AVAC (P_2), como é observável no esquema simplificado da rede de distribuição de água potável do LNEG apresentado na Figura 19.

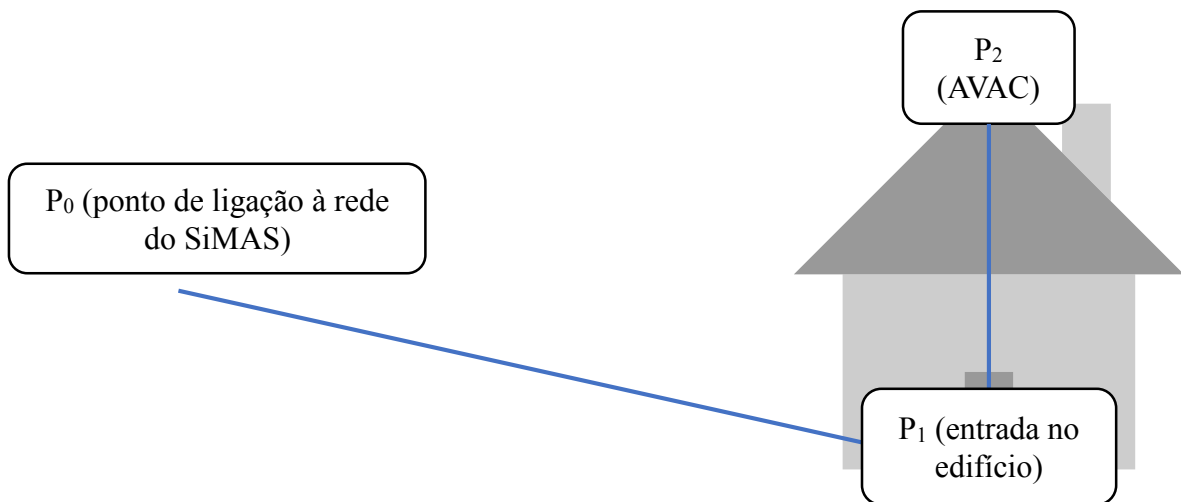


Figura 19 – Rede de distribuição de água potável do LNEG

4.2 Caracterização da manutenção no período pré-estudo

A manutenção de alguns dos sistemas existentes nestas instalações (por exemplo, o sistema de controlo dos elevadores ou as UTAs) encontra-se sob o controlo de empresas externas ao LNEG, recaindo a responsabilidade pela manutenção dos restantes sistemas no Núcleo de Manutenção do LNEG.

Verificou-se que a aplicação deste modelo de gestão de manutenção tinha resultado na prática de atividades de manutenção incorretas e na ausência de intervenções de manutenção periódica regulares. Este estudo permitiu constatar a avaria ou degradação de vários equipamentos e sistemas, sendo que no início deste trabalho vários equipamentos essenciais ao bom funcionamento destas instalações não funcionavam ou funcionavam com perdas de eficiência significativas e com riscos para segurança dos utilizadores.

4.3 Descrição dos problemas encontrados no início do estudo

Durante o decorrer dos trabalhos efetuados no âmbito deste trabalho, e através de uma vistoria cuidadosa aos vários sistemas e equipamentos instalados no LNEG, realizada no início deste estudo, foram detetados numerosos problemas resultantes de erros realizados a nível do projeto, fiscalização, operação e manutenção destas instalações.

Nesta seção é apresentada uma breve descrição dos principais problemas identificados e respetivas consequências para as instalações ou seus utilizadores.

4.3.1 Instalações elétricas

Um dos primeiros trabalhos realizados no âmbito deste estudo consistiu numa visita de vistoria ao posto de transformação do cliente instalado no LNEG. Através desta visita foi possível observar a inexistência de alguns dos acessórios de apoio e segurança que, de acordo com a lei vigente, devem existir nos postos de transformação, não estando presente um quadro com indicações de primeiros socorros à entrada do PT, um par de luvas de borracha para a tensão nominal da média tensão, nem a coleção de desenhos da instalação e de manuais de instrução dos equipamentos em exploração.

Verificou-se que a bateria de condensadores instalada no posto de transformação se encontrava sobredimensionada, tendo uma capacidade muito superior ao consumo médio de potência reativa de um dia típico. Consequentemente, esta bateria desligava-se após os primeiros minutos de funcionamento, não permitindo uma compensação adequada de energia reativa tendo-se constatado que:

- O constante ligar e desligar dos condensadores devido à variação das cargas em uso nas instalações resultava na introdução de harmónicas na rede;
- A ocorrência de *stress* dielétrico poderia originar uma perda de capacidade dos condensadores, levando a que estes fiquem sujeitos à ocorrência de curto-circuitos devido a perfurações na estrutura dos condensadores

A existência de manchas de fumo na área onde os condensadores estão instalados permite concluir que aí ocorreu uma explosão anteriormente.

Em julho de 2014 realizou-se um corte geral de energia que permitiu o acesso aos equipamentos instalados na zona de média tensão do posto de transformação de modo a efetuar a inspeção e manutenção dos mesmos. No decorrer destas atividades foi possível detetar as seguintes irregularidades (conferir Anexo XV):

- A porta de acesso ao exterior do PT, do lado da cela do seccionador do ramal de entrada, estava encravada e apresentava um elevado nível de corrosão, uma situação que comprometia a segurança destas instalações;
- Analisando o estado dos sistemas de abertura das celas de proteção dos transformadores e seccionadores foi possível concluir que estes não tinham sido testados regularmente, apresentando problemas derivados da falta de manutenção. Estes problemas impediam o correto funcionamento do encravamento mecânico das portas das celas e dificultaram o acesso ao seu interior;
- As facas dos seccionadores estavam empenadas devido ao calor;
- Uma das hastes de engate da faca de um seccionador encontrava-se desaparefusa, o que constitui uma séria falha na segurança que poderia ter resultado em graves consequências caso esta faca tivesse caído quando o sistema se encontrava em carga;
- Era necessário efetuar uma análise aos teores e concentração de bifenilos policlorados (PCB) no óleo isolante dos transformadores.

O PT alimenta o quadro geral de baixa tensão (QGBT) do edifício que por sua vez alimenta os vários quadros gerais e parciais. Estes quadros estão divididos em quadros de tipo “normal” ou de “emergência”, sendo que os circuitos elétricos deveriam ser distribuídos de modo a que os circuitos referentes aos sistemas de emergência (iluminação de emergência, bombagem de incêndios, câmaras frigoríficas, etc.) sejam alimentados pelos quadros de “emergência” e estejam separados dos restantes circuitos. No entanto, verificou-se que em algumas situações os circuitos não estavam corretamente divididos entre os quadros, dificultando a sua identificação e criando uma potencial situação de insegurança em caso de emergência.

Foram identificadas situações em que circuitos de tomadas estavam ligados a circuitos de iluminação devido a modificações incorretamente realizadas nos quadros elétricos durante a exploração do edifício. Tendo em conta que as características de cada um destes circuitos são muito diferentes entre si e que é necessário assegurar que estão protegidos por disjuntores adequados à corrente máxima por eles suportada, este tipo de situações devem ser evitadas de modo a proteger a integridade dos circuitos e das cargas por eles alimentadas.

O quadro elétrico e vários equipamentos da ETAR existente nestas instalações eram responsáveis por defeitos à terra devido à ocorrência de infiltrações de água. Este problema revela a falta de fiscalização adequada que estas instalações receberam, já que os problemas encontrados, tais como a existência de um quadro elétrico exposto, eram uma óbvia fonte de problemas futuros.

A UPS existente no piso 0 do edifício principal apresentava vários sinais de degradação resultantes da falta de manutenção adequada e tinha sido instalada numa sala que não oferecia as condições necessárias para o seu seguro funcionamento, conforme se passa a descrever:

- Esta sala era alcatifada, o que dificultava os processos de limpeza e manutenção da UPS e constituía um risco de incêndio em caso de sobreaquecimento;
- Não existia um sistema de arrefecimento adequado, sendo que a unidade *split* responsável pela climatização deste espaço se encontrava avariada há vários anos;
- O arranque desta UPS requeria a introdução de códigos específicos de comando que não foram fornecidos ao LNEG na altura da sua instalação. Esta situação impedia que a UPS pudesse ser reiniciada;

- Várias baterias instaladas nesta UPS apresentavam fissuras, peças partidas ou outros sinais de deterioração;
- O quadro elétrico que continha os circuitos da UPS não possuía uma ligação à terra adequada. Verificou-se também que este quadro misturava os circuitos elétricos relativos aos circuitos de iluminação das salas adjacentes com os circuitos dos equipamentos desta sala.

A ligação ao eléctrodo de terra do quadro principal do edifício social não tinha continuidade, pelo que as paredes funcionavam como zona de passagem de correntes de fuga. Uma rotura nas tubagens da rede de abastecimento de água resultou numa inundação que danificou a instalação elétrica deste edifício, incluindo o circuito de terras, provocando a ocorrência de curto-circuitos em várias tomadas e equipamentos, contactos indiretos e correntes diferenciais através da estrutura do edifício. Para além de comprometer a segurança dos utilizadores deste edifício, esta situação resultou na inutilização de várias tomadas e equipamentos elétricos necessários para o normal funcionamento das atividades aí desenvolvidas.

4.3.2 Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

No início deste estudo, o funcionamento do sistema de AVAC era supervisionado por um sistema centralizado de gestão técnica. Este sistema, concebido pela Landis&Gyr, permitia estabelecer rotinas de arranque e paragem dos vários equipamentos e definir as suas condições de funcionamento, como por exemplo, as temperaturas de operação ou temperaturas máximas e mínimas admitidas.

Verificou-se que este sistema de gestão apresentava erros de conceção e instalação, que resultavam na obtenção de dados errados e impediam o controlo e funcionamento eficiente dos vários componentes do sistema AVAC. A ausência de manutenção adequada, aliada ao envelhecimento natural dos equipamentos, levou a que vários componentes do sistema de gestão estivessem avariados e a que existissem problemas de conexão entre o *software* e o *hardware* deste sistema, dificultando a sua utilização.

O quadro elétrico QAVAC 1, instalado na sala técnica do piso 4 e responsável por vários equipamentos do sistema AVAC, apresentava condições fora do padrão de organização e segurança recomendados, incluindo a presença de disjuntores e interruptores diferenciais mal identificados, com erros de calibração e fases trocadas.

O sistema de drenagem da sala técnica do sistema AVAC tinha um ralo de esgoto com diâmetro insuficiente para escoar a água proveniente das purgas ou fugas que se verificavam nesta sala. Consequentemente verificou-se que ocorriam inundações frequentes nesta zona que punham em risco a segurança dos utilizadores e dos próprios equipamentos e quadros elétricos.

4.3.2.1 *Chillers*

No início deste estudo ambos os *Chillers* apresentavam problemas, sendo que *Chiller 1* se encontrava parado e o *Chiller 2* funcionava com apenas um compressor.

Muitos destes problemas derivavam da falta de manutenção regular, no entanto, foram também detetados vários erros de projeto ou de instalação de componentes dos *Chillers*, nomeadamente:

- Dimensionamento incorreto do sistema de ventilação dos *Chillers*, existindo apenas quatro ventiladores em cada circuito independente apesar de que cada circuito possui cinco placas condensadoras. A ausência de ventilação adequada traduz-se num aumento das temperaturas e pressões de condensação, o que diminui a eficiência do processo de arrefecimento e conseqüentemente, aumenta os consumos elétricos associados ao mesmo. Esta situação aumenta também a possibilidade de ocorrerem fugas devido a sobrepensões no condensador e acelera a degradação destes equipamentos;
- O projeto indicava que os compressores permitiam uma variação de três níveis de potência. No entanto, verificou-se que erros na instalação destes equipamentos resultaram em que os compressores apenas funcionassem com um nível de potência;
- Verificou-se que o transformador e restantes equipamentos dos quadros elétricos de comando e controlo dos *Chillers* estavam incorretamente dimensionados. Estes quadros possuíam três fases elétricas e não tinha neutro, sendo esta ligação realizada no transformador. A utilização deste neutro só seria possível existindo uma estrela de tensões equilibrada, pelo que os ventiladores e contadores aqui ligados deveriam ser iguais entre si e em número múltiplo de três, enquanto que na realidade existiam oito ventiladores e contadores. Esta situação resultou em erros de transmissão de dados ao sistema de gestão técnica, na avaria de alguns componentes elétricos dos *Chillers* devido às sobretensões a que estes eram sujeitos e no sobreaquecimento dos ventiladores, impedindo que estes funcionassem de forma eficiente.
- A cobertura dos *Chillers* não possuía um sistema de drenagem, pelo que se verificava uma acumulação da água da chuva nas placas de suporte dos ventiladores. Esta situação resultou na corrosão e degradação acelerada de vários componentes dos *Chillers*, o que por sua vez levou à ocorrência de numerosas passagens à terra;
- Os *Chillers* não possuem uma ligação à terra adequada, sendo esta feita através das tubagens de água. Esta situação constitui um risco de segurança para os utilizadores, por possibilitar o aparecimento de tensões de passo e de contato ao longo destas tubagens, e contribuiu para a avaria dos circuitos eletrónicos, por impor uma tensão perigosa nas extremidades das linhas de dados e de comando;
- Os purgadores estavam instalados nas tubagens de saída do permutador, em vez de nas tubagens de entrada como seria apropriado. Este erro de projeto resultava na entrada de ar no permutador. Assim, havia acumulação de ar na zona do evaporador que causava a formação de gelo que ao se deslocar para os compressores resultava na paragem do *Chiller* e podia danificar este equipamento;
- Os fluxostatos instalados na tubagem de água tinham um diâmetro superior ao dos furos em que deviam enroscar, pelo que não era possível garantir a pressão ótima de funcionamento destes equipamentos.

A ausência de manutenção adequada, associada à exposição às condições do meio exterior, levou a que vários componentes tivessem ficado danificados devido à corrosão.

Foi possível constatar que existiam numerosas ligações elétricas defeituosas que provocavam passagens à terra, constituindo um risco de segurança para os utilizadores. Estas passagens à terra resultavam ainda no disparo dos disjuntores diferenciais, provocando perdas económicas e de eficiência devido à paragem recorrente dos *Chillers*.

De entre os principais problemas detetados que resultavam da prática incorreta de manutenção destes equipamentos são de salientar pela sua magnitude e conseqüências negativas para o sistema:

- A avaria dos pressostatos de óleo, de alta e de baixa pressão de um dos compressores dos *Chiller 2*. Este problema, que impedia o arranque do compressor, advinha do fato de que

os terminais destes pressostatos estavam extramente corroídos e de que os pressostatos de alta e baixa pressão funcionavam a tensões incorretas e estavam expostos ao meio exterior;

- Um dos fios condutores da resistência de aquecimento de óleo de *Carter* do compressor do *Chiller* 1 tinha defeitos no isolamento que causavam passagens à terra. O problema detetado resultava no disparo do disjuntor diferencial e, conseqüentemente, na paragem deste *Chiller*;
- Apesar de apenas um dos ventiladores se encontrar avariado ao ponto de não funcionar, vários apresentavam defeitos à terra nos enrolamentos dos motores. Alguns ventiladores tinham ainda fusíveis em falta ou queimados, impedindo o seu funcionamento equilibrado e pondo em risco o correto funcionamento dos *Chillers*. Verificou-se também que o circuito de ventilação tinha um fator de potência inferior ao desejado, o que se traduzia em maiores quedas de tensão ao longo deste ramal devido à elevada potência reativa e na redução da eficiência global deste sistema;
- As bobinas das eletroválvulas de alimentação das válvulas de expansão de ambos os *Chillers* estavam danificadas devido a excessos de pressão, provocando passagens à terra;
- A formação de condensados tinha levado ao apodrecimento do isolamento das tubagens e à corrosão e calcificação de vários equipamentos instalados nas tubagens de entrada de água no permutador, nomeadamente fluxostatos, manómetros, sensores de temperatura e purgadores.

4.3.2.2 Caldeira

Foi possível constatar-se que a maioria dos problemas identificados com a caldeira em estudo derivavam da falta de manutenção regular ou do uso inadequado deste equipamento. Estes problemas, que impediam o funcionamento seguro deste sistema e resultavam numa redução da eficiência do processo de produção e transferência de calor, são seguidamente apresentados:

- Antes do início deste trabalho, a caldeira funcionava durante longos períodos de tempo a temperaturas de funcionamento muito elevadas (aproximadamente 96-98°C). Para além resultar em consumos muito elevados de gás propano, este regime de funcionamento contribuía para a formação de condensados durante o período de arranque. A caldeira não possuía um sistema de prevenção de condensados, pelo que estes se acumulavam no acoplamento entre a saída direta de gases e a conduta vertical de exaustão, ou chaminé, resultando na corrosão da estrutura da caldeira e respetiva forra mecânica. A chaminé estava também bastante corroída, especialmente na região mais próxima da caldeira, apresentando fissuras de dimensões consideráveis;
- A falta de limpeza e manutenção dos carburadores do queimador impedia a otimização da razão estequiométrica, resultando numa chama de cor amarelada, o que revela uma razão ar/combustível baixa;
- A ausência de um filtro de ar, associada à inexistência de limpeza regular, resultou em que entrada de ar tivesse bastante sujidade acumulada, dificultando o funcionamento do motor do ventilador e o arranque da caldeira;
- O redutor de pressão da linha de gás, isto é, da canalização de ligação entre a torneira de entrada de gás propano e a caldeira, estava incorretamente dimensionado, impedindo o funcionamento eficiente da caldeira. A ligação amovível utilizada nesta linha de gás era constituída por material não regulamentar, representando um risco de segurança;
- Vários equipamentos de regulação e controlo da caldeira não funcionavam corretamente devido à exposição prolongada à humidade, incluindo fluxostatos e termómetros;

- Verificou-se ainda que não existiam detetores de gases tóxicos ou de fugas de gás combustível.

4.3.2.3 Sistemas de ventilação

Os principais problemas detetados relativamente ao sistema de ventilação resultam da sua exposição aos elementos naturais, à ação da humidade formada devido ao funcionamento destes equipamentos e da degradação natural dos materiais devido ao seu envelhecimento, agravadas pela falta de manutenção adequada. Consequentemente, verificou-se que alguns equipamentos não funcionavam ou funcionavam de modo ineficiente, conforme se passa a descrever:

- As correias do grupo moto-ventilador do ventilador VE7 estavam em falta, impedindo que este funcionasse. Esta situação foi detetada muito tardiamente devido à falta de controlo e manutenção adequada destes equipamentos, levando a que este ventilador continuasse a ser ligado frequentemente, resultando em consumos energéticos e monetários desnecessários já que a área correspondente a este ventilador não estava a ser ventilada;
- O ventilador VE9 está encarregue da ventilação de um laboratório, pelo que é necessário assegurar o seu funcionamento contínuo. A degradação natural do material devido ao seu uso constante, associada à ausência de manutenção regular, conduziram a que este ventilador produzisse uma grande quantidade de ruído ao funcionar, resultando em desconforto para os utilizadores do edifício. A análise deste ventilador permitiu detetar um problema nos enrolamentos que considerou ser irreparável. Observou-se também que a “manga” deste ventilador estava rasgada, permitindo a fuga de ar ventilado e contribuindo para a diminuição da eficiência global deste equipamento;
- As caixas de comando das válvulas de três vias das UTAs não funcionavam e estavam consideravelmente degradadas devido à exposição à humidade, fatores climáticos no caso e falta de manutenção preventiva;
- Verificou-se que as tubagens de distribuição de água climatizada para as UTAs estavam montadas incorretamente, resultando numa diminuição da potência térmica disponível. As tubagens de distribuição de água climatizada das UTAs instaladas na cobertura e os diversos elementos instalados nestas tubagens apresentavam sinais de corrosão;
- Uma das correias da UTA2 estava demasiado folgada, enquanto que a outra estava degradada e apresentava fissuras, resultando na diminuição do rendimento e da segurança de funcionamento deste equipamento. Detetou-se ainda a existência de um ruído anormal que poderia ser indicativo da existência de outros problemas no grupo motoventilador desta UTA;
- A UTA3 encontrava-se inicialmente avariada, tendo sido considerada irrecuperável pela empresa responsável pela manutenção das UTAs. Assim, a climatização da zona ventilada por esta UTA era assegurada por unidades *split* e aquecedores a óleo. Verificou-se que esta unidade tinha vários problemas resultantes principalmente da falta de manutenção adequada que impediam o seu funcionamento, nomeadamente, a avaria e corrosão de purgadores, canalizações do sistema de distribuição de fluido térmico, válvulas de cunha, válvulas modulantes de três vias e respetivas caixas de comando, impossibilitando o controlo do fluxo de fluido e da potência térmica. Detetou-se ainda que as sedes das eletroválvulas se encontravam inundadas, estando na origem da avaria de outros componentes elétricos desta unidade. Esta situação estava na origem de passagens à terra e causava o envio de sinais de erro e de avaria ao sistema centralizado de gestão técnica.

A unidade de termoventilação (UTV) instalada no armazém do refeitório do edifício social encontrava-se bastante danificada devido à falta de manutenção regular, tendo-se verificado que:

- A estrutura elétrica desta unidade estava extremamente degradada e originava defeitos à terra;
- Vários componentes metálicos estavam enferrujados e corroídos, incluindo o motor e as resistências elétricas da bateria de aquecimento;
- Os filtros estavam bastante entupidos, tendo-se encontrado larvas e pequenas cobras no seu interior, constituindo um risco de saúde pública.

4.3.2.4 Sistema de distribuição de ar e de água climatizada

No decorrer deste trabalho foram detetados vários erros de projeto relativos ao dimensionamento destes sistemas. Cumulativamente, foi possível observar situações em que o projeto não tinha sido seguido corretamente criando complicações a nível do sistema centralizado de gestão técnica. O facto de que estes problemas não foram detetados, ou não foram adequadamente reportados, aponta ainda para a ocorrência de uma fiscalização de obra deficiente.

De entre os erros de projeto ou de instalação de componentes do sistema de distribuição de água climatizada salientam-se os seguintes:

- Vários dos purgadores instalados nas tubagens da sala técnica do sistema AVAC estavam instalados em locais de difícil acesso. A inacessibilidade destes purgadores dificultava a sua manutenção, tendo-se verificado que vários purgadores estavam entupidos e corroídos. Simultaneamente, constatou-se que não tinham sido colocados purgadores em sítios onde estes eram necessários para garantir que este sistema funcionava de modo seguro e correto;
- De acordo com o esperado, e como é indicado nas telas do projeto do edifício apresentadas no Anexo XVII, as sondas de temperatura das tubagens que dizem respeito às bombas secundárias deveriam estar instaladas no circuito de retorno. Contudo, constatou-se que estas tinham sido colocadas no circuito de alimentação aos ventilosconvetores do edifício, imediatamente a seguir às bombas secundárias. Esta disposição incorreta das sondas levava a que o sistema centralizado de gestão técnica recebesse quase imediatamente a informação de que se tinha atingido a temperatura de retorno definida e desse ordens de paragem para as unidades de produção de calor ou frio. Consequentemente, não se conseguiam obter as temperaturas desejadas nos espaços a climatizar e as condições de conforto térmico obtidas eram insuficientes para satisfazer os utilizadores deste edifício;
- A disposição das válvulas complicava consideravelmente o funcionamento do sistema AVAC, especialmente as inversões de ciclo efetuadas nas mudanças entre estações de aquecimento, arrefecimento e meia estação, que necessitam da inversão manual das válvulas de três vias instaladas nas tubagens de entrada de água quente ou fria nas UTAs e de válvulas modulantes instaladas em alguns trechos de tubagem existentes na sala técnica do AVAC;
- Nos períodos de meia estação certos troços de tubagem, que funcionavam como *shunts* hidráulicos, eram usados para obter uma redução do caudal de água e permitir a ocorrência de trocas de calor entre os circuitos de distribuição das zonas nascente e poente do edifício, um processo que se revelou pouco eficiente e excessivamente complexo;
- A pressão de água nas duas entradas de água da rede para o sistema AVAC não era constante e igual entre si;

- Tendo em conta as quedas de pressão observadas entre o ponto de entrada de água e a sala técnica do sistema AVAC, constatou-se que os vasos de expansão instalados nesta sala tinham sido sobredimensionados.

Foram também detetados problemas resultantes da carência de manutenção regular, nomeadamente:

- Várias das válvulas instaladas estavam empenadas ou apresentavam avarias nos seus circuitos eletromecânicos que impediam o seu funcionamento;
- Os vários grupos de eletrobombas apresentavam sinais de corrosão, sujidade acumulada, entupimento devido à formação de calcário e desgaste dos componentes mecânicos. A expressão [17] é usada no cálculo da potência hidráulica:

$$P_{\text{hidráulica}} [W] = Q_{\text{água}} \left[\frac{m^3}{s} \right] \times g \left[\frac{m}{s^2} \right] \times \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] \times h [m] \quad [17]$$

A análise desta expressão permite determinar que esta situação implica um decréscimo da eficiência destes equipamentos já que a presença destes resíduos resulta num decréscimo do caudal de água disponível, o que por sua vez pode levar a que as bombas trabalhem em vazio e se verifique um aumento da cavitação. Do mesmo modo, a presença de sujidade corresponde a uma alteração da viscosidade (ν) e da massa específica (ρ) da água pelo que poderá haver um aumento da potência elétrica consumida.

- Detetou-se que os rolamentos e empanques precisavam de ser substituídos em todas as bombas. Estas bombas estavam ainda mecanicamente desequilibradas, não estando completamente alinhadas com a flange da cornucópia correspondente;
- Verificou-se que existiam fugas de água perto da bomba do circuito de produção de água quente e que esta produzia muito ruído ao funcionar. Posteriormente, descobriu-se que se tinha formado uma pedra calcária que danificou o empanque desta bomba. A existência de uma fissura no impulsor de uma das bombas do circuito de produção de água fria impedia o correto funcionamento da mesma e provocava inundações frequentes da área onde esta está instalada.

Verificou-se que em vários gabinetes não era possível obter as condições de aquecimento ou arrefecimento desejadas através das unidades ventiloconvetoras devido ao facto de que o caudal de fluido térmico ser insuficiente.

A falta de manutenção adequada destas unidades era responsável pela maioria dos problemas detetados, nomeadamente, pela corrosão e degradação dos materiais das chumaceiras, tubagens e grelhas. Várias unidades ventiloconvetoras emitiam níveis de ruído elevados, causando desconforto aos utilizadores da área, e apresentavam problemas elétricos, mecânicos ou no circuito aeráulico que diminuíam a eficiência do processo de climatização dos espaços onde estão instalados.

4.3.3 Iluminação interior

Através de uma inspeção visual verificou-se que em algumas zonas do edifício, nomeadamente nos patamares das escadas e no telheiro da entrada, a iluminação existente era insuficiente e não uniforme, resultando em situações de desconforto visual para os utilizadores e comprometendo a sua segurança.

Estas vistorias permitiram também apurar que a maioria dos restantes problemas identificados a nível dos vários circuitos de iluminação interior derivavam principalmente do desgaste natural dos equipamentos que constituem estes sistemas e da falta de manutenção regular.

Verificou-se que a maioria das luminárias tinha bastante sujidade acumulada devido à ocorrência de curto-circuitos e outro tipo de sobrecargas, resultando numa diminuição da quantidade de luz emitida.

Muitas das lâmpadas instaladas estavam fundidas, no final de vida ou não acendiam corretamente devido a problemas associados aos arrancadores ou balastos. A maioria dos balastos apresentava sinais óbvios de degradação e estes componentes estavam frequentemente na origem de defeitos à terra que levavam a cortes regulares de energia em alguns circuitos de iluminação, cuja duração dependia da disponibilidade dos técnicos de manutenção para resolver o problema.

Nenhum dos letreiros funcionava corretamente devido a problemas relacionados com a sua instalação e agravados pela falta de manutenção.

4.3.4 Iluminação exterior

No início deste estudo a maioria das luminárias apresentava problemas que derivavam da ausência de manutenção regular. Estes problemas impediam o funcionamento de várias luminárias ou levavam a que as luminárias funcionassem apenas de modo intermitente, não sendo possível assegurar as condições necessárias de luminosidade e visibilidade em vários pontos das instalações em estudo.

Cada luminária foi inspecionada cuidadosamente, tendo-se verificado a existência lâmpadas fundidas, fusíveis queimados, reatâncias extremamente deterioradas, com ligações à terra incorretas, sem *shunt* ou com outros componentes em falta ou em estado avançado de degradação. Foi ainda possível comprovar que vários candeeiros estavam a dar passagens à terra devido a problemas nas ligações à terra e a defeitos nos isolamentos, causando tensões de contato e de passo que comprometiam a segurança dos utilizadores.

Foram ainda detetadas várias situações de degradação que eram claramente visíveis para qualquer utente do edifício e que no entanto não foram corrigidas durante bastante tempo, constituindo um dos exemplos mais óbvios da negligência aplicada no que toca à manutenção das instalações em estudo. Assim, foi possível observar que:

- Várias luminárias apresentavam globos de proteção que estavam estragados (isto é, amolgados, queimados ou esburacados), apresentavam condições de opacidade que diminuía consideravelmente a transmissão da luz criada pelas lâmpadas contidas no seu interior ou que se encontravam parcialmente obstruídos pelas árvores dos jardins envolventes;
- Algumas colunas de iluminação instaladas na zona do parque de estacionamento tinham ficado tortas ou amolgadas devido a colisões de veículos;
- Duas das luminárias do circuito Norte estavam instaladas nos postes de sustentação do portão principal, tendo-se observado que a diferença entre os diâmetros destes postes e das colunas de sustentação da luminária permitia a entrada de água e vários tipos de detritos. Esta situação tinha contribuído para a formação de ferrugem e passagens à terra, e tinha levado a que estes candeeiros começassem a entortar devido ao peso.

Verificou-se que as cargas dos circuitos do sistema de alimentação das luminárias estavam distribuídas de forma desigual entre as três fases, como se observar na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores iniciais de corrente e potência em cada fase do circuito de iluminação exterior

Fase	Corrente [A]	Potência ativa [W]	Potência reativa [Var]	Potência aparente [VA]
R	2,50	573	176	595
S	1,18	270	83	281
T	1,98	454	140	471

A distribuição incorreta das cargas resultou num desequilíbrio da estrela de correntes entre fases, no aumento das perdas de energia, na degradação da qualidade da energia e num aumento do risco de sobrecarga do condutor de neutro ou de alguma das fases, comprometendo assim a continuação do funcionamento destes circuitos no futuro.

No período de referência deste trabalho o total dos 33 candeeiros representava uma potência instalada de aproximadamente 1,21 kW, resultando num consumo médio de 11,57 kWh/dia_{útil}, ou seja, constituía uma percentagem muito pequena dos consumos globais de energia elétrica do *campus* em estudo.

4.3.5 Sistemas de segurança

4.3.5.1 Sistema de deteção e alarme de incêndio

O sistema de deteção e alarme de incêndio instalado não se encontrava em funcionamento há vários anos, tendo-se detetado numerosos problemas que impediam a sua utilização. Nomeadamente, verificou-se que a central de deteção de incêndios se encontrava avariada, a cablagem do ramal de detetores de incêndio do piso -1 estava cortada e a cablagem do ramal de detetores do edifício social estava parcialmente submersa numa caixa de passagem de cabos exterior.

Detetou-se ainda que este sistema não segue todos os requisitos impostos pela legislação em vigor, especificamente no que se refere à falta de reporte de deteção de incêndios aos Bombeiros ou outras entidades competentes, a falta de ligação ao sistema de controlo de elevadores e à utilização de detetores iónicos de fumos podem emitir partículas radioactivas nocivas á saúde humana.

4.3.5.2 Sistema de deteção e alarme de intrusão e controlo de acessos

No princípio deste trabalho verificou-se que o sistema de deteção e alarme de intrusão não se encontrava em funcionamento há algum tempo devido à ocorrência de um defeito no circuito da terra de proteção que estragou a placa eletrónica da central de comando do sistema de deteção de intrusos.

Foi ainda possível constatar que as caixas respeitantes às unidades de comando do sistema C.C.T.V., que deveriam ser responsáveis pelo comando das câmaras de segurança, gravador de vídeo do sistema de vigilância e portões de entrada, apresentavam diversos de erros de instalação, sendo que vários dos circuitos instalados não estavam sequer ligados à placa eletrónica ou seja, nunca terão funcionado desde que foram instaladas.

O sistema de abertura do portão principal apresentava diversos problemas que impediam o seu correto funcionamento e que se deviam principalmente à entrada de humidade nos motores. Verificou-se que esta situação tinha resultado na degradação dos cabos de ligação dos motores e na ocorrência de maus contactos entre os terminais dos cabos de ligação destes equipamentos, levando a que o sistema automático de abertura deixa-se de funcionar com frequência.

Na secção 4.3.4 da presente tese, referente à iluminação exterior, foi referida a existência de dois candeeiros que tinham sido colocados nos postes de sustentação deste portão, bem como os problemas resultantes da sua incorreta instalação. Esta situação teve também consequência para o sistema de abertura do portão principal, já que facilitou a corrosão da estrutura eléctrica e mecânica deste sistema e a criação de passagens à terra, particularmente grave tendo em conta que esta zona não possuía ligação local à terra.

