



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Estágio SUCH – Manutenção Hospitalar em sistemas de energia

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

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de
Energia

Autor

Adriana Rodrigues Figueiredo

Orientador

Professora Doutora Verónica Vasconcelos

Supervisores na empresa SUCH - Serviço de Utilização Comum dos
Hospitais

Engenheiro Luís Filipe Ribeiro Duarte

Coimbra, 14 de dezembro de 2025



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

AGRADECIMENTOS

Este relatório marca o final de mais uma etapa da minha vida, o mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Nada disto teria sido possível sem a ajuda, o apoio e a presença da minha família. Um obrigado enorme à minha Mãe, ao meu Pai e, de alguma forma, ao meu Irmão que também me demonstrou paciência ao longo deste percurso.

Agradeço à Professora Doutora Verónica Vasconcelos pela orientação, disponibilidade e apoio prestado ao longo da realização deste trabalho.

Quero também agradecer a todos os professores que contribuíram para o meu desenvolvimento académico ao longo destes seis anos de estudos.

Um especial obrigado ao Engenheiro Luís Duarte por me ter acolhido como estagiária, pelo seu total apoio e pela sua disponibilidade na partilha de conhecimentos, o que foi uma valiosa contribuição e ajuda para a realização deste trabalho. A sua paciência e dedicação foram fundamentais para a concretização deste trabalho, muitos estagiários gostariam de ter um supervisor tão atento e sempre disposto a ajudar.

Ao Engenheiro Tiago Pereira, que, para além das brincadeiras, me acolheu e me proporcionou uma visão do quão importante é o papel do engenheiro eletrotécnico no hospital. Agradeço igualmente ter-me dado a possibilidade de o acompanhar em diversos projetos, que foram essenciais para a minha aprendizagem.

Agradeço à Diretora do Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE), Engenheira Isabel Daniel, e à restante equipa por me terem acolhido. Um especial obrigado à Luísa, à Cristina, à Raquel e ao Engenheiro Alberto Adrego.

Quero ainda agradecer ao Professor Carlos Coelho, ao Engenheiro Carlos Pinto e ao Engenheiro Rúben Marques, que me ajudaram a compreender melhor diversos conceitos com os quais ainda não estava familiarizada.

Um sincero obrigado ao encarregado Mário Joaquim Vaz e a todos os colaboradores da equipa de eletricidade do SUCH, pela disponibilidade, pelo apoio e por me permitirem acompanhá-los durante a execução dos seus trabalhos.

À Inês Gaudêncio, pela sua paciência, dedicação e apoio constante ao longo da escrita deste relatório, ajudando-me a manter o foco e a não desanimar nos momentos mais desafiantes.

E claro, um obrigado ao meu amigo Tomás Adão que me ajudou a concluir esta etapa e que me acompanhou estes seis anos de vida académica, desde a licenciatura de Engenharia Biomédica – Bioeletrónica, passando pela licenciatura de Engenharia Eletrotécnica, até à conclusão do mestrado.

Por fim, um obrigado ao Ricardo, que me deu a força necessária na reta final, ajudando-me a conciliar a escrita deste relatório com a minha vida profissional e pessoal.

RESUMO

A engenharia eletrotécnica em contexto hospitalar requer uma abordagem multidisciplinar que assegure a segurança, a fiabilidade e a continuidade dos serviços. O estágio curricular realizado no Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH), no setor da manutenção hospitalar, teve como principal objetivo proporcionar um primeiro contacto com o mundo do trabalho e possibilitar o desenvolvimento de experiências práticas em ambiente profissional, permitindo consolidar e aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica.

O estágio decorreu no bloco central do Hospital da Universidade de Coimbra, no departamento de manutenção de redes elétricas. Neste contexto, foram acompanhadas atividades relacionadas com a instalação, inspeção e manutenção preventiva e corretiva das infraestruturas elétricas. Durante este período, foram ainda acompanhados diversos projetos e intervenções, com destaque para o desenvolvimento e dimensionamento de quadros elétricos, análise de sistemas de alimentação elétrica (postos de transformação, transformadores, disjuntores e cabos) e de grupos de emergência, bem como o acompanhamento das manutenções preventivas e corretivas em vários serviços hospitalares, no âmbito do protocolo em vigor entre o SUCH e a Unidade Local de Saúde de Coimbra (ULS Coimbra).

As atividades desenvolvidas contribuíram para o reforço das competências técnicas na área da manutenção hospitalar, permitindo aprofundar o conhecimento sobre normas de segurança, práticas de manutenção e dimensionamento de infraestruturas elétricas, fundamentais para garantir a continuidade e qualidade dos serviços prestados em ambiente hospitalar.

Palavras-Chave: Manutenção hospitalar, redes elétricas, quadros elétricos, postos de transformação, energia elétrica, segurança hospitalar.

ABSTRACT

Electrical engineering in a hospital setting requires a multidisciplinary approach to ensure safety, reliability, and service continuity. The main objective of the curricular internship carried out at the Common Use Service of Hospitals (SUCH), in the hospital maintenance sector, was to provide initial contact with the world of work and enable the development of practical experience in a professional environment, allowing the consolidation and application of the knowledge acquired throughout the master's degree in electrical engineering.

The internship took place in the central block of the University Hospital of Coimbra, in the electrical network maintenance department. In this context, activities related to the installation, inspection, and preventive and corrective maintenance of electrical infrastructure were monitored. During this period, various projects and interventions were also observed, with emphasis on the development and dimensioning of electrical panels, analysis of electrical power supply systems (transformer stations, transformers, circuit breakers and cables) and emergency groups, as well as monitoring preventive and corrective maintenance in various hospital services, under the protocol in force between SUCH and the Local Health Unit of Coimbra (ULS Coimbra).

The activities carried out strengthened technical skills in hospital maintenance, enabling a deeper understanding of safety standards, maintenance practices, and electrical infrastructure sizing, which are fundamental to ensuring the continuity and quality of services in a hospital environment.

Keywords: Hospital maintenance, electrical networks, electrical panels, transformer stations, electrical power, hospital security.

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tabelas	xi
Lista de Siglas e Acrônimos	xiii
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Instituição de Acolhimento	1
1.2 Descrição do Estágio	2
1.3 Objetivos e Planejamento do Estágio.....	2
1.4 Estrutura do Relatório	3
2 Manutenção e Infraestruturas Elétricas	5
2.1 Manutenção	5
2.1.1 Tipos de Manutenção	6
2.1.1.1 Manutenção Preventiva Sistemática	6
2.1.1.2 Manutenção Corretiva	6
2.1.1.3 Manutenção Preditiva.....	7
2.2 Importância da Reabilitação Hospitalar	7
2.3 Alimentação e Distribuição de Energia Elétrica no Hospital	8
2.4 Conclusão.....	14
3 Enquadramento Normativo e Segurança na Manutenção Hospitalar	15
3.1 Normas Técnicas	15
3.2 Equipamentos de Proteção Individual	17
3.2.1 EPI para Trabalhos em Vizinhança de Baixa Tensão.....	17
3.2.2 EPI para Trabalhos em Baixa Tensão.....	18
3.2.3 EPI para Trabalhos Fora de Média Tensão	18
3.3 Equipamento de Proteção Coletivo.....	19
3.3.1 Principais EPC Utilizados em Ambiente Hospitalar	19
3.4 Conclusão.....	20
4 Atividades Realizadas no SUCH – Engenharia	21
4.1 Análise de Projetos e Desenhos Esquemáticos de Equipamentos e Instalações Elétricas.....	21
4.1.1 Análise de Quadros Elétricos Existentes no HUC	22

4.1.1.1	Quadro Elétrico da Ampliação do Serviço Farmacêutico	23
4.1.1.2	Quadro Elétrico para a Esterilização no Bloco Operatório	25
4.1.1.3	Quadro Elétrico para a Instalação de uma Marmita Industrial	28
4.1.1.4	Quadro Elétrico no Serviço de Psiquiatria	29
4.1.1.5	Quadro Elétrico da Patologia Clínica - Sistema LC-MS/MS	31
4.1.1.6	Quadro Elétrico para duas Máquinas de Lavar e Secar Industriais	32
4.1.1.7	Quadro Elétrico no Serviço de Urgências	34
4.1.2	Dimensionamento de Cabos Elétricos e Respetivas Proteções	38
4.1.2.1	Intensidade Máxima Admissível em Regime Permanente Superior à Corrente de Serviço Esperada	38
4.1.2.2	Condição de Proteção Contra Sobrecargas	39
4.1.2.3	Proteção Face a Curto-Circuito – Intensidade Máxima Admissível em Regime de Curto-Circuito	42
4.1.2.4	Verificação do Critério da Queda de Tensão	46
4.2	Acompanhamento dos Planos de Manutenção Preventiva	47
4.2.1	Equipamentos Utilizados	48
4.2.2	Áreas de Intervenção	50
4.2.2.1	Posto de Transformação e Posto de Chegada	50
4.2.2.2	Bancos de Baterias de Corrente Contínua	56
4.2.2.3	Rede de Detecção de Incêndio	56
4.2.2.4	Rede de letreiros de saída	58
4.2.2.5	Grupos de Emergência – Geradores	59
4.2.2.6	Iluminação Normal	60
4.2.2.7	Iluminação Autónoma	60
4.2.2.8	Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)	62
4.2.2.9	Quadros Parciais de Baixa Tensão	64
4.2.2.10	Rede de Cabos BT	65
4.2.2.11	Sistemas de Intercomunicação e Sinalização	65
4.2.2.12	Sistemas de relógio	74
4.2.2.13	Rádio e TV	74
4.2.2.14	<i>Uninterruptible Power Supply (UPS)</i>	75
4.3	Ensaio no Painel de Isolamento	76
4.3.1	Controlo do Pavimento Antiestático	78
4.3.2	Controlo da Corrente de Fuga do Transformador de Isolamento (TI)	78
4.3.3	Controlo e Aferição dos Monitores de Fugas na Instalação	79
4.3.4	Resistência dos Condutores de Proteção e de Equipotencialidade	80
4.3.5	Limitação da Tensão de Contacto e Resistência do Circuito de Terra	80
4.4	Conclusão	81

5	Conclusão.....	82
	Referências Bibliográficas.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Setores de Atividade do SUCH [2].....	1
Figura 2.1 – Gerador de um dos postos de transformação.....	9
Figura 2.2 – Esquema unifilar do posto de transformação nº 1 e do gerador nº 1.....	10
Figura 2.3 – Esquema unifilar do posto de transformação nº 2 e do gerador nº 2.....	11
Figura 2.4 – Esquema unifilar dos grupos de emergência 1 e 2.....	12
Figura 2.5 – Tomadas sinalizadas por cores [16][17][18][19].	13
Figura 3.1 – Luvas isolantes para trabalhos elétricos até 17000 V (Classe 2) [50].....	19
Figura 3.2 – Escadas com características isolantes [51].....	20
Figura 4.1 – Exemplo de um equipamento Kardex.....	23
Figura 4.2 – Quadro elétrico existente no Serviço de Farmácia Hospitalar.....	24
Figura 4.3 – Esquema unifilar do novo quadro elétrico.....	24
Figura 4.4 – Planta de implantação das tomadas.....	25
Figura 4.5 – Esquema unifilar dos esterilizadores horizontais.....	26
Figura 4.6 – Esquema multifilar dos esterilizadores horizontais.	26
Figura 4.7 – <i>Layout</i> do quadro dos esterilizadores horizontais.....	27
Figura 4.8 – Lista de equipamentos do quadro dos esterilizadores horizontais.	27
Figura 4.9 – A: Disjuntor 4P, 63 A, curva C, com poder de corte de 6 kA (IEC 60898-1)/10 kA (IEC 60947-2) [53]; B: bloco diferencial 4P, 63 A, 30 mA de classe AC [54].....	27
Figura 4.10 – Exemplo de uma marmitta industrial [55].....	28
Figura 4.11 – Esquema do quadro elétrico para a instalação de novas marmittas.	28
Figura 4.12 – A: Bloco diferencial Acti9 Vigi iC40, 3P+N, 40 A, 300 mA, de classe AC [56]; B: Disjuntor Acti9 iC40N, 3P+N, 40 A, curva C, com poder de corte de 6 kA (IEC 60898- 1)/10 kA (IEC 60947-2) [57] destinados à alimentação das marmittas de 200 litros – Q01 a Q07.....	29
Figura 4.13 – A: Bloco diferencial Acti9 Vigi iC60, 4P, 63 A, 300 mA, de classe AC [58]; B: Disjuntor Acti9 iC60N, 4P, 63 A, de curva C, com poder de corte de 6 kA (IEC 60898- 1)/10kA (IEC 60947-2) [53], destinados à alimentação da marmitta de 300 litros – Q08.....	29
Figura 4.14 – Quadro elétrico antigo existente no serviço de psiquiatria.....	30
Figura 4.15 – <i>Layout</i> do novo quadro para o serviço de psiquiatria (à esquerda) e o quadro novo implementado (à direita).	31
Figura 4.16 – Esquema do espaço ocupado pelo sistema LC-MS/MS (<i>Acquity</i> UPLC TQD), representando o UPLC, o detetor TQD, a estação de controlo e os equipamentos auxiliares (vista frontal).	32
Figura 4.17 – Projeto de execução do quadro elétrico.....	32
Figura 4.18 – Novas máquinas de lavar de 32 kg.....	33

Figura 4.19 – Quadro elétrico destinado à alimentação de duas máquinas de lavagem industriais.	33
Figura 4.20 – B: Interruptor diferencial 4P, 63 A, 300 mA, classe B-SI [59]; A: disjuntor 4P, 63 A, curva C, com poder de corte de 6 kA (IEC 60898-1)/10 kA (IEC 60947-2), ambos da Schneider [53].....	34
Figura 4.21 – Quadro elétrico da nova urgência.	35
Figura 4.22 – Modos de instalação de canalizações (Quadro 52H [61]).....	38
Figura 4.23 – Quadro 52-C11: Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência E, F e G [61]......	39
Figura 4.24 – Disjuntor do tipo Compact NSX N 4x250A (regulável) da Schneider [63].	40
Figura 4.25 – Intervalo de ajuste do atraso da proteção prolongada do disjuntor escolhido [63].	40
Figura 4.26 – Quadro 52-E5: Fatores de correção para agrupamento de diversos circuitos de cabos monocondutores, instalados ao ar, lado a lado, em camada simples, para o método de referência F [61].....	41
Figura 4.27 – Disparo instantâneo do disjuntor ($I_i = 3000$ A) [63]......	45
Figura 4.28 – Quedas de tensão máximas admissíveis (Quadro 52O) de acordo com as RTIEBT [61].....	47
Figura 4.29 – Equipamentos de medição e ensaio utilizados nas atividades de manutenção preventiva e corretiva [69][70][71][72][73][74][75][76][77].....	49
Figura 4.30 – Conjunto de ferramentas isoladas [78].	49
Figura 4.31 – As cinco regras de ouro para realizar trabalhos fora de tensão [78].	52
Figura 4.32 – Quadro de encravamentos.	53
Figura 4.33 – Elementos de verificação do relé de proteção DGPT: (a) Descarga de gás através da ampola magnética; (b) Sobrepressão – pressostatos do tipo 1 e tipo 2; (c) Controlo de temperatura – termóstatos T1 e T2 [78].	53
Figura 4.34 – Posto de chegada da rede elétrica que fará a ligação ao PT1, PT2 e PT3.....	54
Figura 4.35 – Exemplo de um posto de transformação com as celas: cela proveniente do posto de chegada (A), cela com o disjuntor (SF6) e interruptor-seccionador (B) e o transformador (C). ..	55
Figura 4.36 – Distribuição de média tensão – solução modular da gama SM6.	55
Figura 4.37 – Botoneira, detetor e sirene convencionais de incêndio interior [80][81][82].	56
Figura 4.38 – Teste aos sinalizadores dos registos de corta-fogo.	57
Figura 4.39 – Registo de corta-fogo circular [83]......	57
Figura 4.40 – Exemplo de um <i>smoke detector tester</i>	57
Figura 4.41 – A: Botoneira de alarme e sirene de incêndio; B: Início do teste no botão de incêndio.	58
Figura 4.42 – Exemplo de letreiro de saída.....	58
Figura 4.43 – Baterias 3x1.2V/4Ah e níquel-cádmio (Ni-Cd).	59
Figura 4.44 – Luminária com kit de emergência autónomo - sistema antigo.	61
Figura 4.45 – Sistema de alimentação autónoma para iluminação LED.	61

Figura 4.46 – Kit de emergência para luminárias LED.....	61
Figura 4.47 – Quadro geral de baixa tensão (QGBT).....	62
Figura 4.48 - Relé de supervisão de fase (supervisão de tensão).....	63
Figura 4.49 – Disjuntor geral de uma secção do QGBT.....	63
Figura 4.50 – Detetor de corrente de fuga à terra.....	64
Figura 4.51 – Contactores e fusíveis de um QGBT.....	64
Figura 4.52 – Sistema de intercomunicação e sistema PA (<i>Public Address</i>) no piso das urgências.....	66
Figura 4.53 – Painel de controlo localizado no posto de enfermagem.....	67
Figura 4.54 – Painel de chamada de enfermeiros escalável, com tomada fêmea tipo <i>jack stereo</i>	67
Figura 4.55 – Botão de chamada do utente, localizado no quarto, próximo da cama.....	68
Figura 4.56 – Conector <i>jack stereo</i> dos painéis de chamada de enfermeiros.....	68
Figura 4.57 – Sinalização quando o botão de chamada é acionado pelo utente. A: Painel de chamada no quarto; B: Sinalização à porta do quarto.....	68
Figura 4.58 – Sinalização quando a enfermeira está no quarto com o utente. A: Painel de chamada no quarto; B: Sinalização à porta do quarto.....	69
Figura 4.59 – Sinalizador de porta com os LEDs verde e vermelho ligados.....	69
Figura 4.60 – A: Monitor de alarme para visualização de chamadas de utentes; B: Unidade de controlo.....	70
Figura 4.61 – A: Painel sem chamadas de utente; B: Chamada do utente do quarto 12, cama 22.....	70
Figura 4.62 – A: Painel de ligação para pera de chamada com led sinalizador; B: Pera de chamada do paciente.....	70
Figura 4.63 – Painel de ligação de pera de chamada em alarme – ficha <i>jack</i> não está colocada....	71
Figura 4.64 – Botão de presença com a função de “cancelar” e sinalização.....	71
Figura 4.65 – A: Botão de presença com o LED sinalizador; B: Sinalizador à entrada de cada quarto; C: Monitor de alarme para visualização de chamadas de utentes.....	71
Figura 4.66 – A: Botão de presença com o LED sinalizador; B: Sinalizador à entrada de cada quarto; C: Enfermeiro ou médico no quarto 8, cama 12, a socorrer o pedido por parte do utente (azul);.....	72
Figura 4.67 – A: Botão de presença com o led sinalizador; C: Pedido de emergência por parte de um enfermeiro ou médico (vermelho) então já no quarto do utente;.....	72
Figura 4.68 – <i>Kit</i> de emergência para chamada de utente de uma casa de banho.....	73
Figura 4.69 – Relógio-mãe da marca BODET – Sigma Master Clock – 24 V.....	74
Figura 4.70 – Exemplos de relógios secundários.....	74
Figura 4.71 – UPS com um <i>display</i> e as respetivas baterias.....	75
Figura 4.72 – <i>Display</i> da UPS com esquema de funcionamento.....	75
Figura 4.73 – Exemplo de uma UPS e do respetivo esquema.....	76
Figura 4.74 – Forma esquemática do sistema IT em um bloco operativo [88].....	77

Figura 4.75 – A – Transformador de isolamento monofásico de 8 kVA; B – Transformador de isolamento trifásico de 5 kVA.....	78
Figura 4.76 – Disjuntores bipolares.	79
Figura 4.77 – Monitor de defeito e fugas da instalação (monitores de isolamento e do transformador).....	79
Figura 4.78 – Exemplo de um DF-32 [89]......	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Significados das cores das tomadas [19].....	13
Tabela 2 – Identificação dos circuitos do quadro elétrico da alimentação normal do serviço de medicina intensiva e da sala de emergência das urgências.	35
Tabela 3 – Identificação dos circuitos do quadro elétrico da alimentação de emergência/socorrida do serviço de medicina intensiva das urgências e da sala de emergência das urgências.	36
Tabela 4 – Identificação dos circuitos do quadro elétrico de alimentação ininterrupta/UPS do serviço de medicina intensiva e da sala de emergência das urgências.	37
Tabela 5 – Vantagens e desvantagens do antigo sistema de chamada e do novo sistema de chamadas.....	73

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AVAC	Aquecimento Ventilação Ar Condicionado
BT	Baixa Tensão
CPI	Controlador Permanente de Isolamento
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DSI	Dispositivo Supervisor de Isolamento
EDP	Energias de Portugal
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FRT	<i>Flame Retardant</i>
GTC	Gestão Técnica Centralizada
HG	Hospital Geral
HUC	Hospitais da Universidade de Coimbra
IPAR	Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos
IPC	Instituto Politécnico de Coimbra
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
LC-MS/MS	<i>Liquid Chromatography with Tandem Mass Spectrometry</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MEE	Mestrado de Engenharia Eletrotécnica
MT	Média Tensão
PA	<i>Public Address</i>
PAT	Pedido de Assistência Técnico
PIMP	Plano de Inspeção e Manutenção Preventiva
PT	Posto de Transformação
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RETEH	Recomendações e Especificações Técnicas do Edifício Hospitalar
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SF6	Gás de hexafluoreto de enxofre
SIE	Serviço de Instalações e Equipamentos
SNS	Serviço Nacional de Saúde
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
STSW	<i>Static Switch</i> (Comutador eletrónico)
SUCH	Serviço de Utilização Comum dos Hospitais
TAC	Tomografia Axial Computadorizada

TFT	Trabalhos Fora de Tensão
ULS	Unidade local de saúde
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
UTI	Unidades de Terapia Intensiva
VMER	Viatura Médica de Emergência e Reanimação
ZH	<i>Zero Halogen</i>

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

I_Z^{corr}	Intensidade de corrente máxima admissível corrigida
I_B	Intensidade de corrente de serviço
I_2	Intensidade de corrente convencional de funcionamento
I_n	Intensidade de corrente estipulada do disjuntor
I_Z	Intensidade de corrente máxima admissível
I_r	Intensidade de corrente de disparo de longa duração ajustada (corrente nominal configurada)
$I_{CCmáx}$	Intensidade de corrente de curto-circuito na Baixa Tensão
U_C	Tensão composta em carga na Baixa Tensão
Z_{ccR}	Impedância de curto-circuito equivalente da rede de distribuição
Z_{ccT}	Impedância de curto-circuito do transformador
Z_{cabo}	Impedância de curto-circuito do cabo
$Z_{equivalente}$	Impedância equivalente
U_{BT}	Tensão composta em vazio na Baixa Tensão
S_{cc}	Potência de curto-circuito da rede de distribuição
S	Potência aparente do transformador
u_{cc}	Tensão de curto-circuito do transformador
P_{DC}	Poder de corte
I_{CCmin}	Corrente de curto-circuito mínima
U_s	Tensão simples
$R_{fase}^{20^\circ}$	Resistência do condutor de fase
$R_{neutro}^{20^\circ}$	Resistência do condutor de neutro
R	Resistência elétrica
X_{cabo}	Reatância do cabo
k_θ	Fator de correção da resistência devido à temperatura
t_{ft}	Tempo de fadiga térmica do cabo
K	Constante cujo valor depende das características do material isolante e do material condutor
S	Secção do condutor
$\Delta U_{máx.adm.}$	Valor da queda da tensão máxima admissível
ΔU	Queda de tensão composta
φ	Ângulo de defasamento entre a tensão simples e a respetiva corrente

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a descrição da empresa de acolhimento (Subcapítulo 1.1), uma breve descrição do estágio (Subcapítulo 1.2), os seus objetivos e o planeamento (Subcapítulo 1.3) e, por fim, a estrutura do relatório (Subcapítulo 1.4).

1.1 Instituição de Acolhimento

O SUCH (Serviço de Utilização Comum dos Hospitais), criado ao abrigo do Decreto-Lei n.º 46668, de 24 de novembro de 1965, é uma associação sem fins lucrativos que tem por missão realizar atividades de interesse público de prestação de serviços comuns aos hospitais, em áreas instrumentais à atividade de prestação de cuidados de saúde. Desta forma, contribui para o aumento da eficiência do sistema de saúde e para a sustentabilidade do Serviço Nacional de Saúde (SNS).

No âmbito da prestação de serviços partilhados, o SUCH tem como atribuição promover a sustentabilidade financeira do SNS, otimizando o binómio custo-benefício por meio da prestação de serviços de elevada qualidade [1].

Esta empresa integra quatro setores de atividade: SUCH – Nutrição, SUCH – Engenharia, SUCH – Ambiente e SUCH – Serviços, como ilustrado na Figura 1.1.

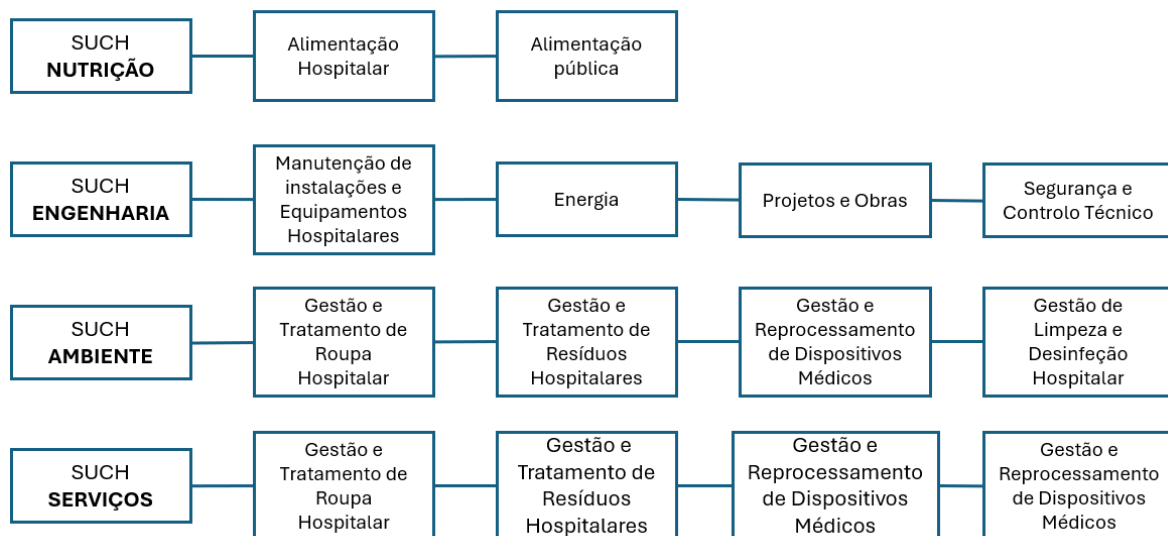


Figura 1.1 – Setores de Atividade do SUCH [2].

O estágio foi integrado no setor SUCH – Engenharia em que as áreas de atuação consistem em manutenções de instalações e equipamentos hospitalares, gestão de energia, realização de projetos e obras e por fim garantir a segurança e controlo técnico.

1.2 Descrição do Estágio

Este relatório surge no âmbito da componente de Estágio do segundo ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica (MEE), do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) do Instituto Politécnico de Coimbra (IPC).

A orientação do estágio, por parte do ISEC, foi assegurada pela Professora Doutora Verónica Vasconcelos, tendo a supervisão do SUCH sido realizada pelo Engenheiro Luís Duarte.

O estágio decorreu na área da manutenção hospitalar, em particular na assistência técnica às redes elétricas e aos sistemas adstritos, nos seguintes locais: bloco central dos Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC), que integra também o Hospital de São Jerónimo e o Hospital de Cirurgia Cardiorrástica, o bloco de Celas e a Maternidade Daniel de Matos. No âmbito destes serviços, destacam-se as seguintes atividades:

- Manutenção preventiva da rede elétrica, que inclui verificação do estado de funcionamento das redes elétricas de modo a garantir a sua eficácia e segurança, bem como operações de limpeza, lubrificação e afinação e substituição de peças e acessórios;
- Manutenção corretiva da rede elétrica, que inclui reparação de avarias;
- Vistorias de segurança, com realização de testes e ensaios às redes elétricas de acordo com os regulamentos nacionais em vigor;
- Assegurar vigilância no bloco Central do HUC, principalmente nos postos de transformação e geradores de socorro, 24 horas por dia, através de uma equipa de piquete;
- Apoio técnico na aquisição de equipamentos e materiais no âmbito da manutenção das redes elétricas;
- Apoio a projetos da ULS Coimbra, em pequenas obras;
- Pareceres técnicos e recomendações sobre condições de funcionamento e de segurança e/ou sobre alterações ou modificações das redes elétricas.

O estágio teve duração de 8 meses, entre 25 de novembro de 2024 e 25 de julho de 2025.

1.3 Objetivos e Planeamento do Estágio

O estágio teve como finalidade proporcionar formação em contexto profissional, através da integração em atividades na área da manutenção hospitalar, com particular foco nos seguintes sistemas e componentes:

- Iluminação geral e iluminação pública;
- Quadros elétricos gerais;
- Quadros elétricos parciais;
- Painéis de isolamento;
- Postos de transformação;
- Grupos eletrogéneos;
- Cabos elétricos;
- Redes de terras e para-raios;

- Sinalização de saídas;
- Detecção de incêndio, registos e portas corta-fogo;
- Sinalização com intercomunicador;
- Intercomunicação;
- Som e música ambiente;
- Antena coletiva de rádio e TV;
- Relógios elétricos;
- Rede telefónica;
- *Uninterruptible Power Supply* (UPS).

Para a realização do estágio foi elaborado um plano estruturado em três fases. A fase 1 correspondeu à análise de projetos e desenhos esquemáticos de equipamentos e instalações elétricas, seguindo-se a fase 2, dedicada ao acompanhamento das atividades da oficina e das manutenções a cargo dos técnicos da equipa de eletricidade. Por fim, na fase 3, procedeu-se à avaliação e verificação do grau de cumprimento do sistema de gestão integrado de qualidade e de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), no âmbito da atividade desenvolvida pela equipa de manutenção, incluindo a verificação de ferramentas, máquinas e equipamentos de trabalho, de acordo com o Decreto-Lei N°50-2005, bem como a análise da organização de emergência e combate a incêndios.