A cancela colocada junto do portão principal, o sistema emissor-recetor e os leitores óticos de leitura de cartões de identificação para acionamento da cancela apresentavam vários problemas derivados de erros nas ligações eléctricas efetuadas pela empresa responsável pela sua instalação e de um defeito de fabrico na placa de comandos da cancela e que, aparentemente, nunca tinha sido detetado. Deste modo foi possível concluir que esta cancela nunca terá funcionado desde de que foi montada, não havendo nenhum motivo óbvio para que este problema não tenha sido detetado imediatamente ou para que a entidade que procedeu à sua instalação não tenha sido responsabilizada e os equipamentos reparados. Detetou-se ainda que estes equipamentos não tinham ligação à terra.

O cabo de alimentação do sistema de controlo do portão secundário e da câmara de vigilância instalada nesta zona passava por cima do relvado sem qualquer tipo de proteção. Assim, este cabo encontrava-se diretamente exposto à ação dos elementos naturais e outras possíveis fontes de deterioração que podem comprometer a integridade do isolamento do cabo e originar defeitos à terra ou perdas na transmissão com degradação do sinal transmitido pelo cabo. Detetou-se também a existência de alguns erros no sistema de abertura do portão secundário, incluindo a ausência de ligação à terra e a presença de vários cabos UTP (*unshielded twisted pair* ou par trançado sem blindagem) que não estavam conectados a este sistema e não eram necessários para o seu funcionamento.

4.3.6 Rede de distribuição de água potável

Analisando os dados relativos às faturas da água, bem como os dados disponíveis da telecontagem, verificou-se que o consumo de água registado era excessivo tendo em conta as necessidades do edifício em questão.

Foi possível detetar a existência de situações de desperdício de água devido à sua utilização incorreta, nomeadamente, autoclismos que estavam a verter, marcos de incêndio que não eram estanques e torneiras que eram deixadas abertas ou que não fechavam bem.

Procedeu-se à revisão do projeto da rede de água e à monitorização dos caudais de água em vários pontos da rede e à aplicação do modelo “predictor-corrector”, para identificar a existência de uma fuga de água de dimensões consideráveis.

A revisão do projeto da rede de água permitiu ainda constatar que esta rede foi inicialmente concebida de forma a permitir a junção de água de diferentes origens, um procedimento que era aceitável na altura em que este edifício foi construído mas que não é permitida pela legislação atualmente em vigor devido à necessidade de assegurar a qualidade da água disponível para os seus utilizadores.

Observou-se ainda a existência de válvulas redutoras de pressão instaladas no ponto de entrada na rede de água do edifício principal e na ligação à rede pública de água, que não constavam na tela da rede de água do projeto. Estas válvulas deverão ter sido adicionadas já durante a fase de exploração das instalações ao se ter verificado que a existência de um desnível entre estes dois pontos resultava numa pressão de água na rede de água do edifício principal superior à pressão da rede, ou seja, superior à pressão para a qual tinha sido dimensionada.

A válvula de pressão instalada na entrada da rede de água do edifício principal estava sobredimensionada para os caudais de água existentes. Consequentemente, esta válvula praticamente não atuava, o que resultou na avaria das suas partes móveis por falta de manobra.

4.4 Caracterização dos consumos do edifício no período pré-estudo

4.4.1 Eletricidade

Os consumos de energia elétrica foram analisados tendo em conta as faturas concernentes, pelo que os valores apresentados incluem todos os consumos das instalações do *Campus*.

Os gráficos da Figura 20 apresentam o perfil dos consumos mensais de energia ativa e dos encargos mensais derivados do consumo de energia elétrica (incluindo o IVA de 23%) durante o ano de 2012, que será considerado como o período de referência para efeitos de avaliação dos resultados obtidos através deste trabalho.

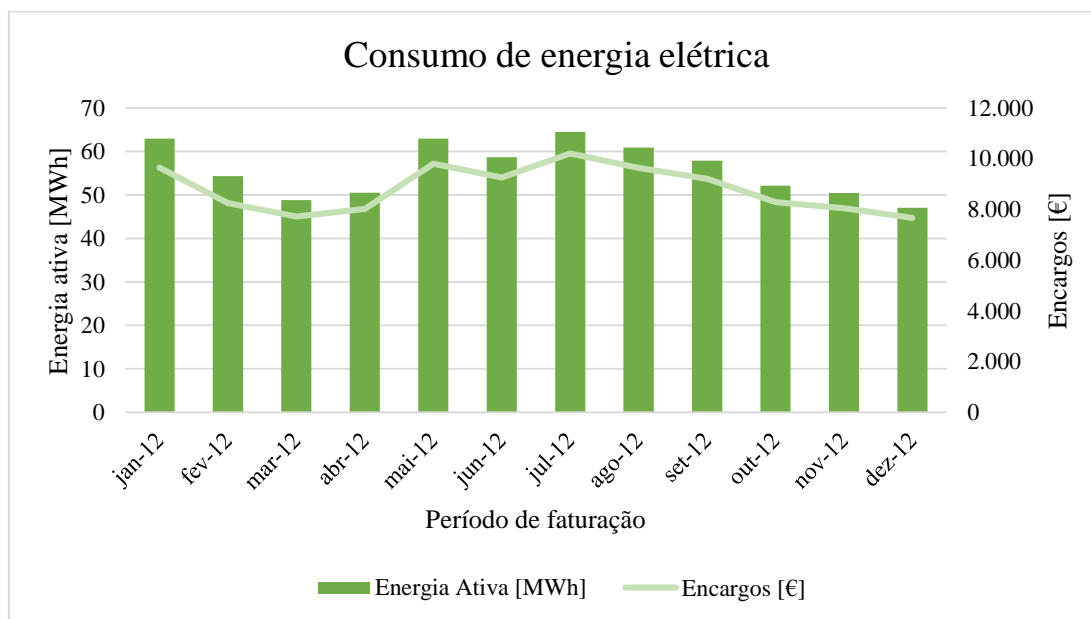


Figura 20 – Consumo mensal de energia ativa e encargos associados ao consumo de energia elétrica durante o período de referência (2012)

Como se pode observar, os consumos de energia elétrica diminuem durante os meses de Inverno devido ao não funcionamento dos *Chillers*, salvo algumas exceções que se podem dever à utilização de aquecedores elétricos para complementar o funcionamento da caldeira.

Neste período verificou-se um consumo médio mensal de 56 MWh, a que corresponde um encargo mensal de aproximadamente 8.800 €.

Para facilitar o entendimento da situação inicial do edifício e sistemas em estudo optou-se por fazer a desagregação dos consumos elétricos pelos principais grupos consumidores. Assim, e tendo em conta dados registados numa fase inicial deste projeto (Setembro de 2013), obtiveram-se os dados indicados no gráfico apresentado na Figura 21, que representa a distribuição percentual dos consumos elétricos.

Neste estudo os consumos totais do edifício social foram considerados como uma parcela separada, acontecendo o mesmo com o sistema de iluminação exterior e com o sistema AVAC, o qual inclui os consumos dos *Chillers*, eletrobombas e todas as UTAs excepto a 2 e a 6, que na altura não estavam a funcionamento. A parcela denominada “Restantes consumos” inclui os consumos relativos à iluminação interior, elevadores, sistema de segurança, circuitos de tomadas e outras cargas.

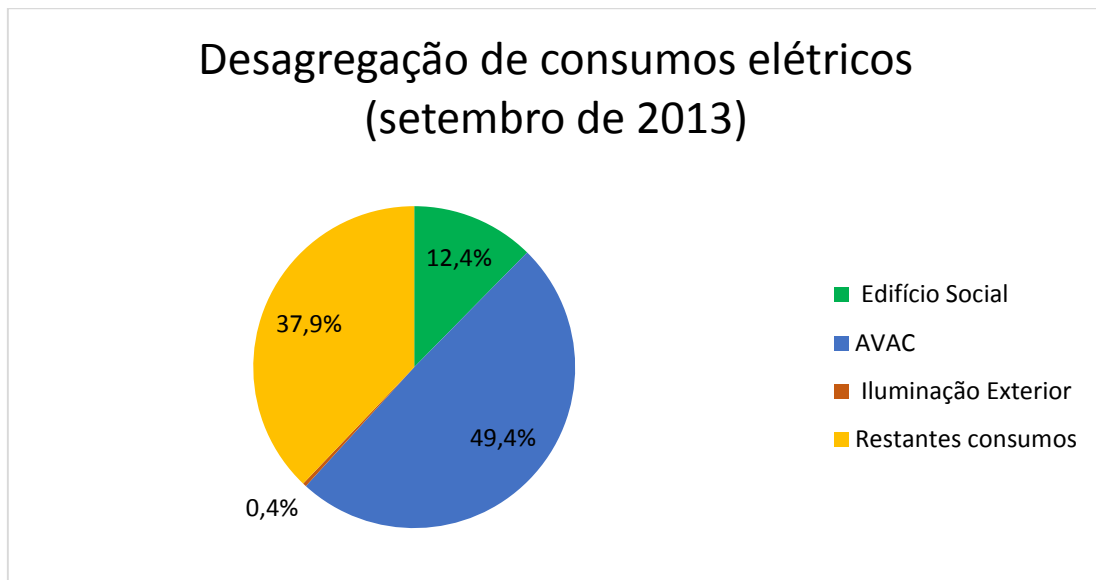


Figura 21 – Desagregação dos consumos de energia elétrica (Setembro de 2013)

A análise destes consumos elétricos iniciais revela que:

- O sistema AVAC tem um peso considerável nos consumos totais do edifício, correspondendo a quase metade dos consumos energéticos no período analisado. É de salientar que neste período, em que se verificaram temperaturas bastante elevadas para a época, se beneficiou do uso dos dois *Chillers*, embora estes já estivessem a ser reparados e um deles apenas funcionasse em regime parcial, devido aos problemas encontrados;
- O edifício social é responsável por pouco mais de 12% dos consumos totais;
- A iluminação exterior tem consumos muito reduzidos quando comparados com o total, correspondendo a menos de 0,5% dos consumos de energia elétrica;
- A parcela denominada “Restantes consumos”, que engloba a grande maioria dos equipamentos elétricos não mencionados nas restantes parcelas, é a segunda maior área de consumos elétricos, aproximadamente 38% dos consumos totais.

É de salientar que os resultados apresentados foram obtidos através de contadores instalados no PT e que, posteriormente ao período a que são referentes estas medições, se verificou estarem a funcionar com problemas, indicando valores incorretos. No seguimento desta descoberta estes contadores deixaram de ser usados como referência, tendo-se optado pela utilização de outros aparelhos certificados, de forma a garantir a correção dos dados obtidos.

Estes dados são aqui exibidos apenas com o intuito de apresentar uma caracterização geral do estado inicial, não sendo possível assegurar a sua precisão. Assim, tendo em conta estes resultados, e embora este trabalho englobe intervenções em todas as áreas previamente nomeadas, teve-se especial atenção às que correspondem às maiores parcelas de consumo, procurando resolver os problemas existentes e melhorar a eficiência dos processos que lhes estão associados.

4.4.2 Gás Propano

No *Campus* do LNEG Alfragide existe um depósito para armazenamento de gás propano com capacidade para 7480 dm³.

Este depósito está ligado a um sistema de distribuição de gás para o edifício social e para o edifício principal, alimentando a caldeira e a produção de água quente sanitária (AQS). É de salientar que a caldeira apenas funciona nos meses em que existe necessidade de produzir calor para efeitos de climatização, enquanto que o edifício social e os esquentadores para produção de água quente sanitária têm consumos que se mantêm aproximadamente constantes ao longo do ano.

O gráfico apresentado na Figura 22 baseia-se num estudo de diagnóstico energético do edifício realizado em 2012, que aponta para uma desagregação dos consumos de energia térmica nos meses de Inverno, em que 71% da mesma corresponde à climatização do edifício principal e os restantes 29% ao edifício social e produção de águas quentes sanitárias. (Salema et al., 2012)

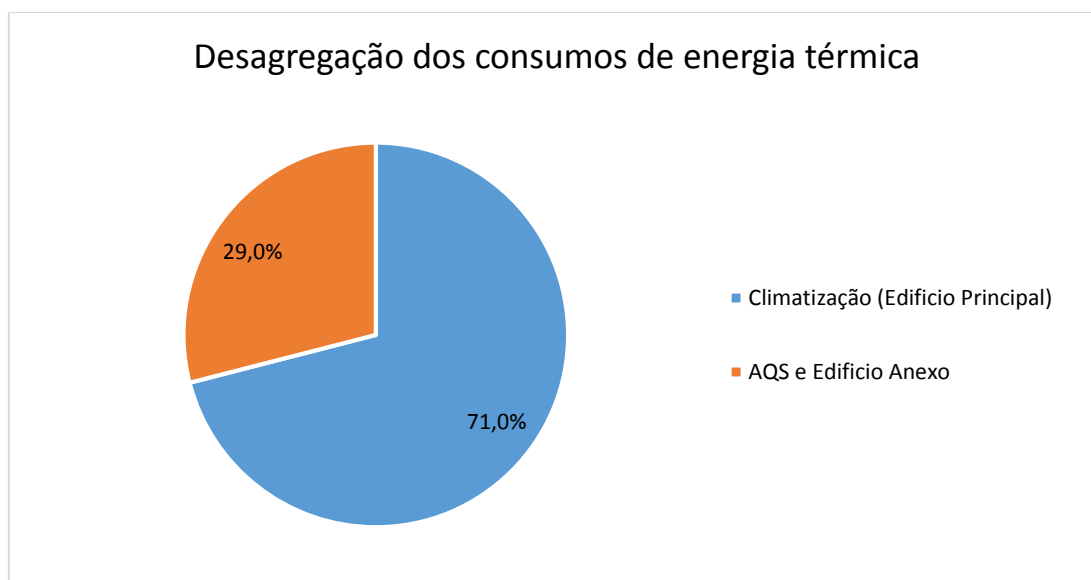


Figura 22 – Desagregação dos consumos de energia térmica (Salema et al., 2012)

Devido à inexistência de um sistema de monitorização dos consumos de gás propano, utilizou-se o conjunto das faturas que dizem respeito às recargas de gás propano no período de referência para elaborar o gráfico da Figura 23.

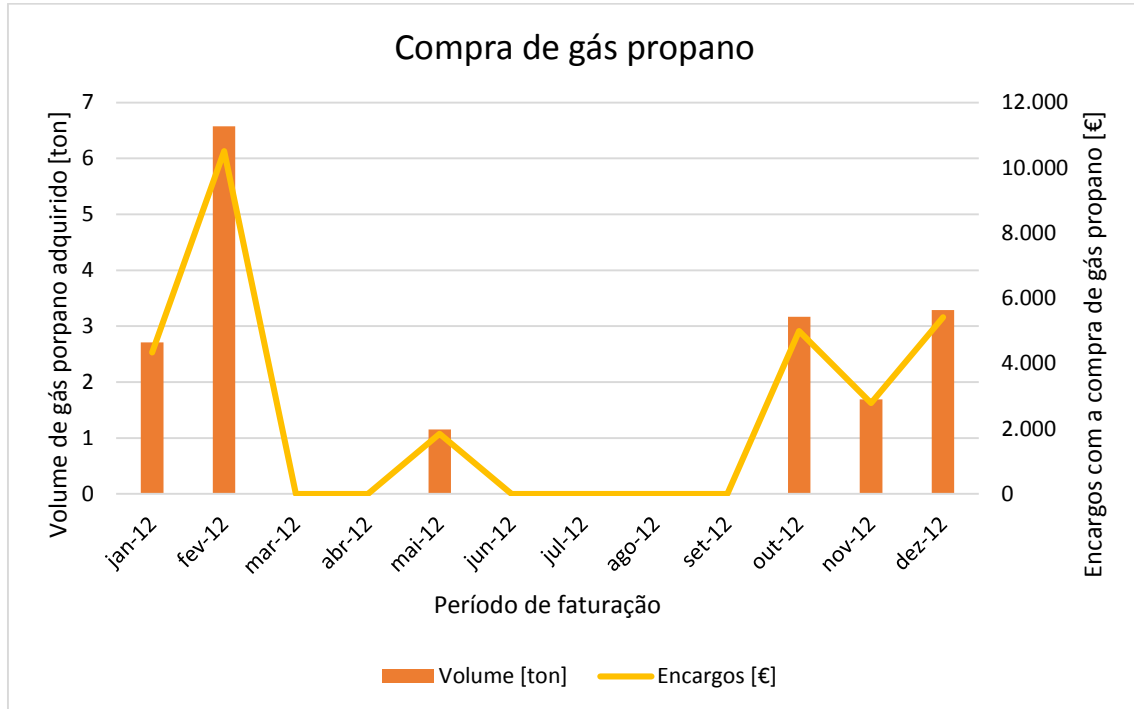


Figura 23 – Volume de gás propano adquirido no período de referência e encargos monetários a eles associados

Por observação deste gráfico confirma-se que a maioria dos consumos de gás propano tem lugar nos meses correspondentes à estação de aquecimento. No período de referência verificou-se um consumo total de 22 toneladas de gás propano, o que corresponde a encargos de aproximadamente 35.000 euros. É de salientar que os valores relativos aos encargos com o gás propano incluem o IVA de 23%.

A queima de gás propano resulta na libertação de dióxido de carbono, um poluente com forte impacto ambiental. Tendo em conta que são libertados três quilogramas CO₂ pela queima de cada quilograma de gás propano, é possível concluir que no período de referência em estudo se terá verificado um volume total de emissões de aproximadamente cinquenta e seis toneladas de dióxido de carbono.

4.4.3 Água

O perfil de consumo de água no período anterior às intervenções nesta área, realizada em Abril e Maio de 2014, foi estudado a partir das faturas de água e dos dados disponíveis da telecontagem.

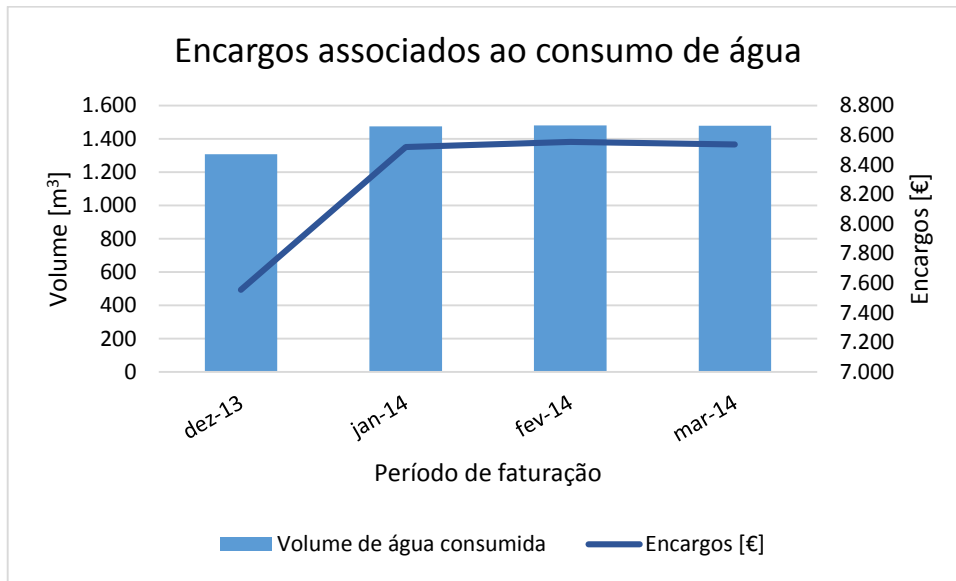


Figura 24 – Volumes mensais de consumos de água e encargos monetários a eles associados no período de referência

Os resultados obtidos relativamente ao volume consumido no período pré-intervenção, apresentados na Figura 24, apontam para a existência de poucas variações no consumo e para um consumo médio mensal de aproximadamente 1.437 m³, o que corresponde a uma média de encargos mensais de 8.292 €.

5. Trabalhos realizados e propostos

5.1 Manutenção e gestão da manutenção

Como já foi referido anteriormente muitos dos problemas encontrados deviam-se à falta de manutenção regular adequada.

Tendo em conta as características dos equipamentos existentes no edifício em estudo, e com base na pesquisa bibliográfica efetuada, procedeu-se à elaboração dos planos de manutenção preventiva, que se apresentam no Anexo I deste trabalho, e cuja implementação se sugere com o intuito de evitar que no futuro se voltem a atingir condições semelhantes às inicialmente encontradas e a assegurar o funcionamento seguro e eficiente destes equipamentos. Estes planos foram elaborados em colaboração com a mestrandia Raquel Ramiro no âmbito dos estágios realizados no LNEG que possibilitaram a realização deste trabalho, sendo em parte apresentados na sua dissertação que se foca nos sistemas AVAC do edifício em estudo.

Durante a realização deste trabalho procedeu-se à medição e registo de dados que permitem realizar o balanço energético e cálculo do rendimento de vários dos equipamentos em estudo de modo a avaliar os seus consumos e os impactos das intervenções realizadas. Por estes mesmos motivos, recomenda-se que se continuem a fazer estes registos no futuro.

Propõe-se ainda a realização de relatórios de trabalhos onde sejam reportadas as intervenções realizadas e que incluam uma descrição dos trabalhos realizados, do tipo de manutenção em que estes se enquadram, a data e hora do início e fim dos trabalhos, mão-de-obra mobilizada, peças e materiais utilizados, sintomas detetados no caso de avarias e respetivas causas apuradas, eventuais serviços por partes de terceiros, sugestões para ações futuras, assim como outras informações de possam ser consideradas relevantes.

Outra medida que poderia ser aplicada para possibilitar a obtenção de um sistema de gestão da manutenção mais eficiente consiste na elaboração de relatórios anuais sumários sobre o estado dos diversos equipamentos e sistemas e/ou de um relatório de autoavaliação que contenha uma análise SWOT e um conjunto de propostas de melhoria do sistema de manutenção e gestão da manutenção.

A análise SWOT é uma ferramenta utilizada para posicionar ou verificar a posição estratégica de uma empresa no ambiente em que esta se insere, sendo por isso usada na gestão e planeamento estratégico de empresas. A sigla SWOT é um acrónimo inglês que significa *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). (Análise SWOT, s.d.)

Esta análise de cenário divide-se em ambiente interno, que engloba as Forças e Fraquezas, e ambiente externo, Oportunidades e Ameaças. O ambiente interno é o resultado das estratégias de atuação definidas pela empresa. A sua análise deve resultar na identificação e melhor rentabilização dos pontos fortes e na identificação e redução dos pontos fracos, através da implementação de um plano de melhoria. O ambiente externo, apesar de não estar sob o controle da empresa, deve ser cuidadosamente analisado e monitorizado, de forma a aproveitar as oportunidades que se possam apresentar e a planear formas de evitar, enfrentar e minorar os efeitos de potenciais ameaças. (Moreira, 2010)

A realização de uma análise SWOT propicia ainda uma oportunidade para rever os objetivos estratégicos previamente estabelecidos.

5.2 Aplicação do método “Predictor-Corretor”

Como foi referido anteriormente, muitas das intervenções realizadas no âmbito deste trabalho tiveram como base a aplicação do método “Predictor-Corretor”. Este método preconiza a deteção rápida de defeitos ou anomalias que possam ocorrer numa instalação seguida da identificação da sua localização e realização da reparação ou, caso isso não seja possível, da minimização dos seus efeitos. A aplicação deste método é também indicada para minimizar os consumos de um dado recurso (água, eletricidade, gás, etc.) numa instalação.

Este método foi desenvolvido pelo engenheiro António Abreu no decorrer da sua atividade como militar nas Forças Armadas com o intuito de minimizar os consumos de eletricidade, água e gás, em ambiente de perdas, face à degradação das instalações, redução de efetivos e diminuição do orçamento do estado, permitindo uma melhor adaptação dos consumos às necessidades dos quartéis. Deste modo, o método “Predictor-Corretor” aqui apresentado foi previamente implementado nas unidades do Regimento de Artilharia de Queluz e do Regimento de Comandos da Amadora e no *Campus* do Taguspark do Instituto Superior Técnico, em parceria com várias instituições do estado português, tais como a Câmara Municipal de Sintra, a Câmara Municipal da Amadora e a Segurança Social, entre outras.

Foi criado um modelo matemático que relaciona a função de custo com as grandezas que se pretendem racionalizar:

$$C(\epsilon, V, \dot{V}) = \int P dt \quad [18]$$

Esta equação relaciona o custo de um recurso (expresso em euros, volume ou caudal) que é obtido através da integração de uma potência ao longo de um intervalo de tempo. O objetivo é então minimizar a função de custo, que corresponde a minimizar este integral.

A potência pode ser decomposta em duas componentes: a potência útil (P) e as perdas (P_{perdas}). As perdas incluem perdas intrínsecas, que poderão eventualmente ser reduzidas, mas nunca totalmente eliminadas, para além das perdas resultantes de defeitos no sistema.

A componente tempo pode igualmente ser dividida em $t_{consumo}$ e $t_{resposta\ ao\ sistema}$, como se pode observar na expressão [19].

$$(P + P_{perdas})(t_{consumo} + t_{resposta\ ao\ sistema}) \quad [19]$$

O tempo de resposta ao sistema refere-se ao intervalo de tempo decorrido entre o final de um período de faturação e o momento em que a fatura respetiva é analisada, permitindo a deteção de eventuais perdas. Este tempo de resposta corresponde a um intervalo de tempo no próximo período de faturação em que continuam a existir perdas, que vão contribuir para o aumento da fatura do mês seguinte, já que estas perdas não foram ainda detetadas e minimizadas, como se pode observar na figura seguinte. Assim, este intervalo de tempo refere-se a questões comportamentais de um serviço. Este método visa a redução deste tempo de resposta de modo a acelerar a deteção e reparação do problema através da implementação de sistemas de monitorização dos consumos.

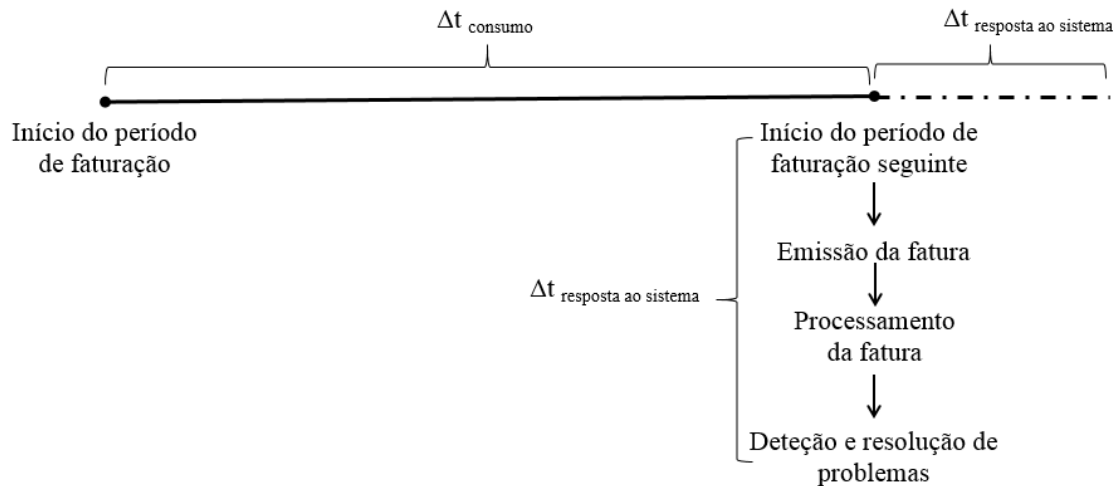


Figura 25 – Representação dos períodos de consumo e de resposta ao sistema e processos associados

A expressão a seguir apresentada é representação simples do processo seguido para calcular os consumos ou encargos associados aos gastos derivados do uso de um qualquer recurso e pode ser utilizada para mais facilmente explicar o método “Predictor-Corrector”. Nesta expressão $[\Delta]$ é a matriz “custo”, $[M]$ é a matriz “caudal” que contém os valores de caudal ou potência medidos através do sistema de contagem instalados e que traduzem os consumos medidos por unidade de tempo, e $[H]$ contém os elementos relativos aos tarifários relativos aos períodos de utilização do recurso.

$$[\Delta] = [H] \times [M] \quad [20]$$

Os elementos da matriz $[H]$ são geralmente conhecidos, tendo o consumidor acesso aos tarifários aplicáveis. No entanto, o cálculo dos elementos da matriz “encargos” pode ser dificultado se não tiver acesso aos elementos da matriz “caudal”, o que acontece frequentemente, já que em muitas instalações a única informação disponível quanto a estes dados é fornecida por faturas, ou seja, os dados disponíveis são não imediatos e são geralmente dificilmente desagregáveis.

A aplicação do método “Predictor-Corrector” começa normalmente com a recolha de informação associada ao local e modo de consumo, nomeadamente através da consulta de faturas, aferição das leituras dos contadores instalados, exame das telas ou projetos de licenciamento e identificação no terreno dos principais constituintes do sistema de transferência do recurso em estudo. A recolha desta informação visa verificar se existem erros de implementação do projeto, fugas ou perdas no transporte ou avaria dos contadores, estabelecendo-se um processo de leituras paralelo, aferido e sincronizado. Assim, este sistema de recolha de informação vai permitir que se faça a rápida deteção de anomalias futuras.

O método “Predictor-Corrector” visa então proceder à minimização dos elementos da matriz “caudal”, utilizando metodologias adequadas às necessidades da situação em estudo que permitam reduzir as perdas identificadas e que não comprometam o bem-estar dos consumidores ou impliquem alterações dispendiosas dos sistemas existentes. Desta forma, a aplicação do método “Predictor-Corrector” vai resultar numa redução dos encargos consequente da diminuição dos consumos decorrente da minimização dos valores da matriz “caudal”.

A implementação deste método requiere a aplicação de medidas comportamentais que facilitem a deteção de fugas e defeitos nas instalações, a redução de consumos desnecessários e a facilitação do processamento das faturas mensais (que quando possível deveria ser complementada por sistemas de telecontagem). A análise dos projetos das instalações e identificação e implementação de melhorias ao projeto inicial, especialmente no que toca a medidas que permitam o aumento da segurança das instalações, têm também um papel fundamental no que toca à aplicação da componente corretiva deste método.

A equipa de pessoal encarregue da gestão e manutenção deve assim adotar uma atitude proactiva relativamente à implementação de metodologias de contenção de desperdícios, tendo em vista a redução dos encargos e a poupança do recursos naturais consumidos. O Técnico de Instalação e de Manutenção (TIM) tem um papel de especial relevância no que toca à coordenação destes trabalhos, sugerindo-se a adoção de uma situação semelhante à atualmente existente no LNEG, onde o Engenheiro António Abreu ocupa a posição de TIM e de TRE enquanto técnico avançado, permitindo a centralização de especialidades e a responsabilização da obra num só mesmo indivíduo.

Em seguida vão ser apresentados exemplos da aplicação deste método a várias áreas das instalações em estudo.

5.2.1 Rede hidráulica

Um dos principais problemas detetados no decorrer deste trabalho consistiu na identificação de um consumo de água muito excessivo para o edifício em estudo.

O método “Predictor-Corrector” permite concluir se existe uma componente de perdas não localizadas de dimensão que justifique a adoção de medidas de reparação do sistema em causa. No caso em estudo verificou-se a existência de dois fatores de perdas não localizadas, um deles não é controlável já que se trata das perdas de carga ao longo da rede de água, o outro consistia numa fuga de água nas canalizações da rede de água do LNEG e pode ser controlada e minimizada.

Para identificar a existência de uma fuga, a rede interna de distribuição de água foi isolada da rede do SiMAS, procedendo-se em seguida a testes de estanquicidade e de determinação de caudais de perdas nos troços acessíveis. Nos troços inacessíveis este processo foi realizado por aproximações sucessivas com base na comparação entre medições de pressão realizadas em zonas acessíveis e a pressão de projeto.

As ações implementadas para resolução desta fuga são apresentadas mais à frente em maior pormenor, é importante referir nesta secção que incluíram a instalação de uma válvula na entrada da rede de água do LNEG que permite a manutenção da pressão desta rede através da regulação do fator de ciclo, que permite variar o intervalo temporal de entrada de água.

5.2.2 Instalações elétricas

A nível das redes elétricas existem também fatores de perdas que são intrínsecos, tais como a resistência e as quedas de tensão associadas à reatância das linhas e cabos de transmissão. Existem também vários fatores que podem ser minimizados ou mesmo eliminados recorrendo vários métodos corretivos adequados à situação em estudo, como por exemplo no que toca ao trânsito de energia reativa.

No caso da energia elétrica, a matriz energia é dada pelo produto da matriz linha das potências médias por intervalo de tempo pela matriz coluna intervalo de tempo, como é observável na expressão [21].

$$\begin{bmatrix} \text{Energia } \Delta t1 \\ \text{Energia } \Delta t2 \\ \dots \\ \text{Energia } \Delta tn \end{bmatrix} = [\text{Potência med } \Delta t1 \quad \text{Potência med } \Delta t2 \quad \dots \quad \text{Potência med } \Delta tn] \begin{bmatrix} \Delta t 1 \\ \Delta t 2 \\ \dots \\ \Delta t n \end{bmatrix} \quad [21]$$

Este método foi adotado nas intervenções de cariz corretivo aplicadas a vários equipamentos consumidores de energia elétrica, tais como os *Chillers* ou as hidrobombas.

Por exemplo, no caso específico dos *Chillers*, estes equipamentos beneficiaram dos resultados obtidos através da aplicação do método “Predictor-Corrector” devido a várias intervenções ao nível de mais do que um equipamento:

- A redução da pressão de rede de água e o aumento do caudal de água resultante do aumento de potência das bombas do circuito de produção de água fria, possibilitou que a entrada de água no permutador ocorresse a uma velocidade superior e em regime turbulento. Deste modo obteve-se a limpeza das canalizações, com remoção das impurezas e incrustações formadas no seu interior, e o aumento da potência frigorífica e da eficiência deste equipamento;
- O aumento da potência de ventilação dos *Chillers* permitiu a redução da pressão de condensação e do sobreaquecimento devido ao calor mecânico do compressor. Deste modo, obteve-se um aumento do COP, já que a potência frigorífica se manteve aproximadamente constante e a potência elétrica foi reduzida;
- Estas alterações resultaram ainda na redução do risco de fuga do gás refrigerante.

As alterações realizadas nas UTAs permitiram obter um aumento da potência térmica das mesmas através da utilização das duas resistências existentes, quer durante a estação de aquecimento, quer durante a de arrefecimento. Os grupos moto-ventiladores das UTAs foram também modificados de modo a aumentar a eficiência do processo de ventilação.

Implementaram-se também medidas de compensação de energia reativa que resultaram na redução da potência consumida por vários equipamentos.

5.2.3 Caldeira

A aplicação deste método a nível da caldeira visou essencialmente permitir a análise do consumo de gás propano e implementar medidas que melhorem a eficiência deste sistema.

O novo método implementado, que inclui a instalação de um contador de gás volumétrico para medição do caudal de gás, permite a medição instantânea do volume de gás consumido recorrendo à expressão [22], onde a matriz volume é dada pelo produto entre a matriz linha dos caudais instantâneos e a matriz coluna tempo.

$$\begin{bmatrix} \text{Volume } t1 \\ \text{Volume } t2 \\ \dots \\ \text{Volume } tn \end{bmatrix} = [\text{Caudal } t1 \quad \text{Caudal } t2 \quad \dots \quad \text{Caudal } tn] \begin{bmatrix} t 1 \\ t 2 \\ \dots \\ t n \end{bmatrix} \quad [22]$$

Este método permite a deteção imediata de anomalias no funcionamento da caldeira que resultem em alterações dos consumos ou de fugas de gás propano.

Procedeu-se também a intervenções que permitiram melhorar a eficiência da caldeira, nomeadamente, à redução da temperatura de funcionamento da caldeira, otimização da razão estequiométrica da combustão, eliminação de fugas de gás e de água e à redução do ciclo de funcionamento, com implementação de um algoritmo de gestão do tempo de queima.

5.3 Intervenções corretivas realizadas no âmbito deste estudo

Este trabalho incluiu a realização de várias intervenções de cariz corretivo que visaram a reparação dos problemas anteriormente apresentados.

Como foi previamente indicado muitos destes problemas derivavam da falta de manutenção preventiva regular, mas foram também detetadas numerosas situações que resultavam de erros de projeto, construção, fiscalização ou operação dos equipamentos. Assim, os trabalhos realizados visaram, não só restabelecer sempre que possível o funcionamento de equipamentos que estavam avariados no início deste estudo, mas também a implementação de medidas que permitissem o funcionamento mais seguro e eficiente das instalações em estudo.

Nesta seção é apresentada uma breve descrição das principais intervenções realizadas.

5.3.1 Instalações elétricas

5.3.1.1 Posto de transformação

Foram instalados novos contadores de energia no posto de transformação, de modo a facilitar a monitorização dos consumos de energia elétrica do edifício em estudo. Posteriormente, verificou-se que alguns contadores apresentavam problemas de funcionamento, indicando valores incorretos, pelo que não foi possível utilizar estes aparelhos como referência. Assim, durante a maioria deste trabalho optou-se pela utilização de outros aparelhos de medição elétrica devidamente certificados para a obtenção dos dados necessários, nomeadamente, recorreu-se ao uso de aparelhos analisadores de energia elétrica Qualistar denominados *Chauvin Arnoux* modelos CA 8331 e CA 8334B.

As intervenções realizadas a nível da bateria de condensadores tiveram por base a aplicação do modelo predictor-corretor de modo a obter um sistema adequado de correção do fator de potência, que permita não ultrapassar o valor contratado. A implementação deste sistema seguiu os seguintes passos:

- Tendo em conta o fator de potência contratado e os valores de potência ativa consumida ao longo de um dia típico, traçou-se um diagrama de carga diário;
- Este diagrama foi utilizado para identificar o regime de escalões mais adequado aos vários períodos de consumo observados;
- O relé varimétrico inicialmente instalado foi substituído por um dispositivo de várias saídas, que pode ser controlado por um relógio de modo a obter os escalões de compensação de energia reativa adequados a cada período de consumo.

A implementação deste novo sistema de controlo da bateria de condensadores necessita que seja realizada uma monitorização contínua dos consumos das instalações em estudo de modo a que os

escalões impostos possam ser corrigidos em resposta a modificações dos padrões de consumo de energia elétrica do edifício.

Em julho de 2014 realizou-se um corte geral de energia nas instalações em estudo que permitiu efetuar a limpeza e manutenção dos equipamentos instalados na zona de média tensão do posto de transformação.

No seguimento desta intervenção, a porta de acesso ao exterior do PT instalada nesta zona foi substituída de modo a assegurar o funcionamento desta saída.

Procedeu-se à medição das resistências das terras de proteção e serviço, que permitiu comprovar que estas se encontravam abaixo do valor máximo admissível de 20 Ω (tendo-se obtido os valores de 7,1 Ω e 8 Ω , respectivamente).

O tapete isolante, lanterna, luvas isolantes para 20 kV e artigos do *kit* de primeiros socorros do posto de transformação foram substituídos e procedeu-se à afixação de novas fichas de instruções de primeiros socorros no PT e no gabinete do TRE.

5.3.1.2 Avaliação do desempenho do transformador e perdas no transporte de energia

Utilizou-se um novo método desenvolvido pelo Engenheiro António Abreu para realizar uma avaliação do desempenho do transformador de potência em regime de carga em tempo real. Para realizar este estudo foi necessário realizar medições no primário e no secundário do transformador.

As medições das variáveis correspondentes ao primário do transformador foram realizadas no posto de seccionamento utilizando um contador digital desenvolvido pelo Engenheiro António Abreu. Este dispositivo, apresentado na Figura 26, permite a leitura da energia ativa e reativa consumida pela instalação durante um determinado intervalo de tempo através de uma máscara colocada sobre o contador do fornecedor que é sensível aos sinais fornecidos pela porta ótica.



Figura 26 – Máscara de leitura dos sinais óticos do contador de energia

Este método permite obter um número de impulsos correspondente à componente ativa e outro correspondente à componente reativa, sendo que cada impulso equivale a um consumo de energia de 0,1 kWh ou 0,1 kVAh. Estes cálculos são exemplificados nas expressões [23] e [24], respetivamente.

$$\text{Energia ativa [kWh]} = n^{\circ} \text{ de impulsos} \times 0,1 \text{ [kWh/impulso]} \quad [23]$$

$$\text{Energia reativa [kVArh]} = n^{\circ} \text{ de impulsos} \times 0,1 \text{ [kVArh/impulso]} \quad [24]$$

Este estudo foi realizado estando o transformador a operar num regime de carga de 6%, pelo que pode ser considerado como aproximando o funcionamento do transformador em vazio.

No secundário do transformador efetuou-se a medição e registo dos valores médios de corrente, tensão, potência ativa, potência reativa, potência aparente e fator de potência em cada fase e no total das três fases utilizando um medidor digital de energia *Chauvin Arnoux*.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados alcançados através da aplicação desta metodologia durante um período de 15 minutos.

Tabela 4 - Medições no primário e secundário do transformador durante um período de 15 minutos

	Primário do transformador	Secundário do transformador
Energia ativa [kWh]	10	8,9
Energia reativa [kVArh]	14,5	3,0
Energia aparente [kVAh]	17,6	9,4
Potência ativa [kW]	40	35,8
Potência reativa [kVA]	58	12,1
Potência aparente [kVA]	70,5	37,8
Fator de potência	0,57	0,95

Considerando os valores obtidos é possível concluir que o transformador tem um rendimento elevado (90%) do ponto de vista do trânsito de energia ativa.

$$\eta = \frac{P_{\text{out}} \text{ [kW]}}{P_{\text{in}} \text{ [kW]}} \times 100 = \frac{35,8}{40} \times 100 = 90\% \quad [25]$$

Analisando estes resultados é possível verificar que uma porção significativa do consumo de energia reativa se deve ao funcionamento do transformador, sendo que a carga alimentada corresponde a um consumo de apenas 12 kVA dos 58 kVA consumidos no primário e o restante se deve a perdas por magnetização no núcleo do transformador.

A comparação dos parâmetros medidos no primário e no secundário do transformador permitem ainda constatar que, apesar de o fator de potência registado no secundário ser quase unitário, o valor observado no primário é significativamente menor.

Assim, a metodologia apresentada permitiu detetar em tempo útil o trânsito de energia reativa, o qual dava origem às perdas nas linhas de transmissão, traduzindo-se numa elevada ineficiência da instalação. Tendo em conta que a energia elétrica é contabilizada e faturada com base nos valores medidos no primário, verifica-se ainda que existem perdas económicas significativas para o LNEG. Deste modo é possível afirmar que a utilização do método seguido pode permitir a correção atempada de problemas identificados, de modo a diminuir a ineficiência das instalações em estudo.

Procedeu-se ainda à determinação das perdas de transporte de energia entre o posto de seccionamento e o posto de transformação do cliente de modo a confirmar que estas são desprezáveis relativamente à potência total transitadas. Os cálculos efetuados são apresentados seguidamente:

- Determinou-se a corrente nominal no primário, tendo-se obtido o valor de aproximadamente 36 A, o que está de acordo com a chapa de características do transformador:

$$I_{1N} = \frac{S \text{ [VA]}}{\sqrt{3} \times V \text{ [V]}} = \frac{630000}{\sqrt{3} \times 10000} = 36,373 \text{ A} \quad [26]$$

- Calculou-se a resistência do cabo de transporte de energia, que se revelou ser de 13 mΩ:

$$R = \rho \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \times \frac{L \text{ [m]}}{A \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,017 \times \frac{185}{240} = 0,013 \Omega \quad [27]$$

- Procedeu-se ao cálculo da potência dissipada no transporte de energia entre o posto de seccionamento e o posto de transformação do LNEG, tendo obtido um resultado de aproximadamente 17 W:

$$P_{\text{transporte}} = R \text{ [\Omega]} \times I^2 \text{ [A]} = 0,013 \times 36,373^2 = 17,337 \text{ W} \quad [28]$$

- Finalmente, foi possível obter a eficiência do transporte de energia, 99,97 %:

$$\eta = \frac{P - P_{\text{transporte}}}{P} \times 100 = \frac{630000 - 17,337}{630000} \times 100 = 99,97\% \quad [29]$$

Deste modo foi possível verificar que o processo de transporte de energia ao longo do cabo de média tensão que liga o posto de seccionamento ao posto de transformação, com um comprimento de 185 m, tem uma eficiência muito elevada com perdas de apenas 0,03%.

5.3.1.3 Detecção de defeitos à terra

Na secção desta tese referente à descrição dos problemas detetados, foram mencionadas várias situações em equipamentos ou circuitos elétricos estavam na origem de passagens à terra. Assim, optou-se por instalar um aparelho vigiador de corrente no posto de transformação de forma a permitir a identificação de defeitos à terra que possam existir nas instalações em estudo, tal como é possível observar na Figura 27.



Figura 27 – Vigiador de corrente para deteção de defeitos à terra

Procedeu-se à identificação dos pontos de origem das passagens à terra de modo a resolver os problemas que as causavam, conforme se passa a descrever:

- Verificou-se que a ocorrência de infiltrações na cobertura pela caixa-de-ar do edifício estava na origem de defeitos à terra em vários quadros elétricos. Este problema foi solucionado através do isolamento das rachas que possibilitaram a ocorrência destas infiltrações;
- O quadro elétrico e equipamentos da ETAR existente nestas instalações eram também responsáveis por passagens à terra devido à ocorrência de infiltrações de água. Tendo em conta que esta ETAR não está atualmente a ser utilizada, optou-se por cortar o acesso de energia a este quadro, sendo que se prevê que estas instalações venham a ser abatidas no futuro devido ao avançado estado de deterioração dos equipamentos resultante da falta de manutenção regular;
- No decorrer deste trabalho verificou-se que os *Chillers* continham vários componentes que estavam na origem de defeitos à terra devido à sua avaria e à falta de manutenção. Estes componentes, de entre os quais se destacam os ventiladores, bobinas das eletroválvulas da linha de alta pressão do circuito frigorífico e resistências de *Carter* dos compressores, foram reparados ou substituídos, tal como é indicado na secção 5.3.2.1 da presente tese, relativa às intervenções realizadas a nível dos *Chillers*.
- Em várias luminárias que possuíam balastos ferromagnéticos, constatou-se que estes já estavam instalados há muitos anos, e que estavam visivelmente degradados pelo que frequentemente originavam defeitos à terra. Os balastos que causavam curto-circuitos, e consequentemente impediam o funcionamento dos circuitos a que pertenciam, foram substituídos à medida que estes problemas eram detetados. No decorrer das intervenções realizadas a nível da iluminação interior efetuou-se a substituição de alguns balastos ferromagnéticos por balastos eletrónicos;
- Os candeeiros de iluminação exterior que estavam inicialmente instalados nas colunas de suporte do portão principal eram responsáveis por passagens à terra devidos a problemas no isolamento dos cabos e à presença de humidade. As intervenções relativas ao portão principal e da iluminação exterior permitiram a remoção destes candeeiros, a resolução dos problemas de defeitos à terra a eles associados e a instalação de elétrodos terra locais;
- As luminárias instaladas nos terraços da cobertura do edifício estavam na origem de defeitos à terra devido à entrada de humidade. Esta presença de humidade resultou ainda

- na degradação de vários componentes destas luminárias, pelo que estas foram removidas de modo a permitir a sua reparação no futuro;
- Verificou-se também a existência de passagens à terra nos circuitos de CCTV e do sistema de controlo do portão secundário. O cabo de alimentação do sistema de controlo do portão secundário e da câmara de vigilância que lhe corresponde foi colocado no interior de um tubo de PVC e enterrado, de modo a estar protegido dos danos resultantes de abatimentos de terras, contacto com corpos duros ou da atuação dos elementos do solo. A diferença entre os diâmetros do cabo e do tubo permite a existência de bolsa de ar entre a superfície interior do tubo e o cabo que permite este possa ser manipulado sem danificar o seu revestimento isolante e impede a ocorrência de defeitos à terra;
 - Como foi referido anteriormente, foram detetadas numerosas fontes de defeitos à terra no edifício social devido à existência de uma inundação deste espaço resultante da rotura de uma tubagem de água. Embora esta rotura já tenha sido resolvida, os danos causados à instalação elétrica obrigaram à identificação e eliminação dos pontos na origem de defeitos à terra. Os pontos de defeito foram detetados com recurso a um ohmímetro e usando algoritmos de pesquisa de defeito, como o método da bissecção. A eliminação destes problemas consistiu principalmente na remoção de tomadas carbonizadas e o isolamento de vários pontos dos circuitos elétricos deste edifício.

5.3.1.4 Circuitos elétricos

Em várias salas os circuitos iluminação e de tomadas tinham sido modificados relativamente à estrutura inicial do projeto. Estas modificações tinham o intuito de aumentar o número de cargas alimentadas em cada divisão ou de ajustar os circuitos existentes para criar zonas de trabalho em *open space* em zonas que eram inicialmente gabinetes fechados.

Uma destas situações ocorreu na área atualmente ocupada pelos serviços de tesouraria e secretaria no piso 0 do edifício principal onde se verificou que:

- Uma modificação errada do quadro elétrico levou a que alguns circuitos de alimentação de tomadas fossem ligados aos disjuntores de proteção dos circuitos de iluminação;
- Ocorreu uma situação de sobrecarga num dos circuitos de tomadas pertencentes a esta área, tendo sido possível constatar que este problema se devia a uma distribuição muito desequilibrada dos consumos pelas fases deste circuito e na ligação de um número excessivo de cargas simultaneamente. Observou-se ainda que os funcionários que utilizavam este espaço utilizavam vários aparelhos de aquecimento resistivos, os quais têm consumos muito elevados.

Assim, procedeu-se ao reconhecimento dos vários circuitos de tomadas existentes neste espaço e à medição da potência e corrente consumida em cada um, o que permitiu a identificação da fase que estava sobrecarregada. As intervenções realizadas neste espaço consistiram principalmente na reestruturação das cargas, de modo a equilibrar os consumos em cada fase dos circuitos de tomadas, na remoção dos aparelhos de aquecimento resistivos e à reestruturação do quadro elétrico, de modo a que os circuitos de iluminação e de tomadas passassem a ser independentes e a que cada um tivesse as proteções adequadas. Os funcionários foram ainda instruídos relativamente à importância de não sobrecarregar estes circuitos e aos comportamentos que deveriam adotar para evitar que tal acontecesse novamente.

Outra situação de sobrecarga dos circuitos elétricos relevante teve lugar na copa do piso 4 do edifício principal. Neste caso a utilização de vários equipamentos em simultâneo causava o disparo do disjuntor relativo a este circuito instalado no PT.

Verificou-se que a maioria das cargas instaladas nesta sala era alimentada por um único circuito monofásico (existindo também equipamentos que eram alimentados pelo circuito de iluminação externa) ou seja os circuitos de tomadas e de iluminação desta sala não eram independentes.

Os circuitos elétricos desta sala estavam misturados com os circuitos dos elevadores no quadro elétrico da zona Sul do piso 4 (Q.I.C.M.II). Foi possível detetar a existência de um erro no dimensionamento do ramal de alimentação deste quadro:

- O quadro elétrico da copa possuía um interruptor diferencial tetrapolar, sensível a correntes de defeito mas não a curto-circuitos ou sobrecargas, e admitia uma corrente nominal superior à permitida pela proteção imediatamente a montante, que neste caso estava instalada no PT;
- Assim, o disjuntor magnetotérmico que se encontra no PT respondia a situações de sobreintensidade resultantes do uso simultâneo de várias cargas cortando a alimentação deste ramal;
- Esta situação obrigava à deslocação de um técnico certificado ao PT para rearmar o disjuntor e impossibilitava a utilização dos equipamentos ligados ao quadro em questão durante um período de tempo indefinido;
- Existia também a possibilidade de ocorrer um sobreaquecimento do cabo da alimentação devido ao excesso de intensidade de corrente, que poderia danificar a estrutura elétrica deste ramal do edifício e constituía um risco de incêndio.

Optou-se por fazer várias modificações à estrutura elétrica deste espaço, nomeadamente:

- O circuito monofásico já existente passou para alimentar apenas as duas luminárias desta sala e uma luz de emergência que foi acrescentada para garantir as condições de segurança adequadas (ver Figura 135 do Anexo XVIII);
- A alimentação dos restantes equipamentos da copa foi assegurada através da instalação de um circuito trifásico, com ligação em estrela, de modo a possibilitar a alimentação simultânea de várias cargas através da distribuição da potência instalada pelas três fases (ver Figura 136 do Anexo XVIII);
- O circuito dos elevadores foi colocado num quadro elétrico distinto, instalado na sala das máquinas relativa a este conjunto de elevadores, de modo a garantir o funcionamento distinto dos dois circuitos e a assegurar que cada circuito possui proteções adequadas às suas características. Os condutores de proteção foram interligados de forma a garantir a equipotencialidade das instalações.

5.3.1.5 Sistemas de alimentação ininterrupta (UPS)

Tendo em conta as condições iniciais da UPS instalada no piso 0 do edifício principal, optou-se por proceder à sua remoção e substituição.

A UPS inicialmente existente foi substituída por três UPSs mais pequenas que em conjunto permitiam obter uma capacidade próxima da desejada. Estas UPSs pertenciam já ao LNEG mas não estavam em funcionamento devido a diversos problemas e avarias, pelo que foi necessário proceder à sua reparação.

A reparação destas UPSs incluiu o arranjo ou substituição de componentes danificados, a substituição das baterias e conversão dos sistemas de alimentação ou de saída de energia, de modo a que todas as UPSs fossem de alimentação trifásica e saída de energia em regime monofásico.

A alcatifa inicialmente existente foi removida devido à dificuldade associada à sua limpeza e manutenção, bem como ao risco de incêndio advindo de ter este tipo de revestimento no pavimento de salas com equipamentos elétricos.

A unidade *split* instalada nesta sala foi arranjada, de forma a melhorar as condições de arrefecimento e ventilação deste espaço e a evitar o sobreaquecimento das UPSs.

As intervenções realizadas visaram ainda a criação de um sistema de transmissão de energia a longa distância, que permitisse a alimentação dos servidores instalados no piso 3 e outros equipamentos importantes em caso de falha elétrica da rede de energia do edifício, e a implementação de sistemas de segurança que garantissem a proteção destes equipamentos em caso de sobreaquecimento ou avaria das UPSs.

Implementou-se um sistema de segurança e controlo da temperatura da sala que permite que os equipamentos se desliguem, automaticamente e sob uma determinada ordem, quando a temperatura ambiente ultrapassar determinados valores. Este sistema possibilita o reporte de um alarme junto do posto de segurança do edifício e está englobado na rede de suporte para help desk do LNEG, oferecendo uma redundância de grau 3.

No quadro elétrico da sala onde estão instaladas as UPSs, procedeu-se à separação dos circuitos elétricos relativos às UPSs dos restantes circuitos, à remoção dos circuitos respeitantes à iluminação das salas adjacentes, e fez-se a ligação à terra que este quadro inicialmente não possuía.

As intervenções realizadas a nível das UPSs visaram também a implementação de um sistema de transporte de energia para alimentação dos servidores. A Figura 28 apresenta uma representação simplificada dos circuitos de ligação das UPSs aos servidores.

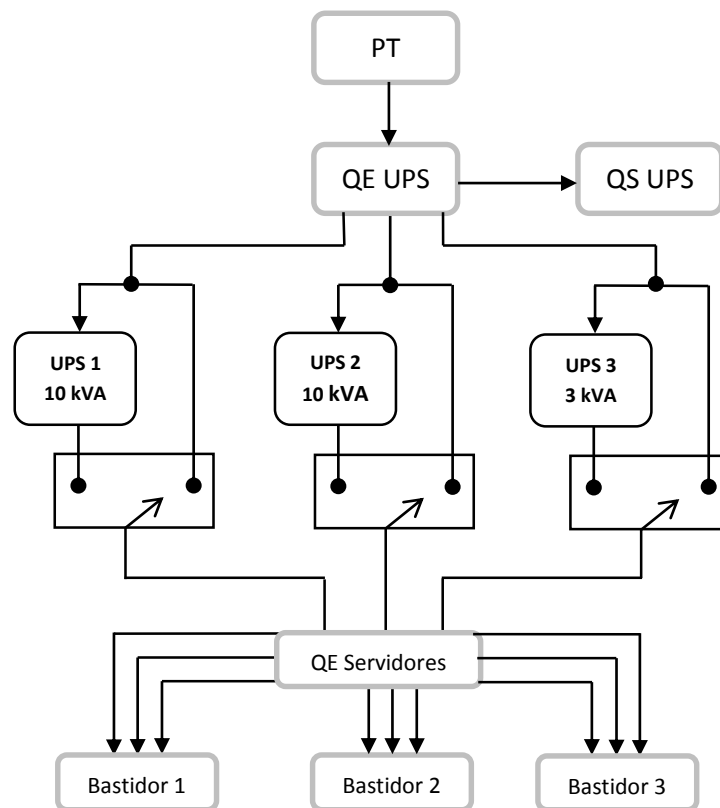


Figura 28 – Circuito de alimentação das UPSs e servidores

As UPSs alimentam três bastidores, ou *racks*, sendo que cada bastidor contém três servidores. Existe independência entre os vários circuitos de proteção contra curto-circuitos e contatos diretos das três unidades.

Os comutadores instalados permitem que em caso de avaria, sobreaquecimento ou outro tipo de problemas que resultem na interrupção de funcionamento das UPSs, os servidores sejam alimentados pela rede elétrica do edifício.

Para fazer a ligação entre as UPSs e os servidores foram colocados três cabos multifilares. A escolha destes cabos teve em conta a necessidade de minimizar a sua impedância através da seleção de cabos de secção superior. Devido ao fato de estes cabos serem muito compridos e serem usados para transporte de corrente alterna, é preciso ter em conta a existência de fenómenos de autoindução e, conseqüentemente, a necessidade de compensar a carga indutiva do cabo. Esta compensação é feita pelos vários PCs existentes no edifício e que introduzem uma carga capacitiva

No núcleo de informática, onde estão instalados os servidores, colocou-se um novo quadro elétrico (apresentado na Figura 29), de modo a realizar as ligações necessárias para assegurar a alimentação dos servidores, e um painel sinótico para informação visual em caso de falha do ar condicionado da sala dos servidores, alarme de aumento excessivo de temperatura e alarme remoto de avaria das UPSs.



Figura 29 – Quadros elétricos instalados no núcleo de informática

Estão ainda planeadas outras intervenções que possibilitem a ligação dos sistemas de segurança e emergência a estas UPSs, de forma a assegurar a alimentação dos equipamentos necessários em caso de evacuação do edifício ou outras situações de emergência.

5.3.2 Sistema AVAC

No decorrer deste trabalho optou-se por desativar o sistema de gestão centralizada e utilizar os sistemas de controlo manual do funcionamento de cada unidade do sistema AVAC.

O quadro elétrico QAVAC 1, instalado na sala técnica do AVAC do piso 4 do edifício principal sofreu várias reestruturações de forma a responder mais adequadamente às necessidades do

sistema AVAC e a apresentar condições de organização e limpeza mais próximas das condições padrão desejadas.

De entre estas alterações salienta-se a instalação de relógios que, ao medirem variações temporais, possibilitam que o arranque e paragem dos vários equipamentos ocorram de forma faseada, com intervalos de alguns minutos entre si, de modo a reduzir as potências instantâneas nestes momentos e a permitir que o funcionamento das bombas de circulação de água se estenda por alguns minutos depois da paragem da caldeira ou dos *Chillers*. Deste modo é possível que a pressão e temperatura da água existente nas canalizações se aproxime das condições ambiente, antes de parar de circular, e assim não danifique o sistema de distribuição de água climatizada.

No sistema de drenagem da sala técnica do sistema AVAC fez-se a substituição do ralo de esgoto inicialmente existente por um ralo sifónico de diâmetro superior, de forma a permitir o rápido escoamento de água e evitar a ocorrência de inundações.

As baterias de condensadores instaladas no posto de transformação foram ligadas ao sistema AVAC através de um cabo elétrico, permitindo a compensação local de energia reativa resultante do funcionamento dos vários equipamentos deste sistema, principalmente *Chillers* e eletrobombas.

5.3.2.1 *Chillers*

No âmbito deste trabalho foram realizadas numerosas intervenções que visaram a reabilitação dos *Chillers*. De seguida é apresentada uma breve descrição destas intervenções:

- As placas de sustentação dos ventiladores e de proteção lateral dos *Chillers* foram retiradas para que se pudesse proceder à sua limpeza, remoção da tinta aplicada, tratamento e pintura, proporcionando um revestimento que protege este material da humidade reduzindo a possibilidade de corrosão dos componentes metálicos. As tubagens e outros componentes do circuito hidráulico, como por exemplo as torneiras e as válvulas de cunha, foram também desmontados, tratados e pintados;
- O circuito hidráulico foi posteriormente reinstalado e os componentes estragados ou em mau estado foram substituídos;
- Procedeu-se ao redimensionamento dos furos existentes nas tubagens de entrada e saída do permutador, adicionando roscas com dimensões apropriados à colocação dos fluxostatos, manómetros, sondas de temperatura e purgadores que é necessário instalar nestas tubagens;
- Instalou-se um purgador manual na tubagem de entrada do permutador para permitir a purga do ar na canalização, evitando que este entre no permutador como ocorria previamente;
- As resistências de *Carter*, que no início deste estudo eram responsáveis por passagens à terra, foram substituídas;
- Os circuitos elétricos dos pressostatos foram reparados e as bobinas das eletroválvulas de alimentação das válvulas de expansão foram substituídas;
- O isolamento do permutador foi retirado. Seguidamente, a superfície do permutador foi limpa e pintada, de modo a diminuir a sua corrosão no futuro;
- Procedeu-se à substituição das resistências de congelação dos permutadores;
- Foram colocados novos apoios nos permutadores, de modo a que estes fiquem numa posição completamente horizontal;

- Alguns ventiladores do sistema de ventilação dos *Chillers* tiveram de ser reparados. Procedeu-se ao isolamento dos condutores dos motores dos ventiladores que estavam a dar passagens à terra;
- As placas de sustentação dos ventiladores foram reorganizadas de modo a que a placa sem ventiladores ficasse no meio e as placas com ventiladores ficassem nas extremidades, melhorando a eficiência do processo de ventilação;
- Procedeu-se à furação das placas da cobertura dos *Chillers*, de forma a criar um sistema de drenagem para evitar a acumulação de água e degradação prematura destes materiais;
- Os apoios antivibráticos de suporte dos *Chillers* foram substituídos;
- Os contadores e fusíveis inicialmente instalados no circuito de alimentação dos ventiladores foram retirados e substituídos por um contator de maior capacidade e compatível com 400V para cada conjunto de quatro ventiladores e por disjuntores tripolares magnetotérmicos, respetivamente, corrigindo o erro de dimensionamento identificado e assegurando o seguro funcionamento dos *Chillers*;
- Os relés existentes nos quadros de controlo e comando dos *Chillers*, que permitem o corte da passagem de corrente em caso de sobrecarga, foram reorganizados e os relés correspondentes aos pressostatos foram substituídos. Foram instalados relés nos circuitos de ventilação e compressão;
- Procedeu-se ainda à instalação de proteções diferenciais nos circuitos de comando dos *Chillers*, permitindo a deteção de passagens à terra.

5.3.2.2 Caldeira

A otimização do processo de combustão resultante das intervenções realizadas permitiu que a temperatura de saída da água descresse para valores de aproximadamente 60°C, o que contribuiu para diminuir a formação de condensados. O aquecimento do edifício passou a ser feito gradualmente por pisos, o que também contribuiu para a diminuição da temperatura de funcionamento da caldeira, sem comprometer o conforto térmico dos utilizadores.

As principais intervenções realizadas no âmbito deste trabalho visaram solucionar os problemas anteriormente apresentados:

- Realizou-se a limpeza dos injetores e a calibração da razão estequiométrica, conseguindo-se obter uma chama de cor azulada, como se pode observar na Figura 30, o que revela uma elevada eficiência do processo de combustão;

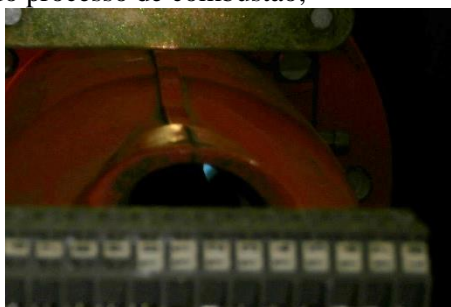


Figura 30 – Chama azulada obtida através das intervenções realizadas

- A zona de entrada de ar do ventilador foi limpa e o motor do ventilador foi arranjado;
- A linha de gás inicialmente montada foi substituída, reaproveitando os componentes que podiam ser reutilizados e instalando novos quando necessário, de forma a garantir a

segurança no transporte de gás para a caldeira. Optou-se por canalização de cobre, que é menos propensa à ocorrência de fugas através do metal;

- A rosca usada para o manómetro de baixa pressão foi substituída por uma rosca pequena de 1/4", de forma a diminuir a compressibilidade do gás;
- Procedeu-se à instalação de outros equipamentos de controlo e segurança na linha de gás, nomeadamente, redutor de pressão, válvulas de corte de gás, manómetros e ligação amovível, para facilitar futuras atividades de vistoria e manutenção;
- Foi instalado um contador volumétrico por impulsos que permite a monitorização dos consumos de gás propano e que é apresentado na Figura 31;



Figura 31 – Contador G16 com sensor REED de impulsos

- Considerando o estado inicial da chaminé de exaustão, optou-se por fazer a sua substituição. A nova chaminé deverá ser instalada numa posição diferente de modo a facilitar a sua manutenção no futuro. A abertura existente no teto da sala que a chaminé costumava atravessar passará a funcionar como entrada de ar novo;
- Fez-se ainda a purga e limpeza das canalizações de água.