1.4 Estrutura do Relatório

O relatório, elaborado no âmbito do estágio, está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo foca-se na apresentação da instituição de acolhimento, com uma breve introdução, seguida dos objetivos e do planeamento do estágio.

No segundo capítulo é apresentada uma contextualização teórica, na qual se abordam os principais conceitos associados à manutenção, incluindo a sua definição, importância e objetivos, bem como os diferentes tipos de manutenção. É ainda destacada a importância da reabilitação hospitalar, bem como uma breve explicação sobre a alimentação e a distribuição de energia elétrica nas instalações hospitalares.

O terceiro capítulo é dedicado ao enquadramento normativo e à segurança na manutenção hospitalar.

No quarto capítulo são descritas as atividades realizadas pela equipa de manutenção do SUCH, nomeadamente a análise de projetos e desenhos esquemáticos de equipamentos e instalações elétricas, o acompanhamento dos planos de manutenção, os ensaios nos painéis de isolamento e a verificação do equipamento de trabalho.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido.

2 MANUTENÇÃO E INFRAESTRUTURAS ELÉTRICAS

Considerando a relevância das infraestruturas hospitalares para a prestação de cuidados de saúde, é fundamental compreender os principais conceitos relacionados com a manutenção em ambientes hospitalares, a importância da reabilitação das instalações e o funcionamento dos sistemas de alimentação e distribuição de energia elétrica. Estes aspetos estão diretamente associados à segurança dos utentes, à eficiência operacional e à sustentabilidade das instituições de saúde, constituindo pilares essenciais para o bom funcionamento dos hospitais.

Para que estes objetivos sejam alcançados, é necessário que as infraestruturas e os sistemas técnicos estejam alinhados com as recomendações normativas, com a evolução tecnológica e com as atuais exigências na área da saúde. Nos subcapítulos seguintes, estes conceitos são aprofundados, destacando-se as suas aplicações práticas em contexto hospitalar.

2.1 Manutenção

A manutenção em ambiente hospitalar é crucial, pois contribui diretamente para a segurança dos pacientes e dos profissionais de saúde, bem como para a eficiência operacional das instalações.

Nos hospitais recorre-se a planos de manutenção, que são conjuntos de tarefas estruturadas e documentadas que especificam atividades, procedimentos, recursos e a periodicidade necessária para realizar a manutenção, com o objetivo de antecipar eventuais problemas em equipamentos, minimizar o tempo de inatividade dos equipamentos e garantir níveis de fiabilidade e segurança [3][4].

A existência de planos de manutenção é fundamental, uma vez que constituem uma ferramenta de apoio ao trabalho das equipas técnicas, orientando as ações necessárias para garantir a segurança, a produtividade, a eficiência e a fiabilidade dos equipamentos. Entre as principais vantagens, destacam-se a redução do número de falhas, o aumento da vida útil dos equipamentos e a redução indireta de custos adicionais associados a avarias e paragens não programadas [4].

De acordo com a NP EN 13306:2021, a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão ao longo do ciclo de vida de um produto, destinadas a mantê-lo ou restaurá-lo a um estado no qual possa desempenhar a função requerida”. A gestão da manutenção corresponde a “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, “os objetivos, importância e definição da manutenção e responsabilidades da manutenção, e a sua implementação por meios como o planeamento da manutenção” [5][6].

De forma geral, a manutenção visa maximizar a durabilidade dos equipamentos e das instalações de serviço, mantendo-os em condições seguras de utilização e garantindo a proteção das pessoas. Para tal, devem ser estabelecidos e cumpridos os protocolos de manutenção preventiva e corretiva, bem como as inspeções e revisões de carácter legal, sempre em conformidade com as recomendações do fabricante do equipamento e com a legislação e as normas em vigor.

2.1.1 Tipos de Manutenção

No âmbito do estágio, foram estudados, em particular, os seguintes tipos de manutenção: preventiva e corretiva. Segundo a norma NP EN 13306:2021 a manutenção corretiva é uma “manutenção realizada após o reconhecimento de uma avaria e destinada a colocar um item num estado no qual ele possa executar a sua função requerida” enquanto a manutenção preventiva sistemática é uma “manutenção realizada em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” [3][6]. Existe ainda a manutenção preditiva, que sendo esta uma manutenção preventiva mas condicionada, assenta na monitorização do estado de funcionamento dos equipamentos, recorrendo à medição e análise de parâmetros característicos (por exemplo, vibração, temperatura ou corrente elétrica), com o objetivo de detetar antecipadamente sinais de degradação e planear intervenções antes da ocorrência de falhas significativas [7].

2.1.1.1 Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva sistemática foca-se na prevenção de avarias e na antecipação de potenciais problemas. É uma manutenção realizada de acordo com um plano, com períodos previamente definidos, com o objetivo de reduzir a probabilidade de avarias ou a degradação do funcionamento de um componente, mantendo os equipamentos médicos em boas condições de operação. As atividades de manutenção preventiva podem incluir inspeções, limpezas, calibrações e substituições de peças para evitar falhas ou avarias. São atividades que evitam o desgaste desnecessário das tecnologias em saúde, ajudando a prolongar a vida útil dos equipamentos, a reduzir o tempo de indisponibilidade, o risco de avaria e a melhorar a eficiência das máquinas e dos equipamentos [8][9][10].

Por isso, o objetivo principal da manutenção preventiva sistemática é o controlo dos parâmetros funcionais dos equipamentos e a redução da frequência de falhas. Esta manutenção baseia-se em princípios fundamentais: antecipar as avarias, controlar o estado de conservação dos equipamentos, cumprir os programas de manutenção, monitorizar parâmetros como o desempenho, a fiabilidade operacional e a segurança dos sistemas e equipamentos, e assegurar a segurança funcional, tanto para o paciente como para os profissionais [9].

Apesar das suas vantagens, trata-se de uma estratégia que pode ser exigente em termos de recursos humanos, tempo e custos, uma vez que implica uma atuação mais sistemática e contínua.

2.1.1.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva caracteriza-se pela intervenção realizada após a ocorrência de uma falha ou avaria, com o objetivo de restabelecer o funcionamento normal do equipamento. A resposta a esta manutenção pode ser efetuada de forma imediata, quando a resolução do problema é urgente e não compromete a segurança ou a continuidade das operações, ou de forma adiada, quando a falha não representa riscos imediatos e a reparação ou substituição pode ser programada para um momento mais oportuno [10].

Apesar de ser uma solução mais simples e direta, não exigindo planeamento prévio e, em certos casos, com custos mais baixos a curto prazo, a manutenção corretiva geralmente apresenta mais desvantagens do que vantagens. Entre as desvantagens destacam-se a indisponibilidade do equipamento durante o período de avaria, a possibilidade de ocorrência de falhas graves, com impacto, por exemplo, na segurança, e os custos acrescidos decorrentes da ausência de planeamento, nomeadamente em situações de paragem não programada e de necessidade urgente de substituição de componentes [11].

2.1.1.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é uma manutenção preventiva condicionada, isto é, contém uma vertente mais tecnológica. Consiste na monitorização periódica ou contínua de determinados parâmetros de funcionamento, na análise da sua evolução ao longo do tempo, associando-a à evolução das avarias, de forma a planear todas as intervenções atempadamente, para que não ocorram consequências graves ou indisponibilidade do equipamento [5][6][12].

Uma das características fundamentais desta manutenção é o facto, de regra geral, não interferir com o funcionamento normal do equipamento. A recolha de dados pode ser feita de forma periódica ou contínua, dependendo de diferentes fatores, como o tipo de equipamento, as avarias que se pretende diagnosticar e o nível de investimento que a organização está disposta a realizar.

Os resultados obtidos a partir da monitorização, quando complementados pela observação direta do equipamento, permitem uma avaliação global do comportamento do equipamento, considerando o envelhecimento dos componentes e as condições operacionais a que está exposto.

Entre as principais vantagens deste tipo de manutenção destacam-se a possibilidade de prever necessidades de intervenção com antecedência e a redução do *downtime*. No entanto, apresenta algumas limitações, nomeadamente a necessidade de investimento em sensores, sistemas de monitorização e ferramentas de análise de dados, a complexidade da sua implementação e a necessidade de profissionais qualificados, capazes de realizar análises de dados de forma rigorosa e eficaz [7].

Contudo, apesar desta manutenção ser já utilizada em contexto hospitalar, a mesma não se encontra implementada no Hospital da Universidade de Coimbra. Por esse motivo, apesar da sua relevância teórica, a manutenção preditiva não será aprofundada neste relatório, uma vez que não faz parte das práticas atualmente desenvolvidas pelas equipas de manutenção do SUCH.

2.2 Importância da Reabilitação Hospitalar

A reabilitação hospitalar corresponde ao conjunto de intervenções que visam modernizar e otimizar as infraestruturas físicas e tecnológicas de um hospital com vista a assegurar elevados níveis de segurança, qualidade e desempenho operacional. Estas intervenções tornam-se indispensáveis devido ao desgaste natural das infraestruturas, à obsolescência dos equipamentos e aos constrangimentos nos atendimentos causados por falhas arquitetónicas e pela baixa eficiência energética, o que resulta em elevados custos de manutenção [13].

Apesar das vantagens evidentes, a reabilitação de um edifício hospitalar antigo apresenta alguns desafios, como por exemplo:

- Necessidade de assegurar o funcionamento de todos os serviços e unidades durante a realização das obras;
- Necessidade de executar a intervenção de forma faseada, exigindo um planeamento mais rigoroso que, por vezes, faz prolongar o tempo de execução;
- Gestão do espaço para a expansão ou construção temporária, sobretudo em hospitais universitários localizados em áreas urbanas densas;
- Gestão e controlo das despesas com instalações e equipamentos.

Deste modo, é essencial realizar uma avaliação prévia e detalhada do início de qualquer projeto de modernização, considerando benefícios a longo prazo e possíveis inconvenientes a curto prazo. Para esse efeito, segue-se um plano diretor hospitalar, documento estratégico que

estabelece as diretrizes e os objetivos para o desenvolvimento físico, operacional e estratégico da instituição de saúde num período específico, geralmente de longo prazo. Este plano é fundamental para orientar, de forma organizada e eficiente, o crescimento e a evolução do hospital [13].

A modernização das infraestruturas do hospital inclui, entre outros aspetos, as redes elétricas e de comunicações, com destaque para a substituição por cabos de fibra ótica, que garantem maior velocidade, segurança na transmissão de dados, bem como a implementação de sistemas de gestão de energia destinados à redução do consumo e ao aumento da eficiência energética [13].

A manutenção e a reabilitação assumem também uma dimensão ambiental e de sustentabilidade, uma vez que a modernização das infraestruturas inclui a adoção de tecnologias mais sustentáveis, como a instalação de painéis fotovoltaicos e a substituição de sistemas de iluminação obsoletos por LED de baixo consumo. Todas estas ações contribuem para uma redução do impacto ambiental e para a mitigação das mudanças climáticas [13].

No âmbito da modernização e da reabilitação hospitalar, o Hospital da Universidade de Coimbra (ULS Coimbra) constitui um exemplo relevante, dado que tem vindo a desenvolver diversas intervenções de melhoria ao longo dos últimos anos. Ao longo do estágio, houve a oportunidade de observar as obras de reabilitação do serviço de urgência, a atualização dos sistemas de chamada de utentes e de consultas, bem como outras intervenções direcionadas à otimização das infraestruturas. Para além das melhorias já implementadas, encontram-se ainda em fase de estudo e planeamento novos projetos que visam reforçar a qualidade dos serviços prestados e proporcionar melhores condições de funcionamento, acompanhando a evolução tecnológica e as atuais exigências da área da saúde.

2.3 Alimentação e Distribuição de Energia Elétrica no Hospital

A rede de distribuição de um hospital é abastecida pela rede pública, ficando sujeita à continuidade do fornecimento pelo operador da rede de distribuição. Para evitar constrangimentos nas instalações e nos equipamentos, cujo funcionamento é essencial à prestação de cuidados a utentes em risco de vida ou à segurança das instalações, é imprescindível a existência de soluções de alimentação de emergência que garantam a alimentação de todos os equipamentos médicos de suporte à vida e dos circuitos necessários à segurança e ao regular funcionamento do hospital.

Numa rede hospitalar é necessário garantir o fornecimento contínuo dos serviços críticos. Para isso, no Hospital da Universidade de Coimbra existem três sistemas de alimentação: a rede de alimentação normal, a rede de alimentação socorrida e a rede de alimentação ininterrupta.

A rede normal e a rede socorrida têm origem no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), em conformidade com as orientações da norma IEC 60364 quanto à separação e continuidade de circuitos em instalações críticas, podendo estas ser associadas ao mesmo barramento N/S (normal/socorrido). Nestes casos, o deslastre de cargas menos prioritárias, assim como a respetiva religação quando a rede pública for restabelecida, deve ocorrer automaticamente e ser assegurado pelo sistema de Gestão Técnica Centralizada (GTC).

De modo geral, devem ser alimentados pelo setor socorrido todos os equipamentos e sistemas indispensáveis à segurança e ao regular funcionamento do edifício hospitalar, incluindo os equipamentos médicos de apoio à vida dos utentes.

De acordo com as Recomendações e Especificações Técnicas para Edifícios Hospitalares (RETEH) abordadas na Secção 2.5 – ponto 3.1.3 [14], devem ser considerados, no mínimo, dois grupos de socorro, com capacidade de debitar energia do mesmo barramento elétrico (condição que exige sincronismo entre os grupos de socorro). Na Figura 2.1 encontra-se um dos grupos de

socorro existentes no posto de transformação n.º 1 (PT1). Os dois grupos de socorro, existentes no PT1 e no PT2, devem ainda possuir mecanismos de repartição de carga (*“load sharing”*) quando operam em paralelo. No caso de existirem mais de dois grupos, o dimensionamento individual deve ser realizado de modo a garantir que, em caso de indisponibilidade de um deles, os restantes consigam assegurar 75% da potência total de socorro a ser alimentada.



Figura 2.1 – Gerador de um dos postos de transformação.

Com o objetivo de verificar o cumprimento das recomendações, a equipa de manutenção do SUCH elaborou, com base em várias medições efetuadas durante os períodos de maior consumo energético, esquemas unifilares (Figura 2.2 e Figura 2.3), identificando a percentagem da potência total de socorro a ser alimentada pelos geradores do PT1 e do PT2. Foi ainda elaborado um esquema unifilar adicional (Figura 2.4), correspondente ao cenário de falha de um dos geradores, com a respetiva repartição de carga.

Relativamente ao esquema unifilar apresentado na Figura 2.2, o mesmo ilustra a alimentação da rede normal da instalação e da rede de emergência do PT1. A alimentação normal é assegurada por quatro transformadores correspondentes às secções A, B, C e D, sendo que cada transformador alimenta o respetivo barramento normal, estando indicadas no esquema as correntes nas três fases e a taxa de ocupação de cada transformador.

Os barramentos da rede normal estão interligados aos barramentos da rede socorrida e ao barramento da rede ininterrupta, responsáveis pela alimentação de cargas críticas da instalação. Em condições normais de funcionamento, estas cargas são alimentadas através da rede elétrica (alimentação normal). Em caso de falha da rede, entra em funcionamento o grupo gerador de emergência que passa a alimentar o barramento socorrido (alimentação de emergência). Desta forma, garante-se a continuidade de alimentação dos equipamentos essenciais.

O esquema unifilar do PT2, apresentado na Figura 2.3, segue a mesma lógica de funcionamento e organização do sistema descrito anteriormente para o PT1, evidenciando igualmente a distribuição da alimentação normal e alimentação de emergência.

Analisando estes esquemas, conclui-se ainda que a percentagem da potência total de socorro é de 45% para o gerador do PT1 e de 54% para o gerador do PT2. Verifica-se igualmente que, no caso de falha de um dos geradores, quer no PT1, quer no PT2, o gerador apresenta uma taxa de ocupação de 58%. Deste modo, em ambos os casos, é cumprida a recomendação, com vista aos grupos geradores de socorro assegurarem 75% da potência total de socorro a alimentar, inclusive perante a indisponibilidade de um dos grupos geradores.

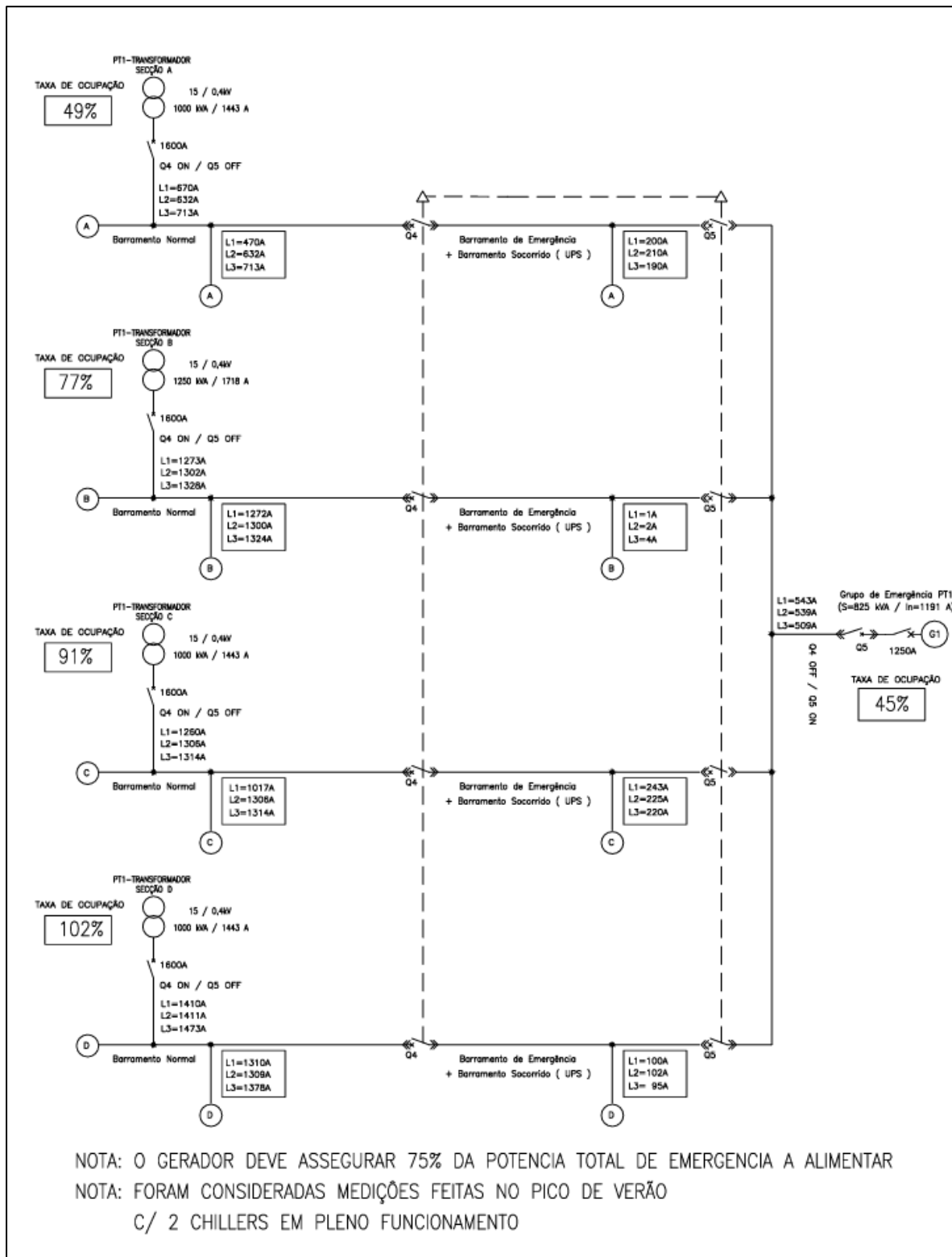


Figura 2.2 – Esquema unifilar do posto de transformação nº 1 e do gerador nº 1.

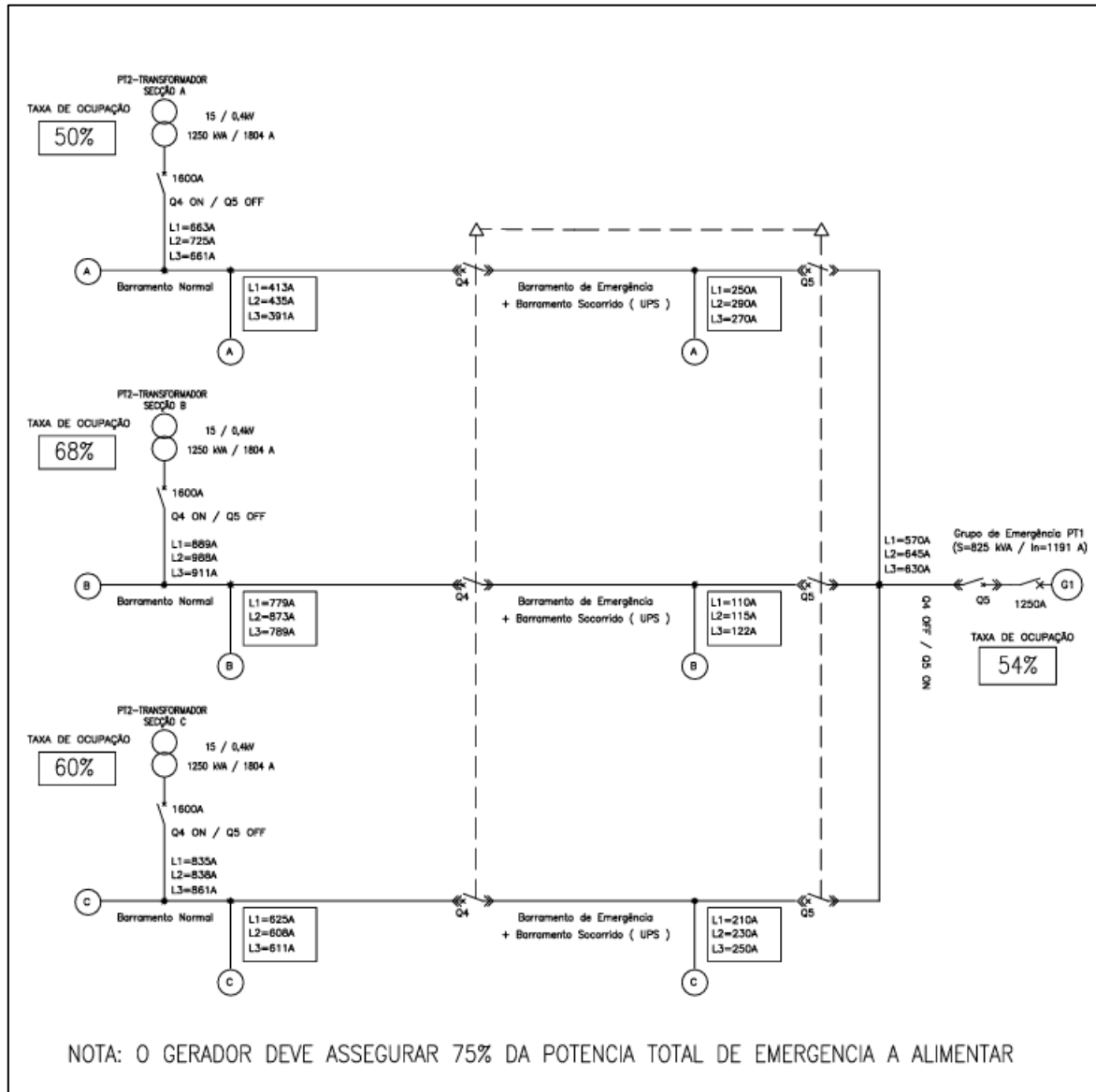


Figura 2.3 – Esquema unifilar do posto de transformação nº 2 e do gerador nº 2.

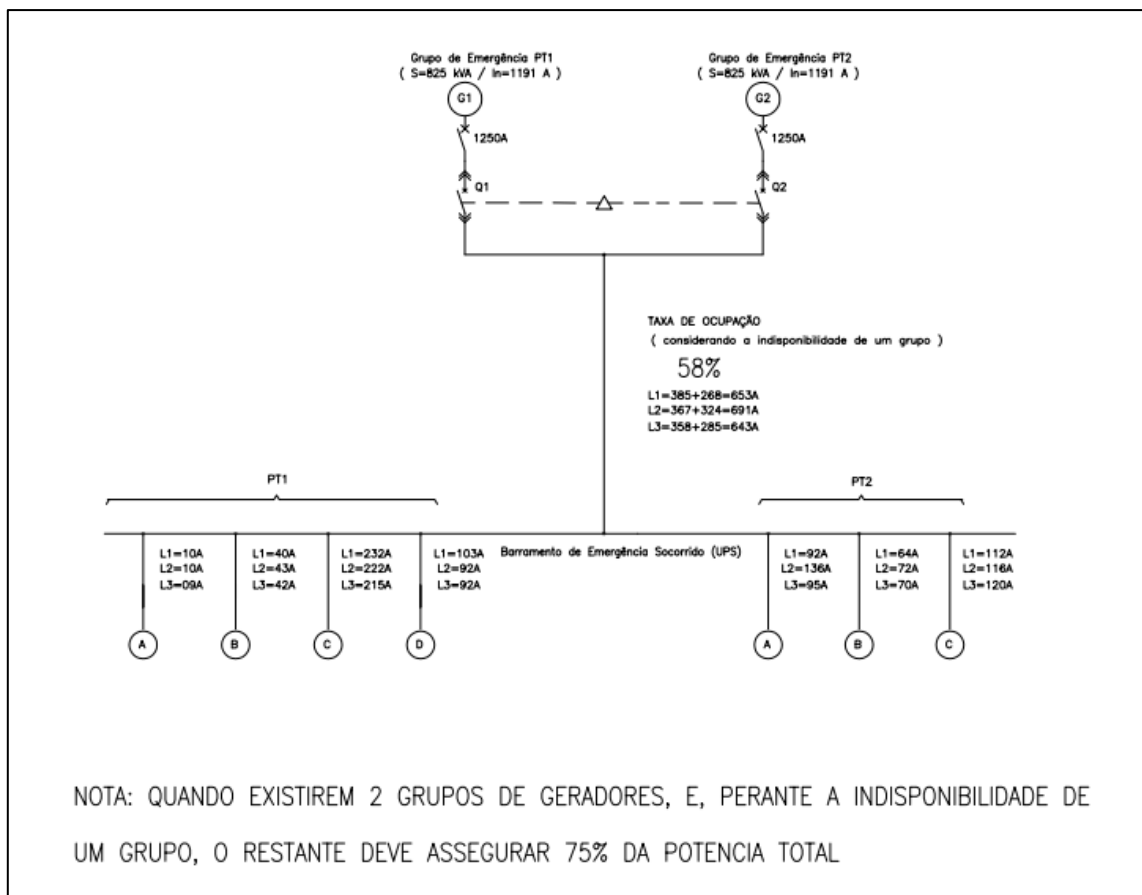


Figura 2.4 – Esquema unifilar dos grupos de emergência 1 e 2.

Determinados equipamentos e sistemas considerados críticos e fundamentais para o funcionamento hospitalar, nomeadamente os localizados no bloco operatório, na cirurgia de ambulatório, nos cuidados intensivos, nos intermédios e especiais, no serviço de urgência e, de forma geral, em todas as áreas de elevada intensidade energética, não podem estar sujeitos a interrupções de energia ou, quando inevitáveis, estas não devem ultrapassar 0,5 segundos, de acordo com a IEC 60364-7-710 e documentos técnicos associados. Assim, estes serviços estão complementados pelo patamar de socorro (assegurado pelos grupos eletrogêneos¹) e pelo patamar de alimentação ininterrupta, assegurado por *Uninterruptible Power Supply* (UPS).

A rede socorrida está normalmente associada aos geradores e às UPS, que, por sua vez, alimentam os equipamentos que não podem sofrer interrupções, como os aparelhos de suporte à vida. As UPS garantem energia ininterrupta durante o arranque dos geradores (cerca de dois a três minutos) em caso de falha da rede pública, e asseguram ainda o fornecimento através de baterias e retificadores quando ocorre falha do gerador de socorro.

A autonomia das UPS é, em geral, de pelo menos trinta minutos, dependendo da aplicação. De acordo com as RETEH [14][15], devem ser tidas em conta as seguintes considerações relativamente às UPS:

¹ Os grupos eletrogêneos são equipamentos destinados a garantir a alimentação elétrica de emergência em caso de falha da rede, correspondendo, neste caso, aos geradores instalados no hospital.

- Nas unidades de cuidados intensivos, intermédios, especiais e pós-anestésicos, a autonomia das UPS não deve ser inferior a trinta minutos à plena carga. Considera-se plena carga o somatório das potências dos transformadores de isolamento alimentados pela UPS;
- No sistema de alimentação das armaduras de luz sem sombra das salas de operações (ou equiparadas), a autonomia deve ser de, pelo menos, uma hora;
- As UPS destinadas ao bloco operatório, bloco de partos, neonatologia, cirurgia do ambulatório, unidade de cuidados intensivos, unidade de cuidados especiais, unidades de cuidados intermédios e unidades de cuidados pós-anestésicos e salas de recobro devem ser específicas destas instalações. No caso do bloco operatório e das unidades de cuidados intensivos e intermédios, devem ser adotadas soluções em paralelo e redundantes;
- Devem existir alarmes localizados no interior das salas que informem o estado de carga das baterias e emitam sinais acústicos e luminosos sempre que o nível de carga desça abaixo de 50% da capacidade. Estes alarmes também devem ser reportados ao GTC;
- Para alimentação de outros equipamentos dispersos pelo hospital, que não admitam cortes de energia superiores a 0,5 segundos, deve ser prevista a instalação de uma ou mais UPS centrais [14].

A rede normal, a rede de socorro e a rede ininterrupta estão interligadas e são monitorizadas pelo GTC, que supervisiona as falhas elétricas no hospital.

No hospital, as tomadas são identificadas por cores distintas, de acordo com o regime de alimentação de energia elétrica a que estão associadas (Figura 2.5).



Figura 2.5 – Tomadas sinalizadas por cores [16][17][18][19].

Quando a rede elétrica está disponível, todas as tomadas funcionam normalmente. As tomadas brancas estão ligadas à alimentação normal, enquanto as verdes, vermelhas e laranjas estão ligadas à alimentação socorrida, permanecendo ativas em caso de falha da rede, através dos geradores de socorro.