Por motivos de segurança é necessário garantir que a caldeira seja capaz de parar automaticamente em caso de deixar de haver passagem de água pela tubagem, quando existir uma fuga de gás e se não existir entrada de gás na caldeira. Se estas regras não forem respeitadas e a caldeira começar a aquecer sem que haja água dentro das canalizações, as variações bruscas de temperatura e pressão poderão provocar fissuras no corpo da caldeira ou danificar as tubagens de água.

Para garantir a paragem da caldeira quando não houver passagem foi instalado um encravamento que recebe informação de um fluxostato instalado na canalização de água. Assim, quando o fluxostato deteta que não há passagem de água, vai ser enviado um sinal elétrico que faz com que a caldeira pare. Para retomar o funcionamento da caldeira, é necessário verificar que já há passagem de água e, de seguida, reiniciar a caldeira manualmente.

Instalou-se um detetor de gás propano e butano que em caso de fuga emite sinais sonoros e visuais de aviso. Este detetor possibilita ainda o envio de um sinal de alarme para a sala da manutenção, a sala da segurança e o gabinete do Técnico Responsável pela Exploração do edifício.

Em caso de fuga ou falta de gás, a válvula de segurança instalada na linha de gás corta a alimentação de gás e envia à caldeira um sinal de paragem. Depois da reparação da fuga, ou

quando o fornecimento de gás for restabelecido, esta válvula pode ser rearmada manualmente e pode-se acionar a caldeira através do botão de arranque da caixa de comando.

5.3.2.3 Sistemas de ventilação

As intervenções realizadas a nível do sistema de ventilação visaram essencialmente a reabilitação dos equipamentos danificados devido à falta de manutenção verificada:

- O ventilador VH9 foi desinstalado e retirado do telhado, tendo-se procedido à sua limpeza e reparação. A estrutura de suporte foi removida de forma a possibilitar o acesso ao motor e o invólucro do ventilador, que apresentava várias fissuras, foi remendado;
- As caixas de comando das válvulas modulantes de três vias instaladas nas tubagens para controlo da entrada de água quente ou água fria das UTAs foram retiradas, tendo-se realizado uma reestruturação deste sistema de modo a possibilitar a utilização de ambas as tubagens e serpentinas simultaneamente para aumento da potência térmica útil;
- Procedeu-se ainda à purga das tubagens de água ligadas às UTAs para realizar a limpeza das mesmas e expulsar a sujidade acumulada;
- A posição do motor da UTA 2 foi ajustada de modo a que a correia que apresentava folgas ficasse corretamente colocada. A outra correia desta unidade, que estava em mau estado, foi substituída por uma nova;
- As polias e correias dos grupos moto-ventiladores das UTAs 2 e 6 foram substituídas;
- Procedeu-se à limpeza dos vários componentes da UTA3, bem como das grelhas de insuflação e extração da secção do edifício ventilada por esta unidade. Fez-se a reparação do sistema elétrico das eletroválvulas, a substituição de alguns componentes danificados e a abertura das válvulas que estavam entupidas. Na zona ventilada por esta UTA colocou-se um termostato para regulação da temperatura do ar insuflado;
- Os filtros, grelhas de insuflação e resistências da UTV instalada no edifício social foram removidos de modo a possibilitar a sua limpeza. Tendo em conta o forte estado de degradação deste sistema e as necessidades do espaço por ele servido optou-se por utilizar a UTV apenas para aquecimento, deixando de ser usada para ventilar o local.

5.3.2.4 Sistemas de distribuição de ar e de água climatizada

As intervenções realizadas das tubagens de distribuição de água climatizada visaram essencialmente a correção dos erros de projeto detetados de modo a permitir o funcionamento mais eficiente do sistema AVAC e a simplificação das atividades futuras de manutenção. No Anexo XX são apresentadas as alterações realizadas face ao projeto inicial, que são também descritas em seguida:

- As válvulas modulantes instaladas nos troços de tubagem que funcionavam como *shunts* hidráulicos foram removidas ou inutilizadas, já que deixaram de ser necessárias ao funcionamento deste sistema;
- As válvulas modulantes de três vias usadas no processo de inversão de ciclo nas mudanças de estação foram também intervencionadas. Estas válvulas passaram a funcionar de modo integrado e a permitir que a inversão de ciclo possa ser comandada a partir do quadro elétrico instalado na sala técnica do sistema AVAC, deixando de ser um processo manual;
- Procedeu-se à limpeza e lubrificação dos componentes das válvulas de cunha dos coletores e à colocação de novas juntas de cartão hidráulico;

- Alguns dos purgadores que estavam entupidos ou muito corroídos foram substituídos;
- Foram instalados novos pontos de purga em locais onde estes eram previamente inexistentes mas necessários, como nas tubagens de entrada de água nos permutadores dos *Chillers* e nas tubagens ligadas às BVCs que fazem a distribuição de água para o edifício;
- Nos permutadores e em algumas partes das tubagens foram também instalados sistemas que incluem um purgador automático e uma torneira manual, e que possibilitam a limpeza das tubagens para além da remoção de ar;
- Optou-se por manter as sondas de temperatura, que se verificou estarem instaladas em locais incorretos devido a um erro de projeto, para que no futuro possam ser reutilizadas com uma funcionalidade diferente se necessário;
- O vaso expansor de maior dimensão (280 L) foi transferido para o piso 0 do edifício, ficando apenas o vaso de expansão com capacidade de 80 L na sala técnica do sistema AVAC;
- Procedeu-se à instalação de um contador volumétrico e união flexível na tubagem de entrada de água da rede no sistema de distribuição AVAC, de modo a possibilitar a contagem e controlo dos consumos de água devido ao funcionamento deste sistema;
- Foi ainda possível assegurar que as duas entradas de água da rede na sala técnica do sistema AVAC têm pressão constante e igual entre si. Deste modo, mesmo que se opte por utilizar apenas uma destas entradas de água, é possível garantir que a outra se encontra em condições para ser usada por exemplo em situações de manutenção do sistema;
- Procedeu-se à limpeza das chumaceiras e dos conjuntos turbina-impulsor e à lubrificação dos componentes mecânicos das várias bombas, de modo a permitir que as partes rotativas funcionem de modo mais seguro e eficiente;
- Na sequência da deteção da fuga de água junto da bomba de água quente descobriu-se que tinha ocorrido a formação de uma pedra de calcário no conjunto turbina-impulsor desta bomba, resultando na danificação do empanque. Na Figura 32 é apresentada uma fotografia da incrustação de calcário encontrada nesta turbina. Esta bomba foi desmontada e as incrustações acumuladas no seu interior foram removidas. Fez-se a substituição do rolamento, empanque e *o'ring* (uma junta vedante em forma de anel) procedeu-se à aplicação de massa consistente nas zonas sujeitas a fricção e à modificação do posicionamento do filtro de linha, que foi rodado 90° em relação ao seu eixo para facilitar o acesso durante a manutenção. Por fim, procedeu-se à montagem desta bomba e à afinação do fluxostato instalado no seu circuito de entrada de água.



Figura 32 – Incrustação de calcário encontrada na turbina de uma eletrobomba

- Tendo-se verificado que uma das bombas do circuito de água fria tinha problemas nos enrolamentos, esta foi reparada por um bobinador, e o impulsor, que estava partido foi substituído por um novo;
- Os empanques e rolamentos dos veios dos rotores das bombas do circuito de água fria foram substituídos e os veios foram torneados de modo a encaixarem nos batentes, tendo-se colocado roscas em latão que permitem o deslocamento da turbina. A deslocação da turbina resultou no aumento da potência elétrica destas bombas devido a um aumento do caudal bombeado;
- Nas bombas secundárias procedeu-se à limpeza das turbinas, que se encontravam entupidas, e à substituição dos empanques e rolamentos. À semelhança do que aconteceu com as bombas de frio, obteve-se um aumento do caudal bombeado e da potência elétrica das bombas devido à modificação do seu posicionamento.

Relativamente ao sistema de ar climatizado, durante o período em estudo foi possível proceder-se à reparação de vários ventiloconvetores, incluindo a limpeza dos seus grupos moto-ventiladores e dos filtros, desinfeção do sistema aeráulico, modificação dos sistema de adução de água e redução de potência através da redução do caudal de água.

O sistema de controlo local da temperatura dos ventiloconvetores foi desativado, pelo que a regulação da temperatura é feita a nível central, continuando a regulação do caudal de ar insuflado a ser feita localmente. Os cabos elétricos de ligação à rede, que deixaram de ser necessários, foram isolados e afixados de modo a não interferir com o correto funcionamento dos ventiloconvetores e a prevenir a ocorrência de curto-circuitos, passagens à terra e eletrocussões por contato direto ou indireto.

Os tubos de entrada de água nas unidades ventiloconvetoras foram protegidos com fita isolante para evitar que se continuasse a verter água devido à formação de condensados.

5.3.3 Iluminação interior

As intervenções realizadas a nível do sistema de iluminação interior focaram-se principalmente na iluminação geral das áreas comuns do edifício principal, nomeadamente nos corredores, vãos das escadas e *hall* de entrada.

Fez-se um levantamento das lâmpadas instaladas nestas zonas e dos consumos elétricos a elas associados e tendo em conta os resultados obtidos, optou-se por implementar diferentes soluções em várias zonas do edifício de modo a poder compará-las em termos de consumos energéticos, custos de implementação e acuidade e conforto visual para os utilizadores, conforme se passa a descrever:

- Uma das soluções estudadas consistiu na substituição de balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos. Tendo em conta que a remoção dos balastros ferromagnéticos é um processo demorado que pode ser difícil de realizar num espaço que é necessário para o trabalho de outros funcionários, optou-se por fazer esta modificação apenas nas luminárias de sala do secretariado da direção e nas luminárias dos corredores de circulação do piso 1, sendo que ainda não foi possível concluir esta última parte;
- As lâmpadas fluorescentes de 36 W das luminárias dos corredores do piso 2, foram substituídas por lâmpadas de LEDs de 18 W;
- Procedeu-se à substituição das lâmpadas fluorescentes de 36 W existentes nos corredores do piso 3 por lâmpadas Eco-Tubo® de 30 W. Tendo-se observado que esta alteração resultava num aumento significativo do conforto e acuidade visual destas áreas, decidiu-

-se fazer o mesmo nos patamares das escadas da escadaria Norte, do piso 0 ao piso 3. A instalação deste tipo de lâmpada levou à modificação da estrutura elétrica das luminárias, incluindo a remoção dos balastos e arrancadores e as características dos adaptadores destas lâmpadas requerem que estes sejam instalados numa posição específica, pelo que se considerou necessário criar uma etiqueta que pudesse ser afixado em cada luminária indicando a orientação correta dos adaptadores de modo a facilitar trabalhos de manutenção futuros, como se pode observar na Figura 33. Para além da produção destas etiquetas, procedeu-se à limpeza das armaduras e tampas das luminárias e à pintura das armaduras com tinta branca, o que permitiu que os letreiros fossem mais facilmente colados ao interior das luminárias e resultou num aumento da reflexão da radiação emitida pelas lâmpadas.



Figura 33 – Colocação de uma etiqueta de indicação da posição correta de instalação de lâmpadas Eco-Tubo®

No início deste estudo, no patamar das escadas de cada piso existiam três luminárias de cor branca sem refletores embutidas no teto e dois apliques para lâmpadas fluorescentes compactas. Verificou-se que na zona destes patamares em frente aos elevadores da escadaria Norte, nas zonas onde estavam instaladas as lâmpadas fluorescentes compactas, a iluminação disponível era insuficiente. Assim, optou-se por remover os dois apliques e substituí-los por uma das três luminárias existentes neste patamar com uma lâmpada Eco-Tubo®. Ao retirar estes apliques e rearranjar a disposição destas luminárias foi possível melhorar o conforto visual e qualidade da iluminação desta área e, simultaneamente, reduzir a potência instalada nestes patamares.

No telheiro de entrada do edifício existiam inicialmente quatro luminárias de teto com três lâmpadas fluorescentes tubulares de 18 W e balastos ferromagnéticos. Estas luminárias tinham deixado de funcionar devido à falta de manutenção regular. Existiam ainda várias lâmpadas fluorescentes compactas de 21 W de cor branca ou amarela, algumas das quais estavam fundidas.

Optou-se por modificar a disposição destas fontes de luz, removendo dois dos apliques para lâmpadas fluorescentes compactas instalados numa zona onde eram desnecessários tendo em conta as restantes fontes de luz existentes e substituindo as luminárias por suportes individuais de lâmpadas fluorescentes compactas semelhantes aos existentes no resto do telheiro. As lâmpadas fluorescentes compactas inicialmente existentes foram substituídas por lâmpadas novas.

Verificou-se ainda que o letreiro do LNEG instalado na fachada Norte era alimentado por um dos circuitos de alimentação da iluminação do telheiro, sobrecarregando este circuito e impedindo o correto funcionamento do logótipo, pelo que este foi reparado e posteriormente, instalado num circuito de alimentação diferente.

Vários ternos de LEDs do letreiro do LNEG instalado no piso 4 estavam avariados, pelo que se procedeu à sua substituição e à instalação de um novo sistema de alimentação (Anexo XIX), o

qual foi construído de forma a reaproveitar materiais já existentes e garantir o correto funcionamento deste letreiro.

5.3.4 Iluminação exterior

Tendo em conta a dimensão das intervenções necessárias para corrigir os problemas encontrados e os custos a elas associados, decidiu-se priorizar a reparação do circuito Norte, que corresponde à zona de acesso ao edifício principal e tem um grande movimento de peões e veículos.

Começou-se por identificar a fase atribuída a cada candeeiro do circuito Norte, para que posteriormente se possam fazer as modificações necessárias para equilibrar as fases do circuito de alimentação.

Fizeram-se diversas medições que permitiram avaliar as correntes existentes no solo, o gradiente elétrico entre a área onde estes candeeiros estão instalados e o PT e as tensões de passo e de contacto e medir a resistência de isolamento e de terra em cada poste, tendo-se verificado que nestes candeeiros as ligações à terra tinham sido efetuadas corretamente e os elétrodos terra estavam em bom estado.

Os candeeiros instalados nos postes de sustentação do portão principal foram removidos depois de se ter confirmado que a iluminação desta zona era adequadamente assegurada por outras fontes de luz já existentes, tendo-se realizado as ligações necessárias para garantir a continuidade deste circuito de iluminação e do circuito de alimentação do motor.

No caso dos dois candeeiros que se encontram no centro do parque de estacionamento em frente ao edifício principal, optou-se por remover o suporte de lâmpadas de três cabeças e substituí-los por uma luminária com globo de proteção. O globo de proteção usado é semelhante aos existentes nas outras luminárias mas de cor branca, pelo que permite uma maior passagem da luz e reprodução de cores. Os suportes das lâmpadas foram modificados de modo a permitir a colocação de lâmpadas fluorescentes compactas de 21 W, diminuindo a potência instalada no sistema de iluminação exterior. Procedeu-se ainda ao arranjo das colunas de sustentação destas luminárias, que se encontravam tortas e amolgadas.

Os trabalhos de reparação sistema de iluminação exterior encontram-se ainda em curso pretendendo-se fazer a substituição das restantes lâmpadas por lâmpadas fluorescentes compactas e rearranjar a distribuição dos candeeiros pelas três fases deste sistema de modo a que este fique mais equilibrado.

5.3.5 Sistemas de segurança

5.3.5.1 Sistema de deteção e alarme de incêndio

As intervenções realizadas a nível do sistema de deteção de incêndios não foram ainda concluídas, estando a ser desenvolvida uma tese sobre este tema da autoria de outro mestrando e estagiário no LNEG que se irá focar em mais pormenor sobre as intervenções realizadas.

Até ao momento foi possível realizar a análise do seu estado inicial e uma deteção dos principais problemas que impediam o seu funcionamento.

Com base nas plantas do edifício fez-se uma identificação dos vários circuitos de detetores de incêndios existentes, a correspondência entre esses circuitos e as zonas numeradas na central de comando, a contagem do número de detetores em cada circuito e a identificação dos tipos de detetores instalados em cada circuito. Suplementarmente, realizou-se uma vistoria do edifício, de forma a comprovar a veracidade das plantas.

As sirenes de alarme sonoro foram removidas de modo a permitir que o seu sistema de alimentação possa ser modificado.

5.3.5.2 Sistema de deteção e alarme de intrusão e controlo de acessos

Os detetores de movimento instalados no edifício principal. A placa eletrónica da central de comando foi removida e optou-se por desenvolver uma nova metodologia de forma a possibilitar a reativação dos detetores de movimento. Estes trabalhos não foram ainda concluídos, estando a ser desenvolvidos no âmbito de outra tese elaborada por um mestrando e estagiário do LNEG.

Os vários circuitos instalados nas caixas de controlo do sistema C.C.T.V. foram analisados, tendo-se removido os componentes que se verificou não serem necessários para o funcionamento dos sistemas de controlo de acessos, intrusão ou C.C.T.V..

O sistema de controlo da porta automática foi modificado de forma a permitir que o mesmo se adegue melhor às necessidades actuais dos funcionários do LNEG através da introdução de uma maior diversidade de modos de funcionamento. Estas alterações consistiram na instalação de um botão rotativo ligado à placa de controlo do mecanismo de abertura das portas, onde cada posição deste botão corresponde a uma resistência diferente, alterando a corrente que chega ao circuito eletrónico de controlo das portas de forma a permitir a identificação do modo de funcionamento selecionado. A placa de controlo possui uma porta para conetores RJ45 de ligação ao computador que permite a programação deste sistema.

Realizou-se a limpeza e manutenção dos motores do sistema de abertura do portão principal, o que permitiu corrigir os problemas identificados e assegurar o seu correto funcionamento. Procedeu-se ao enterramento de elétrodos terra junto de cada um dos postes de suporte do portão. No decorrer das intervenções realizadas a nível do portão principal, aproveitou-se ainda para instalar um sistema de controlo deste portão a partir do edifício principal. Foram também instaladas novas câmaras de segurança junto do portão principal de modo a facilitar o controlo das entradas e saídas.

Efetuaram-se diversas alterações à cancela instalada junto ao portão principal que incluíram a remoção do sistema emissor-recetor e dos leitores óticos de leitura de cartões de identificação e a implementação de um sistema de controlo remoto da cancela a partir do edifício principal.

O sistema de controlo do portão secundário foi alterado de modo a permitir a sua abertura remota a partir do piso 0 do edifício principal e fez-se uma ligação à terra através do poste da câmara de vigilância instalada nesta área.

5.3.6 Rede de distribuição de água potável

Para confirmar a existência de uma fuga, a rede interna de distribuição de água foi isolada da rede do SiMAS, procedendo-se em seguida a testes de estanquicidade e de determinação de caudais de perdas nos troços acessíveis. Deste modo cortou-se a passagem de água no ponto P₁, a entrada de

água no edifício principal, e observou-se que o contador instalado no ponto P_0 , o ponto de ligação à rede do SiMAS, continuava a medir a passagem de água neste circuito, indicando a existência de fugas no trajeto entre estes dois pontos, num ponto inacessível da rede.

Para identificar a zona da fuga em troços inacessíveis é possível usar um método de aproximações sucessivas com base na comparação entre medições de pressão realizadas em zonas acessíveis e a pressão de projeto.

Tendo-se verificado a existência de uma fuga que se encontrava num ponto inacessível da tubagem da rede de distribuição de água, optou-se por instalar temporariamente um *shunt* hidráulico, um novo troço de tubagem colocado à superfície que liga o ponto de ligação à rede pública a um ponto localizado a jusante da fuga.

Na entrada de água junto da portaria instalou-se uma válvula de entrada que permite regular o fator de ciclo e variar o intervalo temporal de entrada de água na rede interna do LNEG. Esta modificação permitiu ainda reduzir a pressão de água na cobertura, onde se encontra a maioria dos equipamentos do sistema AVAC, garantindo porém que esta é suficiente para assegurar o correto funcionamento dos mesmos.

Procedeu-se também à instalação de dois contadores de água, um contador volumétrico colocado na entrada de água de ligação à rede do SiMAS e um contador de impulsos. Conjuntamente estes contadores permitem a monitorização dos consumos a partir do edifício principal, facilitando a deteção de consumos excessivos de água que possam indicar a existência de novas fugas ou de utilizações indevidas de água.

O SiMAS é responsável pela rede de água apenas até ao contador instalado na entrada de água localizada junto à portaria, estando a manutenção da restante rede à responsabilidade do cliente, isto é, do LNEG. Tendo em conta as especificidades da situação em estudo, e com base na bibliografia existente, procedeu-se à elaboração do plano de manutenção preventiva apresentado no Anexo I. Para além da implementação deste plano sugere-se ainda a continuação da monitorização dos consumos de água, através do contador volumétrico e do sistema de contagem por impulsos, de forma a permitir a deteção de novas situações de desperdício de água.

6. Resultados obtidos

6.1 Instalações elétricas

Através das várias intervenções realizadas a nível dos circuitos elétricos do edifício foi possível restabelecer o funcionamento de circuitos danificados devido ao seu uso indevido ou a falta de manutenção regular e corrigir modificações incorretas previamente realizadas às instalações elétricas.

Estes trabalhos permitiram ainda obter um aumento da segurança das instalações através da resolução dos problemas na origem de passagens à terra que constituíam um perigo para os utilizadores do edifício.

Os trabalhos de recuperação da bateria de condensadores e implementação de um novo sistema de controlo da mesma permitiram que a compensação de energia reativa ocorresse de forma mais adequada aos consumos reais do edifício em estudo, tendo-se obtido um fator de potência global com valores mais próximos de 1 (cerca de 0,98 em Julho de 2015, enquanto que no início deste estudo se mediram valores de aproximadamente 0,93), uma redução das perdas no transporte de energia e um aumento da eficiência energética global do edifício.

A limpeza e manutenção do posto de transformação e respetivos equipamentos permitiram melhorar as condições de segurança associadas ao seu funcionamento, e garantir a entrega de energia elétrica com a maior qualidade possível.

O estudo de avaliação de desempenho do transformador e quantificação das perdas no transporte de energia entre o posto de seccionamento pertencente ao fornecedor de energia e o posto de transformação do LNEG possibilitou a identificação de dados fundamentais no planeamento de medidas de redução das perdas ainda existentes. As medições efetuadas permitiram também comprovar que a potência contratada podia ser reduzida sem comprometer a alimentação do edifício em estudo, pelo que optou por fazer a selagem de um dos transformadores instalados (Anexo XV), procedimento este que foi efetuado pelo departamento competente da Direção Geral de Energia e Geologia.

A substituição da UPS inicialmente existente e a implementação de um sistema de transporte de energia permitiram assegurar a alimentação dos servidores do núcleo de informática, possibilitando a preservação de dados importantes em situações de falha da rede elétrica normal. Estas intervenções permitiram também melhorar as condições da sala onde as UPSs estão instaladas, reduzindo o risco de incêndio ou de avarias destes equipamentos.

6.2 Sistema AVAC

6.2.1 Chillers

As intervenções realizadas permitiram garantir o arrefecimento adequado dos espaços climatizados do edifício e evitar os possíveis impactos ambientais associados ao abate dos dois *Chillers*.

Contudo, no decorrer dos trabalhos realizados verificou-se que, tendo em conta os problemas detetados no *Chiller 2*, nomeadamente os defeitos de isolamento nos enrolamentos do motor de um dos compressores e a fuga de R-22 num dos circuitos frigorígenos, este não se encontra pronto a entrar em funcionamento, ficando a aguardar a operação de *retrofit* para substituição do gás de

refrigeração e do óleo e da rebobinagem do estator do motor, bem como da substituição de outros componentes.

Para avaliar o impacto das primeiras modificações realizadas neste sistema procedeu-se à recolha dos dados necessários para obter a potência frigorífica de um ciclo de funcionamento do compressor, sendo os resultados apresentados no gráfico da Figura 34.

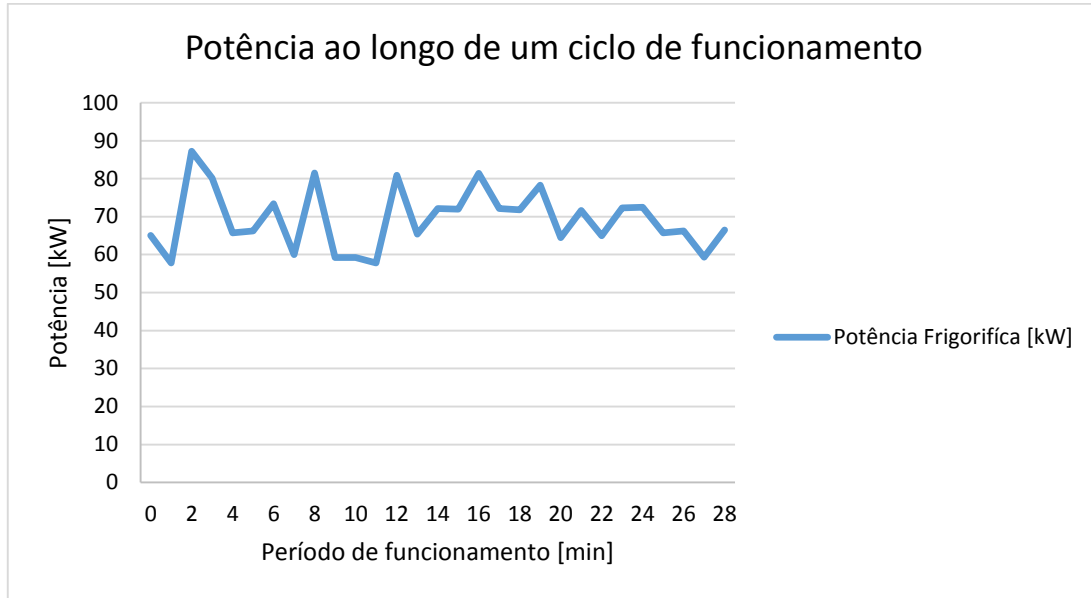


Figura 34 – Variação da potência frigorífica ao longo de um ciclo de funcionamento (*Chiller 1*)

A potência frigorífica ao longo de um ciclo de funcionamento foi calculada recorrendo à fórmula [30], onde \dot{m} corresponde ao caudal de água que inunda o evaporador, e que constitui o fluido térmico de instalação do edifício, em $[m^3/s]$, $c_{p_{\text{água}}}$ representa a capacidade térmica da água, 4185 J/kg.K , e ΔT é a diferença entre a temperatura da água à entrada e à saída do permutador. Para este estudo recorreu-se ao uso de um caudalímetro, tendo-se verificado que o caudal se mantinha aproximadamente constante ao longo do período de funcionamento, e procedeu-se ao registo das temperaturas à entrada e saída do permutador indicadas no painel do quadro de comando do *Chiller*, sendo a sua variação ao longo do tempo a principal razão responsável pelas variações de potência frigorífica que se podem observar na Figura 34.

$$P_{\text{frigorífica}} [\text{W}] = \dot{m} \times c_{p_{\text{água}}} \times \Delta T \quad [30]$$

Para avaliar o desempenho deste sistema foi calculado o EER (*Energy Efficiency Ratio*; adimensional) através dos valores de potência elétrica, que foi medida recorrendo a um medidor de energia elétrica *Chauvin Arnoux*, e de potência frigorífica calculada anteriormente. A potência elétrica foi definida como aquela aferida e entregue aos terminais do *Chiller*.

$$\text{EER} = \frac{P_{\text{frigorífica}} [\text{W}]}{P_{\text{elétrica}} [\text{W}]} \quad [31]$$

Tabela 5 - Valores obtidos no decorrer dos ensaios de desempenho

Dia	Início	Fim	Potência elétrica absorvida [kW]	Tª da água à entrada do Chiller [°C]	Tª da água à saída do Chiller [°C]	Diferencial de temperatura (°C)	Caudal de água [m3/h]	Potência frigorífica disponibilizada [kW]	EER
29-07-2015	09:48	17:17	42,21	13,87	12,78	1,09	108,316	137,37	3,25
30-07-2015	09:43	17:21	35,67	16,41	15,19	1,22	108,316	154,05	4,32
31-07-2015	09:32	18:08	35,40	14,32	13,17	1,15	108,316	145,59	4,11

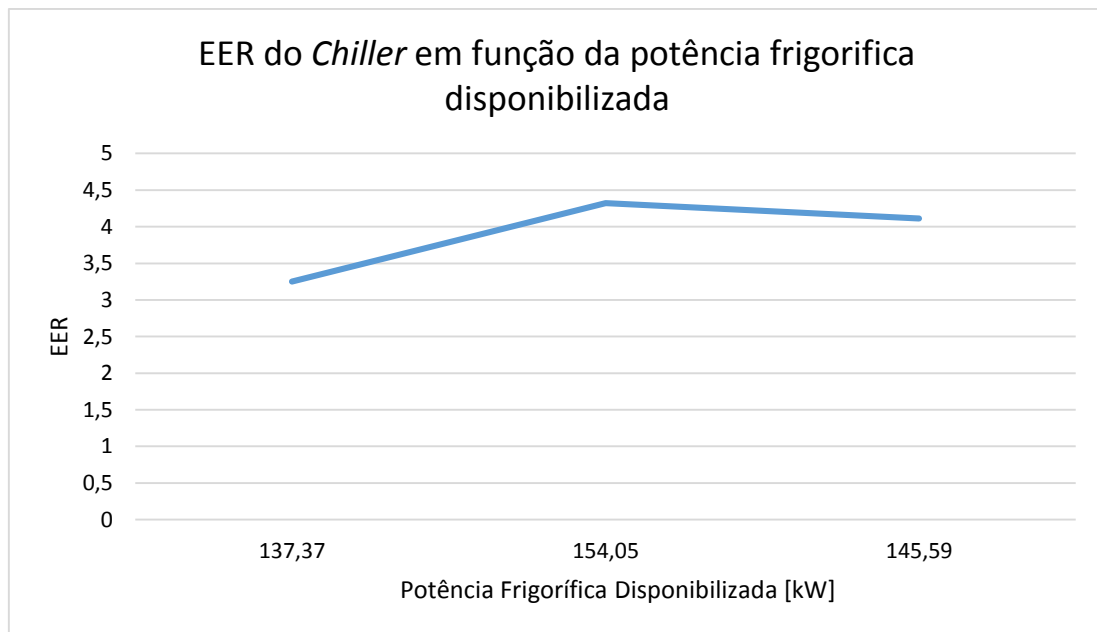


Figura 35 – EER do *Chiller* em função da potência frigorífica disponibilizada

Como se pode observar através do gráfico apresentado na figura 35, verificou-se um aumento do EER deste sistema resultante do aumento da potência frigorífica, derivado das intervenções a nível do sistema de ventilação, e da redução da potência elétrica consumida, devido à compensação de energia reativa e otimização dos vários componentes do *Chiller*.

6.2.2 Caldeira

A caldeira tem estado em funcionamento desde do Inverno de 2013-2014, tendo-se constatado que as intervenções realizadas conseguiram garantir o aquecimento adequado dos espaços climatizados do edifício através do sistema de aquecimento central, sem ser necessário recorrer a aquecedores ou aparelhos de ar condicionado para colmatar as necessidades de aquecimento, como acontecia frequentemente no passado.

Através destes trabalhos conseguiu-se aumentar a eficiência do processo de queima e a redução da temperatura de funcionamento da caldeira e do caudal de gás propano consumido pela mesma,

que se traduzem na redução da potência térmica, dos consumos de gás propano e das emissões de gases poluentes resultantes da sua queima.

Verificou-se que durante o período de funcionamento da caldeira em 2013-2014 esta teve um consumo médio diário de aproximadamente 72 m³. Embora a caldeira seja a principal fonte de consumos de gás propano, existem outros equipamentos neste edifício que também necessitam deste combustível, pelo que as reduções globais no consumo de gás propano serão discutidas na secção 6.7.2 da presente tese.

Na Figura 36 é apresentado o perfil da variação de potência térmica ao longo de um dia.

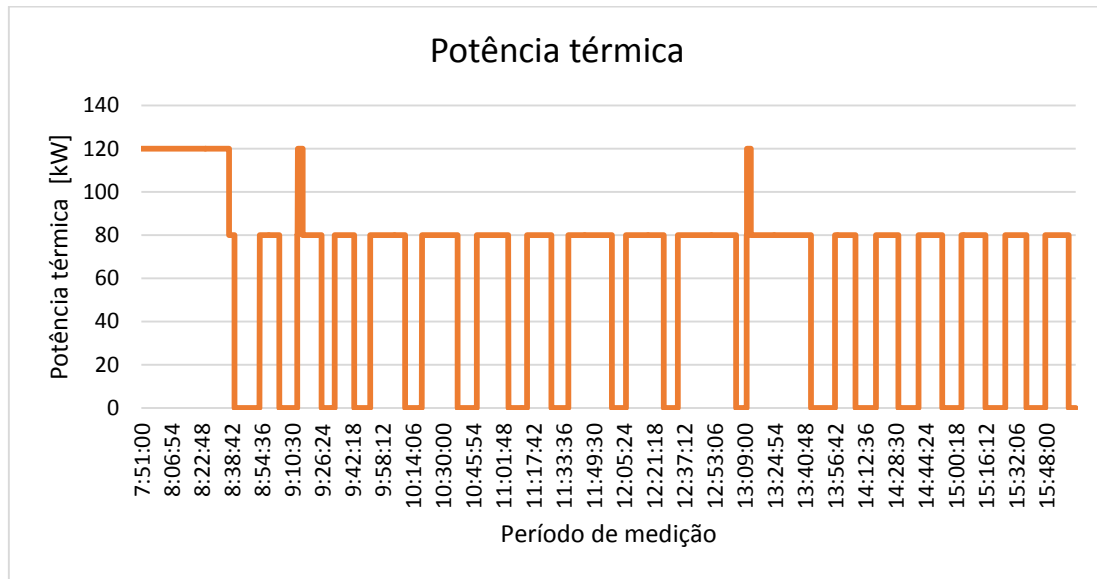


Figura 36 – Variação da potência térmica ao longo de um dia

Esta potência foi calculada com base nos dados fornecidos pelo contador de gás instalado com sistemas de impulsos elétricos, em que cada impulso representa 0,1 dm³.