A Tabela 1 sintetiza os regimes de alimentação correspondentes a cada cor de tomada.

Tabela 1 – Significados das cores das tomadas [19].

Branca	Alimentação normal
Verde	Alimentação socorrida/emergência (2 geradores em funcionamento)
Vermelha	Alimentação ininterrupta (1 gerador e UPS)
Laranja	Alimentação ininterrupta - painel de isolamento ou UPS

No Bloco Central do HUC existem dois geradores em paralelo redundantes, com mecanismos de repartição de carga. Assim, em caso de falha de um dos geradores, o outro assume a alimentação de socorro. Nessa situação crítica, a alimentação socorrida passa a regime de emergência, garantindo energia apenas ao barramento que alimenta as tomadas vermelhas e laranjas, normalmente instaladas em serviços específicos considerados críticos e fundamentais para o funcionamento do hospital, ficando, neste caso concreto, as tomadas verdes sem alimentação.

2.4 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os fundamentos teóricos que sustentam a atividade da manutenção hospitalar, realçando a importância de infraestruturas robustas que garantam a segurança e a fiabilidade do sistema elétrico hospitalar. Abordou-se o conceito de manutenção, destacando o papel determinante de planos estruturados que orientem as manutenções preventivas, corretivas e preditivas, bem como as vantagens e limitações desses tipos de manutenção.

Foi abordada a importância da reabilitação das infraestruturas hospitalares, destacando-se os benefícios da modernização e os desafios associados à execução de obras em serviços que não permitem interromper o seu funcionamento.

Por fim, foi descrito o sistema de alimentação elétrica do hospital, estruturado em três níveis: a rede normal, a rede socorrida e a rede ininterrupta. Foi abordado o papel das UPS e dos geradores na garantia da continuidade de alimentação de serviços críticos, cumprindo as normas de segurança aplicáveis. Foi ainda explicado o significado das cores das tomadas hospitalares que permitem identificar a rede de alimentação associada.

3 ENQUADRAMENTO NORMATIVO E SEGURANÇA NA MANUTENÇÃO HOSPITALAR

Neste capítulo apresentam-se, de forma resumida, as principais normas técnicas e de segurança relevantes para as atividades de manutenção hospitalar. São igualmente abordados os equipamentos de proteção individual e coletiva utilizados nas atividades de manutenção hospitalar.

3.1 Normas Técnicas

As normas técnicas e de segurança definem os requisitos técnicos e os procedimentos que garantem o correto funcionamento e a segurança dos equipamentos e das instalações. O cumprimento dos procedimentos definidos nestas normas visa garantir a qualidade das intervenções, que, em contexto hospitalar, desempenham papel determinante para a continuidade do serviço e para a segurança de todos os intervenientes. Alguns exemplos de normas relevantes para os temas abordados neste relatório são:

- **NP EN 13306:2021: Manutenção – Terminologia de manutenção**

Esta norma estabelece a terminologia normalizada utilizada na gestão e execução das atividades de manutenção, garantindo uma linguagem técnica uniforme e coerente, com o objetivo de facilitar a comunicação entre equipas técnicas, a gestão e os fornecedores. A norma define ainda os conceitos de manutenção preventiva e corretiva. A aplicação desta norma assegura uma gestão estruturada e eficiente da manutenção dos sistemas elétricos, contribuindo para a segurança dos utentes, para a redução de paragens não programadas e para o cumprimento das normas de qualidade e segurança [5][20][21].

- **IEC 60601-1: “Medical electrical equipment — Part 1: General requirements for basic safety and essential performance”**

A norma IEC 60601-1 assume particular relevância na garantia do desempenho adequado dos equipamentos médicos elétricos, bem como para a sua segurança, pois define os princípios fundamentais de proteção elétrica, mecânica e térmica. São definidos critérios relativos ao isolamento, às correntes de fuga, à proteção contra choques elétricos, à resistência dielétrica, ao aquecimento e à integridade do sistema de alimentação, assegurando que os equipamentos não representam riscos para pacientes, operadores ou terceiros [22].

Importa, porém, distinguir que a IEC 60601-1 se aplica exclusivamente a equipamentos médicos elétricos, como ventiladores, monitores, bombas de infusão, incubadoras, desfibrilhadores ou equipamentos de diagnóstico. Os elementos da instalação elétrica hospitalar, embora essenciais à segurança dos equipamentos médicos, não estão abrangidos por esta norma. Componentes como transformadores de isolamento, painéis de isolamento e sistemas IT médicos são regulamentados, sobretudo, pelas normas IEC 60364-7-710, que define os requisitos aplicáveis a instalações elétricas em locais médicos, e IEC 61558-2-15, específica para transformadores de isolamento utilizados em sistemas IT [22][23][24].

- **NP EN 50110-1: Exploração de Instalações Elétricas – Parte 1: Requisitos Gerais**

Esta norma define os princípios de segurança para trabalhos em instalações elétricas, tais como operação, manutenção e ensaio, visando garantir a proteção dos trabalhadores e a integridade das instalações. A norma aplica-se a todos os tipos de trabalhos realizados neste tipo de instalações, sejam estes executados fora de tensão, na vizinhança da tensão ou em tensão, e define procedimentos para essas atividades através da definição de responsabilidades,

competências e instruções operacionais para os executantes. São também abordadas as regras de preparação e execução segura dos trabalhos, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e a sinalização e delimitação de zonas de risco. Esta norma assume particular relevância em contexto hospitalar, onde a segurança e a continuidade de serviço são vitais, pois reduzem significativamente o risco de acidentes elétricos durante trabalhos de manutenção preventiva ou corretiva [25]–[28].

- **IEC 61558-2-15: “Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 2-15: Particular requirements and tests for isolating transformers for medical IT systems for the supply of medical locations”**

A norma IEC 61558-2-15 aplica-se aos transformadores de isolamento destinados a alimentar circuitos de sistema IT² (monofásicos ou trifásicos) de tipo seco, com arrefecimento natural ou forçado. A norma define requisitos elétricos, térmicos, mecânicos e de isolamento específicos para estes equipamentos, incluindo limites de tensão e de potência, bem como o isolamento reforçado entre os circuitos principais, para garantir a segurança em ambientes hospitalares. Adicionalmente, incorpora ensaios de corrente de fuga, ensaios dielétricos, exigências de aquecimento em sobrecarga, proteções específicas para isolamento, bem como a simbologia tipo para identificação dos transformadores [24].

- **IEC 61439: “Low-voltage switchgear and control gear assemblies”**

Esta série de normas estabelece os requisitos gerais para o projeto, fabrico, ensaio e funcionamento seguro de quadros elétricos de baixa tensão, definindo, para isso, parâmetros fundamentais, como as correntes nominais admissíveis, capacidade de curto-circuito, elevação de temperatura, coordenação de isolamento, ligações à terra e proteção contra choques elétricos. Estes aspetos permitem garantir que o QGBT cumpre as exigências de desempenho e segurança requeridas em instalações críticas, como as hospitalares, prevenindo riscos elétricos, sobreaquecimentos e falhas de coordenação entre dispositivos de proteção [25], [29], [30].

- **IEC 60900: “Live working – Hand tools for use up to 1000 V AC and 1500 V DC”**

Esta norma especifica os requisitos gerais de projeto, construção, ensaio e marcação de ferramentas manuais isoladas destinadas a trabalhos em instalações elétricas em tensão ou na sua vizinhança. Esta norma assegura que as ferramentas oferecem proteção adequada ao utilizador contra choques elétricos e arcos elétricos acidentais, por meio do estabelecimento de ensaios de isolamento dielétrico, resistência mecânica, rigidez térmica, comportamento após envelhecimento ou exposição à humidade, entre outros. O uso de ferramentas isoladas é essencial durante intervenções de manutenção preventiva ou corretiva em quadros elétricos, transformadores médicos e painéis de isolamento [31].

- **IEC 60903: “Live working - Electrical insulating gloves”**

Esta série de normas estabelece os requisitos aplicáveis às luvas isolantes utilizadas em trabalhos em tensão. Esta norma define as características elétricas, os requisitos de fabrico, os ensaios obrigatórios e a classificação das luvas isolantes (classe 00, 0, 1, 2, 3 e 4, que correspondem a diferentes níveis de tensão) de forma a garantir que as luvas isolantes garantam proteção adequada durante as intervenções nas instalações elétricas, tanto na baixa, na média e na alta tensão, conforme a classe de proteção da luva [32].

² A sigla IT deriva de “I”, que indica o neutro isolado da terra, e de “T”, que corresponde às massas ligadas diretamente à terra de proteção.

- **IEC 62040: “Uninterruptible Power Systems (UPS)”**

A série de normas IEC 62040 define os requisitos gerais de segurança, desempenho e ensaio aplicáveis a sistemas de alimentação ininterrupta, como as UPS. Abrange aspetos como a segurança elétrica e funcional, as características de desempenho, os métodos de ensaio e a compatibilidade eletromagnética. Em ambiente hospitalar, estes sistemas são essenciais para a alimentação contínua de equipamentos críticos, como sistemas de monitorização, blocos operatórios e laboratórios [33][34][35]–[38].

- **IEC 60364: “Low-Voltage Electrical Installations”**

A série de normas IEC 60364 estabelece os princípios fundamentais para o projeto, a execução, a verificação e a manutenção das instalações elétricas de baixa tensão. São definidos requisitos gerais de proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes, sobretensões, incêndios e falhas de isolamento. Estão ainda incluídas as regras de dimensionamento de condutores e os esquemas de ligação à terra (TT, TN, IT). Em contexto hospitalar, a IEC 60364 desempenha papel relevante ao definir as condições para o uso seguro de sistemas IT médicos (IEC 60364-7-710), incluindo transformadores de isolamento, dispositivos de vigilância de isolamento, bem como os requisitos aplicáveis às tomadas e aos circuitos de segurança. Os circuitos de segurança são projetados para garantir o fornecimento contínuo em caso de falha da rede principal [23], [39]–[47].

3.2 Equipamentos de Proteção Individual

Em contexto de manutenção de instalações e equipamentos hospitalares, os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) têm um papel indispensável na prevenção de acidentes de trabalho. Os EPI têm como principal função minimizar a exposição a riscos específicos, como quedas, cortes, queimaduras, choques elétricos, projeção de partículas ou exposição a agentes químicos e biológicos, garantindo a segurança e a saúde dos trabalhadores.

A utilização adequada dos EPI é obrigatória e encontra-se regulada por normas nacionais e internacionais de segurança, como a Diretiva Europeia 89/656/CEE e o Decreto-Lei n.º 348/93 em Portugal, que estabelecem as condições de fornecimento e uso destes equipamentos [48].

Para além disso, antes de iniciar qualquer intervenção, o técnico deve verificar o estado dos equipamentos e a sua validade, confirmar se dispõe da certificação de conformidade, utilizar apenas os EPI aprovados pelo responsável de segurança e garantir que todos os equipamentos tenham sido testados. As condições de segurança para trabalhos em instalações elétricas sob tensão, fora de tensão e na vizinhança de tensão devem estar em conformidade com a norma NP EN 50110-1.

3.2.1 EPI para Trabalhos em Vizinhança de Baixa Tensão

Na manutenção geral dos HUC, os técnicos de eletricidade que realizam intervenções em Baixa Tensão (BT), mesmo sem contacto direto com componentes em tensão, devem utilizar equipamentos de proteção adequados, de modo a reduzir o risco de acidentes decorrentes da proximidade a componentes em tensão.

Alguns dos EPI recomendados para este tipo de trabalho incluem [49]:

- Capacete, com ou sem viseira, consoante o tipo de intervenção;
- Calçado de proteção com sola isolante;

- Protetores auriculares;
- viseira e óculos de proteção;
- Avental para trabalhos de soldadura;
- Colete para transporte de ferramentas;
- *Kit* de proteção em altura (arnês, mosquetão, cordas).

Em contexto hospitalar, são ainda exigidos EPI adicionais, devido ao controlo de contaminação e às zonas de ambiente limpo:

- Protetores de sapatos descartáveis, em áreas limpas;
- Máscara de proteção descartável;
- Luvas: látex para química e biológica, crute para proteção mecânica e isolantes para trabalho sob tensão;
- Fato macaco integral e bata.

3.2.2 EPI para Trabalhos em Baixa Tensão

Os Trabalhos em Tensão (TET) exigem o uso de equipamentos de proteção com nível de isolamento superior, em conformidade com a norma IEC 60900. Estes EPI permitem que os técnicos trabalhem em segurança, mesmo na presença de condutores em tensão até 1000 V em corrente alternada.

Abaixo, encontra-se uma lista de EPI obrigatórios para TET:

- Luvas isolantes para TET com proteção mecânica, classe 0 (norma IEC 60903);
- Manta isolante com molas de fixação;
- Mala de ferramentas isoladas – TET;
- Ferramentas isoladas (chaves, alicates, etc.);
- Tapete isolante para trabalhos TET-BT;
- Capacete com viseira antiarco;
- Fardamento ignífugo e antiestático.

3.2.3 EPI para Trabalhos Fora de Média Tensão

Nos trabalhos de manutenção realizados em postos de transformação, a segurança dos técnicos é garantida através da consignação elétrica e da utilização de EPI específicos para 15 kV.

Os equipamentos utilizados, para além dos já abordados na Secção 3.2.2, são:

- Luvas isolantes de classe 2, até 17000 V (Figura 3.1);
- Vara isolante de descarga à terra;
- Tapete condutivo;
- Capacete com viseira;
- Lanterna.



Figura 3.1 – Luvas isolantes para trabalhos elétricos até 17000 V (Classe 2) [50].

A consignação elétrica deve cumprir as cinco regras de ouro da eletricidade, que serão abordadas no capítulo 4, na Secção 4.2.2.1.

3.3 Equipamento de Proteção Coletivo

Os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) são dispositivos, sistemas ou medidas destinadas a proteger simultaneamente vários trabalhadores contra riscos profissionais. Ao contrário dos EPI, os EPC atuam de forma preventiva, reduzindo a probabilidade de ocorrência de acidentes. Estes equipamentos devem ser fornecidos pela empresa, com o objetivo de proteger o trabalhador dos riscos do ambiente de trabalho, de forma coletiva [20].

3.3.1 Principais EPC Utilizados em Ambiente Hospitalar

Nas intervenções elétricas e de manutenção realizadas pelo SUCH, os EPC utilizados incluem [49]:

- Caixa de primeiros socorros (durante a intervenção);
- Extintor portátil;
- Medidas de informação, sensibilização e formação;
- Fita sinalizadora, anteparos ou barreiras;
- Sinalização de utilização de EPI, indicação de riscos e proibição de acesso;
- Escadas isolantes (Figura 3.2);
- Detetor de tensão;
- Coberturas ou mantas isolantes;
- Equipamento/cabos de curto-circuito;
- Tapete isolante;
- Meios de comunicação;
- Utilização de máquinas, aparelhos e ferramentas adequados à tarefa (por exemplo, cadeados).



Figura 3.2 – Escadas com características isolantes [51].

A utilização dos EPC garante condições de trabalho mais seguras durante as intervenções de manutenção hospitalar, tanto para o trabalhador como para as pessoas que se encontram no espaço envolvente.

3.4 Conclusão

Neste capítulo foram identificadas as normas técnicas aplicáveis à manutenção hospitalar e reforçada a importância do seu cumprimento. Foram ainda enumerados os equipamentos de proteção individual e coletiva para os diferentes tipos de intervenções de manutenção (trabalhos na vizinhança de tensão, trabalhos em tensão na baixa tensão e trabalhos fora de tensão na média tensão) e destacado o seu papel como elementos determinantes na prevenção de acidentes de trabalho. Estes aspetos, em conjunto, permitem assegurar condições de segurança nas atividades de manutenção hospitalar, eficiência e a garantia do cumprimento de requisitos legais e regulamentares.

4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SUCH – ENGENHARIA

Neste capítulo apresentam-se as atividades realizadas ao longo do estágio curricular. São descritos os projetos analisados, bem como desenhos esquemáticos de equipamentos e instalações, com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre o funcionamento da rede elétrica do hospital. Entre os casos estudados, destacam-se a análise de quadros elétricos existentes nos HUC e o dimensionamento de um cabo elétrico destinado a alimentar um quadro elétrico de uma obra prevista para futura execução.

São abordados os planos de manutenção preventiva, identificando as respetivas áreas de intervenção, as normas de segurança aplicáveis ao setor da eletricidade, os ensaios realizados nos painéis de isolamento, a verificação dos equipamentos de trabalho, bem como o processo de integração e acompanhamento de novos colaboradores.

A verificação do equipamento de trabalho encontra-se regulada pelo Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro, que estabelece a obrigatoriedade, por parte do empregador, de realizar verificações e/ou ensaios de acordo com os riscos associados aos equipamentos de trabalho. A verificação periódica visa assegurar a conformidade dos equipamentos de trabalho por meio de inspeção dos componentes mecânicos, elétricos e de segurança. O Decreto-Lei determina que tais verificações e ensaios devem ser realizados por um profissional habilitado.

No âmbito do estágio, foi possível acompanhar o processo de acolhimento e integração de um novo colaborador, assegurando a sua adaptação ao ambiente de trabalho, bem como às funções que iria desempenhar. Este processo incluiu a apresentação da empresa e da área em que iria exercer, neste caso a manutenção das áreas existentes no hospital, uma visita às instalações, o conhecimento do organograma e dos principais contactos, o conhecimento das ferramentas informáticas e das instruções de trabalho necessárias à execução dos trabalhos. O colaborador recebeu ainda formação sobre os planos de manutenção preventiva e corretiva, os procedimentos de segurança e saúde no trabalho, a utilização do equipamento de proteção individual, sobre a matriz de Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos (IPAR) e as medidas e procedimentos de emergência. Por fim, foi feito um enquadramento no Sistema de Gestão Integrado da empresa, certificada em Qualidade, Ambiente e Segurança e Saúde no Trabalho, e foi facultado o acesso à documentação interna e às informações relativas a direitos, deveres e boas práticas.

4.1 Análise de Projetos e Desenhos Esquemáticos de Equipamentos e Instalações Elétricas

Numa fase inicial do estágio, procedeu-se à análise de desenhos esquemáticos e de vários projetos elétricos implementados nos HUC. Entre estes projetos incluíam-se:

- Quadro elétrico de uma ampliação do serviço farmacêutico e instalação de cinco Kardex;
- Quadro elétrico para o novo armazém da farmácia e instalação de duas câmaras frigoríficas, seis arcas frigoríficas, dois Kardex e uma unidade de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC);
- Quadro elétrico para a instalação de duas unidades AVAC no PT1 para a refrigeração da sala dos QGBT;
- Quadro elétrico para a instalação de dois esterilizadores a vapor horizontais para o serviço de esterilização do bloco operatório central;

- Quadro elétrico para a instalação de uma marmita industrial trifásica de 300 L (36 kW) e sete marmitas industriais trifásicas de 200 L (24 kW);
- Quadro elétrico de iluminação e tomadas para o novo serviço de internamento de psiquiatria;
- Quadro elétrico do painel de isolamento para transferência da Unidade de Cuidados Intermédios Médicos (UCIM) proveniente do piso -1 para o piso 6 do bloco central dos HUC;
- Quadro elétrico para o edifício das Viaturas Médicas de Emergência e Reanimação (VMER) existente no bloco de celas dos HUC;
- Quadro elétrico para a instalação de equipamento *Avenio Edge*, um sistema de automação de laboratório para a preparação de amostras de sequenciação de próxima geração, e do equipamento *Nextseq* utilizado para o sequenciamento de nova geração utilizados para analisar sequências de DNA e RNA de forma rápida e eficiente, no serviço da anatomia patológica;
- Quadro elétrico para uma máquina esterilizadora;
- Quadro elétrico para instalação de sistema LC-MS/MS, uma tecnologia de cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas em tandem, no serviço de patologia clínica existente no piso 4 do Hospital de São Jerónimo;
- Quadro elétrico para duas máquinas de lavar industriais trifásicas do modelo PW6321 EL, com potência de 31 kW e corrente nominal de 63 A;
- Quadro elétrico de iluminação e tomadas para a obra de ampliação do serviço de urgências.

A análise destes quadros e dos respetivos esquemas, permitiu identificar os projetos elétricos mais recentes realizados no hospital e contribuiu para uma compreensão aprofundada da forma como tais sistemas são concebidos, dimensionados e estruturados em contexto hospitalar. Para além disso, possibilitou a consolidação de noções técnicas e a compreensão prática da aplicação e da instalação de diferentes sistemas e equipamentos elétricos num ambiente hospitalar.

4.1.1 Análise de Quadros Elétricos Existentes no HUC

Da análise efetuada aos projetos realizados na ULS Coimbra, e tendo em conta os dimensionamentos feitos para a instalação de novos quadros elétricos, destacam-se os seguintes:

- Quadro elétrico para ampliação do serviço de farmácia (instalação de cinco máquinas Kardex);
- Quadro elétrico para a esterilização do bloco operatório (instalação de dois esterilizadores horizontais a vapor – MU. 004.V.P);
- Quadro elétrico para a instalação de marmitas industriais (sete marmitas de 200L/24kW e uma marmita de 300L/36kW);
- Quadro elétrico para a remodelação do serviço de psiquiatria;
- Quadro elétrico da patologia clínica - sistema LC-MS/MS;
- Quadro elétrico para duas máquinas de lavar industriais de 31 kW;
- Quadro elétrico na ampliação das urgências.

Nas Subsecções 4.1.1.1 a 4.1.1.7, apresenta-se uma análise mais detalhada de cada um dos quadros elétricos mencionados anteriormente.

4.1.1.1 Quadro Elétrico da Ampliação do Serviço Farmacêutico

A ULS Coimbra pretende ampliar uma das salas do serviço de farmácia hospitalar, aumentando a sua área em aproximadamente 90 m², numa zona limitada pelo edifício e por um muro de suporte, com o objetivo de permitir a instalação de cinco equipamentos Kardex e dos respetivos postos de trabalho.

Os equipamentos Kardex (Figura 4.1) constituem um sistema de armazenamento automatizado de alta densidade, baseado em estantes dinâmicas que permitem otimizar o espaço e aumentar a eficiência no acesso ao material. Estes equipamentos garantem que os produtos permaneçam protegidos, limpos e devidamente organizados. Para além disso, são sistemas que podem ser facilmente configurados para diferentes necessidades, incluindo o armazenamento de materiais e produtos que requerem controlo de temperatura [52].



Figura 4.1 – Exemplo de um equipamento Kardex.

Com esse intuito, a ULS Coimbra solicitou ao SUCH – Gabinete de Projetos a elaboração de um projeto que assegure a criação de um espaço cuja laje apresente resistência estrutural adequada à instalação dos referidos equipamentos, garantindo, simultaneamente, melhores condições de trabalho. O projeto integrou as especialidades de arquitetura, estruturas, instalações e equipamentos elétricos, instalações e equipamentos mecânicos, plano de segurança e saúde, bem como outros projetos técnicos e legalmente exigíveis.

Em virtude da falta de potência disponível no quadro elétrico existente (Figura 4.2), o projeto de ampliação do serviço de farmácia considerou a instalação de um novo quadro elétrico (Figura 4.3), de modo a garantir a alimentação dos cinco equipamentos Kardex, provenientes do barramento socorrido do PT2, conforme definido no projeto e representado na planta de implantação de tomadas (Figura 4.4).



Figura 4.2 – Quadro elétrico existente no Serviço de Farmácia Hospitalar.

Q.AMP.FARM. (N/E)
(Classe II de Isolamento)
IP43 / IK07 (min.)

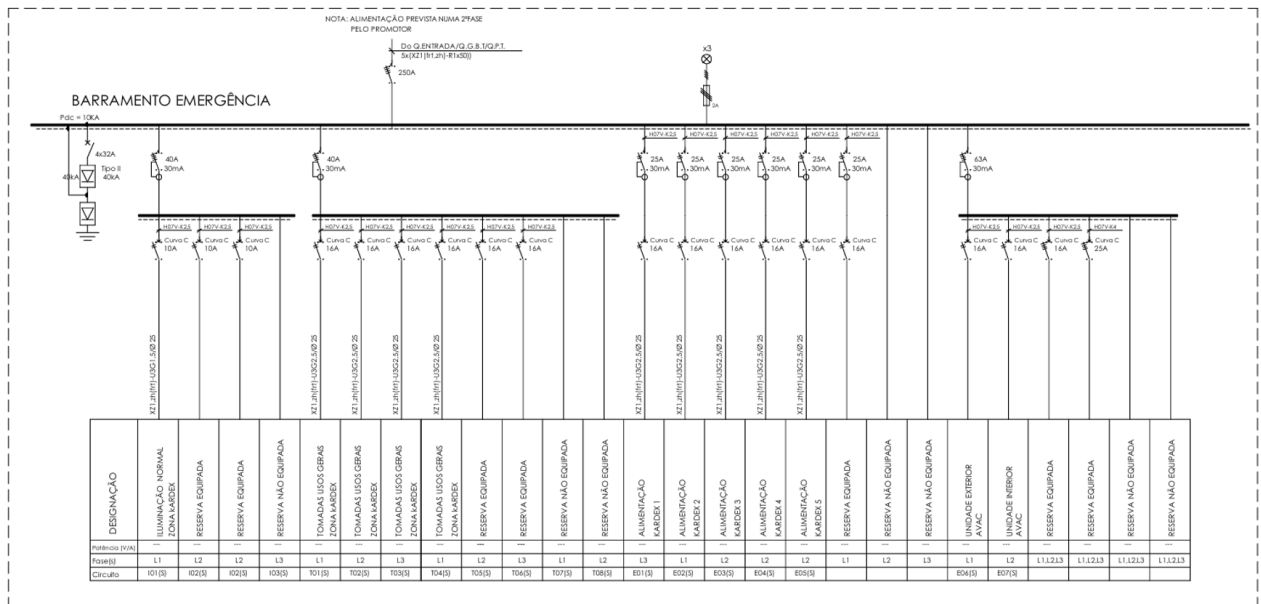


Figura 4.3 – Esquema unifilar do novo quadro elétrico.

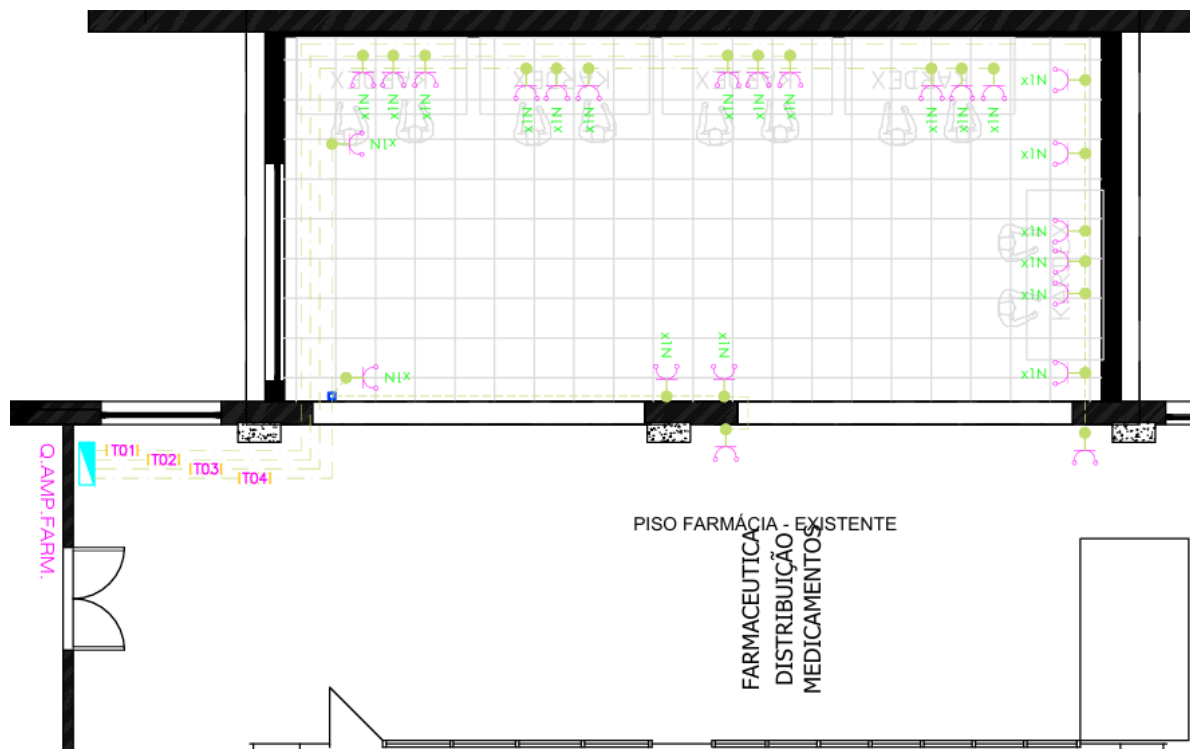


Figura 4.4 – Planta de implantação das tomadas.

No âmbito do trabalho desenvolvido pela equipa de manutenção do SUCH, e tendo em conta o apoio a projetos para pequenas obras, procedeu-se ao dimensionamento do cabo de baixa tensão destinado a alimentar o novo quadro elétrico a partir do barramento socorrido do PT n.º2, com uma potência estimada de 150 kVA/250 A. Os cálculos de dimensionamento encontram-se descritos na Secção 4.1.2.