Neste gráfico é possível observar os três modos de funcionamento da caldeira de acordo com a atuação das duas eletroválvulas de comando da entrada de gás em resposta à temperatura interior que se pretende atingir. Os valores de potência nula correspondem a situações em que as duas eletroválvulas estavam fechadas, os de 120 kW a situações em que as duas eletroválvulas se encontravam em funcionamento e os 80 kW a ocasiões em que apenas uma das eletroválvulas era necessária.

Como se pode observar, quando a caldeira é ligada, são acionadas as duas eletroválvulas de comando de entrada de gás. Passado o período inicial de funcionamento da caldeira, verifica-se que a potência varia de acordo com as necessidades de calor do edifício.

As intervenções realizadas permitiram ainda assegurar que a caldeira funcionasse com condições de segurança superiores às que existiam anteriormente através da introdução de novos sistemas de segurança e deteção de anomalias.

6.2.3 Sistema de ventilação

Foi possível efetuar a reparação de algumas UTAs e unidades de ventilação que se encontravam em mau estado de conservação e realizar a reestruturação do sistema de tubagens de água climatizada para as UTAs, resultando em processos de aquecimento e arrefecimento do ar ventilado mais eficientes.

Através destas intervenções obteve-se também uma melhoria da qualidade do ar e do conforto térmico das zonas ventiladas pelas UTAs devido ao ajustamento de temperaturas, humidade e oxigenação do ar interior, e limpeza das UTAs e ventiloconvetores.

A reabilitação da UTA3 permitiu a utilização desta unidade para a climatização da zona da secretaria e tesouraria em detrimento dos equipamentos elétricos inicialmente usados. Assim, foi possível a eliminação dos consumos elétricos associados a estes aparelhos e a redução das cargas alimentadas pelos circuitos elétricos destes espaços, evitando que as sobrecargas verificadas no passado nestes circuitos se voltem a repetir.

6.2.4 Sistema de distribuição de ar e água climatizada

Os trabalhos realizados a nível das tubagens de distribuição de água climatizada permitiram simplificar o processo de distribuição de água climatizada e garantir um funcionamento mais seguro e eficiente dos vários equipamentos do sistema AVAC através da redução da pressão da água e ao assegurar que as duas entradas de água têm a mesma pressão.

Através da instalação de novos pontos de purga e da reparação dos purgadores já existentes foi possível evitar a acumulação de ar nas tubagens e equipamentos do sistema AVAC, assegurando o aumento das condições de segurança para o funcionamento dos mesmos.

As modificações realizadas na válvula de controlo de fluxo da rede de distribuição de água da sala técnica do sistema AVAC possibilitaram simplificar a operação deste sistema, especialmente no que diz respeito ao processo de inversão de ciclo. Estas alterações resultaram ainda na inversão do sentido e alteração do caudal de algumas bombas.

Estas intervenções possibilitaram também alterações no regime de funcionamento dos vários grupos de eletrobombas. Assim, foi implementado uma rotina diária de funcionamento em que após o arranque das bombas, a abertura das válvulas é efetuada numa sequência tal que permita a limpeza das tubagens, contribuindo para um funcionamento mais seguro e eficiente do sistema AVAC.

Depois das alterações realizadas na rede de tubagens de distribuição de água e da reparação das eletrobombas, o novo plano de funcionamento do sistema AVAC implementado utiliza num período inicial do dia apenas as bombas dos circuitos de água fria ou de água quente, consoante a estação, para enviar água para as UTAs, de forma a que seja insuflado ar climatizado nos espaços comuns do edifício. As bombas secundárias são postas em funcionamento posteriormente, para assegurar o arrefecimento ou aquecimento dos restantes espaços do edifício através das unidades ventiloconvetoras. Nos períodos de meia-estação é possível utilizar uma bomba secundária de cada vez, circulando água em cada metade do edifício de cada vez.

Este novo plano diário permite a redução dos consumos elétricos, especialmente nos períodos de ponta, permitindo reduções nos gastos de energia elétrica sem comprometer o bem-estar dos utilizadores.

No final das intervenções foi possível obter os valores de caudal e as características elétricas apresentadas na Tabela 5, medidas através de aparelhos *Chauvin Arnoux*, referentes ao funcionamento das bombas de água fria e das bombas ventiloconvetoras e ao mesmo período dos dados anteriormente apresentados relativamente ao *Chiller* 1. As bombas secundárias e as bombas do circuito de produção de água fria são iguais entre si, pelo que são apenas apresentados os valores relativos a uma bomba de cada tipo.

Devido ao facto de a caldeira não se encontrar em funcionamento na altura destas medições não foi possível obter os valores referentes à bomba de água quente.

Tabela 6 - Valores medidos para as bombas de água fria e bombas secundárias

	Caudal [m ³ /h]	Potência ativa [kW]	Potência reativa [kVAr]	Potência aparente [kVA]	cos φ
Bomba de água fria	62,5	7,2	6,5	9,8	0,7
Bomba secundária	62,5	4,8	6,1	7,8	0,6

Tendo em conta estes valores procedeu-se ao cálculo do rendimento das bombas de água fria, como se apresenta nas expressões [35] e [36], e das bombas secundárias, expressões [37] e [38], tendo-se obtido valores de aproximadamente 35% e 43%, respetivamente.

$$P_{\text{hidráulica bomba água fria}} [\text{W}] = q_{\text{água}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \times \Delta h [\text{m}] \times g \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \times c \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad [35]$$

$$= \frac{62,5}{3600} \times 15 \times 9,8 \times 1000 = 2552 \text{ W}$$

$$\eta_{\text{bomba água fria}} (\%) = \frac{P_{\text{hidráulica água fria}} [\text{W}]}{P_{\text{elétrica bomba água fria}} [\text{W}]} \times 100 = \frac{2552}{7200} \times 100 = 35\% \quad [36]$$

$$P_{\text{hidráulica bomba secundária}} [\text{W}] = q_{\text{água}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \times \Delta h [\text{m}] \times g \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \times c \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad [37]$$

$$= \frac{62,5}{3600} \times 12 \times 9,8 \times 1000 = 2042 \text{ W}$$

$$\eta_{\text{bomba secundária}} (\%) = \frac{P_{\text{hidráulica bomba secundária}} [\text{W}]}{P_{\text{elétrica bomba secundária}} [\text{W}]} \times 100 = \frac{2042}{7200} \times 100 = 43\% \quad [38]$$

As intervenções realizadas permitiram ainda a reparação de algumas unidades ventiloconvetoras, possibilitando o seu funcionamento e, deste modo, a climatização dos espaços em que estas se encontram instaladas, resultando num aumento do conforto térmico e da qualidade do ar interior.

6.3 Iluminação interior

Na Tabela 6 são apresentadas as características e consumos elétricos medidos em luminárias que possuem lâmpadas fluorescentes de 36 W e balastro ferromagnético ou eletrónico.

Tabela 7 - Resultados das medições efetuadas em luminárias com balastros ferromagnéticos e eletrónicos

	Lâmpada fluorescente de 36 W e balastro ferromagnético	Lâmpada fluorescente de 36 W e balastro eletrónico
V [V]	239,1	231,8
I [A]	0,51	0,15
cos Φ	0,45 indutivo	0,97 capacitivo
P [W]	58,11	34,58
Q [Var]	116,47	-8,09
S [VA]	130,00	35,54

Com base nestes resultados verifica-se que a substituição de balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos resulta numa redução de 41% nos consumos elétricos de cada luminária. Estes resultados traduzem-se numa redução de 3,58 kWh/dia_{útil} nos consumos associados à sala em estudo. Do mesmo modo, se se procedesse à substituição dos balastros de todas as luminárias dos corredores do piso 1, seria possível obter uma redução dos consumos elétricos de aproximadamente 19 kWh/dia_{útil}.

$$\Delta_{Potência} = \frac{P_{lâmpada\ c/\ balastro\ ferromagnético} - P_{lâmpada\ c/\ balastro\ eletrónico}}{P_{lâmpada\ c/\ balastro\ ferromagnético}} \times 100 \quad [39]$$

$$= \frac{58,11 - 34,58}{58,11} \times 100 = 41\%$$

O uso de balastros eletrónicos resultou num fator de potência quase unitário, eliminando a necessidade de fazer a compensação do fator de potência, e permite um arranque praticamente instantâneo.

A instalação de lâmpadas de LEDs no piso 2 resultou numa redução de 68% nos consumos elétricos de cada luminária, o que corresponde a uma poupança de 15,77 kWh/dia_{útil} nos consumos elétricos totais associados à iluminação dos corredores deste piso. No entanto, observou-se que as zonas onde estas lâmpadas tinham sido instaladas sofreram um decréscimo acentuado na qualidade da luz produzida e no conforto visual para os utilizadores.

$$\Delta_{\text{Potência}} = \frac{P_{\text{lâmpada fluorescente c/ balastro ferromagnético}} - P_{\text{lâmpada de LED's}}}{P_{\text{lâmpada fluorescente c/ balastro ferromagnético}}} \times 100$$

$$= \frac{58,11 - 18,59}{58,11} \times 100 = 68\%$$
[40]

Tabela 8 - Resultados das medições efetuadas em luminárias com lâmpadas fluorescentes de 36 W e lâmpadas de LEDs de 18 W

	Lâmpada fluorescente de 36 W e balastro ferromagnético	LEDs de 18 W
V [V]	239,1	234,2
I [A]	0,51	0,08
cos Φ	0,45 indutivo	0,98 capacitivo
P [W]	58,11	18,59
Q [Var]	116,47	-5,16
S [VA]	130,00	19,24

A utilização de lâmpadas de Eco-Tubo® permitiu que os consumos de cada luminária sofressem uma redução de 48%, resultando numa redução de aproximadamente 11 kWh/dia_{útil} nos consumos dos circuitos de iluminação dos corredores do piso 3 e de 7 kWh/dia_{útil} nos patamares da escadaria Norte.

Tabela 9 - Resultados das medições efetuadas em luminárias com lâmpadas fluorescentes de 36 W e lâmpadas Eco-Tubo® de 30 W

	Lâmpada fluorescente de 36 W e balastro ferromagnético	Lâmpadas Eco-Tubo® de 30 W
V [V]	239,1	233,1
I [A]	0,51	0,13
cos Φ	0,45 indutivo	0,98 capacitivo
P [W]	58,11	30,15
Q [Var]	116,47	-5,93
S [VA]	130,00	30,79

A colocação destas lâmpadas resultou num aumento significativo da qualidade da iluminação dessas áreas, com produção de luz constante e agradável e elevada acuidade visual.

Analisando as Tabelas 6, 7 e 8 apresentadas anteriormente, é possível verificar que em todas as soluções estudadas é possível obter um fator de potência elevado e praticamente unitário.

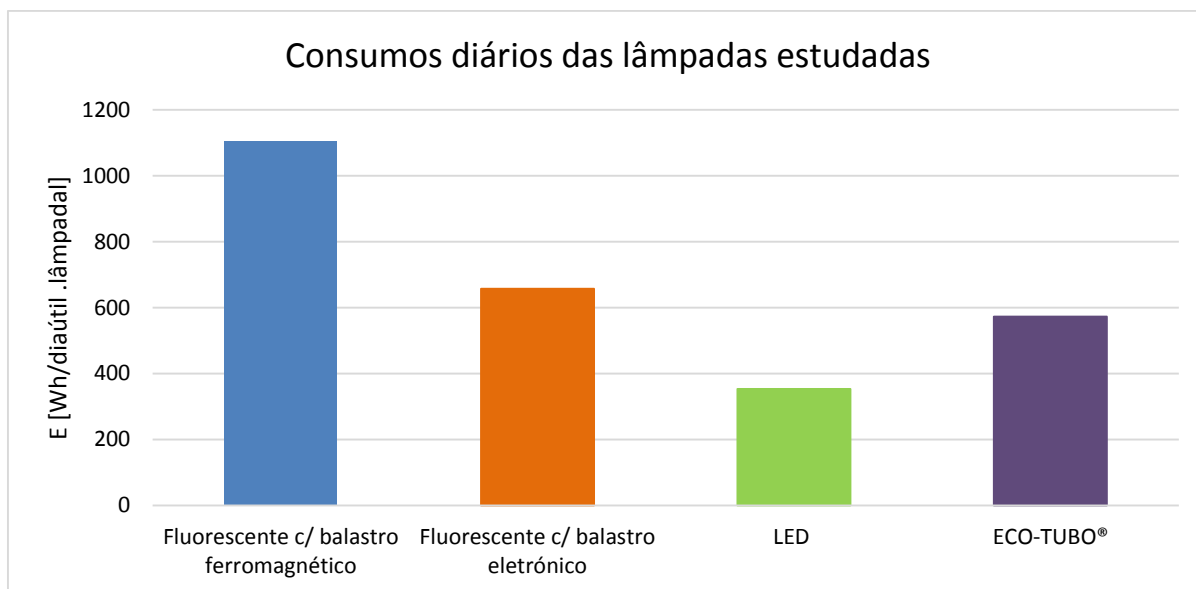


Figura 37 – Comparação dos consumos elétricos de cada tipo de lâmpada

Comparando os consumos elétricos de cada tipo de lâmpada, apresentados sob a forma de um gráfico de barras na Figura 37, confirma-se que o tipo de sistema inicialmente existente (lâmpada fluorescente tubular e balastro ferromagnético) resulta em consumos elétricos muito superiores aos das restantes opções consideradas. As lâmpadas de LED's correspondem aos menores consumos e as outras soluções estudadas têm consumos de valores intermédios e próximos entre si.

Tabela 10 – Preço médio por unidade de cada tipo de lâmpada

Tipo de lâmpada	Preço médio por unidade
Lâmpada fluorescente de 36 W	2,90 €
Lâmpada de LEDs de 18 W	45,80 €
Lâmpada Eco-Tubo® de 30 W	4,00 €

Tabela 11 – Preço médio por unidade de cada tipo de balastro

Tipo de lâmpada	Preço médio por unidade
Balastro ferromagnético de 36 W	6,70 €
Balastro eletrónico de 36 W	14,40 €

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados os preços médios unitários de aquisição de cada uma das lâmpadas ou balastros em estudo, respetivamente.

Tendo em conta os resultados obtidos, conclui-se que a opção que permite obter a melhor relação entre custo inicial, consumos elétricos e qualidade da iluminação é a lâmpada Eco-Tubo®.

As intervenções realizadas a nível da iluminação do telheiro resultaram numa redução da potência instalada de aproximadamente 73%, o que corresponde a cerca de 9 kWh/dia_{Verão} e 15 kWh/dia_{Inverno}, para além de permitirem uma melhor resposta às necessidades dos utilizadores do edifício, proporcionando melhores condições de visibilidade.

Foi ainda possível voltar a assegurar o correto funcionamento dos dois letreiros com o logótipo do LNEG.

6.4 Iluminação exterior

Apesar de os trabalhos relativos ao sistema de iluminação exterior ainda não terem sido concluídos, obteve-se já um aumento da eficiência energética deste sistema, tendo-se verificado um aumento da qualidade da iluminação nas zonas já intervencionadas e uma redução nos consumos devido à diminuição da potência instalada.

6.5 Sistemas de segurança

O processo de reparação e substituição do sistema de deteção e alarme de incêndios encontra-se ainda em desenvolvimento.

Os trabalhos de reparação do sistema de deteção de intrusos encontram-se ainda em desenvolvimento, tendo-se já confirmado que os detetores de movimento existentes e respetivas instalações elétricas podem ser reutilizados.

O sistema de C.C.T.V. está também ainda a ser modificado. Através das intervenções realizadas até ao momento foi possível simplificar o sistema existente, de modo a facilitar o seu uso e manutenção, e instalar novas câmaras de vigilância, contribuindo para o aumento das condições de segurança do edifício em estudo.

As modificações realizadas a nível da porta automática permitiram a implementação de uma maior variedade de modos de funcionamento, possibilitando que este equipamento responda de forma mais eficaz às necessidades dos funcionários do LNEG.

Foi possível corrigir os problemas detetados nos sistemas de abertura dos portões de entrada e da cancela, eliminando os riscos de segurança para os utilizadores, e implementar medidas que facilitassem o seu funcionamento, por exemplo permitindo o seu acionamento remoto.

6.6 Rede de distribuição de água

As intervenções realizadas a nível da rede interna de distribuição de água tiveram lugar nos meses de abril e maio de 2014.

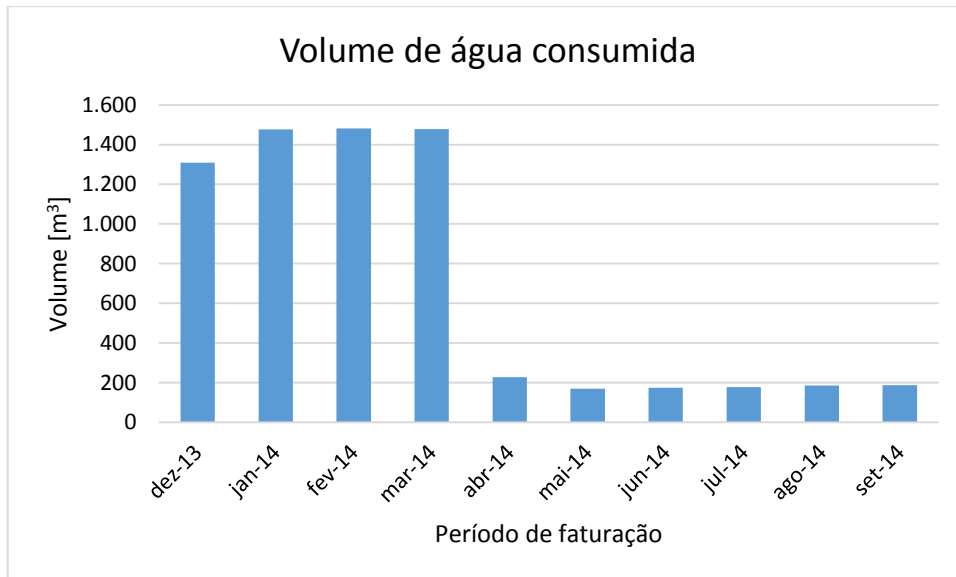


Figura 38 – Variação do volume de água consumida

O gráfico apresentado na Figura 38 foi elaborado com base dos valores de volume de água consumida indicados nas faturas. A análise deste gráfico permite observar que ocorreu uma redução brusca dos consumos de água desde do início das intervenções.

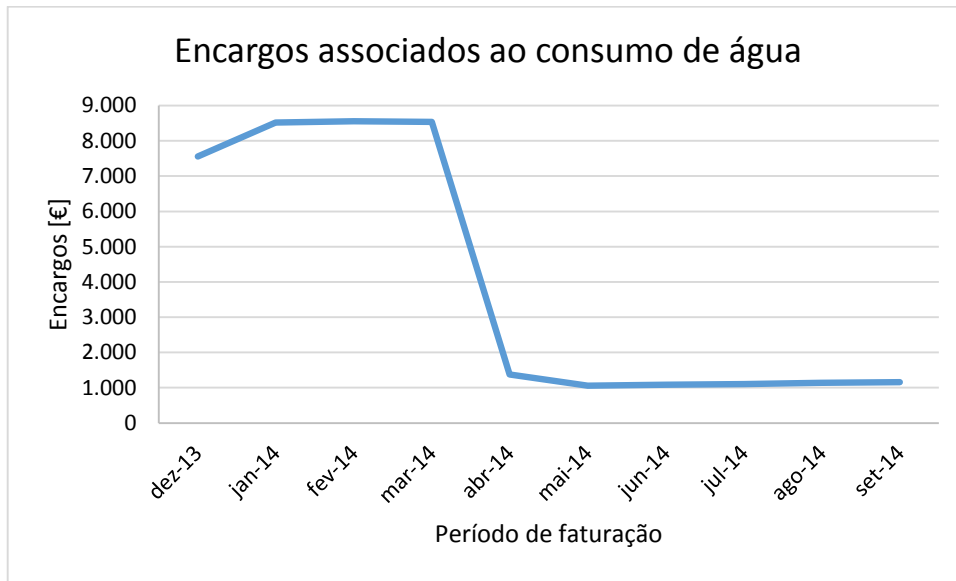


Figura 39 – Variação dos encargos associados ao consumo de água

Esta redução dos consumos de água representa uma vantagem não só do ponto de vista da conservação ambiental e dos recursos naturais, mas também em termos socioeconómicos, resultando numa poupança média de aproximadamente 7.000€ nos encargos mensais associados ao consumo de água neste *Campus*.

6.7 Caracterização dos consumos globais do edifício no final das intervenções

6.7.1 Eletricidade

Os consumos de energia elétrica foram analisados tendo em conta as faturas correspondentes, pelo que os dados apresentados no gráfico das Figuras 40 e 41 incluem os consumos totais de todos os equipamentos existentes nas instalações em estudo. Nestas figuras são apresentados os dados referentes ao consumo de energia ativa e aos encargos mensais derivados do consumo de energia elétrica, respetivamente, durante os anos de 2012, 2013, 2014 e de Janeiro a Outubro de 2015.

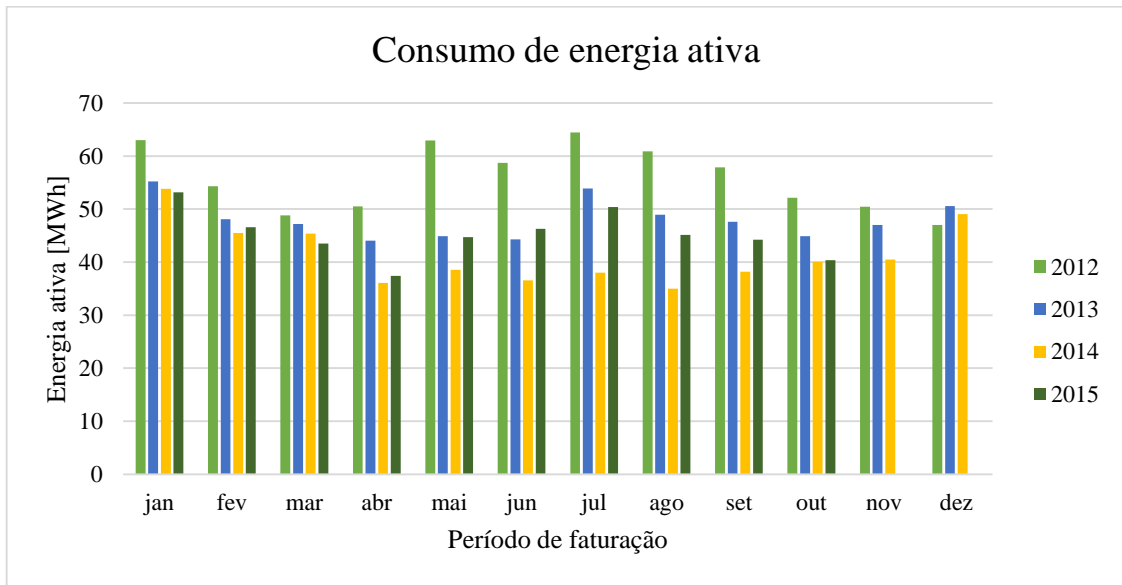


Figura 40 – Consumos mensais de energia ativa

Como se pode observar no gráfico anterior, ocorreu uma redução dos consumos de energia ativa ao longo do período em estudo. Ao comparar os períodos pré- e pós-intervenção é ainda possível observar que as reduções mais significativas correspondem aos meses de Verão, sendo assim possível constatar os efeitos dos trabalhos realizados a nível dos *Chillers*.

Comparando os consumos totais de energia ativa dos anos 2012 e 2014 constatou-se que estes sofreram uma redução de 26%, aproximadamente 174 MWh. Tendo em conta que no momento da escrita deste trabalho não é possível determinar o consumo total de energia relativo ao ano de 2015, optou-se por apresentar uma comparação entre o consumo total referente aos primeiros dez meses de 2012 e de 2015, que revela uma redução de 33% ou 219 MWh.

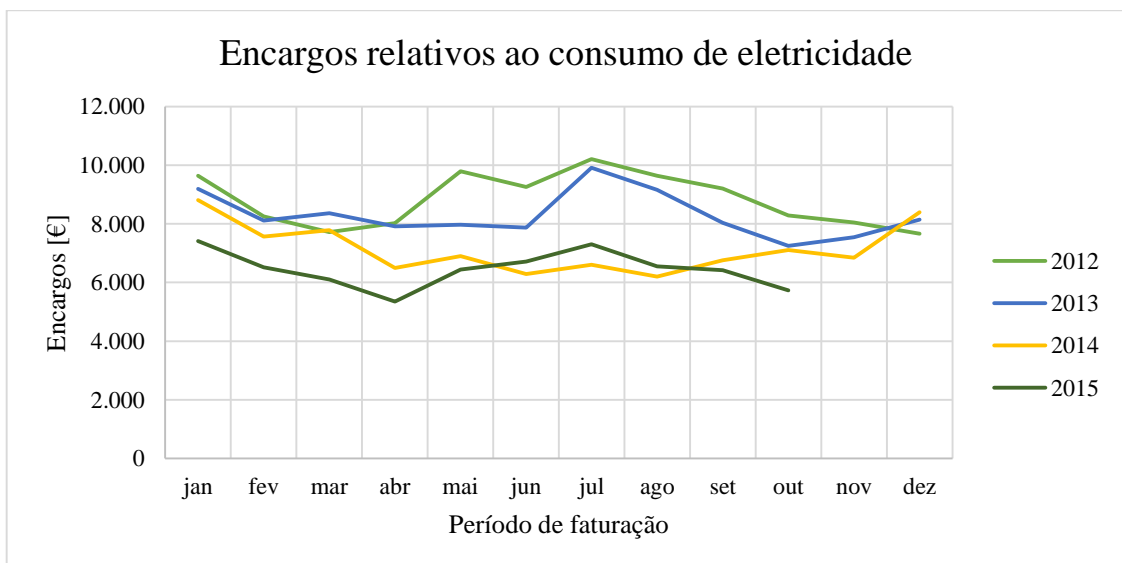


Figura 41 – Encargos associados ao consumo de energia elétrica

A diminuição no consumo de energia ativa refletiu-se numa diminuição semelhante dos encargos associados ao consumo de energia elétrica, como se pode observar no gráfico da figura anterior.

Foi ainda possível determinar que se conseguiu obter uma redução de 19% dos encargos totais de 2014 face ao total de 2012, o que corresponde a cerca 20.000 €. Comparando os dez primeiros meses de 2012 com os do presente ano de 2015, verifica-se que a redução dos encargos totais associados ao consumo de energia elétrica atinge os 28%, ou aproximadamente 25.500 €.

Estas reduções observadas a nível dos encargos com a energia elétrica devem-se não só à diminuição nos consumos de energia ativa, mas também à redução dos custos com a potência contratada, devido à alteração contratual realizada no final de 2014, e à diminuição dos custos com a energia reativa decorrentes de vários trabalhos realizados ao longo deste estudo.

Em outubro de 2014, numa fase deste projeto em a maioria dos trabalhos estava já concluída ou num estado muito avançado, procedeu-se à realização das medições necessárias para obter os consumos desagregados dos principais grupos consumidores, à semelhança do que foi efetuado no início deste projeto. Os resultados obtidos são expostos em valores percentuais na Figura 42. A Tabela 11 apresenta lado a lado os valores absolutos da potência média obtida nas duas datas referidas para cada grupo de equipamentos, de modo a facilitar a comparação dos mesmos.

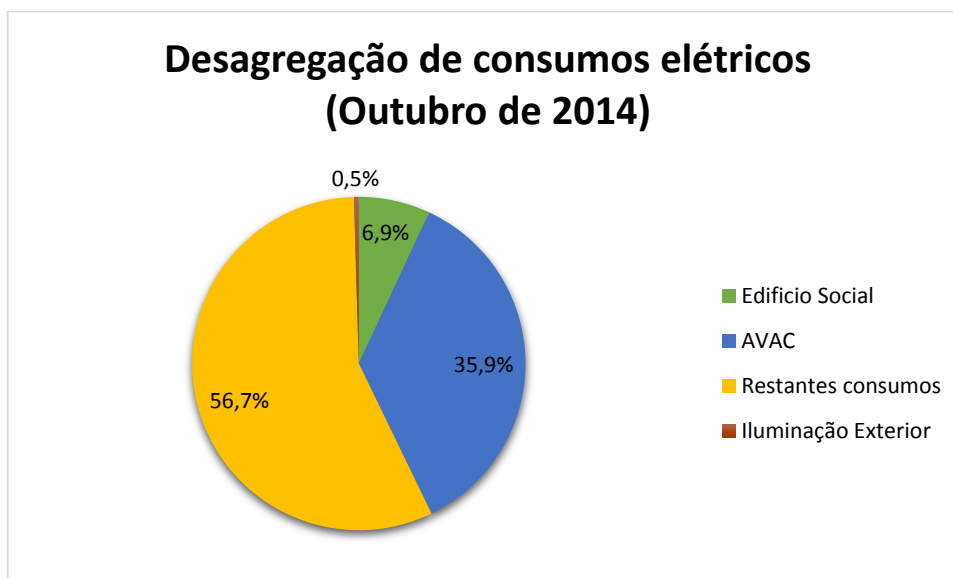


Figura 42 – Desagregação dos consumos de energia elétrica (Outubro de 2014)

Tabela 12 – Potências médias de cada parcela de grupos consumidores

	Potência média [kW]	
	Setembro de 2013	Outubro de 2014
AVAC	88,93	43,97
Edifício social	20,69	8,52
Iluminação exterior	0,61	0,58
Restantes consumos	63,29	69,54

A análise dos resultados obtidos e a sua comparação com os dados medidos no início deste trabalho permite constatar que houve alterações significativas na distribuição dos consumos das instalações em estudo:

- A potência média medida para o sistema AVAC diminuíram para cerca de metade, sendo que agora esta parcela tem um peso muito menor nos consumos totais do *campus* em estudo. Tendo em conta que estes dados foram obtidos em períodos em que os *Chillers* ainda estavam a funcionar, é possível constatar a eficácia dos trabalhos realizados a nível destes equipamentos, bem como o aumento da eficiência energética do sistema AVAC em geral;
- Os consumos associados ao edifício social também foram reduzidos significativamente. No entanto, neste caso esta situação deverá resultar em grande parte da redução da potência instalada neste edifício devido à eliminação de várias tomadas e de algumas cargas;
- A iluminação exterior continua a ter consumos muito pequenos quando comparada com o total, sendo que estes praticamente não se alteraram no decorrer deste projeto;
- A parcela “Restantes Consumos” é agora responsável pela maior percentagem de consumos. É possível observar uma ligeira subida da potência média medida para esta parcela, mas trata-se de uma diferença pouco significativa.

6.7.2 Gás propano

Tendo em conta a inexistência de um sistema de monitorização dos consumos de gás propano no início deste estudo, optou-se por fazer a comparação dos valores totais de volume de gás propano adquirido nos anos de 2012, 2013, 2014 e nos primeiros dez meses de 2015.

Tabela 13 – Valores anuais de volume de gás propano adquirido e respetivos encargos monetários e emissões de CO₂

		Volume [ton]	Encargos [€]	Emissões (ton CO₂)
Total anual	2012	19	29.883	56
	2013	16	25.795	49
	2014	11	17.795	34
	2015	11	18.440	34

Este método apresenta vários problemas já que:

- Baseiam-se na compra de gás e não no seu consumo;
- As compras de gás ocorrem a intervalos irregulares, sendo influenciadas por vários fatores alheios ao funcionamento dos equipamentos, tal como a disponibilidade de verbas para este fim;
- Existem numerosos aparelhos que consomem gás propano regularmente, muitos dos quais não foram intervencionados no âmbito do presente trabalho.

No entanto, tendo em conta que a caldeira é o principal consumidor de gás propano nestas instalações é possível afirmar que as reduções de 39% no volume de gás propano adquirido no

decorrer de 2014 e 2015 se devem praticamente na totalidade às medidas de redução de consumos e aumento da eficiência adotadas a nível da caldeira. Foi ainda possível obter uma redução dos encargos associados à compra de gás de 38% ou aproximadamente 12.000 €.

6.7.3 Água

O gráfico da Figura 43 foi elaborado com base nas faturas da água e possibilita a observação da evolução dos consumos de água e respetivos encargos monetários ao longo de um conjunto de meses que abarca os períodos pré- e pós-intervenção.