4.1.1.2 Quadro Elétrico para a Esterilização no Bloco Operatório

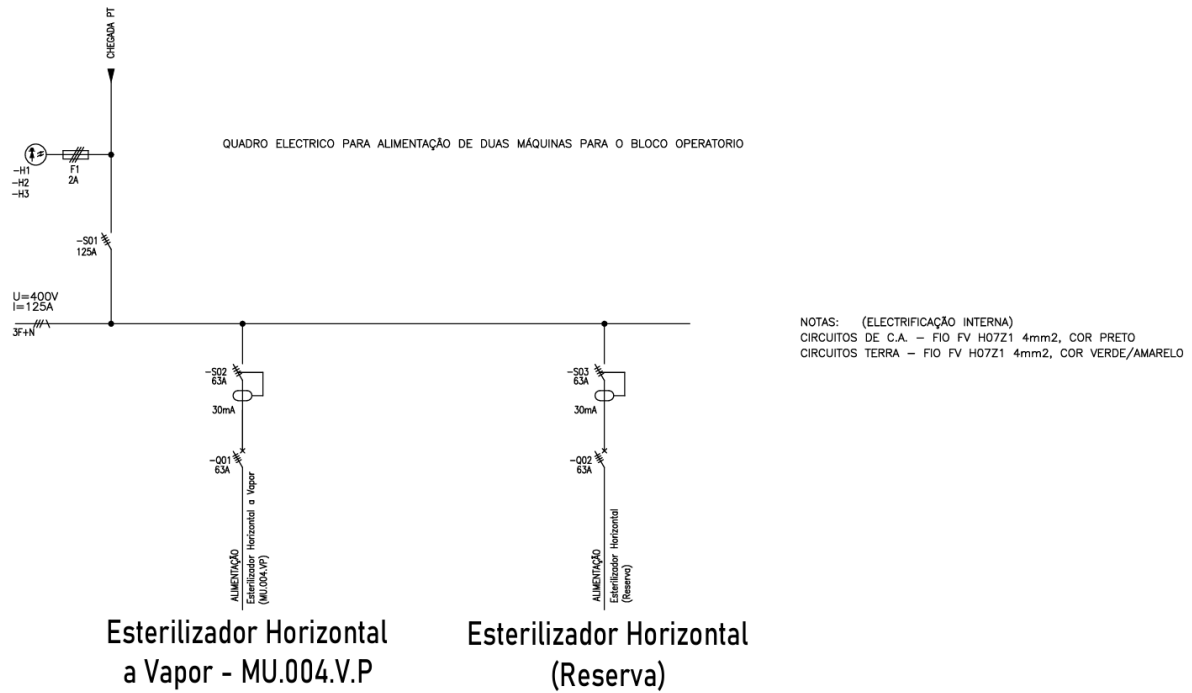
Os esterilizadores horizontais a vapor de água baseiam-se no controlo dos parâmetros de temperatura e pressão, com vista à completa eliminação de todos os microrganismos vivos. Por meio de uma rápida e uniforme transferência de calor, os esterilizadores horizontais são uma ferramenta indispensável em todas as unidades de saúde.

Estes equipamentos foram concebidos para a esterilização de materiais utilizados em estabelecimentos de saúde, como instrumentos cirúrgicos, acessórios têxteis, fluidos para infusão, produtos de borracha, entre outros.

Em virtude da instalação programada de um esterilizador horizontal a vapor – modelo MU. 004.V.P – no Bloco Operatório Central dos HUC, verificou-se que o quadro elétrico existente na sala técnica não dispunha de reserva de potência suficiente. Devido a esta limitação, tornou-se necessária a conceção e a instalação de um quadro elétrico específico, destinado a garantir a alimentação e a proteção do esterilizador, bem como a prever reservas futuras.

Para tal, no âmbito do apoio a projetos da ULS, a equipa de manutenção do SUCH desenvolveu o projeto de execução do quadro elétrico, ilustrado nas Figura 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7 e Figura 4.8, que apresentam, respetivamente, o esquema unifilar, o esquema multifilar, o layout do quadro e a identificação dos equipamentos.

Estágio SUCH – Manutenção Hospitalar em sistemas de energia



LEGENDA EQUIPAMENTO DE PROTECÇÃO

- 2 Unid: Bloco diferencial Acti9 Vigi IC60 - 4P- 63A - 30mA - Classe AC c/ REF.* SCHNEIDER A9V11463
- 2 Unid: Disjuntor Acti9 IC60N - 4P - 63A - Curva C c/ REF.* SCHNEIDER A9F79463

Figura 4.5 – Esquema unifilar dos esterilizadores horizontais.

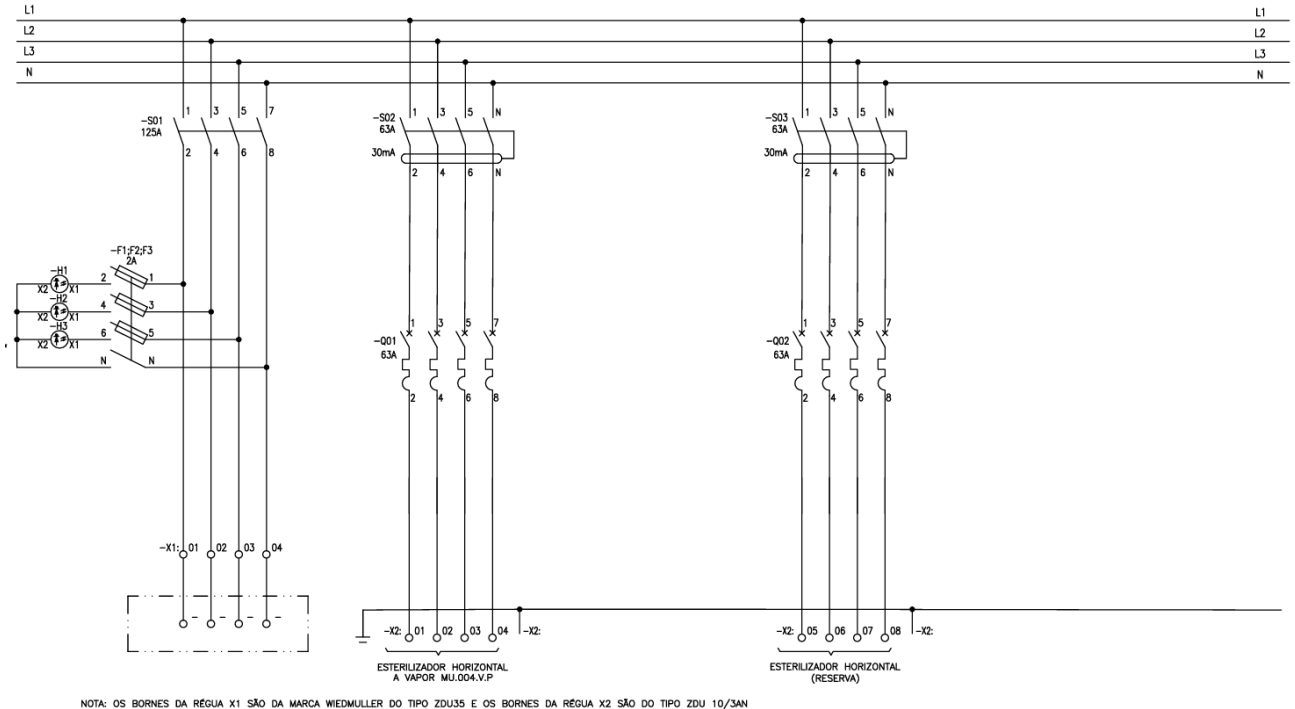


Figura 4.6 – Esquema multifilar dos esterilizadores horizontais.

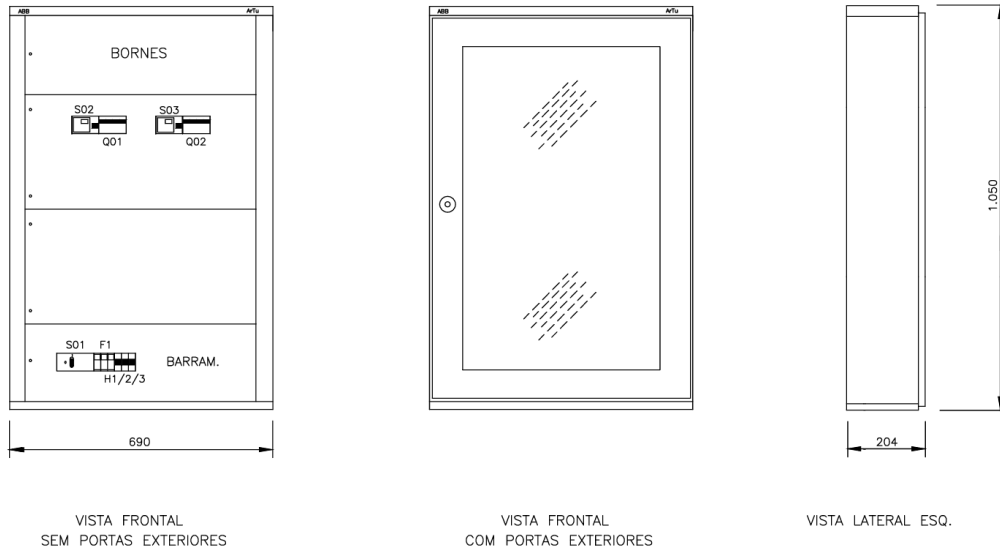


Figura 4.7 – *Layout* do quadro dos esterilizadores horizontais.

REF.*	DESIGNAÇÃO	TIPO	CARACTERÍSTICAS	FORNECEDOR		QUANTIDADE	LOCAL	OBSERVAÇÕES
				FABRICANTE				
--S01	INTERRUPTOR DE CORTE GERAL	Ref.* A9S65492	Interruptor Seccionador ISW -- 4P 125A	SCHNEIDER		1	BL. OP. CENTRAL	
--S02--S03	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	Ref.* A9V11463	Acti9 Vigi iC60 -- 4P 63A/30mA Classe AC	SCHNEIDER		2	BL. OP. CENTRAL	
--Q01--Q02	DISJUNTOR TETRAPOLAR	Ref.* A9F79463	Diejuntor Acti9 iC60N 4P 63A CURVA C	SCHNEIDER		2	BL. OP. CENTRAL	
--F1--F2--F3	CORTA-CIRCUITO FUSÍVEL + FUSÍVEL	Ref.* A9N15636 / 4110021	STI 1P FUSÍVEL 500V / FUS 10x38 2A GL	SCHNEIDER		3+3	BL. OP. CENTRAL	
--H1	SINALIZADOR DE FASE	Ref.* A9E18320	Sinalizador Luminoso VRM 110--230 VAC	SCHNEIDER		1	BL. OP. CENTRAL	
--H2	SINALIZADOR DE FASE	Ref.* A9E18321	Sinalizador Luminoso VRD 110--230 VAC	SCHNEIDER		1	BL. OP. CENTRAL	
--H3	SINALIZADOR DE FASE	Ref.* A9E18324	Sinalizador Luminoso AMR 110--230 VAC	SCHNEIDER		1	BL. OP. CENTRAL	

Figura 4.8 – Lista de equipamentos do quadro dos esterilizadores horizontais.

De acordo com a indicação do fabricante, para a proteção do circuito de alimentação do esterilizador, foram considerados um disjuntor de 63 A com curva C e um bloco diferencial de 63 A e 30 mA de corrente diferencial, com classe AC (Figura 4.9).

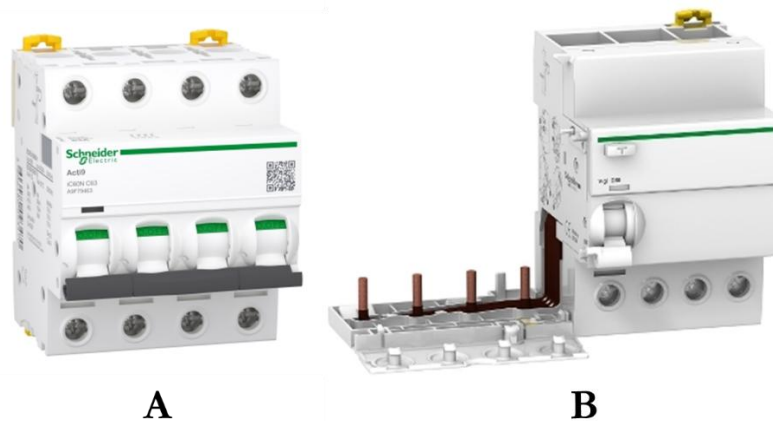


Figura 4.9 – A: Disjuntor 4P, 63 A, curva C, com poder de corte de 6 kA (IEC 60898-1)/10 kA (IEC 60947-2) [53]; B: bloco diferencial 4P, 63 A, 30 mA de classe AC [54].

A seleção destes componentes garante a proteção adequada do circuito de alimentação do esterilizador, cumprindo os requisitos do fabricante.

4.1.1.3 Quadro Elétrico para a Instalação de uma Marmitta Industrial

Devido a infiltrações de vapor na estrutura e na laje da cozinha, a ULS Coimbra providenciou a instalação de novas marmittas, de forma a assegurar o fornecimento de refeições a utentes e profissionais. Na Figura 4.10 está um exemplo de uma marmitta. Estas são máquinas de cozinha coletivas que permitem a preparação de grandes volumes de alimentos, como cozidos, sopas ou guisados, tendo um sistema de aquecimento controlado por um regulador de energia.



Figura 4.10 – Exemplo de uma marmitta industrial [55].

Para garantir a alimentação destes equipamentos, no âmbito do apoio a projetos da ULS, a equipa de manutenção do SUCH executou o projeto do quadro elétrico para o devido efeito (Figura 4.11).

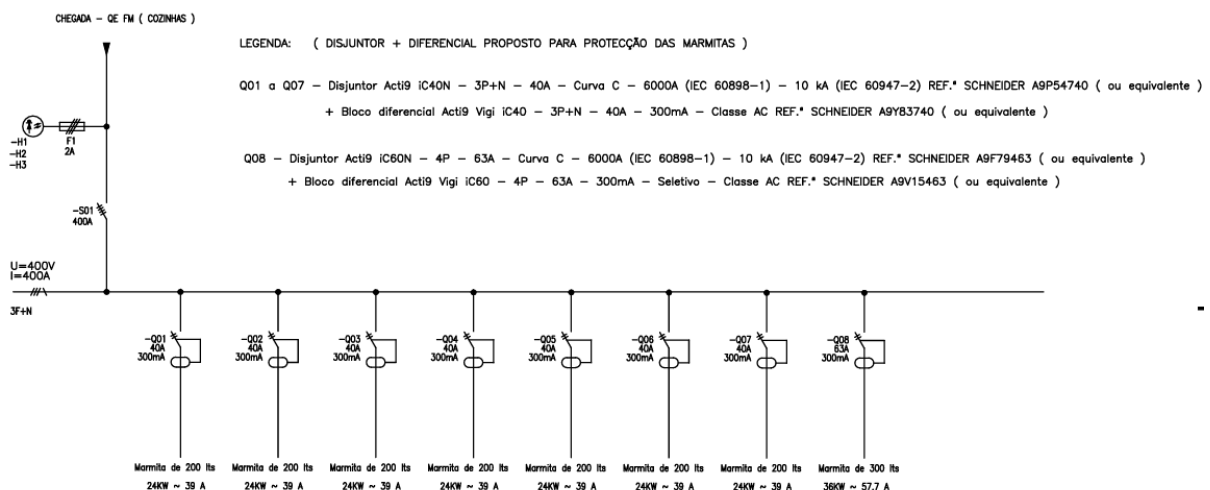


Figura 4.11 – Esquema do quadro elétrico para a instalação de novas marmittas.

Tendo em conta a necessidade da ULS de adquirir sete marmittas de 200 L e uma de 300 L, e de acordo com as especificações do fabricante, foram determinadas as seguintes características elétricas: 24 kW/400 V/39 A para cada marmitta de 200 L e 36 kW/400 V/57,7 A para cada marmitta de 300 L.

Para a execução do projeto do quadro elétrico das marmittas foram considerados dois tipos de disjuntores e dois tipos de diferenciais. Para a proteção das marmittas de 200 L, foram utilizados disjuntores de 40 A com curva C e blocos diferenciais de 40 A e 300 mA, de corrente diferencial residual, de classe AC (Figura 4.12).

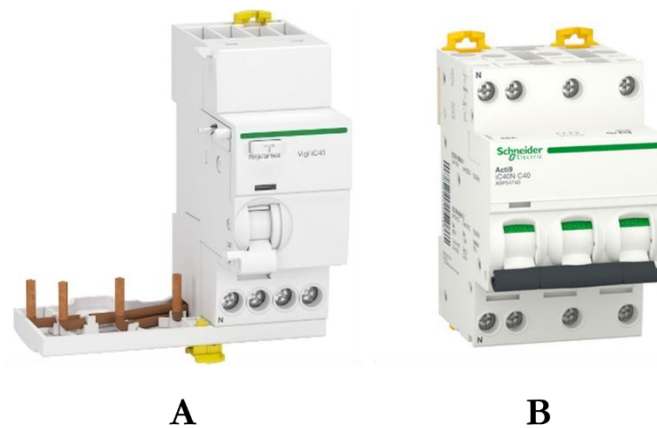


Figura 4.12 – A: Bloco diferencial Acti9 Vigi iC40, 3P+N, 40 A, 300 mA, de classe AC [56];
 B: Disjuntor Acti9 iC40N, 3P+N, 40 A, curva C, com poder de corte de 6 kA
 (IEC 60898- 1)/10 kA (IEC 60947-2) [57] destinados à alimentação das marmitas de 200 litros
 – Q01 a Q07.

Para a proteção das marmitas de 300 L foram utilizados disjuntores de 63 A com curva C e blocos diferenciais de 63 A e 300 mA de corrente diferencial residual, de classe AC (Figura 4.13).



Figura 4.13 – A: Bloco diferencial Acti9 Vigi iC60, 4P, 63 A, 300 mA, de classe AC [58];
 B: Disjuntor Acti9 iC60N, 4P, 63 A, de curva C, com poder de corte de 6 kA
 (IEC 60898- 1)/10kA (IEC 60947-2) [53], destinados à alimentação da marmita de 300 litros –
 Q08.

Desta forma, a seleção deste dispositivo de proteção, realizada de acordo com as correntes envolvidas e as recomendações do fabricante, garante a segurança e a fiabilidade do sistema de alimentação das marmitas industriais.

4.1.1.4 Quadro Elétrico no Serviço de Psiquiatria

Com o objetivo de colmatar a falta de flexibilidade da gestão dos fluxos de utentes e possibilitar o respetivo acompanhamento, a ULS Coimbra lançou um concurso para a elaboração de um projeto de remodelação do serviço de psiquiatria, mais especificamente na área do Hospital de Dia do Bloco Central. A intervenção visa integrar unidades de internamento e um quarto de contenção.

O projeto para a realização da empreitada de requalificação do serviço de psiquiatria considerou a reformulação das seguintes infraestruturas:

- Iluminação normal e iluminação de segurança;
- Tomadas gerais;
- Sistema de chamada de enfermeira;
- Sistema de informação horário;
- Sistema de difusão de som;
- Sistema automático de deteção de incêndio;
- Rede estruturada (informática);
- Rede coaxial (TV).

Antes da realização da empreitada, a equipa de manutenção do SUCH verificou que os quadros elétricos existentes na área a intervir não dispunham de espaço suficiente para acomodar o aumento de circuitos exigidos no projeto de execução (Figura 4.14).



Figura 4.14 – Quadro elétrico antigo existente no serviço de psiquiatria.

No âmbito do apoio a projetos da ULS, a equipa de manutenção do SUCH elaborou o projeto de execução dos quadros elétricos (Figura 4.15), de forma a integrar todas as especificidades previstas no projeto de requalificação do serviço de psiquiatria.



Figura 4.15 – *Layout* do novo quadro para o serviço de psiquiatria (à esquerda) e o quadro novo implementado (à direita).

Desta forma, o novo quadro elétrico permitiu integrar novos circuitos para a requalificação do serviço de psiquiatria e contribuir para uma instalação mais robusta, segura e funcional. Esta implementação está preparada para suportar um aumento de equipamentos e a expansão dos sistemas de apoio clínico e operacional.

4.1.1.5 Quadro Elétrico da Patologia Clínica - Sistema LC-MS/MS

A modernização de um hospital requer uma abordagem integrada que combine tecnologia avançada, práticas sustentáveis e uma arquitetura que priorize as necessidades dos serviços. O investimento nessas áreas contribui para a melhoria da qualidade do atendimento ao utente, para o aumento da eficiência operacional e para a capacidade de responder a desafios futuros na área da saúde.

No serviço de patologia clínica, localizado no piso 4 do Hospital São Jerónimo, foi realizada uma intervenção de modernização, com a introdução de novas tecnologias, através da instalação, pelo fabricante, de um sistema LC-MS/MS automatizado destinado ao doseamento de imunossuppressores no sangue.

O sistema LC-MS/MS automatizado (Figura 4.16) é constituído pelos seguintes equipamentos:

- 1 sistema automatizado de preparação de amostra *Dual Mass Star* da Hamilton;
- 1 sistema *Acquity* UPLC, injetor automático da Waters;
- 1 sistema TQD MS da Waters;
- 1 bomba de vácuo rotativa;
- 1 compressor e gerador de azoto;
- 2 estações de controlo e tratamento de dados.

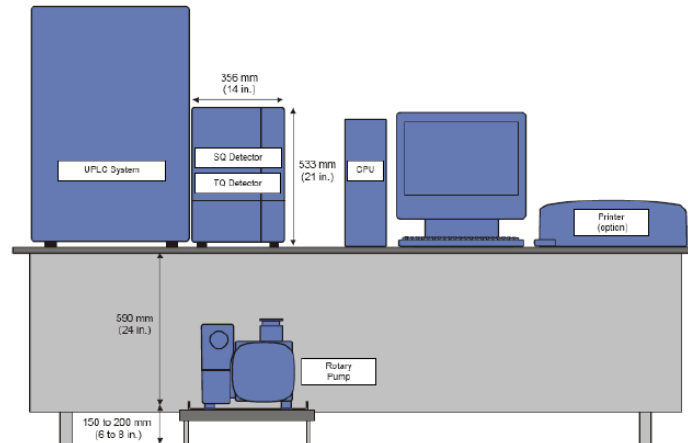


Figura 4.16 – Esquema do espaço ocupado pelo sistema LC-MS/MS (*Acquity* UPLC TQD), representando o UPLC, o detetor TQD, a estação de controlo e os equipamentos auxiliares (vista frontal).

No âmbito do apoio a projetos da ULS e de acordo com os requisitos elétricos fornecidos pelo fabricante do sistema LC-MS/MS, a equipa de manutenção do SUCH elaborou o projeto de execução do quadro elétrico. Na Figura 4.17 observa-se o número de circuitos que o quadro irá possuir, neste caso, oito, bem como as respetivas proteções.

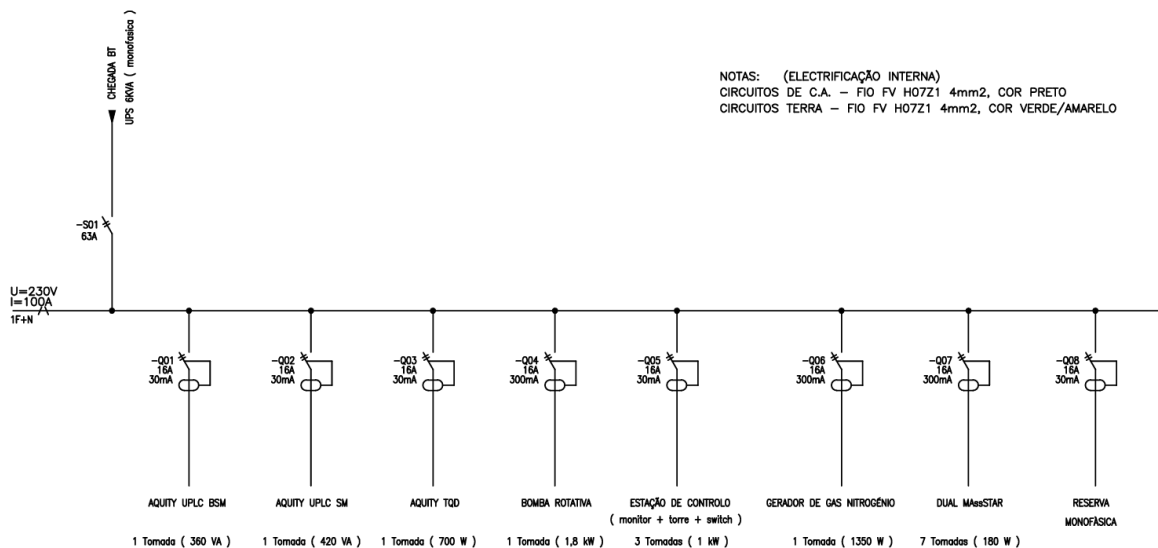


Figura 4.17 – Projeto de execução do quadro elétrico.

Para prevenir e minimizar perturbações na alimentação do sistema LC-MS/MS, o quadro elétrico foi protegido por uma unidade de fornecimento ininterrupto (UPS). Para o sistema *Acquity* UPLC TQD, e a respetiva estação de controlo, foi seleccionada uma UPS com potência aparente de 5000 VA.

4.1.1.6 Quadro Elétrico para duas Máquinas de Lavar e Secar Industriais

A limpeza das unidades de internamento e o controlo ambiental constituem fatores críticos para a prevenção de infeções e da transmissão cruzada entre utentes em contexto hospitalar. Neste âmbito, o processo de lavagem e secagem assume carácter obrigatório do ponto de vista

procedimental, uma vez que garante o tratamento adequado dos dispositivos e condiciona a proliferação de microrganismos, nomeadamente fungos cuja disseminação é favorecida por ambientes quentes e húmidos.

Com o objetivo de cumprir os requisitos normativos de controlo ambiental, a ULS Coimbra procedeu à renovação e substituição das máquinas de lavar e secar roupa existentes (com capacidade de 14 kg, já insuficiente face às necessidades), por duas novas máquinas de 32 kg, equipadas com aquecimento elétrico, especialmente adaptadas aos requisitos da gestão de instalações (Figura 4.18).



Figura 4.18 – Novas máquinas de lavar de 32 kg.

Em virtude do aumento de potência requerida pela substituição das máquinas e de acordo com os requisitos elétricos e o manual de instalação fornecidos pelo fabricante do equipamento, a equipa de manutenção do SUCH elaborou o projeto de execução de um quadro elétrico para o efeito (Figura 4.19). Para assegurar a proteção deste tipo de máquinas foi necessário instalar, de acordo com as indicações dadas pelo fabricante, um disjuntor de 63 A com curva C e um bloco diferencial de 63 A e 300 mA de corrente diferencial residual, classe B-SI, conforme ilustrado na Figura 4.20.



Figura 4.19 – Quadro elétrico destinado à alimentação de duas máquinas de lavagem industriais.

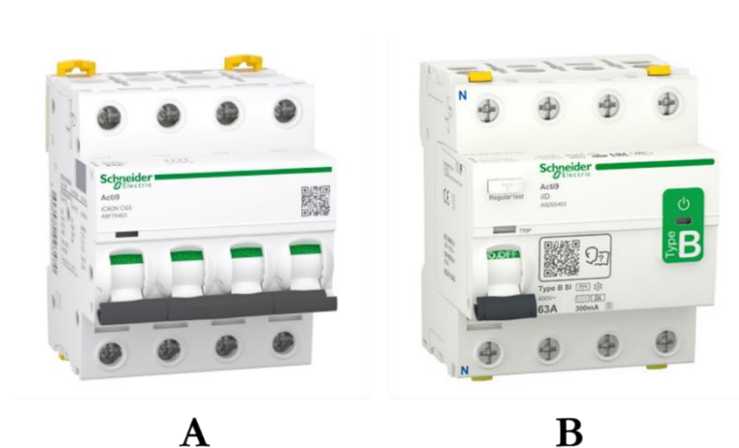


Figura 4.20 – B: Interruptor diferencial 4P, 63 A, 300 mA, classe B-SI [59]; A: disjuntor 4P, 63 A, curva C, com poder de corte de 6 kA (IEC 60898-1)/10 kA (IEC 60947-2), ambos da Schneider [53].

Desta forma, o novo quadro elétrico assegura a alimentação adequada das duas máquinas de lavar e secar, protegendo os circuitos e garantindo o correto funcionamento dos equipamentos.

4.1.1.7 Quadro Elétrico no Serviço de Urgências

Em 2023, a ULS Coimbra procedeu à remodelação do serviço de urgência dos Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC), integrando a urgência do polo do Bloco Central dos HUC e a do Hospital Geral (HG), com o objetivo de otimizar a resposta assistencial e os fluxos de atendimento. Esta intervenção contempla ainda a criação de uma sala de isolamento com pressão negativa, até então inexistente, bem como a introdução de uma organização baseada no nível de gravidade dos utentes. Este novo modelo de organização baseia-se na implementação de circuitos específicos de circulação para os utentes triados como vermelhos e laranjas, e circuitos diferentes para os amarelos, azuis, verdes e brancos [60].

No âmbito do apoio a projetos da ULS, e de acordo com o faseamento dos trabalhos levados a cabo pelo empreiteiro da remodelação das urgências, a equipa de manutenção do SUCH elaborou o projeto de execução dos quadros elétricos (Figura 4.21) para dois serviços das urgências que não estavam contemplados inicialmente na obra, nomeadamente o serviço de medicina intensiva e a sala de emergência (ambas localizadas nas urgências).



Figura 4.21 – Quadro elétrico da nova urgência.

Dada a impossibilidade de desocupar estas salas, a solução apresentada pela equipa de manutenção do SUCH foi a programação faseada de cortes de energia, de modo a permitir a desativação dos quadros e dos circuitos elétricos existentes no serviço de medicina intensiva e na sala de emergência, assegurando, em simultâneo, a transferência para outros pontos de alimentação. Para garantir a continuidade do fornecimento elétrico a estas áreas críticas, foram instalados novos quadros elétricos para a alimentação normal (Tabela 2), de emergência (Tabela 3) e ininterrupta (Tabela 4), nos quais se identificam os respetivos circuitos.

Tabela 2 – Identificação dos circuitos do quadro elétrico da alimentação normal do serviço de medicina intensiva e da sala de emergência das urgências.

ILUMINAÇÃO
CIRCUITO Nº 1 – CORREDOR
CIRCUITO Nº 2 – CORREDOR RX
CIRCUITO Nº 4 – COPAS + SUJOS
CIRCUITO Nº 5 – GABINETES + SALA ESTAR MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 6 – ADUFA + SUJOS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 7 – RESERVA COM INTERRUPTOR HORÁRIO

TOMADAS
CIRCUITO Nº 1 – COPA + SALA DE ESTAR + ZONAS COMUNS
CIRCUITO Nº 2 – GAB. ENFERMAGEM + CALHA DA SALA DE EMERGÊNCIA
CIRCUITO Nº 3 – SALA DE EMERGÊNCIA DIREITA

CIRCUITO Nº 4 – SALA DE EMERGÊNCIA CENTRO
CIRCUITO Nº 5 – SALA DE EMERGÊNCIA ESQUERDA
CIRCUITO Nº 6 – GABINETE ENF. CHEFE
CIRCUITO Nº 7 – ZONA DE LIMPOS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 8 – ZONA DE LIMPOS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 9 – ZONA DE LIMPOS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 10 – CORREDOR
CIRCUITO Nº 11 – RESERVA
CIRCUITO Nº 12 – COPA + SALA DE ESTAR
CIRCUITO Nº 13 – QUADRO (AC)1
CIRCUITO Nº 14 – QUADRO (AC)2

Tabela 3 – Identificação dos circuitos do quadro elétrico da alimentação de emergência/socorrida do serviço de medicina intensiva das urgências e da sala de emergência das urgências.

ILUMINAÇÃO
CIRCUITO Nº 1 – CORREDOR + WC'S
CIRCUITO Nº 2 – CORREDOR RX
CIRCUITO Nº 3 – CORREDOR + ZONAS COMUNS
CIRCUITO Nº 4 – ZONAS COMUNS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 5 – SALAS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 6 – RESERVA

TOMADAS
CIRCUITO Nº 1 – SUJOS + ZONAS COMUNS DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 2 – QUADRO ALVOS DA SALA DE EMERGÊNCIA
CIRCUITO Nº 3 – SINALIZAÇÃO DE CHAMADA WC DEFICIENTES – SALA DE EMERGÊNCIA
CIRCUITO Nº 4 – SALA REFEIÇÕES DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 5 – ELECTROÍMANS DE PORTA JUNTO AO VIGILANTE
CIRCUITO Nº 6 até Nº 14 – RESERVA

CIRCUITO Nº 15 – TRANSPORTE PNEUMÁTICO
CIRCUITO Nº 16 – RESERVA

Tabela 4 – Identificação dos circuitos do quadro elétrico de alimentação ininterrupta/UPS do serviço de medicina intensiva e da sala de emergência das urgências.

ILUMINAÇÃO
CIRCUITO Nº 1 – SALA DE EMERGÊNCIA
CIRCUITO Nº 2 – SALA DE EMERGÊNCIA
CIRCUITO Nº 3 – LETREIROS DE SAÍDA
CIRCUITO Nº 4 – LETREIROS DE SAÍDA
CIRCUITO Nº5 – RESERVA

TOMADAS
CIRCUITO Nº 1 – GABINETE ENFERMAGEM + ZONAS COMUNS
CIRCUITO Nº 2 – SALA DE EMERGÊNCIA DIREITA
CIRCUITO Nº 3 – SALA DE EMERGÊNCIA CENTRO
CIRCUITO Nº 4 – SALA DE EMERGÊNCIA ESQUERDA
CIRCUITO Nº 5 – SALA DO DIRECTOR + SALA ENF. CHEFE
CIRCUITO Nº 6 – ALARME GASES
CIRCUITO Nº 7 – BASTIDORES REDE
CIRCUITO Nº 8 até Nº 12 – RESERVA
CIRCUITO Nº 13 – PAINEL DE ISOLAMENTO DA MEDICINA INTENSIVA
CIRCUITO Nº 14 – UPS1
CIRCUITO Nº 15 – UPS2
CIRCUITO Nº 16 – QUADRO DAS UPS

Desta forma, a instalação dos novos quadros elétricos no serviço das urgências permitiu a reorganização dos circuitos das urgências, assegurando o funcionamento contínuo dos serviços de medicina intensiva e da sala de emergência durante a remodelação. Esta solução assegura a alimentação normal, de emergência e ininterrupta.

4.1.2 Dimensionamento de Cabos Elétricos e Respetivas Proteções

Tendo em conta a futura ampliação do serviço de farmácia descrita na Secção 4.1.1.1, e no âmbito do apoio a projetos, tornou-se necessário proceder ao dimensionamento do cabo de alimentação para o novo quadro elétrico trifásico proveniente do QGBT.

O dimensionamento de cabos de BT deve ser efetuado com base em quatro critérios fundamentais:

1. Intensidade máxima admissível em regime permanente superior à corrente de serviço esperada (critério de aquecimento);
2. Garantia de proteção contra sobrecargas;
3. Cumprimento do limite máximo de queda de tensão admissível;
4. Proteção contra correntes de curto-circuito.

4.1.2.1 Intensidade Máxima Admissível em Regime Permanente Superior à Corrente de Serviço Esperada

De acordo com o primeiro critério, as canalizações elétricas, que incluem cabos e outros elementos que as constituem, devem ser capazes de suportar a corrente de serviço máxima prevista (I_B). Assim, para cada canalização, em função das condições reais de instalação, é possível determinar a corrente máxima admissível (I_Z^{corr}) suportada por cada cabo em particular. O cumprimento do critério é garantido pela seguinte condição (4.1):

$$I_Z^{corr} \geq I_B \quad (4.1)$$

No quadro 52H das RTIEBT, apresentado na Figura 4.22, verifica-se que o método de cálculo das correntes máximas admissíveis corresponde ao modo de instalação E ou F.

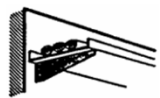

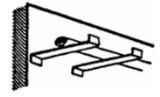
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos não perfurados	12	C [2] ⁽³⁾
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos perfurados	13	E ou F [4] ⁽³⁾
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em consolas	14	E ou F [4] ou [5] ⁽²⁾⁽³⁾ ou G

Figura 4.22 – Modos de instalação de canalizações (Quadro 52H [61]).

Considerando que serão utilizados cabos monocondutores de cobre do tipo XZ1 (frt, zh), onde “frt” (*flame retardant*) indica características retardantes à propagação da chama e “zh” (*zero halogen*) indica a ausência de halogéneos, com reduzida emissão de fumos e gases tóxicos em caso de incêndio, o isolamento é em polietileno reticulado (XLPE). Trata-se de três condutores carregados em esteira, colocados lado a lado e sem afastamento e de acordo com as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) [61], a tabela de referência será a 52-C11 – Figura 4.23. As condições consideradas para o dimensionamento corresponderam a uma temperatura ambiente de 30 °C e a uma temperatura máxima admissível do condutor de 90 °C.

QUADRO 52-C11

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência E, F e G

(de acordo com o quadro 52H)

Condutores isolados a polietileno reticulado (XLPE) ou etileno-propileno (EPR), para:

- Cobre
- Temperatura da alma condutora: 90°C
- Temperatura ambiente: 30°C

Secção nominal dos condutores (mm ²)	Cabos multiccondutores		Cabos monocondutores				
	Dois condutores carregados ⁽¹⁾	Três condutores carregados ⁽¹⁾	Dois condutores carregados	Três condutores carregados em triângulo	Três condutores carregados em esteira		
					Sem afastamento ⁽²⁾	Com afastamento ⁽²⁾	
Mét. ref. ⇒	E	E	F	F	F	G	G
Coluna. ⇒	1	2	3	4	5	6	7
1,5	26	23	-	-	-	-	-
2,5	36	32	-	-	-	-	-
4	49	42	-	-	-	-	-
6	63	54	-	-	-	-	-
10	86	75	-	-	-	-	-
16	115	100	-	-	-	-	-
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	-	-	940	823	868	1 085	1 008
500	-	-	1 083	946	998	1 253	1 169
630	-	-	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362

(1) - Para S ≤ 16 mm², admitiu-se que os condutores eram de secção circular e para S > 16 mm², de secção sectorial (aplicável também a condutores de secção circular).

(2) - Afastamento não inferior ao diâmetro exterior do cabo monocondutor (De).

Figura 4.23 – Quadro 52-C11: Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência E, F e G [61].

De acordo com a NP665 (página 92 das RTIEBT publicadas no Diário da República n.º 175/2006 [61]), a designação XZ1 (frt, zh) dos quatro cabos monocondutores apresenta o seguinte significado: a ausência de “L” como primeira letra da designação indica que se trata de um cabo cuja alma condutora é de cobre, “X” indica isolamento em polietileno reticulado (XLPE), “Z1” corresponde à classificação normativa específica do cabo que é com baixa emissão de gases e fumos, “frt” refere-se à propriedade de ser retardante ao fogo e “zh” significa isento de halogéneos.

4.1.2.2 Condição de Proteção Contra Sobrecargas

A seleção do disjuntor assenta em duas condições de proteção contra sobrecargas: a primeira (4.2) estabelece que a corrente de funcionamento (I_2) do disjuntor deve ser inferior ao valor limite térmico da canalização (45% acima do I_Z^{corr}); a segunda (4.3) estabelece que a corrente de serviço (I_B), deve ser inferior ao valor da corrente nominal do disjuntor (I_n) e esta deve ser inferior ao da corrente admissível (I_Z^{corr}) [62].

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z^{corr} \quad (4.2)$$

$$I_B \leq I_n \leq I_Z^{corr} \quad (4.3)$$

em que:

- I_2 corresponde à corrente convencional de funcionamento, isto é, valor para o qual o disjuntor deve atuar antes de expirar o tempo convencional;
- I_n corresponde à corrente nominal do disjuntor, ou seja, o valor de corrente que o disjuntor é capaz de suportar continuamente sem disparar nas condições normais de funcionamento.

Para este estudo, considerou-se um disjuntor do tipo ComPacT NSX N 4×250A (regulável) da Schneider (Figura 4.24), cuja corrente nominal (I_n) pode ser ajustada entre 100 A e 250 A. Para efeitos de cálculo, admitiu-se o pior cenário, correspondente a uma corrente de serviço (I_B) de 250 A.



Figura 4.24 – Disjuntor do tipo Compact NSX N 4x250A (regulável) da Schneider [63].

A I_r representa a corrente de disparo de longa duração ajustada (corrente nominal configurada), considerando neste caso $I_n = I_r$. Este valor é normalmente utilizado para atrasar o disparo em situações de sobrecargas prolongadas, permitindo suportar correntes temporariamente elevadas sem comprometer a proteção. Por exemplo, como vemos na Figura 4.25, “400 segundos a $1,5 \cdot I_r$ ” significa que, se a corrente que passa pelo sistema for 1,5 vezes maior do que a corrente nominal ajustada (I_r), o disjuntor demorará até 400 segundos (6 minutos e 40 segundos) para atuar e desligar o circuito.

[tr] long-time protection delay	400 s a $1,5 \times I_r$
adjustment range	16 s a $6 \times I_r$
	11 s a $7,2 \times I_r$

Figura 4.25 – Intervalo de ajuste do atraso da proteção prolongada do disjuntor escolhido [63].

Verificando as condições de dimensionamento e utilizando as condições (4.2) e (4.3), sem a utilização dos fatores de correção, obtém-se:

$$I_Z \geq I_n \quad \text{e} \quad 1,45 \cdot I_Z \geq I_2$$

$$I_Z \geq 250 \quad \text{e} \quad I_Z \geq \frac{I_2}{1,45} \Leftrightarrow I_Z \geq \frac{1,5 \cdot 250}{1,45} \Leftrightarrow I_Z \geq \frac{375}{1,45} \Leftrightarrow I_Z \geq 259 \text{ A}$$

Posto isto temos de considerar o valor mínimo que será de $I_Z = 259 \text{ A}$. De acordo com o quadro 52-C11, considerando que são cabos monocondutores, três condutores carregados em esteira, sem afastamento, o valor mais próximo superior a 259 A é $I_Z = 279 \text{ A}$, correspondente a uma secção de 70 mm^2 .

No entanto, atendendo ao fator de correção por agrupamento de cabos monocondutores, instalados ao ar, lado a lado, em camada simples, e sabendo que o percurso é horizontal sem afastamento, conforme o Quadro 52-E5 (Figura 4.26), o fator de correção é $k=0,87$. À data da realização dos cálculos do dimensionamento do cabo, o circuito em análise é único. No entanto, considerou-se a possibilidade de futuramente virem a ser instalados até mais dois circuitos na mesma esteira. Assim, o fator de correção adotado no dimensionamento teve em conta essa eventualidade, tendo o cabo sido dimensionado já considerando a presença desses circuitos adicionais.

$$I_z > \frac{375}{1,45 \cdot 0,87} \Leftrightarrow I_z > 297 \text{ A}$$

QUADRO 52-E5

Factores de correcção para agrupamento de diversos circuitos de cabos monocondutores, instalados ao ar, lado a lado, em camada simples, para o método de referência F

(a aplicar aos valores dos quadros 52-C7 a 52-C12)

Modo de instalação (veja-se o quadro 52H)			N.º de circuitos trifásicos ⁽¹⁾			
			N.º de caminhos de cabos	1	2	3
Caminhos de cabos perfurados horizontais	13	Cabos sem afastamento entre si e afastados dos elementos da construção de $d \geq 20 \text{ mm}^{(2)}$	1	0,98	0,91	0,87
			2	0,96	0,87	0,81
			3	0,95	0,85	0,78
Caminhos de cabos perfurados verticais	13	Cabos encostados ⁽³⁾	1	0,96	0,86	-
			2	0,95	0,84	-
Escadas (para cabos), consolas, etc.	14	Cabos sem afastamento entre si e afastados dos elementos da construção de $d \geq 20 \text{ mm}^{(2)}$	1	1,00	0,97	0,96
	15		2	0,98	0,93	0,89
	16		3	0,97	0,90	0,86
Caminhos de cabos perfurados horizontais	13	Cabos com afastamento entre si $\geq De$ e afastados dos elementos da construção de $d \geq 20 \text{ mm}^{(4)}$	1	1,00	0,98	0,96
			2	0,97	0,93	0,89
			3	0,96	0,92	0,86
Caminhos de cabos perfurados verticais	13	Cabos com afastamento entre si $\geq De^{(4)}$	1	1,00	0,91	0,89
			2	1,00	0,90	0,86
Escadas (para cabos), consolas, etc.	14	Cabos com afastamento entre si $\geq De$ e afastados dos elementos da construção de $d \geq 20 \text{ mm}^{(4)}$	1	1,00	1,00	1,00
	15		2	0,97	0,95	0,93
	16		3	0,96	0,94	0,90

(1) - Para os circuitos constituídos por vários cabos em paralelo por fase cada grupo de três condutores deve ser considerado com um único circuito para a determinação do número de circuitos trifásicos.
(2) - Cada circuito é constituído por três cabos monocondutores em esteira horizontal.
(3) - Cada circuito é constituído por três cabos monocondutores em esteira vertical.
(4) - Cada circuito é constituído por três cabos monocondutores em triângulo.
d - é a distância dos cabos aos elementos da construção.
De - é o diâmetro exterior dos cabos.

Figura 4.26 – Quadro 52-E5: Fatores de correção para agrupamento de diversos circuitos de cabos monocondutores, instalados ao ar, lado a lado, em camada simples, para o método de referência F [61].

Portanto, uma vez que I_z tem de ser maior que 297 A, consultando o Quadro 52-C11, a secção necessária sobe para 95 mm^2 , cujo valor da corrente admissível é $I_z = 342 \text{ A}$.

Aplicando o fator de correção, obtém-se:

$$I_z^{corr} = 342 \cdot 0,87 = 298 \text{ A}$$

valor que se revela superior aos 259 A necessários, cumprindo, portanto, as condições de proteção contra sobrecargas.

4.1.2.3 Proteção Face a Curto-Circuito – Intensidade Máxima Admissível em Regime de Curto-Circuito

Os dispositivos de proteção contra curto-circuito, como fusíveis e disjuntores, devem apresentar características que lhes permitam interromper a alimentação do circuito quando ocorrerem defeitos, evitando danos tanto aos próprios dispositivos quanto às instalações. Essa capacidade de interrupção é designada como poder de corte, correspondente ao valor máximo da corrente de curto-circuito (expresso em kA) que o dispositivo pode interromper [64].

O valor da corrente de curto-circuito (I_{cc}) numa instalação depende de diversos fatores, nomeadamente da potência e do tipo de fonte de alimentação, da distância da instalação à fonte de alimentação, das características da rede que a alimenta e ainda das próprias características da instalação [64].

4.1.2.3.1 Corrente máxima de curto-circuito – poder de corte mínimo exigido

A intensidade máxima da corrente de curto-circuito, avaliada no secundário do transformador (Quadro Geral de Baixa Tensão), pode ser determinada através da equação (4.4) [65]:

$$I_{CCm\acute{a}x} = \frac{U_C/\sqrt{3}}{|Z_{equivalente}|} \cdot 10^{-3} \quad (4.4)$$

em que:

- U_C corresponde à tensão composta em carga na Baixa Tensão (400 V);
- $Z_{equivalente}$ corresponde à soma das impedâncias do cabo (a montante do ponto em estudo), transformador e da rede;
- $I_{CCm\acute{a}x}$ corresponde à intensidade de corrente de curto-circuito na Baixa Tensão (kA).

As expressões (4.5), (4.6) e (4.7) traduzem a forma geral da impedância de curto-circuito, considerando as suas componentes resistivas e reativas, do transformador, da rede de distribuição e do cabo, respetivamente. O cálculo da impedância equivalente é efetuado através da expressão (4.8).

$$Z_{ccT} = R_T + jX_T \quad (4.5)$$

$$Z_{ccR} = R_R + jX_R \quad (4.6)$$

$$Z_{cabo} = R_{cabo} + jX_{cabo} \quad (4.7)$$

$$Z_{equivalente} = (R_{cabo} + R_T + R_R) + j(X_{cabo} + X_T + X_R) \quad (4.8)$$

Como a reatância dos transformadores e da rede a montante é significativamente superior à sua resistência, a componente resistiva dos mesmos pode ser desprezada no cálculo da corrente de curto-circuito [66]. Assim, a impedância pode ser considerada aproximadamente igual à sua componente reativa, ou seja, $Z \approx jX$. Posto isto, $R_T \approx 0$ e $R_R \approx 0$ pelo que $Z_{ccT} \approx jX_T$ e $Z_{ccR} \approx jX_R$. Considerando estas aproximações e adaptando a expressão (4.8) obtém-se a expressão (4.9) e (4.10).

$$Z_{equivalente} = (R_{cabo}) + j(X_{cabo} + X_T + X_R) \quad (4.9)$$

$$|Z_{equivalente}| = \sqrt{(R_{cabo_{95mm^2}})^2 + (X_{cabo_{95mm^2}} + X_T + X_R)^2} \quad (4.10)$$

O cálculo da impedância de curto-circuito da rede de distribuição Z_{ccR} é determinado pela equação (4.11):

$$Z_{ccR} = \frac{U_{BT}^2}{S_{cc}} \cdot 10^{-6} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (4.11)$$

em que:

- S_{cc} corresponde à potência de curto-circuito da rede de distribuição no ponto de interligação (MVA);
- U_{BT} corresponde à tensão composta em vazio na Baixa Tensão (V).

O valor de S_{cc} foi fornecido pela EDP, sendo a potência de curto-circuito da rede MT de $S_{cc} = 350$ MVA. Substituindo os valores obtidos na expressão (4.11), obtém-se:

$$Z_{ccR} = \frac{400^2}{350} \cdot 10^{-6} = 0,000457 \Omega = 4,57 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Para o cálculo da impedância de curto-circuito do transformador Z_{ccT} utiliza-se a seguinte expressão (4.12):

$$Z_{ccT} = \frac{U_{BT}^2}{S} \cdot \frac{u_{cc}}{100} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (4.12)$$

em que:

- U_{BT} corresponde à tensão composta em carga na BT (400 V);
- S corresponde à potência nominal do transformador (VA);
- u_{cc} corresponde à tensão de curto-circuito do transformador (%).

A potência nominal do transformador é de 1250 kVA e a tensão de curto-circuito do mesmo $u_{cc} = 5,62\%$ (retirado da chapa de características do transformador que alimenta o serviço de farmácia), obtém-se:

$$Z_{ccT} = \frac{400^2}{1250 \cdot 10^3} \cdot \frac{5,62}{100} = 0,007194 \Omega = 7,194 \cdot 10^{-3} \Omega$$

A distância entre o QGBT e o quadro parcial é de aproximadamente 75 metros. Para o cabo de interligação entre os quadros, os valores de resistência e reatância foram obtidos a partir de tabelas técnicas usuais para cabos de cobre em baixa tensão, baseadas em dados normalizados e amplamente utilizadas em guias de cálculo de instalações elétricas. Os valores considerados são: $R_{cabo_{95mm^2}} = 0,193$ (Ω/km) e $X_{cabo_{95mm^2}} = 0,072$ (Ω/km) para uma temperatura ambiente de 20 °C.

$$R_{cabo_{95mm^2}} = 0,193 \cdot 0,075 = 1,45 \cdot 10^{-2} \Omega$$

$$X_{cabo_{95mm^2}} = 0,072 \cdot 0,075 = 5,4 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Substituindo os valores na expressão (4.10) obtém-se o valor de $|Z_{equivalente}|$.

$$|Z_{equivalente}| = \sqrt{(1,45 \cdot 10^{-2})^2 + (5,4 \cdot 10^{-3} + 7,194 \cdot 10^{-3} + 4,57 \cdot 10^{-4})^2}$$

$$|Z_{equivalente}| = 1,95 \cdot 10^{-2} \Omega$$

Obtido o valor de $|Z_{equivalente}|$ é possível substituir o mesmo na expressão (4.4) de $I_{CCmáx}$.

$$I_{CCmáx} = \frac{400/\sqrt{3}}{1,95 \cdot 10^{-2}} = 11849 = 11,85 \text{ kA}$$

Assim, todos os dispositivos colocados no QGBT e que tenham de interromper as eventuais correntes de curto-circuito devem satisfazer a condição.

$$P_{DC} \geq I_{CCmáx} \quad (4.13)$$

O poder de corte (P_{DC}) do dispositivo não deve ser inferior à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que o dispositivo for instalado.

Considerando o disjuntor do tipo ComPacT NSX N 4×250A (regulável) com um $P_{DC} = 50 \text{ kA}$, temos $50 \text{ kA} \geq 11,85 \text{ kA}$ pelo que se satisfaz a condição (4.13).

4.1.2.3.2 Corrente de curto-circuito mínima – tempos de atuação máximos

Não considerando a rede a montante do QGBT, é possível calcular a corrente de curto-circuito mínima, I_{CCmin} , através expressão (4.14). A expressão (4.15) corresponde a uma adaptação da expressão (4.14), de forma a facilitar a sua interpretação [67][68]. Assim, os cálculos serão realizados com base na equação (4.15).

$$I_{CCmin} = \frac{0,95 \cdot U_s}{|(jX_{tr} + \sum_k j X_k) + k_\theta(\sum_F R_F + \sum_N R_N)|} \quad (4.14)$$

$$I_{CCmin} = \frac{0,95 \cdot U_s}{\sqrt{(Z_{ccT} + \sum_{cabo} X_{cabo})^2 + (k_\theta \cdot (R_{fase}^{20^\circ} + R_{neutro}^{20^\circ}))^2}} \quad (4.15)$$

Sendo que:

- I_{CCmin} corresponde à intensidade de corrente de curto-circuito mínima (A);
- U_s corresponde à tensão simples, em V (230 V);
- $R_{fase}^{20^\circ}$ corresponde à resistência do condutor de fase (Ω/km) para 20 °C [68];
- $R_{neutro}^{20^\circ}$ corresponde à resistência do condutor de neutro (Ω/km) para 20 °C [68];
- X_{cabo} corresponde à reatância do cabo (Ω/km);
- k_θ corresponde ao fator de correção da resistência devido à temperatura para uma temperatura final de curto-circuito de 160 °C [68].

Sabendo que:

$$R_{fase_95mm^2}^{20^\circ} = R_{neutro_95mm^2}^{20^\circ} = 0,193 \Omega/\text{km}$$

$$X_{cabo_95mm^2} = 0,072 \Omega/\text{km}$$

Procede-se à substituição dos valores na expressão (4.15):

$$I_{CCmin} = \frac{0,95 \cdot 230}{\sqrt{(7,194 \cdot 10^{-3} + 0,072 \cdot 0,075)^2 + (1,5 \cdot (2 \cdot (0,193 \cdot 0,075)))^2}}$$

$$I_{CCmin} = 4832,53 \text{ A}$$

De forma que o disjuntor possua um tempo de atuação inferior a 40 ms (tipicamente entre 10 e 20 ms), conforme a curva de disparo do disjuntor ComPacT NSX N 4×250A, a intensidade de corrente de curto-circuito tem de ser igual ou superior a 3000 A (Figura 4.27). Deste modo o disjuntor selecionado tem o tempo de atuação situado na zona de disparo instantâneo. Assim, se a corrente ultrapassar 3000 A, o disjuntor atuará imediatamente, pelo que atuará para a corrente I_{CCmin} .

Instantaneous protection pick-up adjustment type li	Fixo
[li] instantaneous protection pick-up adjustment range	3000 A

Figura 4.27 – Disparo instantâneo do disjuntor ($I_i = 3000 \text{ A}$) [63].

Importa agora verificar se o cabo é capaz de suportar a corrente de curto-circuito durante o tempo necessário até ao disparo do disjuntor. Assim, deverá determinar-se o tempo de fadiga térmica do cabo, t_{ft} , que se refere ao período máximo durante o qual o condutor pode suportar termicamente a corrente de curto-circuito, sem ultrapassar a temperatura admissível.

O tempo de fadiga térmica do cabo (t_{ft}) pode ser calculado através da seguinte equação:

$$t_{ft} = \frac{K^2 \cdot s^2}{I_{CCmin}^2} \quad (4.16)$$

Sendo que:

- t_{ft} corresponde ao tempo de fadiga térmica;
- I_{CCmin} corresponde à corrente de curto-circuito mínima (A);
- K corresponde à constante cujo valor depende das características do material isolante e do material condutor;
- s corresponde à secção do condutor (mm^2).

De acordo com as RTIEBT, o valor de K pode assumir os seguintes valores:

- 115 – Condutores com alma de cobre isolada a policloreto de vinilo;
- 134 – Condutores de alma de cobre isolada a borracha natural, borracha butílica;
- 143 – Para cabos de cobre isolados a polietileno reticulado ou etileno-propileno;
- 76 – Condutores com alma de alumínio isolada a policloreto de vinilo;
- 89 – Condutores de alma de alumínio isolada a borracha butílica;
- 94 – Condutores com alma de alumínio, isolada a polietileno reticulado ou a etileno-propileno.

Uma vez que os condutores que vão ser utilizados são condutores com alma de cobre isolado a XLPE, assume-se $K = 143$. Procedendo-se à substituição dos valores na expressão, (4.16), obtêm-se 7,90 segundos.

$$t_{ft} = \frac{143^2 \cdot 95^2}{4832,53^2} = 7,90 \text{ s}$$

O tempo de atuação do aparelho de proteção, t_a , tem de verificar as condições (4.17) e (4.18), ou seja, o aparelho deverá eliminar o curto-circuito num tempo inferior ao tempo de fadiga térmica, t_{ft} , e, por limitação da duração do curto-circuito, em menos de 5 segundos:

$$t_a \leq t_{ft} \quad (4.17)$$

$$t_a \leq 5 \text{ s} \quad (4.18)$$

O tempo de atuação de 10-20 ms (atuação instantânea) garante o cumprimento das condições referidas, confirmando que o cabo está adequadamente protegido contra os efeitos térmicos do curto-circuito.

Em caso de falha de algum transformador, situação na qual poderá ser necessário recorrer a geradores, a tensão de curto-circuito percentual (u_{cc}) é superior à do transformador. Tal significa que a impedância interna do gerador é maior e, por consequência, as correntes de curto-circuito do gerador serão, portanto, mais reduzidas do que as obtidas quando a instalação está alimentada diretamente pelo transformador. Ainda assim, mesmo considerando o cenário mais desfavorável para garantia de disparo instantâneo do disjuntor (alimentação pelo gerador com menor I_{CCmin}), o valor da corrente de defeito permanece superior ao nível de disparo instantâneo do disjuntor (3000 A), garantindo a atuação imediata do mesmo.

Assim, o cenário analisado com alimentação pelo transformador corresponde ao caso mais grave do ponto de vista térmico, por produzir as maiores correntes de curto-circuito e, conseqüentemente, os maiores esforços térmicos nos cabos.

Uma vez demonstrado que o disjuntor elimina o defeito num tempo muito inferior ao tempo de fadiga térmica do cabo, conclui-se que a proteção permanece assegurada também no regime de funcionamento com alimentação por grupo gerador.

4.1.2.4 Verificação do Critério da Queda de Tensão

Para a verificação do critério da queda de tensão, o valor da queda da tensão, ΔU , tem de ser menor que o valor da queda da tensão máxima admissível, $\Delta U_{m\acute{a}x.adm.}$, isto é $\Delta U \leq \Delta U_{m\acute{a}x.adm.}$. Portanto, primeiro é necessário calcular a resistência do condutor proposto (XZ1 (frt, zh)) com a secção escolhida anteriormente (95 mm²), através da tabela da Figura 4.23.

Tendo em conta que a distância entre o QGBT e o quadro elétrico para a ampliação da farmácia é de 75 metros, o valor da resistência para o cabo proposto, a 20 °C é de:

$$R_{20\text{ }^\circ\text{C}} = 0,193 \cdot 0,075 = 0,0145 \ \Omega$$

A resistência deverá ser corrigida para a temperatura limite de funcionamento, 90 °C para XLPE, logo:

$$R_{90\text{ }^\circ\text{C}} = (1 + 0,00393 \cdot (90 - 20)) \cdot R_{20\text{ }^\circ\text{C}} = 0,0185 \ \Omega$$

A reatância do cabo é a seguinte: $X_{cabo} = 0,075 \cdot 0,072 = 0,0054 \ \Omega$.

Então, podemos calcular a queda de tensão no cabo através da seguinte equação (4.19).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_B \cdot (R_{90\text{ }^\circ\text{C}} \cdot \cos(\varphi) + X_{cabo} \cdot \sin(\varphi)) \quad (4.19)$$

Sendo que:

- ΔU corresponde à queda de tensão composta (V);
- I_B corresponde à intensidade de corrente de Serviço (A);
- $R_{90^\circ C}$ corresponde à resistência elétrica do cabo (Ω);
- X_{cabo} corresponde à reactância do cabo (Ω);
- φ corresponde ao ângulo de defasamento entre a tensão simples e a respetiva corrente (ângulo de fator de potência).

Considerando um fator de potência de 0,9 como valor típico de utilização:

$$\cos(\varphi) = 0,9 \Leftrightarrow \varphi = 25,84^\circ$$

$$\text{sen}(25,84^\circ) = 0,44$$

Substituindo os valores na expressão (4.19), obtém-se uma queda de tensão de 8,24 V.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (0,0185 \cdot 250 \cdot 0,9 + 0,0054 \cdot 250 \cdot 0,44) = 8,24 \text{ V}$$

Para uma rede de 400 V, a queda de tensão no cabo corresponde a $8,24 / 400 \cdot 100\% = 2,1\%$. Tendo em consideração o disposto nas Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão, aprovadas pela Portaria nº 949-A/2006 de 11 de setembro [61], a Figura 4.28 apresenta as quedas de tensão admissíveis.