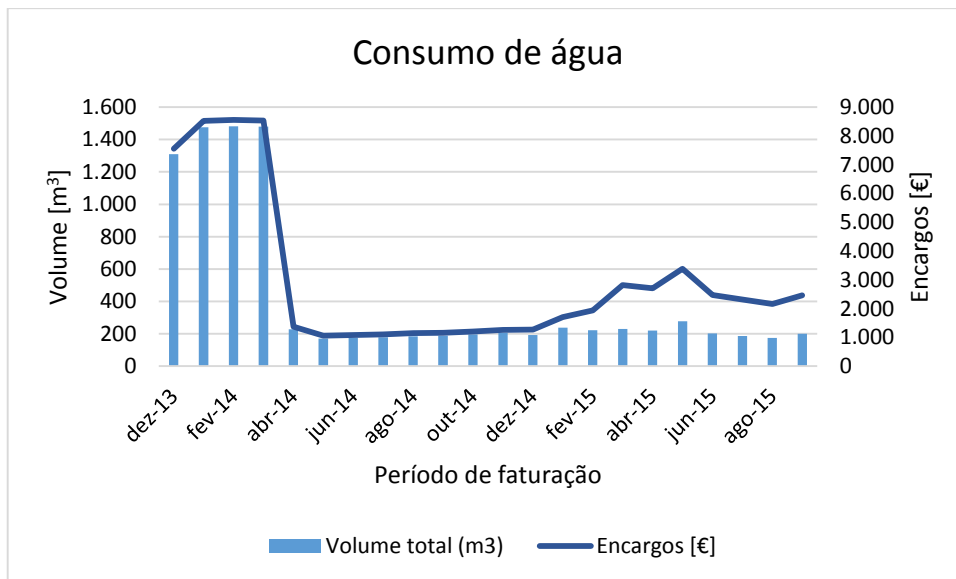


Figura 43 – Volumes mensais de consumos de água e encargos monetários a eles associados

As intervenções realizadas permitiram obter uma redução brusca dos consumos de água, tendo-se obtido uma poupança média mensal de 86%, o que corresponde a cerca de 1.200 m³ de água por mês.

Como seria de esperar, a redução dos consumos de água traduz-se numa diminuição dos encargos a eles associados, tendo-se obtido uma redução média de 78% ou aproximadamente 6.500 € por mês.

7. Conclusões

O trabalho apresentado visou, essencialmente, demonstrar o impacto da manutenção na conservação e eficiência de um edifício ou equipamento, bem como a sua importância a nível obtenção de boas condições de conforto e segurança para os utilizadores.

Os objetivos preconizados foram maioritariamente atingidos, já que apesar de nem todos os trabalhos terem sido concluídos foi possível:

- Desenvolver as bases para a implementação de um sistema de gestão de manutenção mais eficaz;
- Estudar e aplicar várias metodologias que, tendo por base o método “Predictor-Corrector”, permitem a imediata deteção e reporte de desvios ao perfil de consumo esperado, possibilitando a correção das anomalias que estão na sua origem;
- Efetuar a recuperação de vários equipamentos que no início deste trabalho não funcionavam ou apresentavam problemas de difícil resolução através da aplicação de medidas corretivas;
- Reduzir significativamente os consumos de energia elétrica, gás propano e água potável, com poupanças económicas significativas.

É importante referir que, para além dos impactos sociais positivos obtidos através das poupanças económicas ou da melhoria das condições de conforto, este trabalho tem também benefícios ambientais que advém não só da poupança de recursos naturais, mas também dos impactos negativos evitados através da reabilitação de equipamentos que se pensava não serem recuperáveis (como os *Chillers*).

No decorrer deste trabalho foram algumas limitações, nomeadamente, de cariz técnico, monetário ou impostas pela necessidade de não interromper o normal funcionamento do edifício em estudo, e que atrasaram o desenvolvimento dos trabalhos planeados.

É importante referir que vários dos trabalhos referidos ao longo da presente tese estão a ser continuados por outros alunos/estagiários e serão explorados em mais detalhe no âmbito das suas próprias teses. De momento, os alunos envolvidos nestes trabalhos são: Diana Reis, Hugo Almeida, João Oliveira, José Sousa, Marco Miguel, Pedro Barbosa, Sofia Lopes e Tobias Conde. A Raquel Ramiro também participou neste projeto, tendo já apresentado a sua tese, que se focou no sistema AVAC.

Tendo em conta que as metodologias aplicadas neste trabalho podem ser facilmente replicáveis noutras instalações, podendo ser adaptadas às especificidades de cada edifício, é sugerida a sua utilização em diferentes cenários e especialidades.

8. Bibliografia

- Abreu, A. M. (2003). *Utilização Racional no consumo de energia elétrica, água e gás*. Lisboa.
- Abreu, A. M. (2005). *Apresentação de um algoritmo de optimização de recursos energéticos naturais*. PROELIUM - Revista da Academia Militar.
- ADENE. (s.d.). *Âmbito do ECO.AP*. Obtido em 12 de agosto de 2014, de Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP): http://ecoap.adene.pt/pt_PT/ambito
- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. (s.d.). Obtido de https://osha.europa.eu/pt/topics/noise/problems_noise_cause_html
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico*. Amadora: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2014). *Gases Fluorados - Legislação*. Obtido de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=148>
- Ajuda, A. M. (2009). *Comparabilidade Energética entre Sistemas de Ciclo de 1 Andar e de 2 Andares*. ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Análise SWOT*. (s.d.). Obtido em 8 de Outubro de 2014, de Wikipédia: http://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lise_SWOT
- APSEi - Associação Portuguesa de Segurança. (2008). *SADI Tipo Convencional: Detector de Chama*. Obtido de http://www.segurancaonline.com/fotos/editor2/14_ficha_tecnica_apsei_detectoreschama_31janeiro2008.pdf
- APSEi - Associação Portuguesa de Segurança. (s.d.). *Fichas Técnicas APSEi*. Obtido de <http://www.tytec.pt/pt/artigos-tecnicos-apsei>
- Assembleia da República. (2009). *Decreto Lei n.º 31/2009, de 3 de Julho, Diário da República, I Série A, N.º 127, 3 de Julho de 2009*.
- Associação Empresarial de Águeda. (2013). *Manual de boas práticas: eficiência energética*.
- Associação Portuguesa da Indústria de Refrigeração e Ar Condicionado. (s.d.). *Normalização*. Obtido de <http://www.apirac.pt/normalizacao.php>
- Autoridade Nacional de Protecção Civil. (2013). *Segurança Contra Incêndios em Edifícios, Nota Técnica N.º 12, Sistemas Automáticos de Detecção de Incêndio*. Obtido de http://www.prociiv.pt/SegurancaContraIncendios/Normas%20Tecnicas/12_NT-SCIE-SISTEMAS%20AUTOM%C3%81TICOS%20DE%20DETE%C3%87%C3%83O%20DE%20INC%C3%81NDIO.pdf
- Azevedo, J. L. (2005). *Apontamentos de Permutadores de Calor - Equipamentos Térmicos*. Obtido de <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571244141/Permutadores1C.pdf>
- Brandão, F. J. (2012). *Eficiência e Gestão Energética dos Edifícios Municipais de Matosinhos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cabral, J. P. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática*. Lisboa: Lidel.
- Cabral, J. P. (2013). *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*. Lisboa: Lidel.
- Carla Ramos, J. L. (s.d.). *Levantamento de informação sobre os efeitos na saúde humana associados à exposição a ruído ambiente*. Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Agência Portuguesa do Ambiente.
- Carpinteiro, J. (2011). *Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado*. Verlag Dashofer.
- Carpinteiro, J. (2011). *Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado*. Lisboa: Verlag Dashöfer.
- Castro, J. d. (2011). *Refrigeração Comercial e Climatização Industrial*. São Paulo, Brasil: Leopardo Editora.
- Diana Sofia Coelho Coimbra

- CEMIG. (2012). *Projetos de Iluminação Pública*. Obtido de <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/documents/nd-3-4p.pdf>
- Chaves, F. (2009). Capítulo 4 - Sistemas de Climatização de Edifícios. Em *Instalações de climatização e refrigeração - 1ª Parte*. Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, Instituto Politécnico de Tomar.
- Couras, I. M. (2011). *Gestão Técnica de Edifícios - Aplicação em Edifício Escolar*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Couras, I. M. (2011). *Gestão Técnica de Edifícios - Aplicação em Edifício Escolar*. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Delgado, M. (2010). *Sistemas elétricos trifásicos a média, alta e muito alta tensão - Análise de problemas de exploração*. Porto: Publindústria, Edições Técnicas.
- Deus, J. d. (2008). *Arrancador de lâmpada fluorescente*. Obtido de <http://12joaomiguel8d.blogspot.pt/2008/05/anlise-da-fechadura-de-gaveta.html>
- DGEG - Direcção Geral da Energia e Geologia. (2012). *Caracterização Energética Nacional / National Energy Characterization*. Obtido em Maio de 2014, de <http://www.dgeg.pt/>
- Direcção-Geral da Saúde & Direcção-Geral do Turismo. (2001). *Doença dos Legionários - Guia Prático*. Lisboa.
- EDP. (2014). *Soluções de Eficiência PME - Iluminação Eficiente*.
- EDP. (s.d.). *Novas regras de faturação da energia reativa*.
- ETAP. (2012). *Dossier EN 12464-1 - Descrição resumida da norma*. Obtido de ETAPLIGHTING: http://www.etaplighting.com/uploadedFiles/Downloadable_documentation/documentatie/brochures_ETAP_verlichting/Dossier%20EN%2012464-1_AT_PT_A4_lr.pdf
- Ferreira, L. A. (1998). *Uma introdução à Manutenção*. Porto: Publindústria.
- Google. (02 de dezembro de 2014). *Google Maps*. Obtido em 24 de Novembro de 2014, de <https://www.google.pt/maps/place/APA+LNEG/@38.7318961,-9.2114031,318m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0xd1eccc1dadd29df:0x6b4e658ada696928>
- INDUSMELEC. (2014). *UPS - Unidades de Alimentação Ininterrupta*. Obtido de <http://www.indusmelec.pt/newsletter/14/UPS.pdf>
- Jesus, C. S. (2012). *Otimização energética em unidade industrial - o caso da Cerutil*. Instituto Politécnico de Viseu - Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.
- Jornal Oficial das Comunidades Europeias. (1998). *Directiva 98/83/CE do Conselho, de 3 de Novembro de 1998, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano*. Obtido de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:pt:PDF>
- KEMA. (2012). *Estudo sobre contadores inteligentes de electricidade e de gás natural*. Obtido de http://www.erse.pt/pt/consultaspublicas/consultas/Documents/40_1/Relat%C3%B3rio%201E_G_Situa%C3%A7%C3%A3o%20actual%20e%20experi%C3%Aancia%20com%20Projectos-piloto%20em%20Portugal_KEMA.pdf
- Louçano, N. R. (2009). *Eficiência energética em edifícios: gestão do sistema iluminação*. Instituto Politécnico de Bragança.
- Marques, F. M. (2011). *Estudo Energético de um Edifício à Luz do RCCTE e do RSECE*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Matias, J. V. (2013). *Instalações Elétricas (de acordo com o RTIEBT)*. Lisboa: Plátano Editor.
- Minguez, A. (2007). *Medidores de energia ativa: funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e análise das fraudes mais comuns*. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Ministério da Administração Interna. (1985). *Decreto-Lei n.º 465/85, de 5 de Novembro, Diário da República, 1ª Série, nº 254, 5 de Novembro de 1985*. Obtido de <https://dre.pt/application/file/171617>
- Ministério da Administração Interna. (1999). *Portaria n.º 135/1999, de 26 de Fevereiro*. Obtido de http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?artigo_id=selected&nid=285&tabela=leis&pagina=1&ficha=1&nversao=#artigo
- Ministério da Administração Interna. (2008). *Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro, Diário da República, 1ª série - N.º 220 - 12 de Novembro de 2008*. Obtido de http://www.prociv.pt/SCIE/Documents/Dec_Lei_220_2008_SCIE.pdf
- Ministério da Administração Interna. (2008). *Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro, Diário de República, 1ª série - N.º 250 - 29 de Dezembro de 2008*. Obtido de http://www.prociv.pt/SCIE/Documents/Portaria_n.1532_2008_RT_SCIE.pdf
- Ministério da Administração Interna. (2013). *Portaria n.º 272/2013, de 20 de agosto, Diário da República, 1ª Série, nº 159, 20 de agosto de 2013*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/2013/08/20/dre-313572.pdf>
- Ministério da Administração Interna. (2013). *Portaria n.º 273/2013, de 20 de agosto, Diário da República, 1ª série, nº 159, 20 de agosto de 2013*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/2013/08/20/dre-313574.pdf>
- Ministério da Economia. (1974). *Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro, Diário do Governo, I Série, número 299*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/1974/12/26/dre-16398.pdf>
- Ministério da Economia e da Inovação. (2005). *Decreto Lei n.º 226/2005, de 28 de Dezembro, Diário da República, I Série A, N.º 248, 28 de Dezembro de 2005*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/2005/12/28/dre-194866.pdf>
- Ministério da Economia e da Inovação. (2006). *Decreto-Lei n.º 192/2006, de 26 de Setembro, Diário da República, 1ª série, nº 186, de 26 de Setembro de 2006*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/2006/09/26/dre-204080.pdf>
- Ministério da Economia e da Inovação. (2006). *Decreto-Lei n.º 229/2006, de 24 de Novembro, Diário da República - 1ª Série - nº 227 - 24 de Novembro de 2006*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/2006/11/24/dre-205745.pdf>
- Ministério da Economia e da Inovação. (2006). *Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril de 2006 (RSECE), Diário da República - 1ª Série - nº 67 - 4 de Abril de 2006*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/04/067A00/24112415.PDF>
- Ministério da Economia e da Inovação. (2006). *Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de Setembro, Diário da República - 1ª Série - nº 175 - 11 de Setembro de 2006*. Obtido de <http://static.voltimum.com/sites/www.voltimum.pt/files/pt/others/L/200911131717200910143427200808229123.pdf>
- Ministério da Economia e da Inovação. (2007). *Portaria n.º 21/2007, de 5 de Janeiro, Diário da República, 1ª série, nº 4, de 5 de Janeiro de 2007*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/2007/01/05/dre-206655.pdf>
- Ministério da Economia e do Emprego. (2013). *Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto de 2013, Diário da República - 1ª Série - nº 159 - 20 de Agosto de 2013*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>
- Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (1995). *Decreto-Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, Diário da República - 1ª Série B - nº 194 - 23 de Agosto de 1995*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/1995/08/23/dre-69495.pdf>
- Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (2006). *Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril de 2006 (RSECE), Diário da República - 1ª Série - nº 67 - 4 de Abril de 2006*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/04/067A00/24162468.PDF>
- Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (2006). *Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006 (RCCTE), Diário da República - 1ª Série - nº 67 - 4 de Abril de 2006*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/04/067A00/24682513.PDF>
- Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (2006). *Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006 (RCCTE), Diário da República - 1ª Série - nº 67 - 4 de Abril de 2006*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/04/067A00/24682513.PDF>

- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. (2006). *Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro de 2007 (Regulamento Geral do Ruído)*, *Diário da República - 1ª Série - n.º 12 - 17 de Janeiro de 2007*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/04/067A00/24112415.PDF>
- Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. (2007). *Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, Diário da República, 1ª série, n.º 12, 17 de Janeiro de 2007*. Obtido de <https://dre.pt/application/file/522742>
- Ministérios da Administração Interna e das Finanças. (1992). *Portaria n.º 122/92, de 27 de Fevereiro, Diário da República, 1ª Série B, n.º 49, 27 de Fevereiro de 1992*. Obtido de http://www.segurancaonline.com/fotos/gca/port122_92_1262603168.pdf
- Ministérios do Ambiente, d. O. (2009). *Portaria n.º 675/2009 de 23 de Junho de 2009, Diário da República - 1ª Série - n.º 119 - 23 de Junho de 2009*. Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2009/06/11900/0410804111.pdf>
- Ministérios do Trabalho e da Indústria, Energia e Exportação. (1983). *Decreto Regulamentar n.º 31/83, de 18 de Abril - Estatuto do Técnico Responsável por Instalações Elétricas de Serviço Particular, Diário da República, 1ª Série, Número 89*. Obtido de <http://dre.tretas.org/pdfs/1983/04/18/dre-19919.pdf>
- Monteiro, A. J. (2008). *Sistemas de abastecimento de água - Aula 6: Órgãos e acessórios*. Obtido de Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779577315181/Aula%206_Orgaos%20e%20acessorios.pdf
- Moreira, J. P. (Fevereiro de 2010). *Manutenção Preventiva de Edifícios - Proposta de um Modelo Empresarial*. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- NP EN 13306. (2001). *Maintenance Terminology*. CEN.
- Nunes, J. H. (2010). *Projecto de uma instalação de climatização de um edifício de serviços*. ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Pacheco, J. R. (2010). *Perdas em Sistemas de Abastecimento Público de Água. Uma nova abordagem com base na telemetria de consumos domésticos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Pais, A. M. (2011). *Condições de Iluminação em Ambiente de Escritório: Influência no conforto visual*. Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa.
- Paiva, E. (2004). *Máquinas Elétricas - Transformadores*. Obtido de <http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/eduardop/MqE/transformadores.pdf>
- Peneda, M. A. (2013). *Recomendações para o Projeto de Sistemas de Ventilação Mista em Edifícios de Habitação*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Construções, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- Pitéu, J. T. (2011). *Manutenção de Edifícios - Manutenção das Instalações Técnicas de Grande Edifício*. ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Portal da Refrigeração. (s.d.). *Evaporadores*. Obtido de http://www.refrigeracao.net/Topicos/evaporador_3.htm
- Presidência do Conselho de Ministros. (2013). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, Diário da República, 1.ª série — N.º 70 — 10 de abril de 2013*. Obtido de <https://dre.pt/pdf1sdip/2013/04/07000/0202202091.pdf>
- Rebelo, L. M. (2010). *Sistemas de automação e manutenção de edifícios: concepção de sistemas de detecção e proteção contra incêndios de uma unidade hoteleira*. ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Obtido de <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/534/6/Anexo%20IV.pdf>
- Rodrigues, J. (2005). *Dispositivos de Segurança e Proteção*. Obtido de http://dteedmi.no.sapo.pt/Pdf/Disp_protecao.pdf
- Roriz, L. F. (s.d.). *Queimadores*. Obtido de Instituto Superior Técnico: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/et_T34.htm
- Salema et al., D. (2012). *Campus de Alfragide - Diagnóstico Energético*. LNEG.

- Sales Craft, S.L. (s.d.). *Eco-Tubo®*. Obtido de <http://www.eco-tubo.com/por/index.html>
- SalesCraft, S.L. (s.d.). Obtido de <http://eco-tubo.com/inicio>
- Santos, D. S. (2014). *Desenvolvimento de um sistema de monitorização do consumo e qualidade de energia elétrica em sistemas trifásicos*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Santos, J. N. (2006). *Compensação do factor de potência*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Silva, N. G. (2011). *Análise da viabilidade de mudança dos sistemas de iluminação de um estabelecimento de ensino superior para outros mais eficientes*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Simão, M. d. (2009). *Hidrodinâmica e desempenho em turbinas de baixa potência: concepção, modelação e ensaios*. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Soares, H. (2011). *Qualidade da construção versus custos de manutenção de edifícios*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Sousa, D. N. (2012). *Eficiência Energética na Iluminação Pública*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sousa, R. M. (2011). *Estudo da Eficiência Energética e Gestão de Energia em Edifícios Escolares*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Vítor Córias e Silva e Iolanda Soares. (out/nov/dez de 2003). A Revisão dos Projectos como Forma de Reduzir os Custos da Construção e os Encargos da Manutenção de Edifícios. "*Tecnologias*" P&C n° 20. Obtido em 13 de Outubro de 2015, de http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/C_05.pdf
- Wikipédia. (s.d.). *Potência elétrica*. Obtido de http://pt.wikipedia.org/wiki/Pot%C3%Aancia_el%C3%A9trica

9. Anexos

9.1 Anexo I – Planos de Manutenção

9.1.1 Instalações Elétricas: Posto de transformação

LEGENDA:

M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade			
		M	TM	SM	A
Verificação do funcionamento geral e pesquisa de anomalias	Identificação de ruídos anormais	X			
	Teste do alarme de temperatura		X		
	Teste do disparo térmico		X		
	Verificação do estado dos contactos dos disjuntores e das câmaras de corte dos interruptores			X	
	Identificação de sobreaquecimentos (Termografia)			X	
	Verificação do estado dos circuitos de terra				X
Medição da resistência de isolamento da instalação de baixa tensão				X	
Medição do fator de potência				X	
Verificação do estado de conservação dos dispositivos de manobra (varas de manobra, tapetes isolantes, luvas solantes, etc.)				X	
Verificação do estado dos apetrechos de segurança (extintor, equipamento de 1º socorros, sinalização de risco, etc.)				X	
Limpeza geral					X
Reaperto de contactos elétricos, se necessário					X
Verificação e lubrificação do equipamento de comando, fechaduras e portas					X
Verificação da carga do transformador					X
Verificação da temperatura do óleo nos períodos de maior carga					X
Verificação do nível do óleo nos transformadores					X
Medição da acidez e rigidez dos óleos e outros dielétricos dos transformadores e aparelhos de corte					X
Verificação dos disjuntores de alta tensão					X
Verificação do estado de conservação do para-raios					X
Verificação da ligação à terra e medição da resistência da malha geral dos poços de descarga do para-raios					X

9.1.2 Instalações Elétricas: Instalações de Emergência

LEGENDA:

D- Diário, M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral, A-Anual

Operações	Periodicidade				
	D	M	TM	SM	A
UPS					
Verificação de eventuais sinais sonoros ou mensagens de avaria	X				
Teste ao funcionamento das sinalizações e alarmes					X
Limpeza interior e exterior					X
Reposição do nível de eletrólito e verificação do estado de carga das baterias					X
Limpeza dos bornes das baterias					X
Verificação dos cabos de ligação e identificação de defeitos no isolamento					X
Descarga controlada das baterias (traçar curvas de descarga) e recarga					X
Grupo gerador					
Verificação de fugas		X			
Completar os níveis de óleo lubrificante e do líquido de arrefecimento		X			
Arranque em carga, verificação do funcionamento geral e pesquisa de anomalias (fugas, ruídos,...)			X		
Arranque em vazio e verificação do funcionamento geral			X		
Limpeza geral e lubrificação das partes móveis				X	
Limpeza dos filtros de ar, óleo lubrificante e combustível				X	
Arranque por simulação de falha de corrente na rede					X
Iluminação de Emergência					
Verificação da passagem ao estado de “funcionamento” em caso de falha da alimentação			X		
Verificação do estado de cargas das baterias dos blocos autónomos			X		

9.1.3 Instalações Elétricas: Quadros Elétricos

LEGENDA:

S-Semanal, M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade				
		S	M	TM	SM	A
Verificar funcionamento geral e pesquisa de anomalias	Verificação de proteções diferenciais e magnetotérmicas, fusíveis e corta circuitos, incluindo teste e regulação se necessário		X			
	Verificação da fixação dos aparelhos				X	
	Verificação do estado da cablagem				X	
	Verificação do estado dos relés, contactores e alarmes, incluindo teste e regulação se necessário	X				
	Teste de lâmpadas sinalizadoras	X				
	Verificação do estado dos suportes do quadro e cabos exteriores				X	
	Termografia					X
Limpeza geral do quadro					X	
Medição de correntes e verificação do equilíbrio entre fases			X			
Medição de defeitos à terra			X			
Medição de consumos eléctricos e regulação de proteções térmicas e testes				X		
Reaperto de contactos eléctricos, se necessário					X	
Revisão de todos os circuitos eléctricos de potência, regulação e controlo					X	
Verificação de etiquetagem interior e exterior					X	
Verificação de estanquicidade de portas e buçins					X	
Lubrificação de fichas e dobradiças					X	
Teste dos aparelhos de medida dos Quadros (voltímetros, amperímetros, etc.)						X

9.1.4 Instalações elétricas: Circuitos de Tomadas

LEGENDA:

SM – Semestral, A-Anual

Operações	Periodicidade	
	SM	A
Reaperto de contactos eléctricos, se necessário	X	
Verificação dos valores de tensão e corrente em cada uma das fases		X
Verificação do estado geral de tomadas, fichas, extensões, interruptores e condutores expostos, em especial no que se refere à sua capacidade isolante, possibilidade de contactos diretos e indiretos e curto-circuitos		X

9.1.5 AVAC: *Chillers*

LEGENDA:

D- Diário, M-Mensal, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade			
		D	M	SM	A
Verificação do funcionamento geral	Verificação de ruídos e vibrações	X			
	Medição e registo de temperaturas e pressões da água	X			
	Verificação do nível de óleo	X			
	Verificação de fugas de óleo ou de fluido de refrigeração	X			
	Registo de pressões de funcionamento	X			
	Medição de consumos elétricos	X			
Limpeza dos quadros elétricos				X	
Limpeza dos condensadores de ar				X	
Controlo de corrosão da estrutura metálica / tratamento e retoques de pintura					X
Limpeza geral do <i>Chiller</i>					X
Medição da resistência do isolamento elétrico					X
Análise espectrométrica da acidez do óleo					X
Verificação do funcionamento das resistências de <i>Carter</i>			X		

9.1.6 AVAC: Caldeira

LEGENDA:

D- Diário, S-Semanal, M-Mensal, TM-Trimestral, A-Anual

Operações		Periodicidade				
		D	S	M	TM	A
Verificação do funcionamento geral	Medição e registo de temperaturas da água	X				
	Medição e registo de pressões de funcionamento		X			
	Medição do consumo de gás propano	X				
	Medição dos consumos elétricos	X				
	Verificação de fugas de vapor ou água	X				
Inspeção, calibração e teste das válvulas de segurança (passagem de vapor)			X			
Inspeção, calibração e teste do fluxostato e encravamento de segurança				X		
Inspeção, calibração e teste do detetor de gás				X		
Controlo de corrosão da estrutura metálica / tratamento e retoques de pintura			X			
Verificação do estado dos isolantes				X		
Limpeza das tubagens (purgas)			X			
Verificação do estado das condutas de admissão de ar e exaustão de fumos					X	
Verificação dos eléctrodos de acendimento e deteção de chama					X	
Limpeza dos injetores dos queimadores					X	
Medição da temperatura dos gases de exaustão						X
Medição da percentagem de O ₂ , CO ₂ e CO (gases de exaustão)						X
Cálculo do rendimento da combustão à potência nominal (Determinação das perdas por calor sensível)					X	
Limpeza do sistema de exaustão e da câmara de combustão						X
Otimização da razão estequiométrica						X

9.1.7 AVAC: Unidades de Ventilação

LEGENDA:

D- Diário, SM – Semestral, A-Anual

Operações	Periodicidade		
	D	SM	A
Limpeza geral e de filtros (se aplicável)			X
Verificação e alinhamento das polias de transmissão			X
Ajuste e verificação do estado das correias (excluindo os ventiladores de acoplamento directo)			X
Verificação dos apertos das fixações do motor e ventilador			X
Medição e registo da corrente absorvida dos motores eléctricos		X	
Limpeza exterior das turbinas			X
Verificação de ruído de chumaceiras e rolamentos	X		
Reapertos eléctricos e mecânicos		X	
Retocar pontos de ferrugem			X
Limpeza, afinação, lubrificação, reapertos e controlo do bom funcionamento dos registos			X

9.1.8 AVAC: Unidades de Tratamento de Ar e de Ar Novo

LEGENDA:

S-Semanal, M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade				
		S	M	TM	SM	A
Verificação do funcionamento geral	Verificação de ruídos e vibrações	X				
	Medição da temperatura do ar (insuflação e retorno)		X			
	Medição de consumos elétricos		X			
	Verificação do estado e tensão das correias de transmissão e ajuste das mesmas, se necessário			X		
	Verificação de eventuais fugas de água e do estado das tubagens			X		
Limpezas de filtros de ar				X		
Ensaio do sistema de controlo de temperaturas			X			
Limpeza das serpentinas de permuta térmica				X		
Limpeza dos tabuleiros de condensados				X		
Reaperto de componentes mecânicos e elétricos					X	
Controlo de corrosão da estrutura metálica / tratamento e retoques de pintura						X
Medição da resistência do isolamento elétrico					X	
Lubrificação de rolamentos e chumaceiras					X	
Alinhamento das polias					X	
Limpeza geral (interior e exterior)						X
Limpeza do filtro de água				X		
Verificação e teste do funcionamento das válvulas motorizadas				X		
Limpeza e verificação das condições de funcionamento dos motores elétricos				X		
Limpeza, afinação, lubrificação, reapertos e controlo de bom funcionamento dos registos de ar				X		
Verificação de todo o sistema de controlo e comando				X		
Verificação da estanquicidade de todas as válvulas de seccionamento				X		
Verificação do isolamento térmico				X		

9.1.9 AVAC: Eletrobombas

LEGENDA:

D- Diário, M-Mensal, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade			
		D	M	SM	A
Verificação geral do sistema	Verificação de fugas de água	X			
	Verificação de ruídos, vibrações e aquecimentos anormais	X			
	Verificação das pressões de entrada e saída	X			
Análise do estado de empanques e sua substituição, se necessário				X	
Verificação do estado das transmissões motor/bomba e substituição se necessário				X	
Verificação dos apertos mecânicos e eléctricos				X	
Limpeza geral da eletrobomba e limpeza dos ventiladores				X	
Verificação da estanquicidade e reapertos dos bucins					X
Medição e registo do isolamento dos motores					X
Retoques de pintura ou pintura integral se necessário					X
Lubrificação das chumaceiras				X	
Verificação do estado dos rolamentos				X	
Verificação da tensão e consumo dos motores e comparação com os valores nominais			X		

9.1.10 AVAC: Rede de Distribuição de Água Climatizada

LEGENDA:

D- Diário, M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade				
Rede hidráulica (incluindo tubagens e coletores)		D	M	TM	SM	A
Verificação do funcionamento geral da instalação	Verificação de apertos de juntas e ligações	X				
	Verificação de eventuais fugas de água	X				
	Verificação do funcionamento dos purgadores e realização de purgas	X				
	Verificação dos sistemas de controlo e regulação de pressões e temperaturas	X				
	Verificação do funcionamento dos fluxostatos	X				
Verificação do isolamento das tubagens			X			
Limpeza dos filtros					X	
Teste da válvula de segurança dos vasos de expansão e da eficácia dos mesmos				X		
Válvulas						
Verificação do funcionamento e estanquicidade		X				
Verificação e abertura da válvula de retenção, se necessário		X				
Reaperto do buçim, se necessário		X				
Qualidade de água						
Espectrometria						X
Determinação da densidade						X
Análise química e bacteriológica					X	

9.1.11 AVAC: Rede de Distribuição de Ar Interior

LEGENDA:

TM-Trimestral, SM – Semestral, TA - Trienal

Operações	Periodicidade		
	TM	SM	TA
Circuito de distribuição de ar de climatização			
Verificação do estado de isolamento das condutas		X	
Verificação do funcionamento dos registos corta-fogo		X	
Limpeza de grelhas e difusores (insuflação, extração e retorno)		X	
Verificação dos registos e acerto dos caudais de ar, se necessário		X	
Verificação do funcionamento e acerto dos equipamentos de controlo e regulação de temperatura ambiente	X		
Medição e registo das temperaturas de ar nas condutas, no ambiente e correção, se necessário	X		
Qualidade do ar interior			
Análise de agentes microbiológicos e patogénicos			X
Análise de contaminantes			X
Medição da humidade relativa			X
Medição dos níveis de CO e CO ₂			X

9.1.12 AVAC: Ventiloinvetoies

LEGENDA:

M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral, A-Anual

Operações		Periodicidade			
		M	TM	SM	A
Análise geral do estado de funcionamento do equipamento	Análise de ruído nos rolamentos dos motores	X			
	Medição de temperaturas do ar (entrada/saída)			X	
	Verificação das condições térmicas das áreas climatizadas e reposição de situações de reclamações/avarias	X			
	Verificação de eventuais fugas de água, estado da tubagem e do isolamento térmico			X	
	Medição e registo do consumo elétrico dos motores			X	
Medição e registo do isolamento dos motores elétricos				X	
Verificação da atuação das eletroválvulas de três vias de água quente e fria e substituição se necessário				X	
Alinhamento das polias, se necessário				X	
Isolamento de fugas de ar nas lonas de acoplamento entre unidade e as condutas se necessário				X	
Substituição dos rolamentos, se necessário					X
Substituição de correias e ajuste da tensão das mesmas, se necessário				X	
Limpeza interior aos motores dos ventiladores				X	
Limpeza de filtros de ar com produto de limpeza adequado			X		
Limpeza por aspiração dos permutadores				X	
Purga de ar nas baterias de água quente e fria				X	
Limpeza dos filtros de água quente e fria				X	
Reapertos mecânicos e elétricos					X
Pintura e recuperação de pontos de corrosão					X
Limpeza e desobstrução do esgoto de condensados e verificação da drenagem respetiva			X		
Inspeção e limpeza das pás do ventilador					X
Verificação dos apoios da unidade					X
Verificação do funcionamento dos termóstatos				X	
Verificação da estanquicidade de todas as válvulas de seccionamento				X	
Testar velocidades do ventilador			X		

9.1.13 AVAC: Unidades *Split*

LEGENDA:

M-Mensal, TM-Trimestral, SM – Semestral

Operações	Periodicidade		
	M	TM	SM
Verificação do funcionamento geral	X		
Verificação de ruídos e vibrações		X	
Verificação de fugas de óleo ou de fluido de refrigeração		X	
Limpeza de filtros de ar		X	
Medição de temperatura do ar (insuflação e retorno)		X	
Medição de consumos elétricos		X	
Limpeza das unidades interiores e exteriores			X
Limpeza dos tabuleiros de condensados		X	
Reaperto de componentes mecânicos e elétricos, se necessário			X
Limpeza dos quadros elétricos			X

9.1.14 Iluminação: Iluminação Interior

LEGENDA:

M-Mensal, SM – Semestral, A-Anual

	Operações	Periodicidade		
		M	SM	A
Verificação do funcionamento geral e pesquisa de anomalias	Identificação e substituição de lâmpadas fundidas ou intermitentes	X		
	Identificação e substituição de arrancadores e balastros avariados	X		
	Deteção de defeitos no isolamento		X	
	Verificação das ligações à terra dos componentes metálicos e assegurar a equipotencialidade do sistema			X
Limpeza dos acrílicos de proteção ou outros elementos translúcidos e refletores das luminárias				X

9.1.15 Iluminação: Iluminação Exterior

LEGENDA:

M-Mensal, SM – Semestral, A-Anual

	Operações	Periodicidade		
		M	SM	A
Verificação do funcionamento geral e pesquisa de anomalias	Identificação e substituição de lâmpadas fundidas ou intermitentes	X		
	Deteção de defeitos no isolamento		X	
	Inspeção e teste das instalações elétricas		X	
	Verificação das ligações à terra dos componentes metálicos e assegurar a equipotencialidade do sistema			X
Limpeza ou substituição dos globos de proteção, se necessário				X
Correção das colunas de iluminação, se necessário				X

9.1.16 Sistemas de Segurança: Sistema de deteção de incêndios

LEGENDA:

A-Anual

Operações	Períodicidade
	A
Sistema de deteção de incêndios	
Verificação e ensaio dos detetores de incêndios	X
Limpeza, verificação, afinação e ensaio da Central de Comando	X
Ensaio de funcionamento dos quadros repetidores de alarme	X
Inspeção visual da cablagem	X
Verificação e ajuste da corrente de carga das baterias	X
Ensaio dos botões de alarme e indicadores de ação	X
Sistema de deteção de intrusos	
Verificação e ensaio dos detetores de intrusão	X
Limpeza, verificação, afinação e ensaio da Central de Comando	X
Inspeção visual da cablagem	X
Verificação e ajuste da corrente de carga das baterias	X
Ensaio das sirenes de alarme	X
C.C.T.V.	
Verificação do estado dos painéis de controlo, monitores e gravadores de vídeo	X
Inspeção e ajuste das câmaras de segurança e respetivos suportes	X
Inspeção visual da cablagem	X
Verificação e ajuste da corrente de carga das baterias	X
Verificação da ligação aos servidores e rede Ethernet	X
Controlo de acessos	
Inspeção dos mecanismos de controlo de acesso	X
Verificação do estado dos sensores de abertura de porta	X
Verificação do estado dos controlos manuais de abertura de porta/cancela	X

9.1.17 Rede de Distribuição de Água

LEGENDA:

D- Diário, S-Semanal, M-Mensal, TM-Trimestral, A-Anual

Operações		Periodicidade				
		D	S	M	TM	A
Verificação do funcionamento geral	Leitura e registo dos consumos de água	X				
	Verificação de eventuais fugas nas zonas acessíveis da tubagem			X		
	Verificação do funcionamento de torneiras, válvulas de seccionamento e autoclismos			X		
Utilização de chuveiros e outros pontos de consumo de água pouco utilizados, durante um mínimo de 5 minutos			X			
Limpeza dos filtros do sistema de distribuição de água				X		
Teste manual das válvulas de segurança					X	
Observação da coloração da água em vários pontos de consumo de modo a detetar sinais de corrosão no interior da instalação						X
Ensaio hidráulico						X
Ensaio de caudal						X
Verificação da pressão da água nos vários pontos de utilização						X
Análise para deteção de contaminantes e agentes microbiológicos ou patogénicos						X

9.2 Anexo II – Características do transformador

Tabela 14 - Características do transformador em funcionamento na instalação

Tipo	T84 293
Ano	1993
Normas	CEI 76-1976
Potência nominal [kVA]	630
Número de fases	3
Grupo de ligação	Dyn 5
Frequência [Hz]	50
Tensão de curto-circuito (%)	4
Alta tensão [V]	10 000
Baixa tensão [V]	400-230
Corrente nominal em alta tensão [A]	36,37
Corrente nominal em baixa tensão [A]	909,3

9.3 Anexo III – Características funcionais dos *Chillers*

Tabela 15 - Características funcionais dos *Chillers*

Capacidade de arrefecimento [kW]	472
Temperatura da água à saída [°C]	7
Temperatura ambiente [°C]	35
Caudal de ar [m³/h]	158400
Caudal de água [m³/h]	81,2
Perda no evaporador [m.c.a.]	4,0
Potência total absorvida [kW]	142
Etapas de modulação de capacidade (%)	28, 50, 78 e 100
Dimensões [m]	6,4 x 2,3 x 2,3
Peso em serviço [kg]	4500

9.4 Anexo IV – Características funcionais dos compressores dos *Chillers*

Tabela 16 - Características funcionais dos compressores dos *Chillers*

Modelo	CHC88 AHF-1 Trifásico
f [Hz]	50
I_{máxima} [A]	155:142
L.R.A. [A]	737:675
V_{nominal} [V]	380:415
V_{máxima} [V]	342:456
P_{baixa} [bar]	16
P_{alta} [bar]	28

9.5 Anexo V – Características funcionais da caldeira

Tabela 17 - Características funcionais da caldeira

Potência térmica nominal [kW]	419
Rendimento térmico (%)	88,1
Temperatura de serviço [°C]	90/70
Pressão necessária do gás no queimador [mbar]	20,5
Pressão máxima hidrostática [m.c.a.]	50
Perda de carga no circuito de água [mm.c.a.]	175
Volume de água [L]	269
Peso da caldeira [kg]	621

9.6 Anexo VI – Características funcionais dos ventiladores

Tabela 18 - Características funcionais dos ventiladores centrífugos de dupla entrada

	VE 1	VE 5	VE 6	VE 7	VE 8 *	VE 9
Modelo	CA 600 (AT10-10)	CA 500 (AT9-9)	CA 500 (AT9-9)	CA 500 (AT9-9)	----- (AT10-10)	CA 800 (AT15-15)
Potência do motor [kW]	0,55	0,25	0,25	0,25	0,55	0,75
Potência absorvida [kW]	0,38	0,12	0,11	0,13	0,37	0,60
Caudal de ar [m³/h]	3.600	1.680	1.520	1.780	3.300	7.650
Pressão estática [Pa]	150	150	150	150	150	90
Velocidade de rotação do ventilador [rpm]	800	850	850	850	845	480

* Este ventilador funciona como auxiliar da UTA 3 para recirculação e rejeição de ar.

Tabela 19 - Características funcionais dos ventiladores de cobertura

	VE 2	VE 3	VE 4	VE Instalações sanitárias	VE hotte
Modelo	ECT 424/4	ECT 324/4	ETC 474/4	ECT 214	ECT 274
Potência do motor [kW]	0,75	0,25	1,5	0,12	0,18
Caudal de ar [m³/h]	6.000	1.650	7.800	550	1.650
Pressão estática [Pa]	150	200	150	150	145

9.7 Anexo VII – Características funcionais das unidades de tratamento de ar

Tabela 20 - Características funcionais das unidades de tratamento de ar

	UTA 1	UTA 2	UTA 3	UTA 4	UTA 5	UTA 6	UTA 7	UTV
Modelo	N4	N5	N1	N3	N3	N6	N5	N1
Grupo moto-ventilador								
Caudal de ar total [m³/h]	11.760	13.790	3.920	8.200	8.200	18.000	12.750	4.300
Caudal de ar novo [m³/h]	11.760	2.770	920	950	950	3.600	12.750	4.300
Pressão estát. disponível [Pa]	250	250	200	200	200	200	250	250
Potência do motor [kW]	3,5	3	1	3	3	3	5	2
Bateria de aquecimento								
Caudal de água [L/h]	3.270	1.800	560	860	860	1.640	3.530	1.160
Calor total [kW]	76	42	13	20	20	38	82	27
Serpentina de arrefecimento								
Caudal de água [L/h]	5.000	8.700	2.710	4.650	4.650	13.100	5.510	-----
Calor total de arrefecimento [kW]	29	51	14	27	27	76	32	-----
Calor de arrefecimento sensível [kW]	27,3	47	13,1	26	26	53	30	-----

9.8 Anexo VIII – Representação esquemática das UTAs

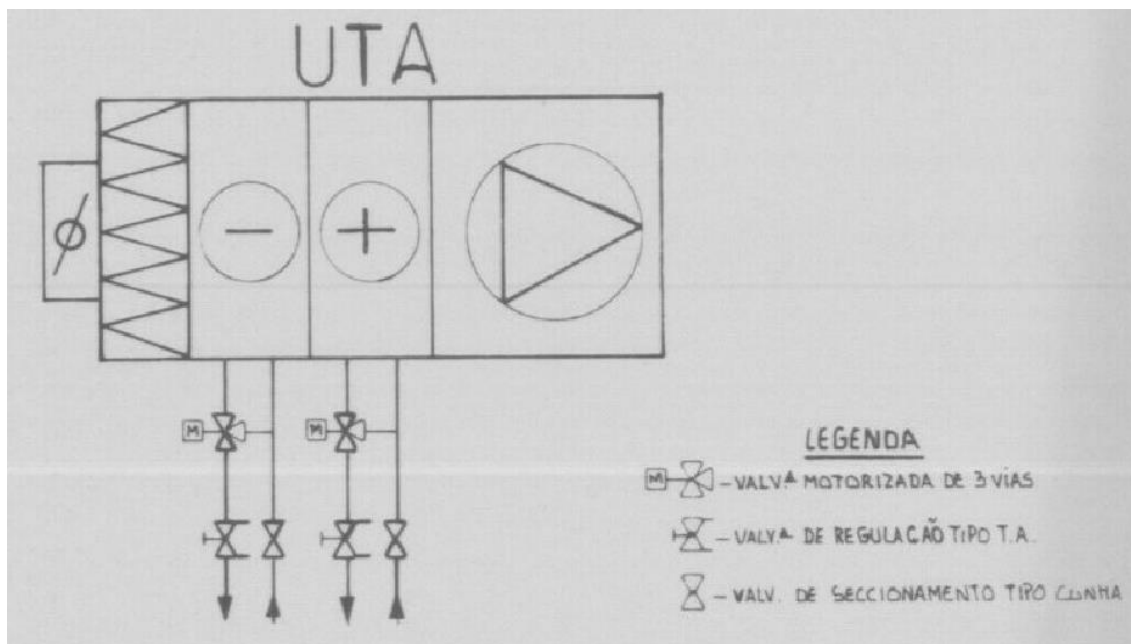


Figura 44 – Representação esquemática das UTAs (excerto da tela 7-50-008 do projeto de execução das instalações de ar condicionado, ventilação e gestão centralizada do edifício)

9.9 Anexo IX – Tela do circuito de distribuição de água climatizada

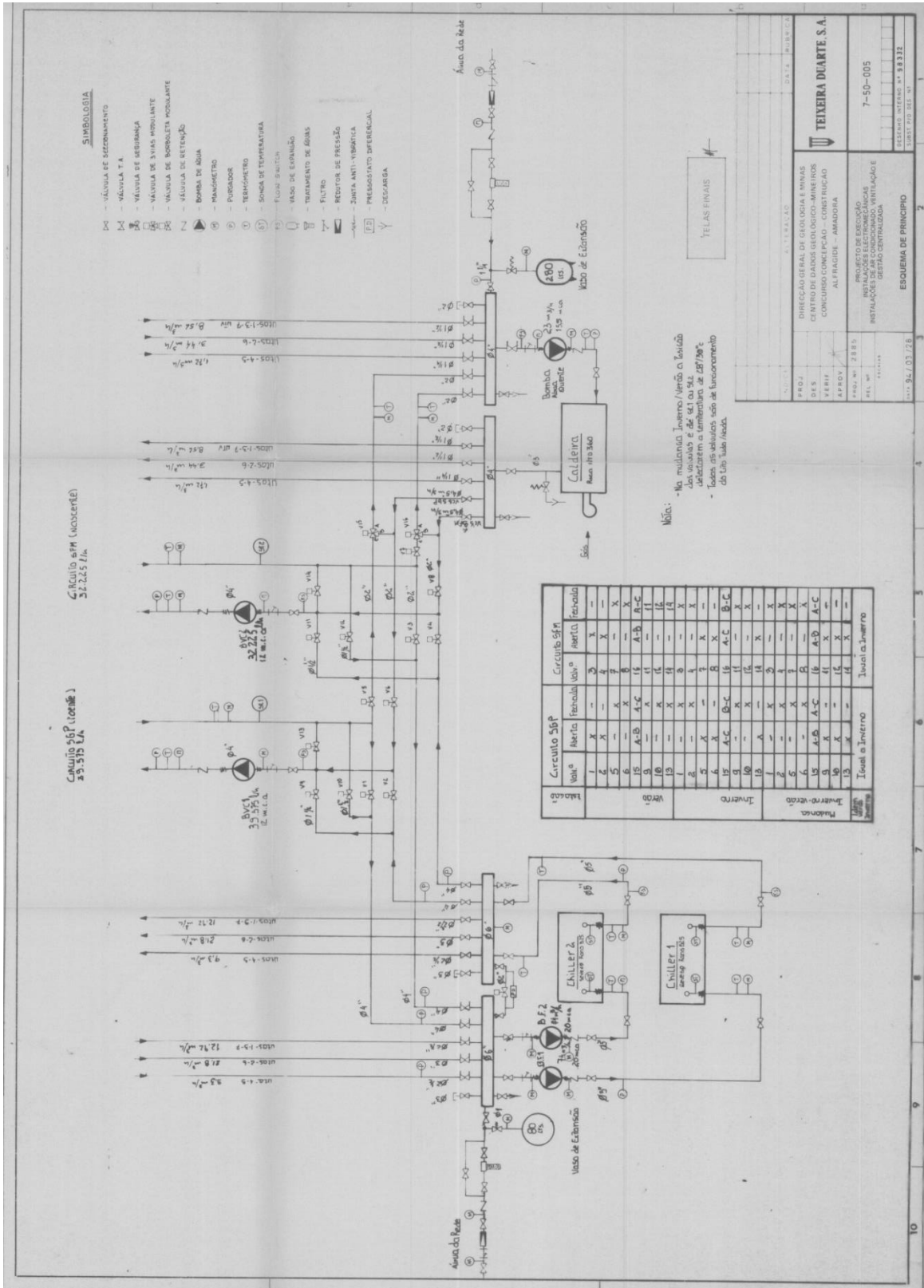


Figura 45 – Tela do circuito de distribuição de água climatizada (tela 7-50-005 do projeto de execução das instalações de ar condicionado, ventilação e gestão centralizada do edifício)

9.10 Anexo X – Características funcionais dos grupos eletrobombas

Tabela 21 - Características funcionais dos grupos eletrobombas

	Bomba de água quente	Bomba de água fria	Bomba secundária
Modelo	NJM 50-200	NJM 80-250	NJ 100-200
Caudal [m³/h]	18	75	40
Altura manométrica [m.c.a.]	15	15	12
Potência elétrica do motor [kW]	2,2	7,5	5,5
Velocidade de rotação [r.p.m.]	1450	1450	1450
Temperatura máx. água [°C]	100	100	100
Pressão máx. serviço [bar]	10	10	10
Nº de velocidades	1	1	1

9.11 Anexo XI – Características funcionais dos ventiloconvetores

Tabela 22 - Características funcionais dos ventiloconvetores

Modelo	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6
Capacidade de refrigeração [kW]	1,1	1,61	2,34	3,14	4,98	7,25
Capacidade de aquecimento [kW]	1,83	2,59	3,28	4,69	6,88	7,48
Caudal de água fria [L/h]	190	277	403	540	857	1247
Caudal de água quente [L/h]	79	111	141	202	296	322
Caudal de ar [m³/h]	250	350	500	650	1070	1400

9.12 Anexo XII - Circuitos de luminárias da iluminação exterior

[CONFIDENCIAL]

Figura 46 – Circuitos de luminárias da iluminação exterior

Legenda:



Luminárias com globo de proteção



Luminárias com suporte de três cabeças



Circuito Norte



Circuito Centro



Circuito Sul

9.13 Anexo XIII - Esquema do sistema de deteção e alarme de intrusão

[CONFIDENCIAL]

Figura 47 – Sistema de deteção e alarme de intrusão

9.14 Anexo XIV – Rede de água

[CONFIDENCIAL]

Figura 48 – Rede de águas (desenho de obra provisório da rede exterior de alimentação de águas DO-10-121)

Legenda:

1. Ligação à rede pública do SiMAS
2. Contador
3. Ponto de ligação do modulador de pressão e sistema de contagem de impulsos instalados no âmbito deste trabalho
4. Ramal onde foi detetada a existência de fugas de água
5. Ponto de teste para confirmação da zona de fugas
6. Caixa de ligação entre o ramal de água proveniente do SiMAS e a rede de rega (estas redes foram separadas no decorrer deste trabalho devido ao perigo de contaminação da água e à existência de uma diferença de pressões entre as duas redes que era prejudicial para o sistema AVAC e para a rede de água do edifício)
7. Ponto de entrada na rede de água do edifício
8. ETAR

9.15 Anexo XV – Cópia do comprovativo de selagem do transformador



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

DIREÇÃO REGIONAL DA ECONOMIA DE LISBOA E VALE DO TEJO

LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia
Estrada da Portela - Bairro do Zambujal
Apartado 7586

2610-999 AMADORA

SUA REFERÊNCIA
OFÍCIO LNEG Nº1864

SUA COMUNICAÇÃO
31-07-2013

NOSSA REFERÊNCIA
SEN/DEE
271/11/15/338
Arq: 13686-1/1

DATA

011621 2014 NOV 12

ASSUNTO: SELAGEM DE TRANSFORMADORES

PS com 10 kV ; Posto de Transformação de 630 kVA, 10 000/400-230 V, 400-230 V e instalação de utilização de energia eléctrica, do LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, em Estrada da Portela - Zambujal, freguesia de Alfragide, concelho de Amadora.

Conforme solicitado por V. Ex.^a. e nos termos do artigo 15º do Regulamento de Taxas de Instalações Elétricas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 4/93, de 8 de janeiro, foi selado, em 2014-10-20, um transformador de 630 kVA do posto de transformação acima mencionado.

Conforme disposto no artigo 17º do referido diploma, se a entidade exploradora necessitar de colocar em serviço o referido transformador, poderá quebrar os selos, dando do facto conhecimento, no prazo de três dias, a estes Serviços.

Com os melhores cumprimentos.



Fernando António
Diretor de Serviços de Energia

(Esta) Em conformidade com o solicitado
O TRE
António Manuel Segura Horra
/FA DEEG nº 36790
OE nº 55372

PA 81

Estrada da Portela - Zambujal • Apartado 7546 - Alfragide • 2611- 858 AMADORA
Tel: 21 472 95 00 Fax: 21 471 40 80 • Email: mail.geral@dre-ivt.min-economia.pt URL: www.dre.min-economia.pt



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

DIREÇÃO REGIONAL DA ECONOMIA DE LISBOA E VALE DO TEJO

LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Estrada da Portela - Bairro do Zambujal - Apartado 7586

2610-999 AMADORA

SUA REFERÊNCIA	SUA COMUNICAÇÃO	NOSSA REFERÊNCIA	DATA
		SEN/DEE 271/11/15/338 Arq: 13686-1/1	

011622 2014 NOV 12

ASSUNTO: AUTORIZAÇÃO PROVISÓRIA DE EXPLORAÇÃO

PS com 10 kV ; Posto de Transformação de 630 kVA, 10 000/400-230 V; Gerador com 100 kVA e 400-230 V e instalação de utilização de energia eléctrica, de LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, em Estrada da Portela - Zambujal, freguesia de Alfragide, concelho de Amadora.

Em vistoria efetuada em 20 / 10 / 2014 à instalação em epígrafe foram identificadas deficiências constantes da nota de cláusulas que se anexa, as quais deverão ser cumpridas no prazo de **180 dias** podendo, nos termos do artigo 45º do Regulamento de Licença para Instalações Elétricas, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 26852, de 30 de julho de 1936, com a redação do Decreto-Lei n.º 446/76, de 5 de junho, a instalação entrar em **exploração a título provisório**.

Decorrido aquele prazo, será realizada nova vistoria e concedida a respetiva licença de exploração, se for verificado o integral cumprimento das cláusulas agora impostas.

Oportunamente será enviado documento de cobrança da taxa de revistoria prevista no artº 24º do Regulamento de Taxas de Instalações Elétricas, aprovado pelo D.L nº 4/93 de 8 de janeiro e alterado pelo D.L. nº 246/2009, de 22 de setembro e na Portaria nº311/2002, de 22 de março.

Com os melhores cumprimentos,

Tomé Carquejal
OTRE
António Abreu
DEE n.º 36790


Fernando António
Diretor de Serviços de Energia

PA 81

Estrada da Portela - Zambujal • Apartado 7546 - Alfragide • 2611- 901 AMADORA
Tel: 21 472 95 00 Fax: 21 471 40 80 • Email: mail.geral@dre-lvt.min-economia.pt URL: www.dre.min-economia.pt



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

DIREÇÃO REGIONAL DA ECONOMIA DE LISBOA E VALE DO TEJO

NOTA DE CLÁUSULAS

Nº procº:13686-1/1 - 271/11/15/338

Localização: Estrada da Portela - Zambujal - Alfragide, Freguesia de Alfragide, Concelho de Amadora

Entidade Exploradora: LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia,

“e-mail”:

Téc. Resp. Exploração: ANTONIO MANUEL SEQUEIRA ABREU

Nº Inscrição: DGEG 36790

Data da (Re)Vistoria: 20-10-2014

Legislação aplicável:

- RLIE Reg. Licenças Instalações Elétricas (Dec. Lei nº 26852, de 30/07, Dec-Lei nº446/76, de 5/6, Dec-Lei nº517/80, de 31/10 e Dec-Lei nº101/2007, de 2 de abril);
- RTIEBT Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (Portaria Nº949-A/2006);
- RSSPTS Reg. Seg. Subestações Postos de Transformação e Seccionamento (Dec. nº42895, de 31/03/60).

Cláusulas a cumprir no prazo de 180 dias:

- 1- Art. 33º-RSSPTS- Dotar, o posto de transformação, de portas em boas condições de segurança e de funcionamento (apresentavam um elevado nível de corrosão);
- 2- Concluir os trabalhos em curso, nomeadamente, os mencionados no relatório tipo do técnico responsável pela exploração (em anexo).

Alfragide, 12 de novembro 2014

*Tomei conhecimento
fazr proceder em conformidade
O TREF
António Abreu*

Técnico

Fernando António
Fernando António

PA 81

Estrada da Portela - Zambujal • Apartado 7546 - Alfragide • 2611- 901 AMADORA
Tel: 21 472 95 00 Fax: 21 471 40 80 • Email: mail.geral@dre-ivt.min-economia.pt URL: www.dre.min-economia.pt



[Handwritten signature]

ANEXO III-

MINISTÉRIO DA ECONOMIA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
DIRECÇÃO-GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA

MEE DRELVT ENTRAL
24-10-2014 E11059/14

Relatório-tipo do técnico responsável pela exploração de instalações eléctricas

-13686-4/1

- Instalações em boas condições de segurança
- Instalações em condições deficientes
- Desistência da responsabilidade

REFERÊNCIAS

Período: JULHO 2013 a OUTUBRO 2014

(1) DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA

(2) LABORATÓRIO NACIONAL DE ENERGIA E GEOLOGIA

(3) EDIFÍCIO DE SERVIÇOS, ALIMENTADO POR UM PT À TENSÃO NOMINAL UN=10KV COM POTÊNCIA INSTALADA SN=630+630KVA

(4) ANTÓNIO MANUEL SEQUIRA ABREU, morada: Rua Pedro Sintra lote 90-4º Esq. 2580-495 CARREGADO (Tm. 933256753/918588074)

inscrito na Direcção-Geral de Energia e Geologia com o n.º 36 790, vem nos termos legais efectuar o relato da sua actividade como técnico responsável pela exploração da instalação acima mencionada.

INSPECÇÕES EFECTUADAS

De acordo com o estabelecido (1) nos termos do nº2 do art.º 26º do Decreto Regulamen-
tar nº 31/83 de 18 de Abril, inspecionei a instalação nos dias abrangidos no período aci-
ma indicado no âmbito de um contrato de serviços, tendo efectuado os ensaios, medições e
verificações que passo a referir:

1 - SUBESTAÇÕES, POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO E DE CORTE:

1.1 - Ensaio e medições:

- 1.1.1 - Resistência da terra de protecção 7,1 Ω
- 1.1.2 - Resistência da terra de serviço 8 Ω
- 1.1.3 - Resistência de isolamento da instalação de baixa tensão >20 MΩ
- 1.1.4 - Acidez e rigidez dos óleos ou outros dieléctricos dos transformadores e aparelhos de corte não dis-
ponível mas já solicitada a análise; ver 1.2.1.
- 1.1.5 - Factor de potência (cos φ)
- 1.1.6 - Outros ensaios e medições ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO EM
ESTRELA E CAPACIDADE DISTRIBUÍDA PARA MAXIMIZAR COS φ

1.2 - Verificações (*):

Por observações da instalação, dos equipamentos e dos resultados obtidos nos ensaios e medições anteriormente referidos, verifiquei:

- 1.2.1 (*) - O nível do óleo nos transformadores e disjuntores de alta tensão (2) _____
tendo detectado (1) as seguintes deficiências necessidade de efetuar a análise aos teores e concentração de PCB, uma vez realizada em 12/7/2014 a limpeza e manutenção do PT.

1.2.2 (*) - O estado dos contactos dos disjuntores e das câmaras de corte dos interruptores (e) não
 tendo detectado (f) quaisquer deficiências _____

1.2.3 (*) - Os circuitos de terra e o estado de conservação dos eléctrodos e dos condutores enterrados (e) não
 tendo detectado (f) quaisquer deficiências mas procedi ao re-
 posto dos contactos depois de medidas as respec-
 tivas resistências de terra.

1.2.4 (*) - O estado de conservação dos dispositivos de manobra utilizados (varas de manobra, estrados, tapetes isolantes, luvas isolantes, etc.) (e) _____ tendo detectado (f) e resolvido as seguintes
 deficiências substituição da lanterna, luvas isolantes zork, ta-
 pete isolante

1.2.5 (*) - A carga do transformador e a temperatura do óleo nos períodos de maior carga (e) _____
não tendo detectado (f) quaisquer deficiências _____

1.2.6 - O estado de funcionamento dos dispositivos de protecção e alarme (e) _____
 tendo detectado (f) as seguintes deficiências o sistema de detecção
 e alerta está obsoleto e não funcionava mas está
 a ser implementada uma nova alternativa.

1.2.7 - Outras verificações substituí os artigos de primeiros socorros.
 Solicita, encontrando-se em curso o respetivo processo de
 aquisição, a substituição das portas de acesso pelo exterior
 do PT do lado da cela do seccionador do ramal de entrada.

2 - Instalações de utilização:

(Sistema de protecção de pessoas utilizado: TT TN ou IT)

2.1 - Ensaio de medições:

2.1.1 - Resistência da terra de protecção 7,1 Ω
 2.1.2 - Impedância do circuito de defeito _____ Ω
 2.1.3 - Resistência de isolamento _____ M.Ω

2.1.4 - Protecções contra contactos indirectos (ver o comentário n.º 3 do artigo 637.º do RSUUEE):
Nada a anular

2.1.5 - Outros ensaios e medições efetuados no PT

2.2 - Verificações:

Por observação da instalação e dos resultados obtidos nos ensaios e medições anteriormente referidos, verifiquei:

2.2.1 - Os aparelhos de protecção contra sobreintensidades (e) _____ tendo detectado (f) as seguintes
 deficiências nas Casas das Máquinas dos 6 Ascensores: substituição
 dos 6 disjuntores magnetotérmicos (de 50A → 32A) por con-
 siderar que a solução anterior (50A) não protegia os condutores.

2.2.2 - A eficácia das protecções contra contactos indirectos (e) _____ tendo detectado (f)
as seguintes deficiências em virtude de um defeito Fase-Terra
 que fez subir o potencial no polo negativo da fonte de
 alimentação dos displays 7 segmentos, as placas danificaram-se.

- 2.2.3 - O aquecimento e o estado do isolamento dos condutores e dos cabos (6) _____ tendo detectado as seguintes deficiências a utilização de condutores com isolamento defeituoso nos circuitos de telefones dos ascensores deu origem a que os mesmos operassem sob tensões elevadas.
- 2.2.4 - O estado dos aparelhos de corte e de comando (6) não tendo detectado (7) quaisquer deficiências _____
- 2.2.5 - O estado dos aparelhos de utilização (6) _____ tendo detectado (7) as seguintes deficiências: deficiência ao nível da degradação dos condensadores das luminárias; deficiência no isolamento dos balastro ferromagnéticos.
- 2.2.6 - Instalações de emergência:
- 2.2.6.1 - As condições de arranque das fontes de alimentação das instalações de emergência (6) não tendo detectado (7) quaisquer deficiências _____
- 2.2.6.2 - O estado das baterias, nomeadamente o seu electrolito (6) não tendo detectado (7) quaisquer deficiências A tensão em vazio na bateria tinha o valor $U_B = 27,4V$.
- 2.2.6.3 - O estado de funcionamento dos blocos autónomos (6) _____ tendo detectado (7) a seguintes deficiências: necessidade de substituição de determinados blocos face ao seu tempo de vida e deficiente estado de conservação
- 2.2.7 (*) - No decurso das vistorias, apercebi-me da prática, sem cuidado devido, dos seguintes métodos de trabalho susceptíveis de provocar contactos directos utilização de cabos e condutores sobre as estruturas metálicas dos caminhos de cabos provocando degradação de isolamento. Situação corrigida.
- 2.2.8 (*) - Apercebi-me das seguintes incorrecções, quanto à execução de trabalhos nas instalações utilização de cabos e condutores para interiores em instalações exteriores e enterradas e sujeitas a esforços de tração elevados
- 2.2.9 - A inexistência dos seguintes materiais de reserva ou acessórios indispensáveis à exploração nada a salientar
- 2.2.10 - A existência de instruções de primeiros socorros nos seguintes pontos da instalação no Posto de Transformação (2 exemplares) no gabinete do TRE (um exemplar para cópias).
- 2.2.11 (*) - Em virtude de ter verificado que estão a ser dadas utilizações diferentes das inicialmente previstas a alguns locais servidos pela instalação, detectei a necessidade de proceder às seguintes alterações na alimentação do 4º Piso deixando de ser alimentado pelo quadro dos Elevadores; novo sistema de alimentação no DATACENTER.
- 2.2.12 (*) - A necessidade de redimensionar a instalação, introduzindo as alterações que passo a relatar com indicação das razões por que têm de ser feitas a fim de reduzir a potência por fase e a componente harmónica bem como garantir a continuidade de serviço dos sistemas de segurança para reduzir a carga do transformador

2.2.13 - Outros factos Os trabalhos indicados são integrados nas estratégias e objeto de TEESE DESENVOLVIDO dos seguintes alunos: Diana Coimbra - Implementação prática de medidas inovadoras nas instalações elétricas, de gás, água, AVAC e de segurança, para promoção da Eficiência Energética e redução de consumos; Diana Coimbra, Raquel Ramiro, Ruben Alves, Sofia Lopes: Bar/Cozinha (Piso 4) Desregulação do Quadro dos Elevadores; Posto de Transformação; Angelito Casaleiro, Hugo Almeida, Ruben Alves, Sofia Bacta (Continua)

3 (*) - Outras instalações: Decorrem benfeitorias no âmbito da manutenção, reparação e promoção da eficiência energética - redução do impacto ambiental e redução da fatura energética nas seguintes instalações: instalações de segurança (Centrais de deteção de incêndio, deteção de gás combustível e tóxico); Central de AVAC sem intervenção no circuito frigorífico e sistemas de bombagem; iluminação exterior; refeitório; comunicações de segurança para Ascensores; redução de perdas na rede de água com o modelo preditor-conetor.

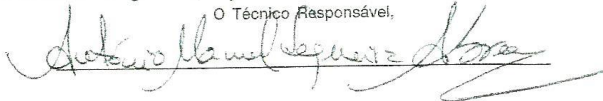
4 (*) - Modificações e ampliações: Detectei as seguintes modificações e ampliações da instalação para as quais não fui consultado nada a salientar. Acresço que o LNEG tem presente queda execução de trabalhos cuja responsabilidade a mim e' confiada for realizada por terceiros sem o meu conhecimento, extingue as minhas obrigações civis profissionais e de exploração.