QUADRO 52O

Quedas de tensão máximas admissíveis

Utilização	Iluminação	Outros usos
A - Instalações alimentadas directamente a partir de uma rede de distribuição (pública) em baixa tensão	3 %	5 %
B - Instalações alimentadas a partir de um Posto de Transformação MT/BT ⁽¹⁾	6 %	8 %

(1) - Sempre que possível, as quedas de tensão nos circuitos finais não devem exceder os valores indicados para a situação A. As quedas de tensão devem ser determinadas a partir das potências absorvidas pelos aparelhos de utilização com os factores de simultaneidade respectivos ou, na falta destes, das correntes de serviço de cada circuito.

Figura 4.28 – Quedas de tensão máximas admissíveis (Quadro 52O) de acordo com as RTIEBT [61].

Tratando-se do caso B (alimentação proveniente do PT), significa que, para circuitos com origem no novo quadro da farmácia, estarão disponíveis quedas de tensão máximas de $6 - 2,1 = 3,9\%$ para iluminação e de $8 - 2,1 = 5,9\%$ para os restantes usos.

4.2 Acompanhamento dos Planos de Manutenção Preventiva

Para a realização da manutenção hospitalar, o hospital dispõe de uma planificação anual de manutenção, elaborada pelo SUCH. Esta planificação consiste em planos já estruturados para cada área de intervenção que permitem uma manutenção planeada e organizada, de modo a garantir a qualidade do equipamento e evitar a manutenção corretiva.

A planificação contempla os Planos de Inspeção e Manutenção Preventiva (PIMP), distribuídos ao longo do ano, permitindo que os técnicos os realizem de forma faseada e assegurando que todas as áreas de intervenção tenham a manutenção necessária. Para além dos PIMP, existem os Pedidos de Assistência Técnica (PAT), que correspondem a uma manutenção corretiva solicitada pelo hospital em resposta a falhas ou necessidades pontuais.

Este tipo de organização assegura o bom funcionamento das instalações hospitalares, pois permite combinar manutenções preventivas e intervenções corretivas sempre que necessário.

Os planos de manutenção preventiva ajudam no controlo de qualidade dos equipamentos, evitando desgastes excessivos e prolongando a vida útil dos mesmos [4]. Alguns dos serviços são realizados com periodicidade indicada em cada plano, sendo estas manutenções diárias, semanais, quinzenais, trimestrais ou anuais.

Para a manutenção hospitalar é necessário seguir planos já estruturados para cada área de intervenção, que permitam uma manutenção planeada e organizada, garantindo a qualidade do equipamento e evitando a manutenção corretiva.

4.2.1 Equipamentos Utilizados

A manutenção preventiva em hospitais caracteriza-se por atividades que visam prevenir o surgimento de problemas e manter os equipamentos médicos em boas condições de operação.

No que se refere à segurança do paciente, este tipo de manutenção permite identificar falhas aparentemente simples, mas de elevado impacto, tais como lâmpadas queimadas em aparelhos médicos, falhas no funcionamento de eletrocardiógrafos, ausência de acionamento de alarmes em equipamentos cardíacos, erros no gotejamento de substâncias em bombas de infusão ou até risco de choque elétrico.

Por isso, devem ser estabelecidos protocolos de manutenção preventiva e corretiva, em conformidade com as instruções e recomendações do fabricante do equipamento e de acordo com a legislação em vigor, podendo tais protocolos incluir testes de manutenção, qualitativos e quantitativos.

Os principais instrumentos utilizados para monitorizar parâmetros elétricos e verificar o correto funcionamento das instalações incluem (Figura 4.29):

- A. Multímetro digital;
- B. Medidor de sinal de TV;
- C. Multímetro termográfico;
- D. Termómetro;
- E. Pinça amperimétrica digital;
- F. Kit de medição de terras;
- G. Vara telescópica com detetor de tensão.
- H. Luxímetro digital;
- I. Busca-pólos.



Figura 4.29 – Equipamentos de medição e ensaio utilizados nas atividades de manutenção preventiva e corretiva [69][70][71][72][73][74][75][76][77].

Para a execução de trabalhos de carácter corretivo ou preventivo, são utilizadas ferramentas manuais e elétricas, bem como equipamentos auxiliares, destacando-se:

- Escadotes (de diferentes dimensões e isolados para trabalhos elétricos);
- Escadas extensíveis;
- Berbequins com e sem fios;
- Aparafusadora elétrica (sem fios);
- Ferro de soldar e chupa-soldas;
- Aspirador industrial;
- Malas de ferramentas equipadas com martelos, alicates, chaves de fendas, chaves sextavadas, chaves de estrela, entre outros acessórios indispensáveis;
- Conjunto de ferramentas isoladas para piquetes (Figura 4.30) especialmente concebidas para trabalhar em linhas elétricas com isolamento por imersão de acordo com norma IEC 60900.



Figura 4.30 – Conjunto de ferramentas isoladas [78].

A seleção e correta utilização destes equipamentos são determinantes para a qualidade das intervenções realizadas, permitindo a deteção de avarias, a realização de ensaios de segurança elétrica e a execução de reparações com eficiência e segurança. Para além disso, a utilização de ferramentas adequadas contribui para a prevenção de riscos profissionais, em conformidade com as normas em vigor.

4.2.2 Áreas de Intervenção

A manutenção preventiva é realizada com base nas fichas de manutenção desenvolvidas no âmbito dos serviços de manutenção técnica das redes elétricas contratados ao SUCH pelo ULS Coimbra, nas suas instalações, mais concretamente no bloco central dos HUC, no bloco de Celas e na maternidade Dr. Daniel de Matos.

O SUCH realiza a manutenção das seguintes instalações elétricas:

1. Bloco Central dos HUC:
 - Posto de chegada e postos de transformação nº 1, 2 e 3;
 - Grupos de emergência de energia elétrica;
 - Quadros gerais de baixa tensão;
 - Quadros parciais de baixa tensão;
 - UPS;
 - Painéis de isolamento;
 - Iluminação;
 - Iluminação autónoma;
 - Rede de deteção de incêndios;
 - Rede de letreiros de saída;
 - Rede de terras e para-raios;
 - Baterias e carregadores;
 - Sistemas de intercomunicação e de sinalização;
 - Sistema de som e música ambiente;
 - Sistema de rádio e de TV;
 - Rede telefónica;
 - Sistema de relógios;
 - Rede de cabos.
2. Blocos de Celas e maternidade Dr. Daniel de Matos:
 - Rede telefónica;
 - Redes elétricas de iluminação, tomadas e quadros elétricos.

As fichas de manutenção estabelecem as tarefas a executar, incluindo ensaios qualitativos e quantitativos, de modo a assegurar a fiabilidade das instalações e a conformidade com os requisitos normativos (Subcapítulo 3.1 – Normas Técnicas). Nas secções seguintes, será apresentada uma descrição geral da manutenção realizada em cada uma das áreas de intervenção mencionadas anteriormente.

4.2.2.1 Posto de Transformação e Posto de Chegada

No âmbito da manutenção preventiva dos postos de transformação, a equipa de manutenção do SUCH realiza, uma vez por ano, a limpeza geral das instalações localizadas no bloco central dos HUC. Tendo em conta a relevância destes equipamentos para o funcionamento

hospitalar, esta intervenção é realizada mediante a programação de uma interrupção temporária e pontual do fornecimento de energia elétrica.

Apesar da divulgação e publicação prévia do aviso no portal interno da ULS, a equipa de manutenção do SUCH realiza, uns dias antes da interrupção de energia, uma ação de sensibilização a determinados serviços. Nessa comunicação, é transmitido aos responsáveis que, durante o corte de energia, permanecerão em funcionamento apenas as instalações alimentadas pela rede de emergência, cujas tomadas estão devidamente sinalizadas para o efeito. Recomenda-se, ainda, a adoção de medidas preventivas, tais como desligar, na véspera, todos os equipamentos médicos e informáticos não essenciais, a fim de evitar eventuais danos.

Esta ação de sensibilização é dirigida apenas a determinados serviços considerados fundamentais para o bom funcionamento do hospital, entre os quais se destacam:

- Serviço de sangue, serviço de farmácia e medicina da reprodução, que devem verificar atempadamente, se todas as arcas e câmaras frigoríficas se encontram ligadas a circuitos de emergência;
- Medicina nuclear e imagiologia;
- Blocos operatórios e esterilização;
- Comando centralizado;
- Serviços hoteleiros, incluindo vigilância, lavandaria, nutrição, limpeza e gestão de resíduos;
- Elevadores.

Os trabalhos de limpeza geral são acompanhados pelo responsável pela exploração das instalações elétricas, designado pelo proprietário da instalação, para assumir a responsabilidade efetiva pela exploração da instalação. Estas intervenções são realizadas fora de tensão (IFT), após terem sido tomadas as medidas adequadas para evitar riscos elétricos, para que nada esteja em tensão nem em carga.

É essencial assegurar previamente que os trabalhos sejam executados de acordo com os procedimentos adequados ao trabalho e com a utilização de equipamentos apropriados, de forma a garantir a segurança de todos os trabalhadores. A manutenção inicia-se com a execução de manobras em quadros de baixa tensão e em redes de média tensão, seguida de trabalhos fora de tensão.

Mesmo que os trabalhos fora de tensão tenham risco reduzido, é necessário garantir a ausência de tensão, pois ainda pode haver tensão residual. Desse modo, devem ser seguidos alguns procedimentos começando pela colocação de EPI e dos EPC, especificados nos Capítulos 3.2 e 3.3.

Depois de autorizadas pelo responsável de exploração, são executadas as manobras de consignação (ou a desconsignação) da instalação elétrica que, de forma geral, consistem nos seguintes passos:

- Passo 1: Identificação e delimitação da zona de trabalho, de modo a restringir o acesso a pessoal não autorizado.
- Passo 2: Desligar, nos QGBT, os dispositivos de corte (disjuntores, chaves etc.) de baixa tensão que alimentam a área a ser consignada. São utilizados cadeados e etiquetas de identificação para garantir que os dispositivos de corte permaneçam desligados e que a área não seja acidentalmente colocada em tensão.
- Passo 3: Bloqueio de todos os órgãos de corte ou seccionamento na posição de abertura, na cela de média tensão a consignar;

Passo 4: Teste de ausência de tensão na área consignada, recorrendo a uma vara detetora de tensão adequada ao nível de tensão em causa. É realizada a ligação à terra e em curto-circuito no primário do transformador através de um *kit* de terras apropriado.

Para garantir a segurança dos trabalhadores durante a execução das manobras, é necessário respeitar as cinco regras de ouro para trabalhos fora de tensão.

Conforme a Figura 4.31 ilustra, as cinco regras de ouro são as seguintes:

1. Cortar a alimentação, separando completamente a instalação de todas as possíveis fontes de tensão, assegurando o corte visível;
2. Bloquear os órgãos de corte ou seccionamento na posição de abertura, de forma a evitar a sua religação;
3. Confirmar a ausência de tensão, após a identificação da instalação colocada fora de serviço, no local de trabalho;
4. Ligar à terra e em curto-circuito o primário do transformador, garantindo que qualquer descarga elétrica seja dissipada com segurança e prevenindo choques elétricos;
5. Delimitar a zona de trabalhos e proteger contra as peças em tensão adjacentes, evitando riscos adicionais.



Figura 4.31 – As cinco regras de ouro para realizar trabalhos fora de tensão [78].

Depois de autorizada pelo responsável de trabalhos, a equipa de manutenção do SUCH inicia os procedimentos de limpeza, que incluem a lubrificação das articulações dos seccionadores, das portas das celas e das respetivas fechaduras. São ainda limpos os transformadores e os barramentos no interior das celas, bem como os disjuntores de Média Tensão (MT), verificando-se igualmente a necessidade de substituição de componentes.

A limpeza dos equipamentos e dos barramentos é realizada com recurso ao líquido solvente per-Sol 60E, um produto de elevada rigidez dielétrica, normalmente utilizado na limpeza de postos de transformação. A sua aplicação exige o rigoroso cumprimento das normas de segurança e das medidas de proteção indicadas nas respetivas fichas de segurança, garantindo a utilização correta e segura do produto.

A nível de testes qualitativos, são realizadas verificações aos quadros de encravamento (Figura 4.32) ao funcionamento dos seccionadores e da aparelhagem de manobra, bem como ao relé de proteção de transformadores a óleo (DGPT).



Figura 4.32 – Quadro de encravamentos.

O relé de proteção DGPT é um dispositivo utilizado em transformadores a óleo e integra três mecanismos principais de deteção: descarga de gás, sobrepresão e aumento de temperatura, garantindo que, sempre que ultrapassados os limites de segurança, são acionados alarmes ou disparos. Estes parâmetros são controlados através de dispositivos específicos [78], como é possível observar na Figura 4.33:

- a) A descarga de gás é monitorizada por uma ampola magnética, cuja alteração de posição indica a acumulação de gases no interior do transformador;
- b) A sobrepresão é detetada por pressostatos (tipo 1 e tipo 2), que sinalizam variações anómalas de pressão associadas a curtos-circuitos internos ou falhas no isolamento;
- c) O aumento de temperatura é controlado pelos termóstatos T1 e T2, que acionam alarmes e disparos quando os limites estabelecidos pelo fabricante são ultrapassados [78].

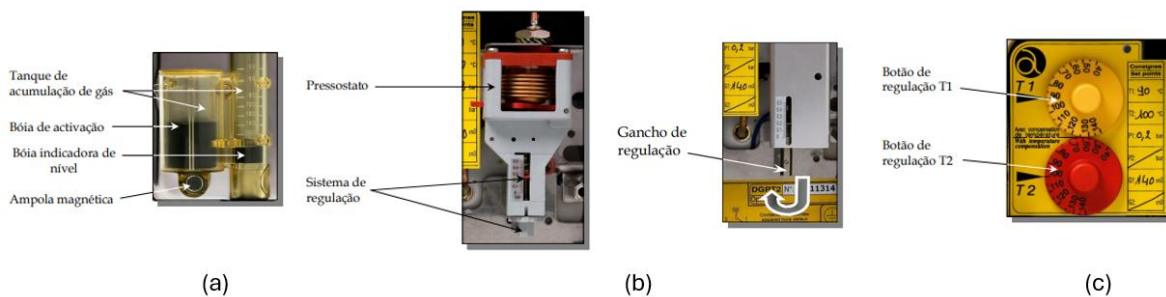


Figura 4.33 – Elementos de verificação do relé de proteção DGPT: (a) Descarga de gás através da ampola magnética; (b) Sobrepresão – pressostatos do tipo 1 e tipo 2; (c) Controlo de temperatura – termóstatos T1 e T2 [78].

A descarga de gás ocorre quando se verifica um defeito elétrico na parte ativa do transformador, o que provoca a formação de gases. Estes acumulam-se no interior do tanque e, quando o volume de gás atinge um valor crítico, a ampola magnética balança. A sobrepresão encontra-se, geralmente, relacionada com um curto-circuito interno, em que o arco elétrico provoca um aumento de pressão instantâneo. Quando o valor limite definido pelo fabricante é atingido, os pressostatos basculam, ativando o alarme ou o disparo do sistema de proteção. Já o aumento da temperatura deve-se, por norma, a defeitos elétricos ou a sobrecargas de utilização.

Quando a temperatura do dielétrico atinge os pontos-limite estabelecidos pelo fabricante, os termóstatos T1 e T2 entram em funcionamento, alterando o estado do contacto elétrico para sinalizar a anomalia ou desligar o transformador. Estes três parâmetros são monitorizados continuamente, garantindo a proteção do transformador e aumentando a sua fiabilidade operacional.

A nível de testes quantitativos, os únicos parâmetros registados correspondem às tensões no quadro de encravamentos e aos consumos dos geradores.

Durante a limpeza geral e a verificação do funcionamento da aparelhagem de manobra, caso a equipa de manutenção identifique a necessidade de efetuar reparações ou intervenções técnicas da responsabilidade do fabricante, como, por exemplo, o enchimento de SF6 ou a substituição de facas de seccionadores. Estas situações serão comunicadas ao Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE) dos HUC, para que seja autorizada a sua reparação e a emissão da respetiva nota de encomenda ao fabricante.

Por fim, antes da reposição da rede, realiza-se uma inspeção visual final, e as manobras somente podem ser realizadas após autorização do responsável pela exploração. Nenhuma instalação pode ser colocada em tensão enquanto o aviso de fim de trabalhos não for entregue pelo responsável de trabalhos ao responsável de exploração.

Na sequência desta descrição, apresentam-se imagens representativas da manutenção preventiva dos três postos de transformação do bloco central dos HUC, realizada pela equipa de manutenção do SUCH.

A Figura 4.34 apresenta o posto de chegada da rede elétrica que alimenta os postos de transformação PT1, PT2 e PT3. Na Figura 4.34 – A, observa-se um seccionador de linha, enquanto, na Figura 4.34 – B, é visível a cela de chegada, composta por um disjuntor, um transformador de corrente (TI) ligado em série e um transformador de tensão (TT) ligado em paralelo.



A



B

Figura 4.34 – Posto de chegada da rede elétrica que fará a ligação ao PT1, PT2 e PT3

A Figura 4.35 ilustra diferentes elementos associados ao PT. Na Figura 4.35 – A, a ligação à terra e em curto-circuito da cela de chegada são fundamentais para garantir a segurança durante as intervenções. Na Figura 4.35 – B, uma cela de média tensão equipada com disjuntor com gás

SF6 e seccionador, utilizados para isolar partes do circuito durante a manutenção, e, na Figura 4.35 – C, uma cela com transformador de 15 kV/400 V.

O disjuntor SF6 é um dispositivo de proteção elétrica que interrompe correntes elétricas em sistemas de energia de média ou alta tensão. O gás SF6 (hexafluoreto de enxofre) possui propriedades isolantes e de extinção de arco elétrico que se forma quando a corrente é interrompida, tornando-o ideal para disjuntores de média ou alta tensão [79].



Figura 4.35 – Exemplo de um posto de transformação com as celas: cela proveniente do posto de chegada (A), cela com o disjuntor (SF6) e interruptor-seccionador (B) e o transformador (C).

A Figura 4.36 mostra uma cela de média tensão instalada no PT3 do HUC, pertencente à gama SM6.



Figura 4.36 – Distribuição de média tensão – solução modular da gama SM6.

Esta configuração modular, composta por celas equipadas com aparelhagem fixa em SF6, tem, na sua constituição, um interruptor-seccionador, um disjuntor e um seccionador. O sistema confere maior proteção aos operadores e facilita a instalação.

4.2.2.2 Bancos de Baterias de Corrente Contínua

Em caso de falha da rede elétrica hospitalar, é fundamental a existência de um sistema alternativo de energia capaz de suprir essa falha sem comprometer o bom funcionamento do hospital. Para esse efeito, encontra-se instalado em cada posto de transformação um banco de baterias de corrente contínua (+/- 110 Vcc), acompanhado de carregadores, responsável por garantir a alimentação dos circuitos de comando e controlo dos equipamentos de média tensão, bem como dos sistemas de monitorização e proteção associados aos Transformadores e QGBT.

Este sistema assegura o deslastre da rede e a ligação dos grupos geradores aos barramentos da alimentação socorrida, bem como a sua posterior restituição quando a alimentação da rede pública é restabelecida. Tal é possível porque todo o sistema de comando e controlo dos equipamentos de baixa e média tensão opera em corrente contínua (+/- 110 Vcc).

Pelos motivos descritos anteriormente, é fundamental manter os bancos de baterias de corrente contínua existentes nos postos de transformação do bloco central dos HUC. A manutenção é feita pela equipa de manutenção do SUCH, sendo realizada a limpeza dos bornes das baterias e dos carregadores, e a reposição do nível de eletrólito com água destilada ou desmineralizada. Os testes qualitativos baseiam-se na verificação dos apertos nos bornes e nos cabos de ligação. Já os testes quantitativos consistem no registo de valores de tensão e temperatura, permitindo monitorizar o desempenho das baterias e antecipar eventuais falhas.

4.2.2.3 Rede de Detecção de Incêndio

Antes da realização dos testes qualitativos procede-se a uma manutenção geral que inclui a inspeção visual, a limpeza e, sempre que necessário, a substituição de componentes. Esta intervenção inclui a higienização da central de incêndio, dos detetores, das sirenes e das botoneiras (Figura 4.37). Sempre que se verifica que algum destes elementos se encontra danificado ou não operacional, efetua-se a respetiva substituição.



Figura 4.37 – Botoneira, detetor e sirene convencionais de incêndio interior [80][81][82].

No âmbito dos testes qualitativos, destaca-se a realização dos testes aos sinalizadores dos registos corta-fogo, presentes na Figura 4.38. Na Figura 4.39 está um exemplo de um registo de corta-fogo. Estes são dispositivos instalados nos sistemas de ventilação e ar-condicionado, com o objetivo de prevenir a propagação do fogo e do fumo entre diferentes divisões em caso de incêndio. Estes registos constituem uma forma de proteção passiva, atuando como barreiras que se fecham automaticamente quando expostos a temperaturas elevadas, isolando a área afetada e impedindo a propagação das chamas por meio das condutas [83][84][85].



Figura 4.38 – Teste aos sinalizadores dos registos de corta-fogo.



Figura 4.39 – Registo de corta-fogo circular [83].

Para verificar o correto funcionamento do alarme é necessário realizar uma simulação controlada. Para isso, inicialmente, o controlo centralizado é informado de que será realizado um teste do alarme, especificando o serviço onde o teste será realizado. Durante a simulação é avaliado o funcionamento do sistema no painel sinóptico do computador do controlo centralizado, assegurando que as indicações apresentadas correspondem ao esperado.

No caso da rede de deteção de incêndio, procede-se em duas etapas: numa primeira fase, realiza-se o teste manual por meio da ativação de uma botoneira (Figura 4.41); em seguida, efetua-se um teste de fumo com um spray específico (Figura 4.40), aplicado diretamente no detetor convencional.



Figura 4.40 – Exemplo de um *smoke detector tester*.

Ambos os ensaios acionam o alarme e encerram automaticamente as portas corta-fogo. Após a confirmação do correto funcionamento do sistema, tanto no serviço como no controlo centralizado, o alarme é desligado e as portas corta-fogo são reabertas pelos técnicos. Durante este procedimento, é realizada uma inspeção de todos os componentes da rede de deteção de incêndio (Figura 4.37) para garantir que nenhum esteja danificado ou em risco de falha.

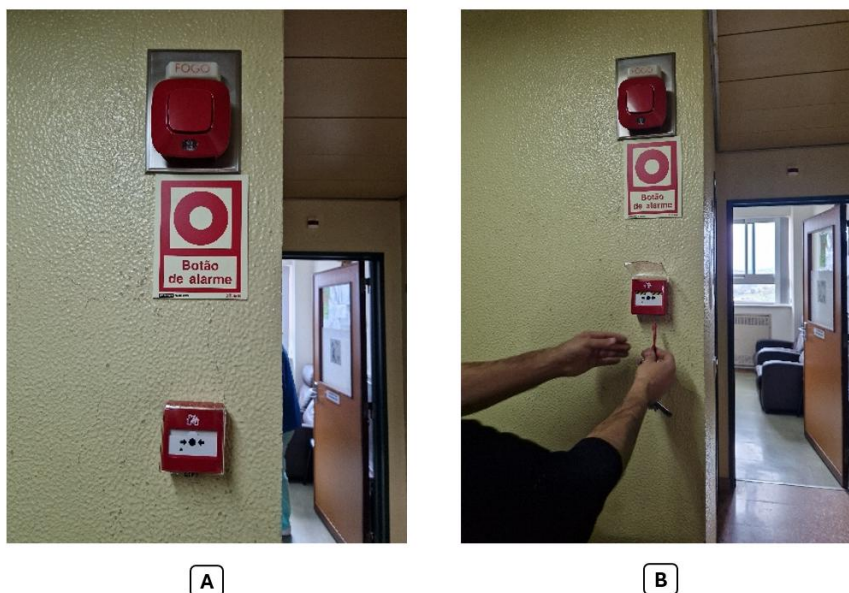


Figura 4.41 – A: Botoneira de alarme e sirene de incêndio; B: Início do teste no botão de incêndio.

Portanto, a realização periódica destes ensaios permite confirmar o bom funcionamento de todos os elementos que integram a rede de deteção de incêndio.

4.2.2.4 Rede de letreiros de saída

A manutenção dos letreiros de saída (Figura 4.42) envolve a limpeza dos balastos e, quando necessário, a substituição das lâmpadas de sinalização, bem como a troca de balastos, arrancadores e suportes danificados.



Figura 4.42 – Exemplo de letreiro de saída.

Normalmente, todos os letreiros permanecem ligados através da rede elétrica, no entanto, caso ocorra a falha da rede socorrida, é essencial garantir que estes se mantenham em funcionamento por intermédio das baterias incorporadas. Por isso, realiza-se periodicamente um teste de autonomia que simula a ausência de energia elétrica. Nos HUC, o tempo de funcionamento previsto é de 3 horas.

Caso a iluminação não se mantenha nesse período, a falha pode estar associada a lâmpadas fundidas ou a baterias que já não estão funcionais e devem ser substituídas. Os testes quantitativos incluem a medição da tensão de alimentação e a monitorização da descarga das baterias de 3x1,2 V/4 Ah (Ni-Cd). As baterias 3x1,2 V/4 Ah (Ni-Cd) (Figura 4.43) correspondem a três células de 1,2 V ligadas em série (no total 3,6 V) com capacidade de 4 Ah, do tipo níquel-cádmio. Quando o valor da tensão desce abaixo de 3,6 V após determinado período de utilização, conclui-se que a bateria pode já não apresentar condições adequadas de funcionamento.



Figura 4.43 – Baterias 3x1.2V/4Ah e níquel-cádmio (Ni-Cd).

Desta forma, a manutenção periódica dos letreiros de saída garante um bom funcionamento tanto em condições normais quanto em situações de falha de energia, assegurando a visibilidade dos caminhos de evacuação e contribuindo para a segurança dos utentes e profissionais.

4.2.2.5 Grupos de Emergência – Geradores

Os geradores de emergência entram em funcionamento sempre que ocorre uma falha no fornecimento de energia elétrica proveniente da rede de distribuição pública. Para garantir o seu funcionamento é essencial assegurar o arranque através das baterias, o que requer a realização de manutenção regular.

A manutenção dos geradores é realizada semanalmente ou mensalmente, conforme o tipo de procedimento. Mensalmente, é realizado um teste de carga e, semanalmente, um teste em vazio. Quando os dois geradores funcionam em paralelo, é realizada uma simulação de avaria em um deles, para verificar os mecanismos de repartição de carga. Nestes casos, o gerador que permanece em funcionamento assegura apenas a potência necessária aos equipamentos e sistemas indispensáveis e críticos à segurança e ao bom funcionamento do edifício hospitalar do bloco central dos HUC.

Os testes quantitativos baseiam-se no registo do tempo de funcionamento dos geradores e na medição da tensão nos terminais das baterias de arranque. Um exemplo que demonstra a importância da manutenção preventiva ocorreu no apagão do dia 28 de abril de 2025, quando o hospital ficou sem abastecimento de energia da rede de distribuição pública e passou a ser alimentado exclusivamente pelos geradores existentes no hospital, tendo sido aplicadas várias medidas de prevenção, entre as quais:

- Acompanhamento e apoio da empresa “Alves Bandeira” no enchimento de todos os depósitos de gasóleo dos geradores dos HUC: 2520 L no Gerador 1, 6000 L no Gerador 2 e 3870 L no Gerador 3;
- Execução de *Shunt* no PT1 para transferência de cargas do barramento normal para o barramento socorrido, garantindo a alimentação de dois TAC (Tomografia Axial Computorizada) e uma ressonância magnética do serviço de imagiologia;

- Verificação de alimentação de emergência em todas as arcas e câmaras frigoríficas do serviço de sangue e do armazém da farmácia, para assegurar as propriedades químicas e biológicas das amostras e medicamentos, evitando, assim, o comprometimento da integridade das mesmas;
- Verificação de alimentação de emergência e da climatização nas salas técnicas de servidores de informática e telecomunicações, evitando a interrupção do funcionamento dos computadores e de comunicação dos serviços essenciais;
- Verificação de alimentação de emergência e da climatização no laboratório de análises clínicas do serviço de farmácia, para assegurar as propriedades químicas e biológicas das amostras, evitando, assim, o comprometimento da integridade das mesmas;
- Reforço da equipa de piquete residente, com mais 2 elementos, de forma a garantir vigilância permanente em três postos de transformação e três geradores.

Apesar de tudo ter decorrido sem incidentes nesse dia, os geradores do bloco central dos HUC funcionaram ininterruptamente durante mais de oito horas, tendo a equipa de piquete e de engenharia do SUCH identificado algumas medidas a implementar, para que, em caso de ocorrência de situações semelhantes no futuro, os geradores mantenham um bom funcionamento, nomeadamente:

- Verificação do sistema de refrigeração e de exaustão nas salas dos geradores, uma vez que foram registadas temperaturas demasiado elevadas devido ao calor gerado pelos motores e alternadores. Esta situação poderia ter causado sobreaquecimento e a acumulação de gases perigosos, como o monóxido de carbono.
- Embora os geradores sejam alvo de manutenção periódica, a equipa do SUCH Manutenção recomendou a realização de uma avaliação de desempenho pelo fabricante, com o objetivo de verificar o estado de vários componentes fundamentais, tais como: filtros de ar, sistema de arrefecimento, níveis de combustível, óleo lubrificante, líquido de arrefecimento e outros fluidos, carga das baterias, válvulas, sensores, painel de controlo, correias, mangueiras, bem como a eventual presença de humidade, fugas, corrosão ou elementos soltos.

4.2.2.6 Iluminação Normal

A manutenção da iluminação normal baseia-se na limpeza das armaduras e, quando necessário, na substituição de lâmpadas, balastros, arrancadores, suportes, fios e ligadores.

Sempre que as lâmpadas fluorescentes se fundem, procede-se à sua substituição por lâmpadas LED, a fim de promover a eficiência energética. O multímetro e o luxímetro são os equipamentos mais frequentemente utilizados na manutenção preventiva da iluminação.

Para além disso, é realizada uma verificação visual em todos os setores, incluindo a iluminação pública, a do heliporto e a das zonas comuns. Nos setores mais críticos, como os blocos operatórios, procede-se à medição da intensidade luminosa.

4.2.2.7 Iluminação Autónoma

A manutenção da iluminação autónoma é muito semelhante à da iluminação normal, uma vez que também se baseia na limpeza das armaduras e, quando necessário, na substituição de lâmpadas, balastros, arrancadores, suportes, fios, ligadores, acumuladores e blocos autónomos.

Realiza-se uma verificação visual da iluminação de saída das escadas de emergência, bem como testes de funcionamento e de autonomia. Para realizarem os testes de funcionamento, a

equipa de manutenção desloca-se ao quadro parcial de baixa tensão e desliga o disjuntor da iluminação, confirmando se as luminárias se mantêm ligadas.

A Figura 4.44 apresenta uma luminária de encastrar fluorescente, um sistema mais antigo que está a ser substituído por tecnologia LED, como se vê na Figura 4.45.



Figura 4.44 – Luminária com kit de emergência autónomo - sistema antigo.



Figura 4.45 – Sistema de alimentação autónoma para iluminação LED.

A conversão do sistema de alimentação autónoma para iluminação LED consiste na interligação do *driver* ao módulo de emergência e à luminária LED, ligando a bateria ao módulo de emergência e realizando os testes com a alimentação da rede elétrica (Figura 4.45 e Figura 4.46).



Figura 4.46 – Kit de emergência para luminárias LED.

Nos tópicos seguintes, identificam-se os componentes utilizados na conversão para a tecnologia LED da iluminação autónoma, conforme a Figura 4.46.

1. Driver LED, componente que alimenta a luminária LED quando existe alimentação da rede elétrica;

2. Módulo de emergência, componente central do sistema de emergência, que carrega a bateria quando há energia da rede, deteta falhas no fornecimento e aciona automaticamente a alimentação da luminária através da bateria;
3. Bateria recarregável, responsável por fornecer energia à luminária em caso de falha no fornecimento da rede elétrica.

4.2.2.8 Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)

Os QGBT (Figura 4.47) são alvo de manutenção diária. Esta manutenção consiste numa inspeção visual constante, que inclui a limpeza e o reaperto das ligações dos bornes, a verificação do estado dos cabos, dos barramentos e dos componentes ativos e, se necessário, a substituição dos contactores, dos blocos adicionais e das lâmpadas sinalizadoras.



Figura 4.47 – Quadro geral de baixa tensão (QGBT).

A equipa de manutenção verifica também o funcionamento dos contactores de deslastre e de *bypass*, nomeadamente em situações de falha da rede elétrica, bem como o funcionamento das baterias de condensadores.

Os QGBT do bloco central dos HUC são compostos por três conjuntos de barramentos: um da rede normal, um socorrido e um ininterrupto. Estes encontram-se interligados entre si, de modo que, em caso de falha da rede elétrica, o deslastre nos QGBT é realizado automaticamente por meio de contactores. Nessa condição, o gerador alimenta apenas os barramentos socorridos e ininterruptos. Tal como referido anteriormente, se ocorrer falha na rede elétrica e em um dos geradores de socorro, o deslastre automático nos QGBT, por meio de contactores, assegura que o gerador remanescente alimente apenas os barramentos ininterruptos.

Quando a rede elétrica é restabelecida, os geradores permanecem em vazio durante cerca de 3 a 5 minutos antes da sua paragem, e, posteriormente, é feita nos QGBT a reposição da interligação dos três barramentos, através de contactores para o efeito.

O deslastre e a reposição dos barramentos dos QGBT são controlados pelos relés de supervisão de tensão (Figura 4.48) instalados no barramento de chegada de cada transformador de potência dos postos de transformação. Estes relés, de acordo com o estado da rede elétrica ou dos geradores, enviam sinais de comando de abertura ou fecho aos contactores que interligam os três barramentos.

Para além dos relés de supervisão de tensão, responsáveis pela deteção de falhas na alimentação da rede elétrica, existem outros dispositivos que desencadeiam o deslastre e a reposição dos barramentos nos QGBT, como os contactores auxiliares dos disjuntores gerais (Figura 4.49). Estes dispositivos sinalizam disparos resultantes de curto-circuitos ou sobrecargas. Existem ainda os detetores de corrente de fuga à terra (Figura 4.50), projetados para identificar fuga de corrente para o condutor de proteção ou para massas ligadas à terra.



Figura 4.48 - Relé de supervisão de fase (supervisão de tensão).



Figura 4.49 – Disjuntor geral de uma secção do QGBT.



Figura 4.50 – Detetor de corrente de fuga à terra.

A Figura 4.51 mostra o interior de um QGBT, onde se evidenciam os contactores, os barramentos responsáveis pela distribuição da corrente elétrica e os fusíveis de proteção.



Figura 4.51 – Contactores e fusíveis de um QGBT.

Portanto, a manutenção regular dos QGBT garante o correto funcionamento dos componentes e a atuação eficiente dos sistemas de proteção e deslastre, assegurando a continuidade da alimentação.

4.2.2.9 Quadros Parciais de Baixa Tensão

Na manutenção preventiva dos quadros parciais de baixa tensão são utilizados equipamentos de medição, como o multímetro, para medir tensões, e a pinça amperimétrica, para medir intensidades de corrente.

A manutenção inclui a limpeza do quadro elétrico, a realização de reapertos e a substituição de disjuntores ou lâmpadas sinalizadoras que, por vezes, fundem, podendo, assim, transmitir informação incorreta relativamente ao estado das fases do quadro.

Adicionalmente, realizam-se ensaios qualitativos e quantitativos. Nos ensaios qualitativos, são realizados testes de disparo dos disjuntores diferenciais e verifica-se a existência (ou ausência) de identificação dos disjuntores ou dos circuitos. A equipa de manutenção procede ainda à avaliação térmica dos condutores, barramentos, contactores e disjuntores por meio de um multímetro termográfico (Figura 4.29 – C), confirmando se as temperaturas se encontram dentro do limite admissível (± 23 °C). Sempre que algum componente apresente uma temperatura anómala, verifica-se o aperto dos condutores e dos bornes de passagem ou, caso a situação se mantenha, procede-se à sua substituição.

Devido à impossibilidade de desligar quadros elétricos em serviços hospitalares, a verificação do mecanismo de disparo dos interruptores e dos blocos diferenciais encontra-se limitada, sendo a sua execução sujeita à autorização prévia do diretor dos serviços responsáveis pelo quadro em manutenção.

Por fim, nos ensaios quantitativos são registados valores da intensidade de corrente e da tensão de todas as fases e do neutro, tanto à entrada como em todos os circuitos de saída dos quadros parciais, nomeadamente no quadro de alimentação normal, no quadro de emergência e no quadro socorrido. A tensão medida deve manter-se no intervalo recomendado de 230–240 V, garantindo a conformidade com os parâmetros de exploração previstos.

4.2.2.10 Rede de Cabos BT

A manutenção da rede de cabos de baixa tensão envolve a limpeza dos caminhos de cabos elétricos e a verificação da amarração dos cabos às caleiras instaladas nos postos de transformação. Procede-se também à monitorização da temperatura dos cabos à saída dos QGBT, de modo a detetar aquecimentos anómalos, que possam estar associados a resistências de contacto elevadas ou a um fluxo de corrente superior ao previsto. Estas situações podem comprometer a integridade e a vida útil dos cabos de baixa tensão.

4.2.2.11 Sistemas de Intercomunicação e Sinalização

A manutenção dos sistemas de intercomunicação de sinalização engloba o sistema de intercomunicação do hospital e o sistema de chamadas dos utentes.

Os sistemas de intercomunicação constituem infraestruturas que asseguram a comunicação entre profissionais de saúde e utentes, bem como entre diferentes equipas clínicas, em consultas presenciais ou à distância. No caso do bloco central dos HUC, os sistemas de intercomunicação estão implementados na área destinada às consultas externas e no serviço de urgências, e são compostos pelos seguintes elementos: central de intercomunicação, intercomunicadores ou microfones de secretária, fonte de alimentação estabilizada, amplificador para as 12 zonas do hospital, bastidor e coluna altifalante.

A título de exemplo, na Figura 4.52 apresenta-se a arquitetura da instalação de um sistema de intercomunicação por voz que contempla a intercomunicação entre diversas áreas constituintes do serviço de urgências, nomeadamente: a sala de espera de acompanhantes, a sala de receção e admissão e a sala de triagem.

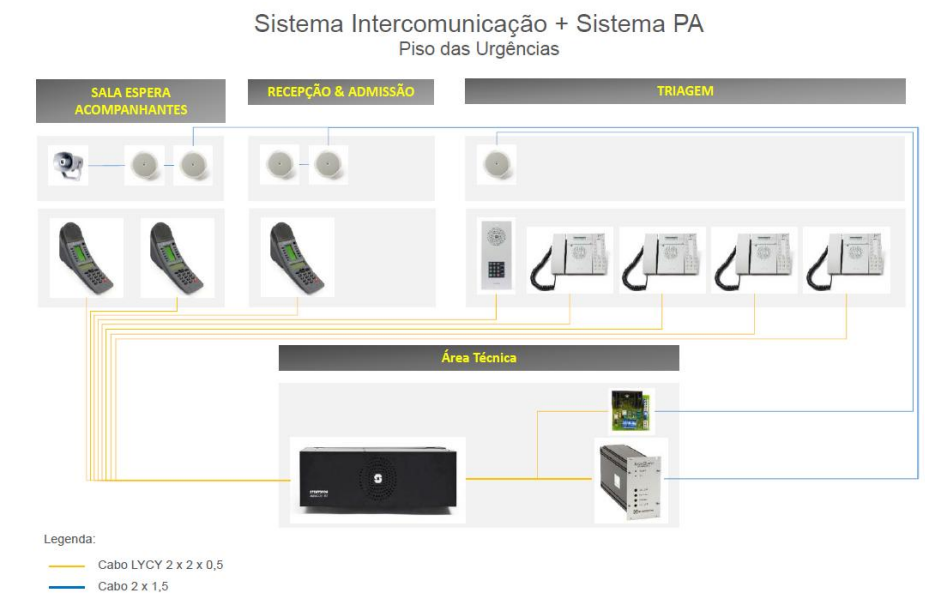


Figura 4.52 – Sistema de intercomunicação e sistema PA (*Public Address*) no piso das urgências.

A manutenção dos sistemas de intercomunicação inclui o reaperto das ligações elétricas, a limpeza das centrais de intercomunicação e a verificação do funcionamento dos intercomunicadores.

Atualmente, por razões de proteção de dados, adotou-se um sistema de chamada por senhas/*tickets* em vez de um sistema de chamada por telefone/microfone, evitando, assim, chamadas de utentes pelo nome próprio. Encontra-se igualmente prevista, a curto prazo, a substituição do sistema de intercomunicação de voz existente no bloco central dos HUC.

Os sistemas de chamada de utentes permitem que o utente acione um pedido de assistência a partir do quarto, assegurando uma resposta célere às suas necessidades clínicas. A principal função é facilitar a ligação entre os utentes e a assistência médica, permitindo que os utentes solicitem assistência quando precisarem e que os enfermeiros respondam rapidamente. Estes sistemas normalmente são constituídos por um dispositivo de chamada localizado na cabeceira do utente, um painel de controlo no posto de enfermagem e um sistema de comunicação que interliga ambos.

O dispositivo de chamada do utente consiste normalmente num botão de chamada localizado junto à cabeceira da respetiva cama. Assim que o utente precisa de assistência, carrega no botão e este envia um sinal para o painel de controlo no posto de enfermagem; onde são apresentadas as chamadas recebidas e a sua localização, para que a assistência médica (neste caso o enfermeiro ou um médico) identifique de forma mais rápida qual o utente que necessita de ajuda e que em quarto se encontra [86].

A escolha destes sistemas de chamada visa facilitar o uso tanto para os utentes como para os enfermeiros, sendo essencial escolher os mesmos de modo a adaptar-se às necessidades existentes, com um sistema mais fiável e seguro em cada setor. Apresentam algumas vantagens, tais como maior eficiência, aumento da satisfação dos utentes, fluxo de trabalho otimizado e redução de falhas.

De seguida, serão abordados o funcionamento do sistema antigo de chamada de utente e o sistema mais recente, que está a ser instalado.

4.2.2.11.1 Sistema de chamada de utente (versão anterior)

Este sistema de intercomunicação é de natureza analógica, não integra qualquer componente de processamento ou gestão informática.

O painel de controlo (Figura 4.53) dispõe de dois modos de operação, modo diurno e modo noturno, que desempenham a mesma função principal, distinguindo-se apenas por algumas características específicas de funcionamento



Figura 4.53 – Painel de controlo localizado no posto de enfermagem.

Em cada quarto está instalado um painel de chamada de enfermeiro que possui dois LED sinalizadores (Figura 4.54). Quando um utente chama o enfermeiro pelo botão de chamada, o LED da esquerda acende (Figura 4.57 – A). Após a ativação do alarme de chamada de utente, só é possível desligá-lo quando o/a enfermeiro/a entra no quarto e coloca o conector *jack stereo* (Figura 4.56) na tomada fêmea, acendendo o LED de baixo (Figura 4.58). Caso o/a enfermeiro/a precise de auxílio, terá de carregar novamente no botão de chamada do utente, acendendo o LED da direita.



Figura 4.54 – Painel de chamada de enfermeiros escalável, com tomada fêmea tipo *jack stereo*.

No sistema de dia, quando o utente aciona o botão de chamada (Figura 4.55), o painel de controlo junto ao posto de enfermeiro acende o LED do quarto correspondente, bem como o LED do painel de chamada do paciente (Figura 4.57 – painel da esquerda) e o sinalizador à porta do quarto (Figura 4.57 – painel da meio). Para além de acender os LED também aciona a

sinalização sonora. O sistema de noite segue a mesma lógica de funcionamento, não acionando, no entanto, qualquer tipo de sinalização sonora, a fim de não incomodar os pacientes.



Figura 4.55 – Botão de chamada do utente, localizado no quarto, próximo da cama.



Figura 4.56 – Conector *jack stereo* dos painéis de chamada de enfermeiros.

Resumindo o processo desde do momento em que o utente carrega no botão de chamada até ao momento de chegada do enfermeiro/a ou médico/a, quando o utente chama o enfermeiro, através do botão de chamada, é acionado um alarme e acende a luz vermelha no painel do quarto do utente (Figura 4.57 - A), no painel de controlo no posto de enfermagem (Figura 4.53) e no sinalizador à porta do quarto do utente (Figura 4.57 - B). Este sinalizador exterior permite uma rápida identificação do quarto que solicita assistência, pois fica visível a partir do corredor, facilitando a deslocação imediata da equipa de enfermagem até ao local.



Figura 4.57 – Sinalização quando o botão de chamada é acionado pelo utente. A: Painel de chamada no quarto; B: Sinalização à porta do quarto.

A sinalização passa de vermelho para verde quando a enfermeira chega ao quarto e coloca o conector *jack stereo* na tomada fêmea no painel de chamada. Tanto o painel de controlo como o

painel de chamada (Figura 4.58 – A) e o sinalizador à porta alteram a luz vermelha para a luz verde (Figura 4.58 – B).

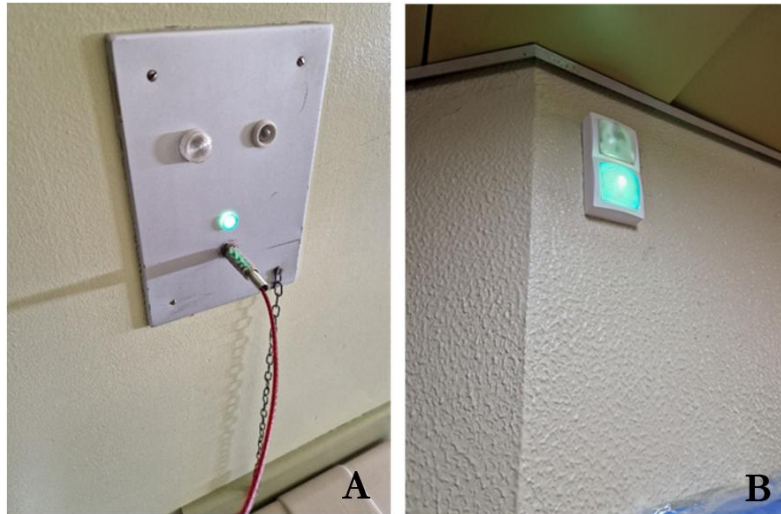


Figura 4.58 – Sinalização quando a enfermeira está no quarto com o utente. A: Painel de chamada no quarto; B: Sinalização à porta do quarto.

Este sistema de telecomunicação tem um sistema socorrido que funciona quando o enfermeiro está dentro do quarto do utente após ter sido chamado. Caso o enfermeiro precise de ajuda de outro enfermeiro ou de um médico, terá de acionar novamente o botão de chamada junto à cama do utente. Nesta situação, será acionado um alarme e acenderá a luz vermelha no painel de controlo, no painel de chamada de enfermeiros e no sinalizador à porta do quarto (Figura 4.59).



Figura 4.59 – Sinalizador de porta com os LEDs verde e vermelho ligados.

4.2.2.11.2 Sistema de chamada de utente (versão a ser implementada)

Considerando a importância destes sistemas para a agilidade do atendimento e a organização do trabalho no hospital, está a ser implementado, nos HUC, um novo sistema que possui um *software* que recebe as chamadas dos utentes, regista a hora em que foi solicitado o socorro e quando o enfermeiro foi ao auxílio do paciente. O principal objetivo deste sistema é ter um controlo centralizado capaz de monitorizar todos os andares e verificar se há falta de atendimento a algum pedido de ajuda por parte do utente. Em caso de falha técnica, a mesma será exibida num monitor no controlo centralizado.

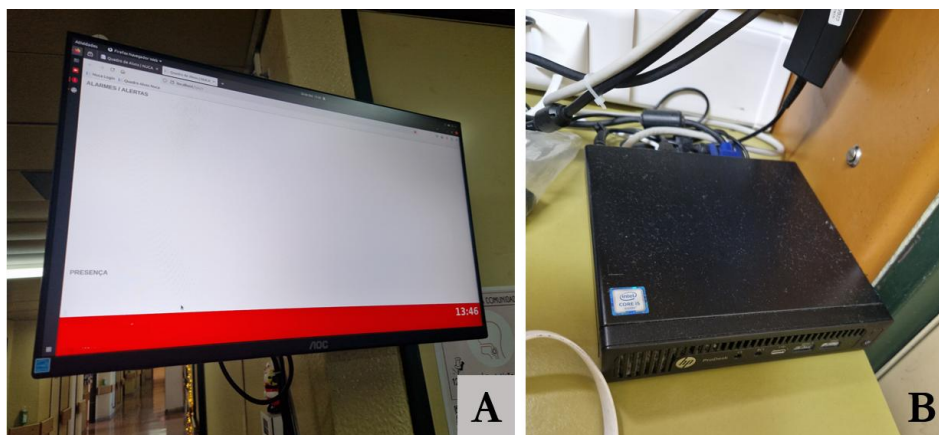


Figura 4.60 – A: Monitor de alarme para visualização de chamadas de utentes; B: Unidade de controlo.

Para além deste monitor, o sistema também possui um pequeno dispositivo de backup nas paredes de cada serviço (Figura 4.61), onde está sinalizado o quarto que solicita auxílio.

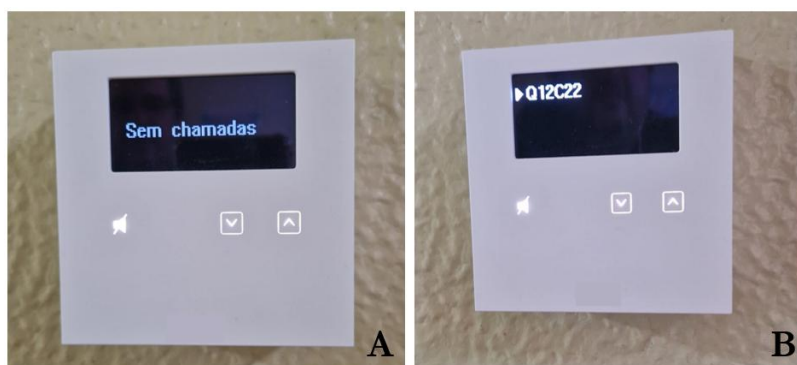


Figura 4.61 – A: Painel sem chamadas de utente; B: Chamada do utente do quarto 12, cama 22.

A Figura 4.62 mostra a pera de chamada dos pacientes (Figura 4.62 – B) que está localizada junto de cada cama. Este tipo de sistema, comparativamente ao antigo (botão de chamada), tem manutenção mais simples, uma vez que, caso uma pera deixe de funcionar, basta substituir o cabo, pois o sistema é de encaixe. Este sistema de botão é em circuito fechado, o que significa que só emite um sinal sonoro quando o circuito se abre, ou seja, quando o paciente carrega no botão. Neste caso, o circuito permanece aberto e envia um sinal e um alerta sonoro, identificando o quarto e a cama que necessitam de auxílio.

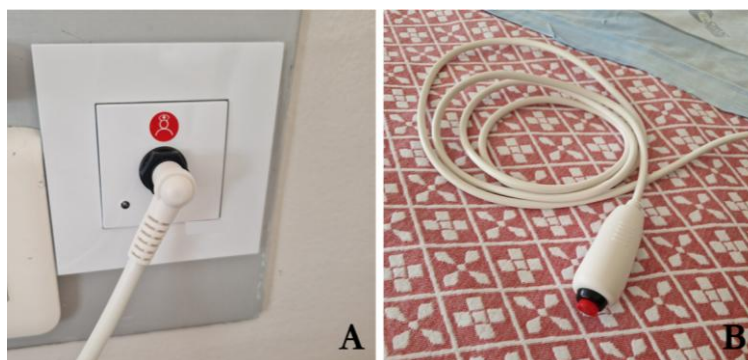


Figura 4.62 – A: Painel de ligação para pera de chamada com led sinalizador; B: Pera de chamada do paciente.

O sistema possui ainda redundâncias caso o cabo se solte do painel de ligação (Figura 4.62–A) ou o botão avarie. Neste caso, o sistema ficará em circuito aberto, pelo que emitirá um sinal sonoro, como se o botão estivesse a ser pressionado pelo paciente (Figura 4.63), facilitando a identificação do botão que avariou e tem de ser substituído.



Figura 4.63 – Painel de ligação de pera de chamada em alarme – ficha *jack* não está colocada.

Neste sistema de intercomunicação, há ainda um botão de presença (Figura 4.64) localizado na entrada de cada quarto.



Figura 4.64 – Botão de presença com a função de “cancelar” e sinalização.

Quando o paciente carrega na pera de chamada, esta envia um sinal ao monitor central (Figura 4.65 – C) a indicar qual quarto e qual cama está a solicitar auxílio. O sinalizador à porta acende uma luz vermelha (Figura 4.65 – B) e acende o botão de presença do lado direito (Figura 4.65 – A).

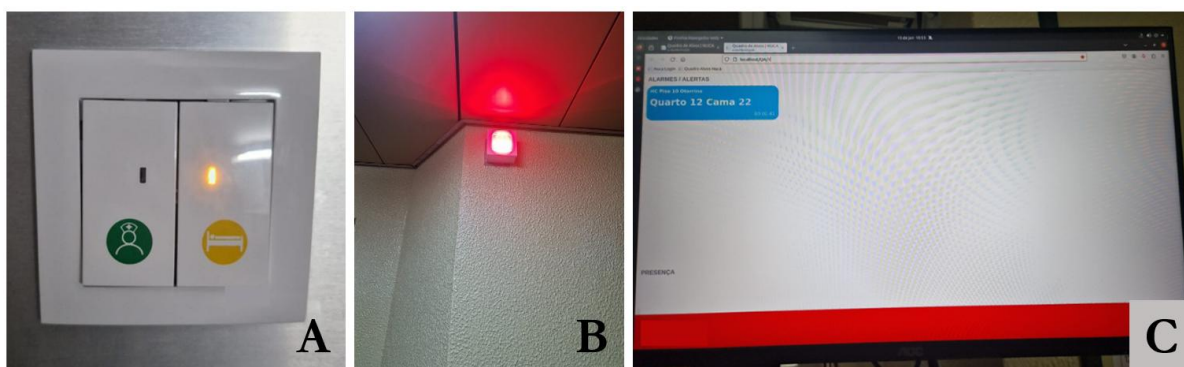


Figura 4.65 – A: Botão de presença com o LED sinalizador; B: Sinalizador à entrada de cada quarto; C: Monitor de alarme para visualização de chamadas de utentes.

Quando o enfermeiro se encontrar no quarto do utente, carrega no botão de presença da direita, no símbolo da cama. Posteriormente, o botão de presença da esquerda com o símbolo de um responsável de saúde irá acender, ficando a piscar de forma intermitente enquanto o

enfermeiro se mantiver no local (Figura 4.66 – A). Durante este período, o sinalizador à entrada do quarto passa para a luz verde (Figura 4.66 – B) e o monitor de alarme indica que o enfermeiro está presente no quarto do utente (Figura 4.66 – C).

Assim que o enfermeiro terminar de assistir o utente, ao sair do quarto, terá de carregar no botão da esquerda e, assim, o botão deixa de estar intermitente, o sinalizador com luz verde apaga-se e no monitor deixa de estar assinalada a presença do enfermeiro.



Figura 4.66 – A: Botão de presença com o LED sinalizador; B: Sinalizador à entrada de cada quarto; C: Enfermeiro ou médico no quarto 8, cama 12, a socorrer o pedido por parte do utente (azul);

Caso o enfermeiro precise de ajuda, volta a carregar na pera de chamada da respetiva cama e entra em modo de emergência. O botão de presença terá os dois botões a piscar intermitentemente (Figura 4.67 – A), o sinalizador na parede passa a ter cor vermelha e verde (Figura 4.67 – B), terá um sinal sonoro diferente e no monitor estará escrito que é uma emergência, indicando qual o quarto e a cama (Figura 4.67 - C).

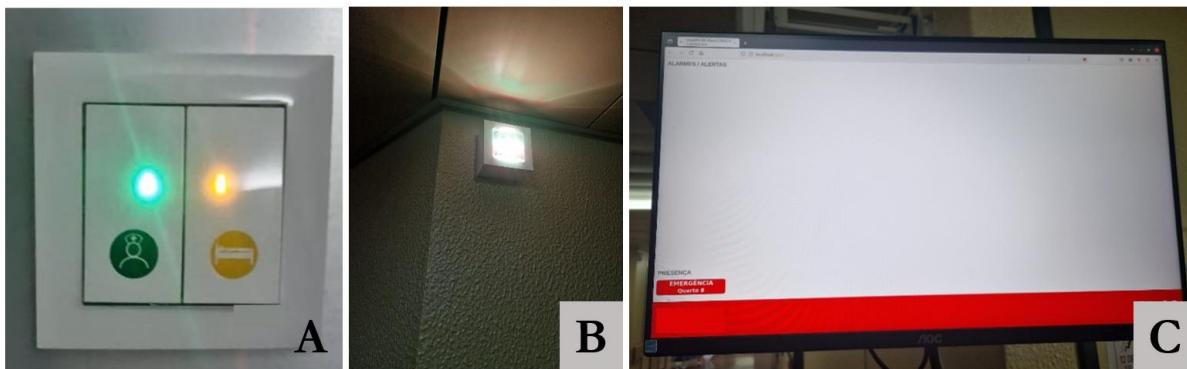


Figura 4.67 – A: Botão de presença com o led sinalizador; C: Pedido de emergência por parte de um enfermeiro ou médico (vermelho) então já no quarto do utente;

De forma a auxiliar pessoas com mobilidade reduzida, ou outros utentes, estão a ser instalados sistemas de chamada nas casas de banho (Figura 4.68). Estes sistemas são acionados por meio do cordão localizado na parede, garantindo acesso a partir de qualquer ponto da casa de banho.

Estes tipos de dispositivos são projetados e instalados para reforçar a segurança dos pacientes, permitindo-lhes solicitar apoio clínico sempre que necessário e assegurando que a equipa de enfermagem possa responder de forma rápida e eficaz.



Figura 4.68 – *Kit* de emergência para chamada de utente de uma casa de banho.

Na Tabela 5 encontram-se resumidas as vantagens e desvantagens dos sistemas de intercomunicação antigos e recentes.

Tabela 5 – Vantagens e desvantagens do antigo sistema de chamada e do novo sistema de chamadas.

	Vantagens	Desvantagens
Sistema de intercomunicação antigo	<ul style="list-style-type: none"> - É um sistema que não necessita de <i>software</i>, nem de um IP; - Ajuda na interação entre utentes e enfermeiros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando se avaria um componente eletrónico, é difícil de detetar onde foi a avaria; - As avarias nos botões ou nos painéis são detetadas apenas de forma fortuita, nomeadamente quando um utente tenta acionar o sistema de chamada sem sucesso.
Sistema de intercomunicação atual	<ul style="list-style-type: none"> - É possível monitorizar a hora da chamada; - Ajuda na interação entre utentes e enfermeiros; - Caso haja alguma avaria, o alarme dispara logo, uma vez que este sistema permanece fechado; - A manutenção é mais simples; - É fácil de encontrar material para substituir caso haja uma avaria; - Gestão de controlo centralizado - unifica todos os serviços num único computador, simplificando a gestão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caso haja uma falha no sistema, deixa de dar o alarme no monitor onde nos diz o quarto que está a pedir auxílio; - Dependente de um <i>software</i> que, por vezes, é propriedade de terceiros.

4.2.2.12 Sistemas de relógio

Nos hospitais, os sistemas de relógios sincronizados são fundamentais para a eficiência e a segurança das operações, dos procedimentos médicos, dos agendamentos e dos registos de informações. No bloco central dos HUC, a sincronização dos 243 relógios distribuídos pelos vários pisos é assegurada por um relógio-mãe (Figura 4.69).



Figura 4.69 – Relógio-mãe da marca BODET – Sigma Master Clock – 24 V.

A manutenção deste sistema consiste na verificação do funcionamento de todos os componentes, incluindo a limpeza e o reaperto das ligações nos relógios secundários (Figura 4.70). É realizada a verificação da comunicação entre o relógio-mãe (Sigma Master Clock, a 24 V) e os relógios secundários em todos os pisos do hospital.