5 (*) - Relações com o proprietário: Dei conhecimento, por escrito, à Entidade Exploradora da necessidade de serem tomadas medidas que ainda não foram por ela concretizadas, pelo que as passo a enumerar com a indicação dos prazos que, relativamente a cada uma, mencionei nas comunicações: tendo em consideração o volume de trabalhos em curso e a presença do TRE para a instrução das ações, considero suficiente o prazo mínimo de 6 meses mas não superior a 1 ano para conclusão dos trabalhos e a emissão de relatórios de acompanhamento tendo em vista a obtenção dos resultados previstos no âmbito da economia de recursos energéticos e dos encargos associados.

Anexos 7 exemplares. 1) Comentários (3 fols).
Data 24/10/2014 2) Sistema Gestão de Energia (6 fols)

- 3) Auditoria LABELEC (7 fols)
- 4) Declaração OE (1 fols)
- 5) Seguro (1 fols)
- 6) Termo (2 fols)
- 7) Projeto águas quentes (1 fols)

O Técnico Responsável,



- (1) Entidade a quem é enviado o relatório e referência do processo de instalação.
- (2) Entidade e localização da instalação elétrica.
- (3) Descrição sumária da instalação elétrica com a indicação das suas características principais.
- (4) Nome e morada do técnico responsável.
- (5) Disposição legal que prevê a realização das vistorias.
- (6) No caso de não haver deficiências deverá escrever-se expressamente não.
- (7) No caso de não haver deficiências deverá escrever-se "quaisquer" e no caso contrário deverá escrever-se "as seguintes".
- (8) Ver o n.º 1 das notas finais.

NOTAS FINAIS

- 1 - No caso de este relatório se destinar a dar cumprimento ao disposto no artigo 14.º do Decreto-Lei n.º 517/80, de 31 de Outubro, não serão preenchidos, em regra, os n.ºs 1.2.1 a 1.2.5, 2.2.7, 2.2.8, 2.2.11, 2.2.12, 4 e 5.
- 2 - Se os espaços a preencher não forem suficientes, deverão juntar-se os anexos julgados convenientes.

9.16 Anexo XVI – Fotos dos trabalhos realizados

9.16.1 Instalações elétricas



Figura 49 – Limpeza e manutenção dos equipamentos instalados no posto de transformação

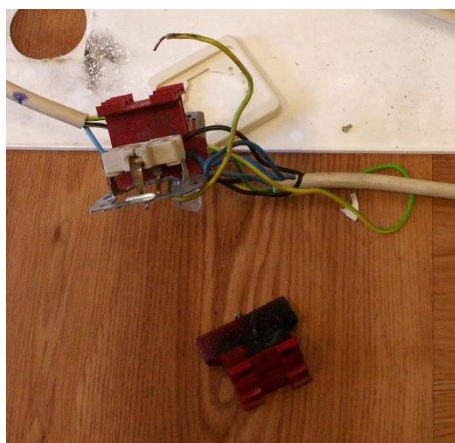


Figura 50 – Uma das tomadas pertencentes a um circuito elétrico onde ocorreu uma situação de sobrecarga

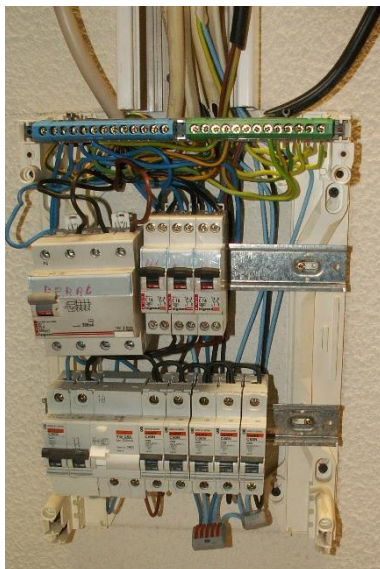


Figura 51 – Exemplo de um quadro elétrico que não obedecia aos requisitos padrão de organização e segurança apropriados



Figura 52 – Instalação dos novos circuitos elétricos para alimentação das cargas da copa do piso 4



Figura 53 – Modificação do circuito de iluminação da copa do piso 4



Figura 54 – Remoção da UPS inicialmente instalada no piso 0



Figura 55 – Reparação das UPSs



Figura 56 – UPSs instaladas no piso 0



Figura 57 – Colocação dos cabos de transmissão de energia para alimentação dos servidores a partir das UPSs instaladas no piso 0



Figura 58 – Quadros elétricos de apoio à sala dos servidores

9.16.2 *Chillers*



Figura 59 – Remoção do isolamento do permutador



Figura 60 – Desmontagem dos ventiladores



Figura 61 – Pintura do permutador



Figura 62 – Pintura de componentes do circuito hidráulico



Figura 63 – Montagem do circuito hidráulico



Figura 64 – Pintura das placas de sustentação dos ventiladores



Figura 65 – Colocação das placas de sustentação dos ventiladores



Figura 66 – Disposição final das placas de sustentação dos ventiladores

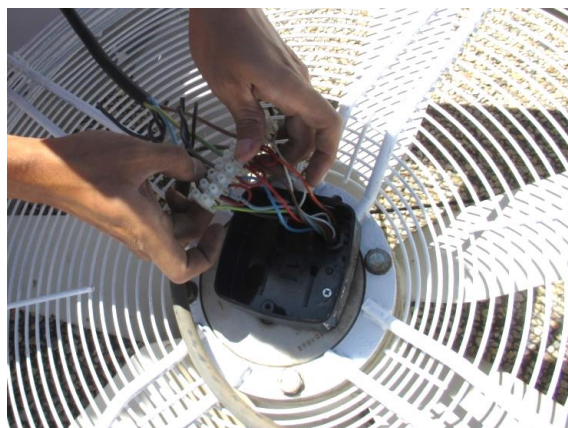


Figura 67 – Realização de testes e medições nos ventiladores



Figura 68 – Instalação dos ventiladores nas respetivas placas de sustentação~



Figura 69 – Instalação do sistema torneira e purga nos permutadores

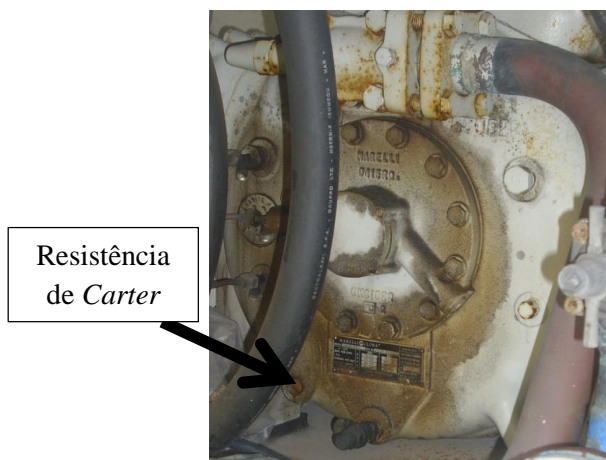


Figura 70 – Identificação da resistência de *Carter* no compressor 1 do *Chiller* 1



Figura 71 – Resistência de *Carter* defeituosa



Figura 72 – Resistência de *Carter* nova



Figura 73 – Contatores instalados no circuito de alimentação dos ventiladores

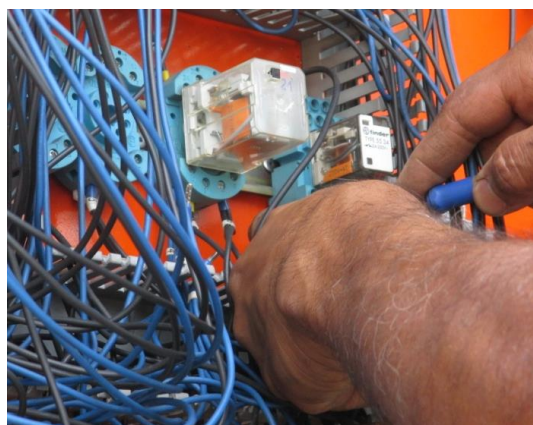


Figura 74 – Reestruturação do quadro de comando do *Chiller*

9.16.3 Caldeira



Figura 75 – Montagem da linha de gás



Figura 76 – Instalação do fluxostato da tubagem de água quente



Figura 77 – Detetor de gás propano instalado junto à caldeira



Figura 78 – Remoção da chaminé da caldeira



Figura 79 – Colocação de parte da chaminé a sair pela parede

9.16.4 Sistemas de ventilação



Figura 80 – Reparação do ventilador VH9



Figura 81 – Remoção das caixas de comando das válvulas modulantes de três vias



Figura 82 – Alteração do sistema de distribuição de água climatizada para as UTAs

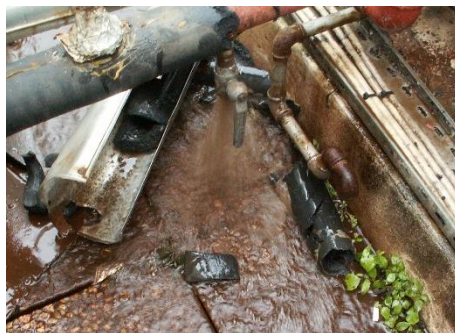


Figura 83 – Purga das canalizações



Figura 84 – Termostato instalado para regulação da temperatura do ar insuflado pela UTA 3



Figura 85 – Limpeza da UTV

9.16.5 Sistemas de distribuição de ar e de água climatizada



Figura 86 – Alteração do sistema de tubagens e válvulas



Figura 87 – Colocação do veio da torneira da válvula de cunha de um coletor



Figura 88 – Purgador na tubagem da sala AVAC



Figura 89 – Sistema de purga com torneira manual instalado nas tubagens de água



Figura 90 – Montagem do contador volumétrico



Figura 91 – Desmontagem dos componentes de uma eletrobomba



Figura 92 – Colocação de um rolamento no veio do rotor de uma das bombas



Figura 93 – Limpeza e lubrificação do grupo turbina/impulsor



Figura 94 – Desmontagem e reparação do grupo moto-ventilador de um ventilador



Figura 95 – Ligação do tubo de água ao ventiloconvetor

9.16.6 Iluminação interior



Figura 96 – Substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos



Figura 97 – Instalação das luminárias com balastros eletrónicos na sala do secretariado da direção



Figura 98 – Modificação da instalação elétrica das luminárias para instalação das lâmpadas Eco-Tubo®



Figura 99 – Luminária com lâmpada Eco-Tubo®



Figura 100 – Colocação de uma etiqueta de indicação da posição correta de instalação de lâmpadas Eco-Tubo®



Figura 101 – Apliques de teto inicialmente existente nos patamares das escadas



Figura 102 – Substituição dos apliques por uma luminária



Figura 103 – Zona envidraçada do telheiro antes da intervenção



Figura 104 – Luminárias removidas da zona envidraçada do telheiro



Figura 105 – Estado final da zona envidraçada do telheiro



Figura 106 – Zona oeste do telheiro antes da intervenção



Figura 107 – Zona oeste do telheiro no final da intervenção

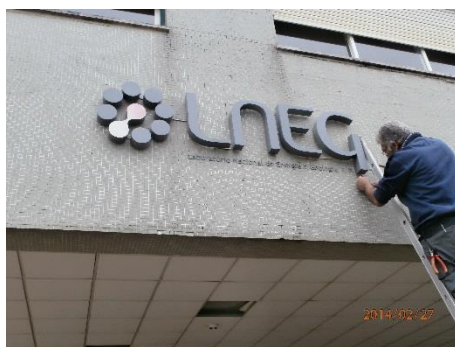


Figura 108 – Reparação do logótipo da fachada Norte



Figura 109 – Reparação dos painéis de LED's do logótipo instalado no piso 4



Figura 110 – Novo sistema de alimentação do logótipo instalado no piso 4

9.16.7 Iluminação exterior



Figura 111 – Exemplo de suporte de lâmpada e reactância em mau estado



Figura 112 – Exemplo de um globo de proteção amolgado e coluna de sustentação torta



Figura 113 – Exemplo de um globo de proteção escurecido e danificado



Figura 114 – Medição da resistência do isolamento da coluna de sustentação de uma das luminárias do circuito Norte



Figura 115 – Candeeiro instalado no portão principal no início deste estudo



Figura 116 – Remoção dos candeeiros instalados no portão principal

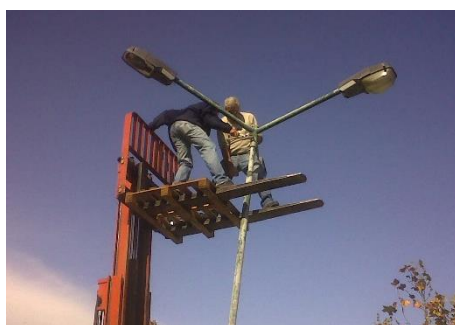


Figura 117 – Remoção do suporte de três cabeças



Figura 118 – Instalação do suporte para lâmpada fluorescente compacta



Figura 119 – Arranjo de uma coluna de sustentação torta

9.16.8 Sistema de deteção e alarme de incêndio



Figura 120 – Exemplo dos detetores iónicos de fumo instalados no LNEG



Figura 121 – Exemplo dos detetores termovelocimétricos instalados no LNEG

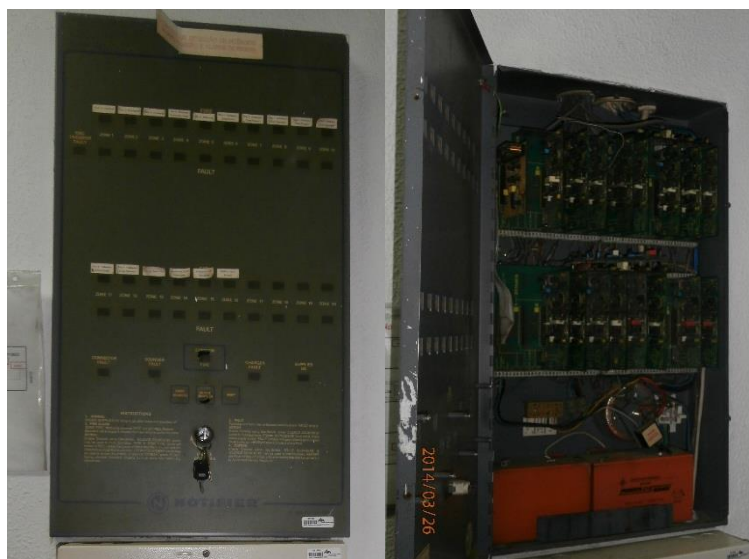


Figura 122 – Central de comando do sistema de deteção de incêndios, já obsoleta e fora de serviço



Figura 123 – Remoção das sirenes de alarme sonoro

9.16.9 Sistema de deteção e alarme de intrusão e controlo de acessos



Figura 124 – Estado inicial da caixa de controlo do sistema C.C.T.V.



Figura 125 – Botão rotativo instalado para controlo da porta automática



Figura 126 – Placa eletrónica de controlo da porta automática

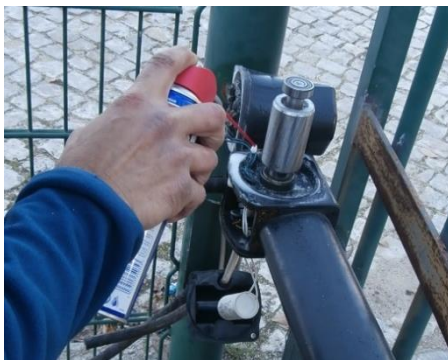


Figura 127 – Limpeza e manutenção do motor do sistema de abertura do portão principal

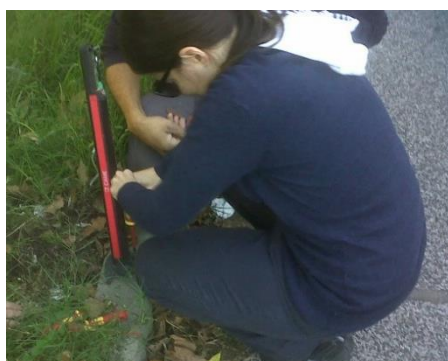


Figura 128 – Remoção do sistema emissor-recetor da cancela



Figura 129 – Remoção do leitor ótico de cartões de identificação de abertura da cancela



Figura 130 – Ligação à terra do portão Sul através do poste da câmara de vigilância

9.16.10 Rede de Distribuição de Água



Figura 131 – *Shunt* hidráulico instalado provisoriamente



Figura 132 – Sistema de regulação de pressões

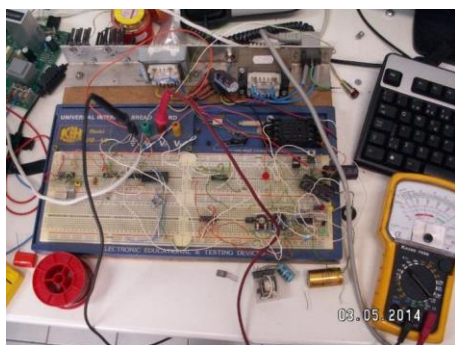
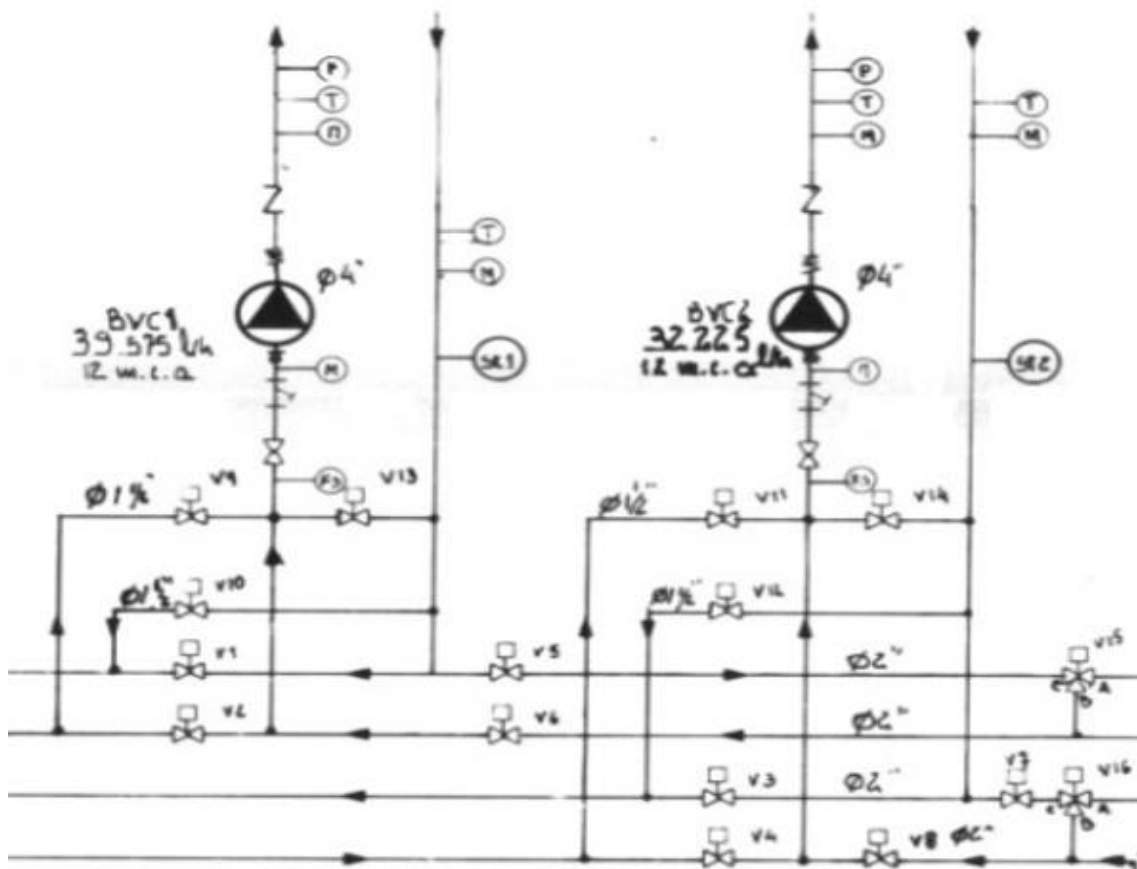


Figura 133 – Sistema de contagem por impulsos

9.17 Anexo XVII - Excerto da tela do sistema de distribuição de água climatizada



Legenda:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ⊗ - VÁLVULA DE SECCIONAMENTO ⊗ - VÁLVULA T.A. ⊗ - VÁLVULA DE SEGURANÇA ⊗ - VÁLVULA DE 3VIAS MODULANTE ⊗ - VÁLVULA DE BORBOLETA MODULANTE Z - VÁLVULA DE RETENÇÃO ⊗ - BOMBA DE ÁGUA ⊗ - MANÓMETRO ⊗ - PURGADOR ⊗ - TERMÓMETRO | <ul style="list-style-type: none"> ⊗ - Sonda de temperatura ⊗ - FLOW SWITCH ⊗ - VASO DE EXPANSÃO ⊗ - TRATAMENTO DE ÁGUAS ⊗ - FILTRO ⊗ - REDUTOR DE PRESSÃO ⊗ - JUNTA ANTI-VIBRÁTICA ⊗ - PRESSOSTATO DIFERENCIAL ⊗ - DESCARGA |
|---|---|

Figura 134 – Excerto da tela do sistema de distribuição de água climatizada (tela 7-50-005 do projeto de execução das instalações de ar condicionado, ventilação e gestão centralizada do edifício)

9.18 Anexo XVIII – Esquema dos circuitos elétricos instalados na copa do piso 4

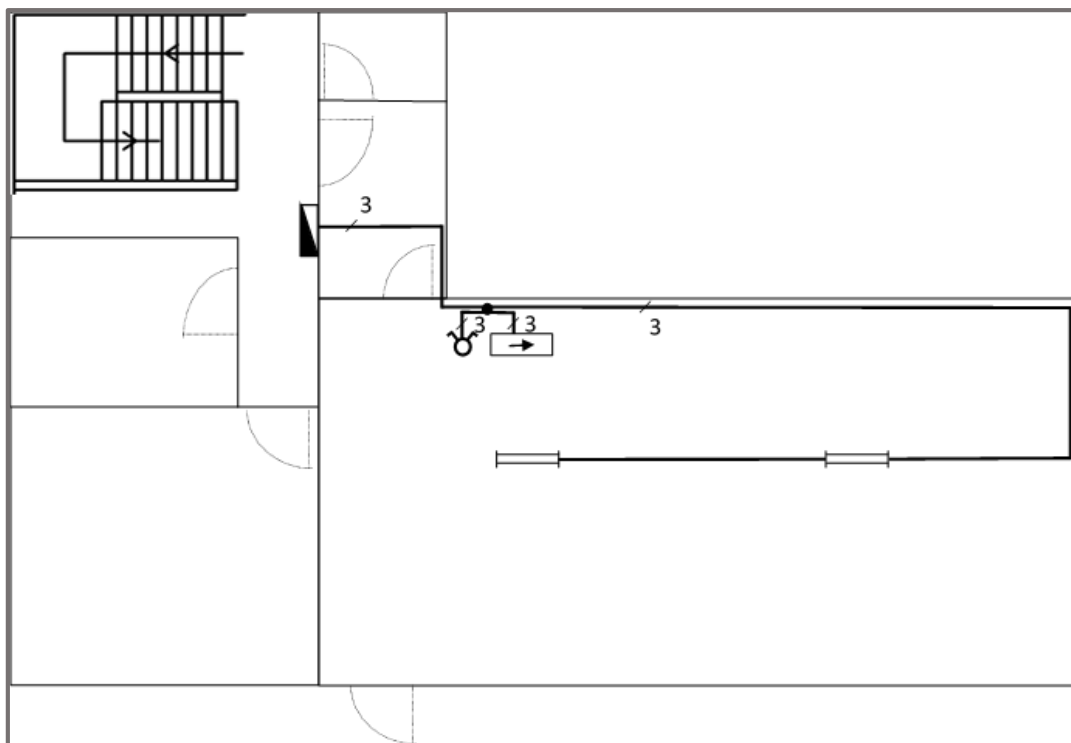


Figura 135 – Novo circuito de iluminação interior da copa do piso 4 do edifício principal

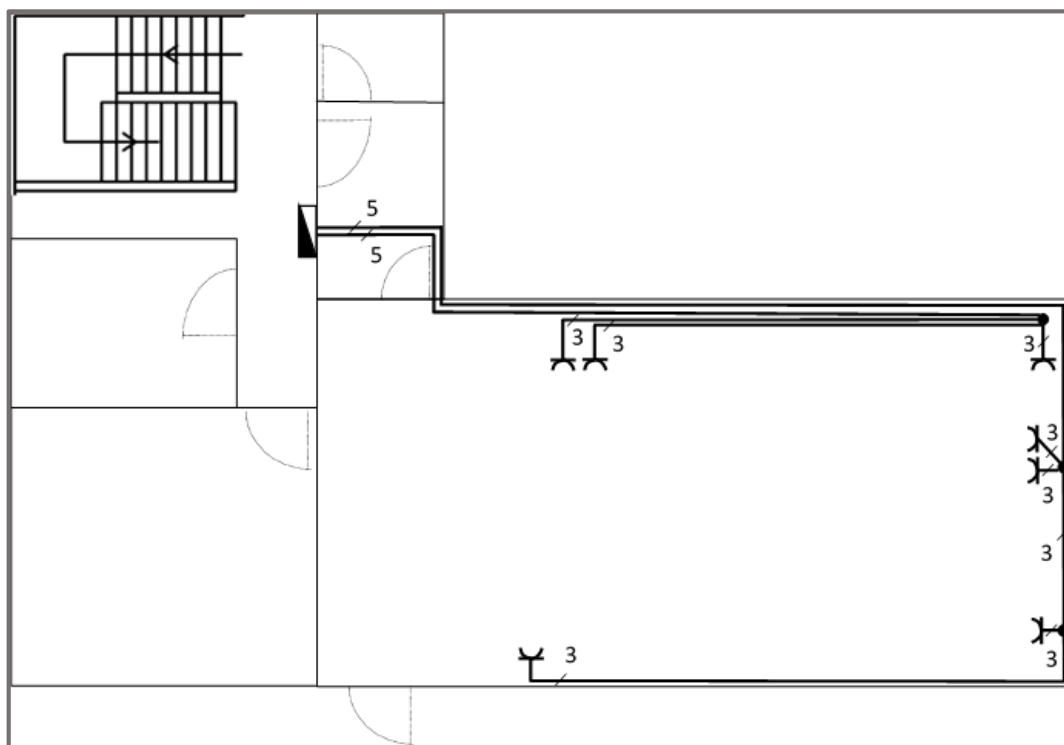


Figura 136 – Novo circuito de iluminação de tomadas da copa do piso 4 do edifício principal

9.19 Anexo XIX – Esquema do novo sistema de alimentação do letreiro LED

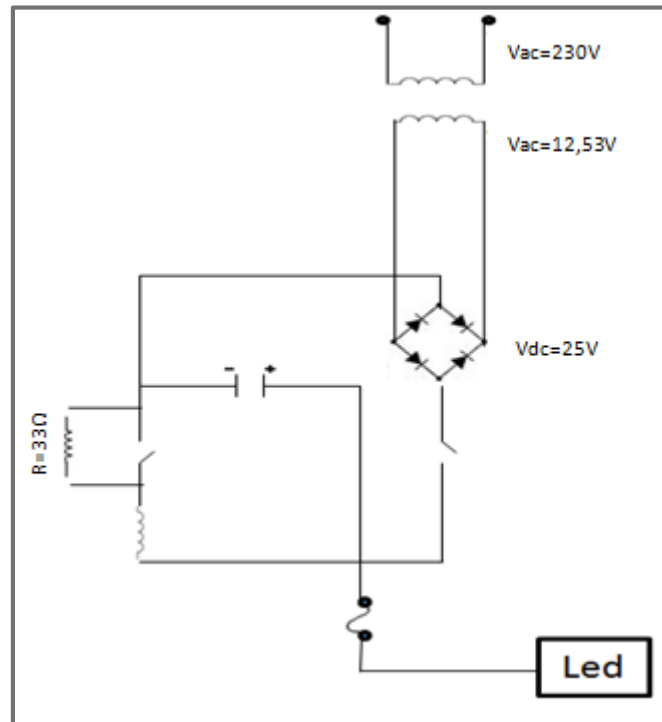
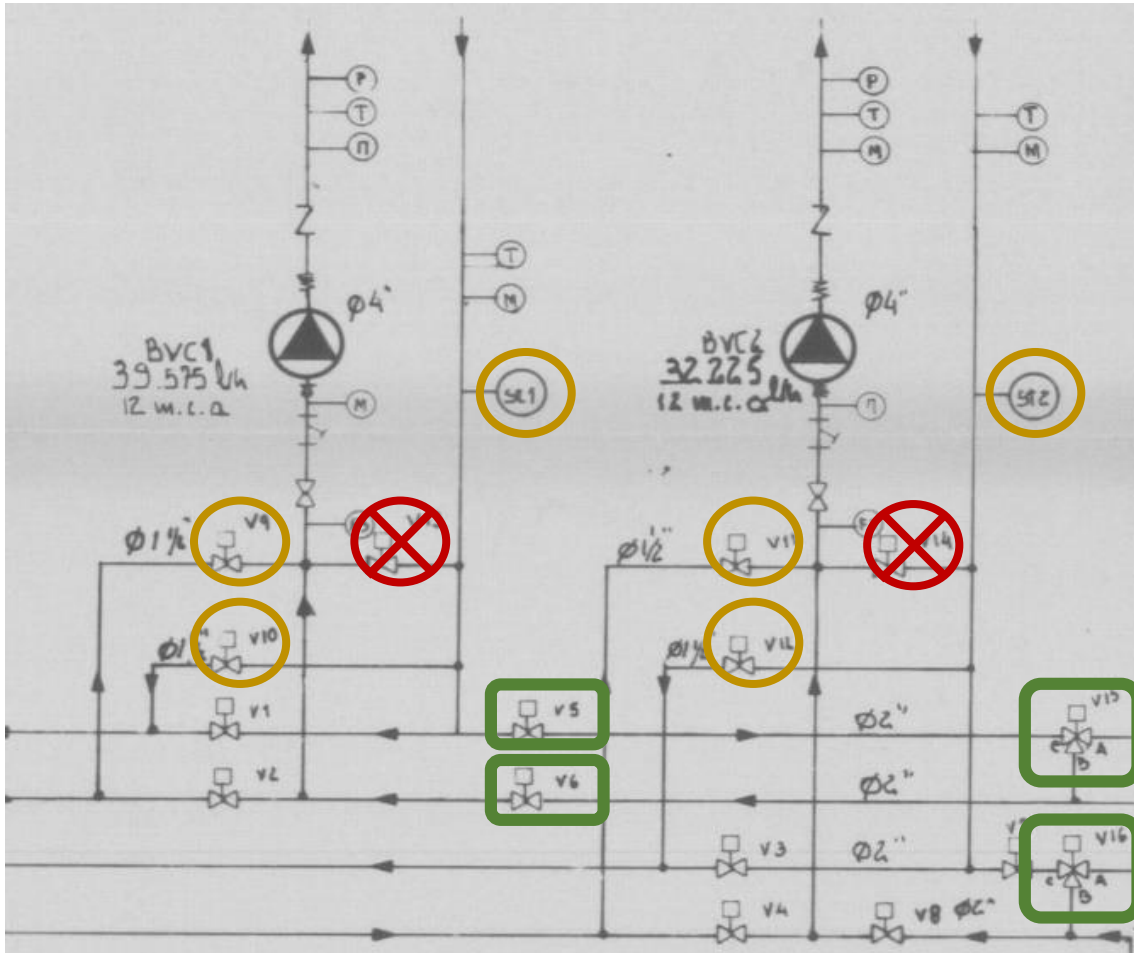


Figura 137 – Representação das ligações da caixa de alimentação do logótipo LED

9.20 Anexo XX – Mudanças realizadas no sistema de distribuição de água climatizada



Legenda:



Válvulas removidas



Válvulas ou sondas de temperatura que foram inutilizadas mas não foram removidas



Válvulas integradas

Figura 138 – Representação das principais mudanças realizadas no sistema de distribuição de água climatizada (excerto da tela 7-50-005 do projeto de execução das instalações de ar condicionado, ventilação e gestão centralizada do edifício)

Principais modificações realizadas:

- As sondas de temperatura instaladas foram mantidas mas não estão a ser utilizadas;
- As válvulas nº 13 e 14 foram retiradas;
- As válvulas nº 9, 10, 11 e 12 não foram retiradas, contudo estão inutilizadas;
- As válvulas nº 5, 6, 15 e 16 foram alteradas de modo a funcionarem de forma integrada e segundo uma ordem de abertura determinada;
- A válvula existente entre os coletores de entrada e saída do circuito de frio foi inutilizada;
- O vaso de expansão de 80 litros foi colocado no piso -1, na zona de entrada de água do edifício principal;
- O circuito de entrada de água na sala técnica do AVAC foi simplificado.