Quando é detetado um defeito ou mau funcionamento de algum componente, a equipa de manutenção procede ao acerto da hora no relógio-mãe e confirma a sincronização com os relógios secundários. Caso o problema persista, a equipa informa o cliente e solicita a intervenção de uma equipa especializada ou, se necessário, do próprio fabricante para efetuar a reparação.



Figura 4.70 – Exemplos de relógios secundários.

Desta forma, a manutenção regular do sistema de relógios garante a sincronização correta entre o relógio-mãe e os relógios secundários, assegurando a precisão horária necessária.

4.2.2.13 Rádio e TV

Em ambientes hospitalares, determinadas áreas de intervenção e unidades de tratamento requerem a instalação de sistemas de televisão. Entre estas encontram-se as UTIs (Unidades de Terapia Intensiva), as salas de espera (utilizadas não só para entreter utentes e acompanhantes, mas também para exibir informações úteis sobre o hospital e os seus serviços) e os quartos de internamento, onde a televisão proporciona momentos de distração e conforto aos utentes.

A manutenção dos sistemas de televisão consiste na verificação do funcionamento de todos os componentes, incluindo a limpeza e o reaperto de todas as ligações. Também é realizada a medição do sinal de TV em todos os pisos do Hospital, a fim de confirmar o correto funcionamento do sistema. Sempre que é detetado um defeito ou mau funcionamento, a equipa de manutenção do SUCH procede à substituição dos componentes necessários, nomeadamente amplificadores de TV, repartidores de sinal, cabos coaxiais, tomadas e fichas de TV.

4.2.2.14 Uninterruptible Power Supply (UPS)

As *Uninterruptible Power Supply* (UPS), de acordo com a série de normas IEC 62040, asseguram o fornecimento ininterrupto de energia em caso de falha da rede elétrica. A sua manutenção é fundamental para assegurar a fiabilidade do sistema e evitar perdas financeiras decorrentes de interrupções de energia [35]–[38].

Durante a manutenção realiza-se uma limpeza geral da UPS, incluindo a inspeção e a limpeza das baterias (Figura 4.71). Sempre que necessário, componentes como filtros, ventiladores ou baterias são substituídos quando apresentam sinais de ruído, desgaste ou quando o desempenho se encontra comprometido. Nestes casos, a equipa de manutenção informa o cliente e solicita a intervenção de uma equipa especializada ou, se necessário, do fabricante, para proceder à reparação.

A manutenção preventiva inclui ainda a execução de testes quantitativos, como a medição de correntes, tensões e temperaturas, a fim de confirmar que os valores se encontram dentro dos parâmetros recomendados.



Figura 4.71 – UPS com um *display* e as respetivas baterias.

Na Figura 4.72, observa-se que a UPS está com a bateria totalmente carregada (99%), com autonomia de 8 horas, 1 minuto e 59 segundos.

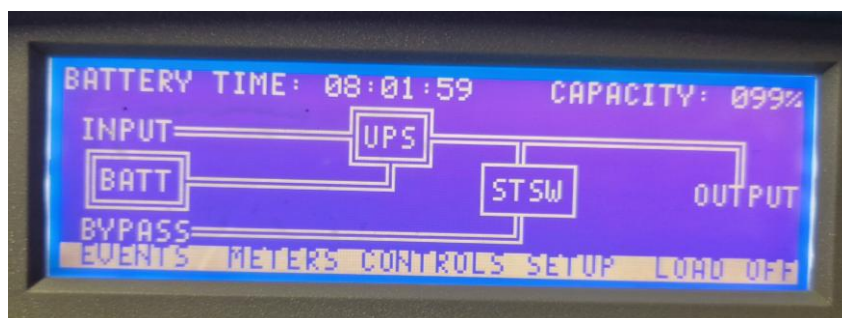


Figura 4.72 – *Display* da UPS com esquema de funcionamento.

Na Figura 4.73 encontra-se outro exemplo de UPS existente no Hospital.



Figura 4.73 – Exemplo de uma UPS e do respetivo esquema.

Deste modo, as manutenções das UPS garantem o correto funcionamento e a capacidade de fornecer energia ininterrupta sempre que necessário.

4.3 Ensaios no Painel de Isolamento

No decorrer do estágio foi possível acompanhar, em conjunto com a equipa de manutenção do SUCH e com o engenheiro responsável pela exploração das instalações elétricas, a realização de ensaios aos painéis de isolamento integrados no sistema de ligação à terra IT, em conformidade com os requisitos da série de normas IEC 60364. Este sistema caracteriza-se por ter o neutro isolado ou ligado à terra por uma impedância elevada, com as massas ligadas diretamente à terra de proteção. Nestes sistemas, o neutro encontra-se isolado da terra do edifício, sendo esta a solução mais adequada quando não se pode admitir a interrupção da instalação em caso de primeiro defeito de isolamento.

O sistema IT médico, complementado por medidas de equipotencialização, é aplicado em locais onde se realizam práticas clínicas invasivas, como blocos operatórios, unidades de cuidados intensivos (UCI), unidades de cuidados intermédios e de cuidados especiais, salas de partos distócicos, salas de cateterismo cardíaco e salas de angiografia.

Este sistema é constituído por três elementos principais: o transformador de isolamento, o painel sinótico de alarme e monitorização, que contempla a monitorização da carga e da temperatura dos enrolamentos do transformador, bem como o controlador permanente de isolamento (CPI) e o quadro elétrico parcial associado ao espaço abrangido pelo sistema IT médico.

O sistema de neutro isolado é a solução que melhor garante a continuidade de serviço nas instalações elétricas, sendo, por esse motivo, amplamente utilizado em hospitais, redes elétricas em aeroportos, instalações com risco de incêndio ou explosão, barcos e indústrias em que a interrupção das atividades acarreta custos elevados e/ou riscos significativos.

Entre as principais vantagens do sistema destacam-se: a continuidade do fornecimento durante a exploração, a sinalização do primeiro defeito de isolamento e a possibilidade de prevenção sistemática de riscos de eletrocussão.

Por outro lado, apresenta algumas desvantagens, nomeadamente a necessidade de técnicos de manutenção devidamente qualificados, a exigência de elevado nível de isolamento da instalação, a obrigatoriedade de utilização de limitadores de tensão e, em redes de grande extensão, a dificuldade de localizar defeitos ou fugas.

Durante a realização destes ensaios procederam-se a medições e monitorizações da segurança elétrica das salas de internamento e blocos operatórios, incluindo: o controlo do pavimento anti estático, o controlo da corrente de fuga do transformador de isolamento (TI), o controlo e aferição do monitor detetor de defeito e fugas na instalação, medição da resistência dos condutores de proteção e de equipotencialidade, bem como da limitação da tensão de contacto e resistência do circuito de terra.

Posteriormente, é preenchida uma ficha técnica com todos os parâmetros obtidos nas medições, considerando-se as referências normativas aplicáveis a cada parâmetro. Sempre que são detetadas anomalias, o cliente é informado sobre a necessidade de intervenção do fabricante.

Os equipamentos necessários para o controlo do painel de isolamento incluem: multímetro digital, analisador de redes elétricas (PROFITESTE ou equivalente), módulo simulador de fugas (DF32 ou equivalente) e elétrodo triangular para a medição da resistência do pavimento.

No bloco operatório, as tomadas encontram-se, em regra, ligadas ao sistema IT. Contudo, é indispensável verificar o correto funcionamento de todas as tomadas e confirmar a efetiva ligação ao sistema.

Na Figura 4.74 encontra-se representado um diagrama da arquitetura do sistema IT médico utilizado em blocos operatórios. O transformador de isolamento galvânico tem como função principal isolar o neutro da instalação, sendo asseguradas a monitorização das correntes de fuga e a deteção e localização de defeitos pelos dispositivos CPI³ e DSI⁴ (Dispositivo Supervisor de Isolamento), aplicados, respetivamente, às salas e aos equipamentos [87].

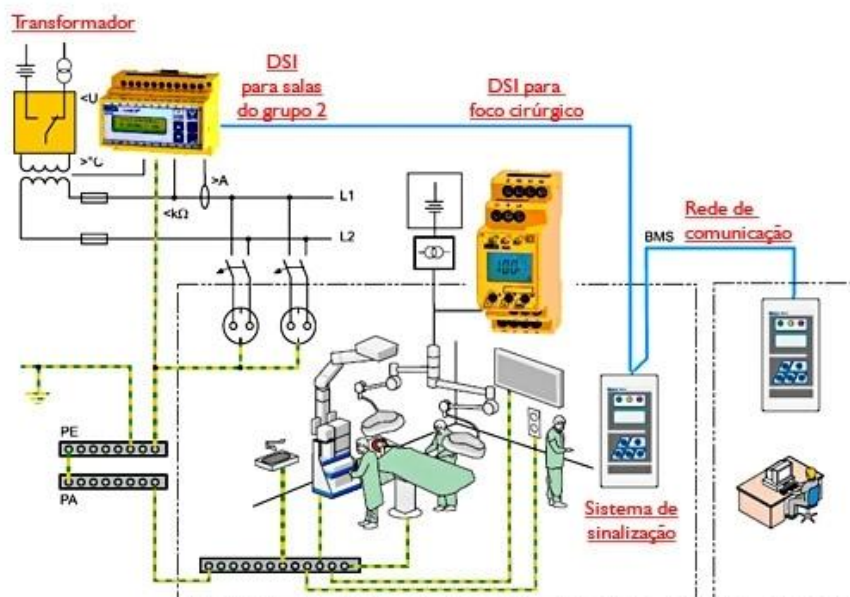


Figura 4.74 – Forma esquemática do sistema IT em um bloco operatório [88].

³ Mede a resistência de isolamento e deteta falhas (Ativo).

⁴ Apenas indica/repete o alarme do CPI (Passivo).

Com este conjunto de ensaios garante-se que o sistema IT médico se encontra em conformidade com os requisitos normativos e opera com níveis adequados de segurança elétrica.

4.3.1 Controlo do Pavimento Antiestático

Para o controlo do pavimento antiestático e em conformidade com as RTIEBT, utiliza-se um elétrodo triangular em conjunto com um megaohmímetro. A medição da resistência é efetuada entre o pavimento e a terra, no centro da sala, realizando-se um ensaio nessa posição e quatro medições adicionais nas extremidades do espaço. De acordo com os requisitos normativos, a resistência do pavimento condutivo não pode exceder 25 MΩ.

4.3.2 Controlo da Corrente de Fuga do Transformador de Isolamento (TI)

O controlo da corrente de fuga do transformador de isolamento é realizado em conformidade com a norma IEC 60601-1 e as RTIEBT. Para tal, utiliza-se um multímetro que permite medir a corrente de fuga, em microamperes (μA), entre as fases e a terra (PE). Os valores obtidos devem ser inferiores a 500 μA .

Antes de realizar estas medições, é necessário desligar os condutores do secundário do transformador (monofásico ou trifásico) do circuito da sala. Deve ainda ser verificada a limpeza do equipamento, uma vez que a acumulação de partículas ou de algodão pode comprometer o correto funcionamento do transformador.

Os transformadores de isolamento médico devem cumprir, em termos construtivos, a norma IEC 61558-2-15, sendo preferencialmente monofásicos 230V AC (Figura 4.75 – A). Apesar disso, algumas salas dispõem de transformadores de isolamento trifásicos, instalados durante a fase de construção da unidade hospitalar (Figura 4.75 – B).

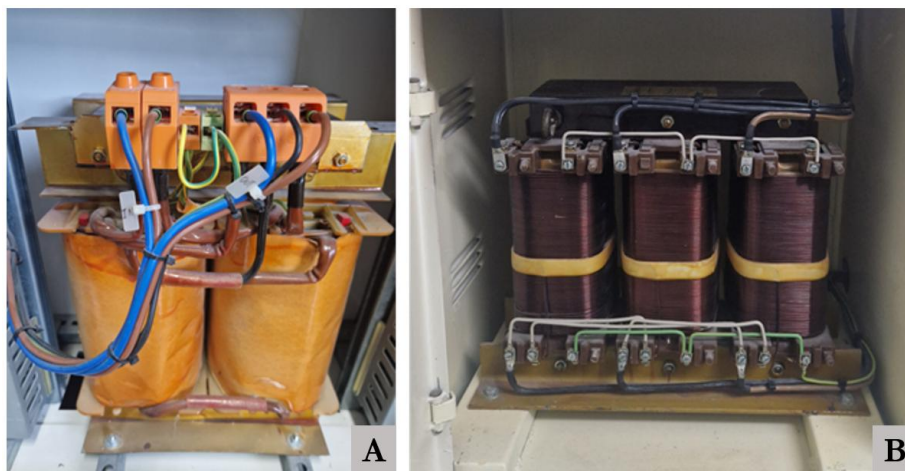


Figura 4.75 – A – Transformador de isolamento monofásico de 8 kVA; B – Transformador de isolamento trifásico de 5 kVA.

O quadro de distribuição em IT médico deve estar em conformidade com a norma IEC 61439, que estabelece os requisitos gerais para quadros elétricos de baixa tensão. Nos quadros destinados a este tipo de aplicação é comum a utilização de disjuntores bipolares (Figura 4.76), uma vez que garantem a interrupção simultânea do condutor de fase e do neutro, aumentando a segurança operacional e a fiabilidade do sistema.



Figura 4.76 – Disjuntores bipolares.

4.3.3 Controlo e Aferição dos Monitores de Fugas na Instalação

Na realização de medições para o controlo e aferição do monitor detetor de defeito e fugas (Figura 4.77) na instalação, e de acordo com o RTIEBT [61], através da “Medida P5-Esquema IT médico” do Anexo III da secção 801.2.4.2.2, é estabelecido que “Deve ser instalado um controlador permanente de isolamento (CPI) que indique automaticamente qualquer defeito de isolamento da instalação em relação a qualquer elemento ligado à ligação equipotencial suplementar. O CPI deve ter as seguintes características: a impedância interna de valor não inferior a 100 k Ω , a tensão de controlo não superior a 25 V, em corrente contínua, a corrente de controlo não superior a 1 mA, o limiar de funcionamento do CPI regulado para um valor superior a 50 k Ω ” [61].

Com base no RTIEBT, foram realizadas medições das correntes de fuga na instalação. O controlo dos valores no monitor é realizado por meio da simulação de uma fuga na instalação com o DF-32 (Figura 4.78). No monitor de isolamento, encontram-se normalmente configurados os valores de 74 k Ω e 3 mA como referência para o disparo do alarme.



Figura 4.77 – Monitor de defeito e fugas da instalação (monitores de isolamento e do transformador).

Para verificar o acionamento do alarme é realizada uma simulação de uma fuga, recorrendo à ligação do multímetro e do módulo simulador da resistência do corpo humano a uma tomada da sala (L1+L2+PE), conforme mostra a Figura 4.78.



Figura 4.78 – Exemplo de um DF-32 [89].

O seletor é posicionado na posição RA e o botão correspondente é girado até ao disparo do alarme. Posteriormente, o seletor é colocado na posição *Ohm* e procede-se ao registo do valor da resistência lida, devendo este valor ser igual ao previamente configurado no monitor de alarme (74 k Ω e 3 mA).

4.3.4 Resistência dos Condutores de Proteção e de Equipotencialidade

Na realização de medições das resistências dos condutores de proteção e de equipotencialidade, conforme o RTIEBT, o valor obtido não pode exceder 0,2 Ω . Os pontos onde normalmente se procede à medição incluem todos os elementos metálicos da instalação, nomeadamente: condutores de proteção, candeeiros cirúrgicos, mesas operatórias, coluna de gases, portas metálicas de armários, portas e aduelas, janelas, tomadas e grelhas de ventilação.

4.3.5 Limitação da Tensão de Contacto e Resistência do Circuito de Terra

A tensão de contacto corresponde à tensão que um indivíduo pode sentir ao tocar numa parte metálica exposta de um equipamento que se encontra acidentalmente sob tensão devido a uma avaria, por exemplo, quando ocorre dano num condutor interno do equipamento [90]. A resistência do circuito de terra corresponde à resistência do solo à passagem da corrente de fuga resultante de uma falha [91].

A limitação da tensão de contacto é conseguida por meio de medidas de proteção que visam reduzir a resistência da ligação à terra e, conseqüentemente, a tensão de contacto. Um circuito de terra devidamente dimensionado, com baixa resistência, é essencial para que a corrente de fuga seja conduzida rapidamente e com segurança, minimizando a tensão de contacto.

Deste modo, na realização de medições deve ser garantido que a tensão de contacto não ultrapasse os 50 V e que a resistência do circuito de terra não exceda os 20 Ω .

4.4 Conclusão

Este capítulo abordou de forma detalhada o conjunto de atividades acompanhadas e desenvolvidas durante o estágio curricular, na área da manutenção elétrica hospitalar sob supervisão da equipa de engenharia do SUCH. As atividades incluíram a análise de projetos e desenhos técnicos, o acompanhamento da execução de obras elétricas, os ensaios e a verificação de equipamentos de trabalho, bem como o acompanhamento da execução dos planos de manutenção preventiva e corretiva.

No que toca à análise de projetos, foram analisados diversos projetos recentes da ULS Coimbra, nos quais estão incluídos quadros elétricos para diversos serviços dos hospitais e que permitiram compreender o processo de conceção e dimensionamento de instalações elétricas em contexto hospitalar. Foram ainda estudados os quadros elétricos já existentes no bloco central dos HUC, tais como, os quadros dos equipamentos Kardex, esterilizadores horizontais, marmitas industriais, instalações laboratoriais (sistema LC-MS/MS) e remodelações de serviços clínicos.

O capítulo abordou também o dimensionamento de um cabo de alimentação, no qual foram levados em conta diversos critérios, tais como aquecimento, proteção contra sobrecargas, cálculo do curto-circuito máximo e mínimo, verificação térmica do cabo, cálculo da queda de tensão e validação das proteções.

No domínio da manutenção preventiva foram explicadas as diversas atividades realizadas pela equipa de manutenção do SUCH, mais concretamente nos postos de transformação, grupos geradores, quadros gerais e parciais de baixa tensão, UPS, painéis de isolamento, iluminação normal e de emergência, sistemas de emergência e de chamada de utentes. Foram ainda considerados os sistemas de intercomunicação, rádio e TV, rede de deteção de incêndios, letreiros de saída, rede de terras e para raios, sistemas de relógios e rede de cabos BT. As manutenções destas áreas incluem reaperto de terminais, limpezas gerais, substituição de componentes, medições elétricas, testes de autonomia das baterias, ensaios qualitativos e quantitativos e o preenchimento dos registos de manutenção.

Nos postos de transformação, explicou-se como se realiza a manutenção de grupos geradores de emergência, incluindo testes semanais e mensais, simulações de avarias e registos de consumo.

Relativamente aos sistemas de comunicação interna, foram comparados dois sistemas de chamada de utente, por meio da análise das vantagens e limitações de cada um: o antigo, baseado em tecnologia analógica, e o que se encontra a ser implementado, um sistema digital que engloba monitorização centralizada, registo dos tempos de resposta e deteção imediata de avarias.

Por fim, é descrito o acompanhamento dos ensaios aos painéis de isolamento dos sistemas IT médico onde está englobada a medição de correntes de fuga, resistência do pavimento antiestático, testes com o simulador DF-32, verificação da equipotencialidade e limitação de tensões de contacto.

5 CONCLUSÃO

O estágio curricular realizado no Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH) representou uma oportunidade enriquecedora de integração num contexto profissional desafiador, permitindo consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, especialização em Automação e Comunicação em Sistemas de Energia.

Uma das perguntas que tinha era: “O que um engenheiro eletrotécnico pode fazer num hospital? Qual a sua função?” A realização do estágio em contexto hospitalar fez-me compreender a importância desta área para manter todo o hospital em funcionamento e o quão complexa é.

A realização do estágio curricular no SUCH – Engenharia permitiu-me obter e consolidar conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da licenciatura em engenharia eletrotécnica e de computadores, bem como no mestrado em engenharia eletrotécnica, aplicando-os num contexto mais prático, principalmente num hospital, meio exigente e altamente técnico. O contacto com sistemas de alimentação elétrica, manutenção corretiva e preventiva, acompanhamento de projetos e análise de quadros elétricos foi essencial para compreender a complexidade da rede elétrica do hospital. Contudo, durante o estágio, alguns trabalhos que tive a oportunidade de acompanhar não puderam ser incluídos neste relatório por motivos de confidencialidade. Ainda assim, o acompanhamento desses trabalhos proporcionou uma compreensão aprofundada dos processos e dos desafios diários enfrentados pelas equipas de manutenção hospitalar.

Permitiu-me entender o quão importante é a manutenção, tanto preventiva quanto corretiva. A manutenção preventiva ajuda a antecipar falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos, garantindo o funcionamento contínuo das instalações, enquanto a manutenção corretiva exige respostas rápidas e eficazes, especialmente em contexto hospitalar, onde a falha de um sistema pode comprometer diretamente a prestação de cuidados.

Este estágio proporcionou-me uma visão abrangente da manutenção elétrica em contexto hospitalar e revelou-se uma experiência bastante enriquecedora, pois permitiu consolidar conhecimentos técnicos e compreender, de forma mais prática, como os sistemas elétricos são aplicados no ambiente hospitalar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SUCH, “SUCH - Serviço de Utilização Comum dos Hospitais.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.such.pt/>
- [2] SUCH, “Apresentação – SUCH - Serviço de Utilização Comum dos Hospitais.” Accessed: Nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.such.pt/apresentacao/>
- [3] P. Bastos, “Implementação de um Plano de Manutenção Preventiva numa Unidade de Produção de Cerveja.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/105861/2/202402.pdf>
- [4] J. Willich, “Plano de manutenção: como fazer + modelo grátis em Excel.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.produttivo.com.br/blog/como-fazer-um-plano-de-manutencao-eficiente/>
- [5] “Maintenance — Maintenance terminology - BS EN 13306:2010,” 2013, Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: www.mpedia.ir
- [6] IPQ - Instituto Português de Qualidade, “NP EN 13306:2021.” Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.ipq.pt/loja/normas/norma/0d1f79bb-a1d0-ec11-a7b5-0022489ad78d/>
- [7] “Manutenção Preditiva – definição, vantagens, exemplos | igus Portugal.” Accessed: Dec. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.igus.pt/smart-maintenance/manutencao-preditiva/definicao-beneficios-e-exemplos?srsltid=AfmBOoqalmWA5urnSmJ029uYiFUhMy6kucvnNTlgOFwkEN5gx6p dCUBS>
- [8] Infraspak Team, “Plano de manutenção preventiva em 5 passos • Infraspak Blog.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://blog.infraspak.com/pt-br/plano-de-manutencao-preventiva/>
- [9] Fracttal, “Os 3 tipos de manutenção que deve conhecer.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.fracttal.com/pt-pt/blog/tipos-de-manutencao>
- [10] R. . MOREIRA, “Universidade Federal da Paraíba / UFPB Centro de Ciências Sociais Aplicadas / CCSA Departamento de Administração / DA,” p. 39f, 2016.
- [11] Frigocenter, “Manutenção corretiva – Vantagens e desvantagens – Frigocenter.” Accessed: Dec. 15, 2024. [Online]. Available: <https://frigocenter.com.br/2019/03/19/manutencao-corretiva-vantagens-e-desvantagens/>
- [12] F. Trojan, “Proposal of Maintenance-types Classification to Clarify Maintenance Concepts in Production and Operations Management,” Jul. 2017, doi: 10.15341/jbe(2155-7950)/07.08.2017/005.
- [13] ATEHP, “Revista de engenharia e gestão na saúde nº122 - ATEHP.” Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://atehp.pt/revista-oficial/>
- [14] Ministério da Saúde, “Especificações Técnicas para Redes Elétricas de Baixa Tensão em Edifícios Hospitalares,” pp. 1–88, 2019, [Online]. Available: http://www.acss.min-saude.pt/wp-content/uploads/2016/10/ET10_2019_Especificacoes-BT_v2019.pdf
- [15] ACSS, “RETEH Recomendações e Especificações Técnicas para Edifícios Hospitalares,” 2018.

- [16] Legrand, “Mosaic - Tomada 2P+T Schuko, ligadores automáticos - Branca - REF. 077211.” Accessed: May 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.legrand.pt/e-catalogo/077211-mosaic-tomada-2p-t-schuko-ligadores-automaticos-branca.html>
- [17] Legrand, “Mosaic - Tomada 2P+T tipo Schuko - 2 módulos - Verde - REF. 077216.” Accessed: May 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.legrand.pt/e-catalogo/077216-mosaic-tomada-2p-t-tipo-schuko-2-modulos-verde.html>
- [18] Legrand, “Mosaic - Tomada 2P+T tipo Schuko - 2 módulos - Vermelha - REF. 077218.” Accessed: May 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.legrand.pt/e-catalogo/077218-mosaic-tomada-2p-t-tipo-schuko-2-modulos-vermelha.html>
- [19] Legrand, “Mosaic - Tomada 2P+T tipo Schuko - 2 módulos - Laranja - REF. 077217.” Accessed: May 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.legrand.pt/e-catalogo/077217-mosaic-tomada-2p-t-tipo-schuko-2-modulos-laranja.html>
- [20] On Safety, “O que é EPC? Conheça os Equipamentos de Proteção Coletiva - OnSafety.” Accessed: Oct. 19, 2025. [Online]. Available: <https://onsafety.com.br/o-que-e-epc/>
- [21] Instituto Português da Qualidade (IPQ), “NP EN 13306:2021.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://www.ipq.pt/loja/normas/norma/0d1f79bb-a1d0-ec11-a7b5-0022489ad78d/>
- [22] I. E. Commission, “IEC 60601-1:2005+AMD1:2012+AMD2:2020 CSV | IEC.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/67497>
- [23] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-7-710:2021 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/29393>
- [24] International Electrotechnical Commission, “IEC 61558-2-15:2022 RLV | IEC.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/75789>
- [25] International Electrotechnical Commission, “IEC 61439-1:2020 RLV | IEC.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/67026>
- [26] ISQ ACADEMY, “Habilitação Elétrica em Baixa e Alta Tensão | ISQ.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://academy.isq.pt/informacaocurso.aspx?id=89>
- [27] CENELEC, “Operation of electrical installations-Part 1: General requirements,” 2013.
- [28] EDP Distribuição, “TRABALHOS EM TENSÃO,” 2017.
- [29] International Electrotechnical Commission, “IEC 61439-5:2023 RLV | IEC.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/85236>
- [30] International Electrotechnical Commission, “IEC 61439-2:2020 | IEC.” Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/30043>
- [31] International Electrotechnical Commission, “IEC 60900:2018 | IEC.” Accessed: Nov. 06, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/27266>
- [32] International Electrotechnical Commission, “IEC 60903:2014 | IEC.” Accessed: Dec. 11, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/3871>
- [33] IEC, *IEC 62040-3 - Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements Alimentations*. 2011.
- [34] “Supplementary Specification to IEC 62040-3 AC Uninterruptible Power Systems (UPS).” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.iogp-jip33.org/wp->

- content/uploads/2020/08/Supplementary-Spec-to-IEC-62040-3-AC-Uninterruptible-Power-Systems-UPS-S-701v2020-08.pdf
- [35] International Electrotechnical Commission, “IEC 62040-5-3:2016 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/26118>
- [36] International Electrotechnical Commission, “IEC 62040-1:2017+AMD1:2021+AMD2:2022 CSV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/80573>
- [37] International Electrotechnical Commission, “IEC 62040-3:2021 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/60140>
- [38] International Electrotechnical Commission, “IEC 62040-2:2016 RLV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/59482>
- [39] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-1:2025 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/63699>
- [40] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-4-41:2005+AMD1:2017 CSV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/60169>
- [41] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-4-43:2023 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/28432>
- [42] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-4-44:2024 RLV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/104438>
- [43] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-5-52:2009+AMD1:2024 CSV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/103734>
- [44] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-5-53:2019+AMD1:2020+AMD2:2024 CSV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/104394>
- [45] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-5-54:2011+AMD1:2021 CSV | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/68865>
- [46] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-6:2016 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/24656>
- [47] International Electrotechnical Commission, “IEC 60364-8-1:2019 | IEC.” Accessed: Nov. 03, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/33598>
- [48] Diário da República, “Portaria n.º 988/93 | DR.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/988-1993-644960>
- [49] E-REDES, “DPE-C33-800/N SET 2023 Edição: 1; Revisão: 00 Emissão: E-REDES-Distribuição de Eletricidade Condutores isolados e seus acessórios para redes de distribuição. Pesquisa de avarias na rede subterrânea MT através de mega ohmímetros Processo de ensaios,” 2023.
- [50] Senyals, “Luvas isolantes para trabalhos elétricos até 17000V (Classe 2).” Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: https://www.senyals.com/pt/seguridad-electrica/3457-2241-guantes-aislantes-para-trabajos-electricos-hasta-500v-clase-00-.html?gad_source=1&gad_campaignid=2222329309&gbraid=0AAAAA-

gfKNzh4AUoNM_IRpStd88-
ZS9NJ&gclid=Cj0KCQjw9czHBhCyARIsAFZIN8SjuZLOLrKZ0mLGO

- [51] Farprotec, “Escadote Isolante Tubesca Compact com 5 degraus 1,15/1,95 mt - Farprotec - Equipamentos Protecção Individual - EPI's.” Accessed: Dec. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.farprotec.com/catalogo/artigo/escadote-isolante-tubesca-compact-com-5-degraus-1-15-1-95-mt-tetsof505120>
- [52] Kardex, “Sistema de elevação vertical Kardex Shuttle.” Accessed: Jan. 10, 2025. [Online]. Available: <https://info.kardex.com/pt/ppc/general/shuttle/kr/sweu/2023>
- [53] S. Electric, “A9F79463 - Acti9 iC60N - Disjuntor - 4P - 63A - Curva C - 6000A (IEC 60898-1) - 10 kA (IEC 60947-2) | Schneider Electric Portugal.” Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9F79463/acti9-ic60n-disjuntor-4p-63a-curva-c-6000a-iec-608981-10-ka-iec-609472/>
- [54] S. Electric, “A9V11463 - Acti9 Vigi iC60 - Bloco diferencial - 4P - 63A - 30mA - Classe AC | Schneider Electric Portugal.” Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9V11463/acti9-vigi-ic60-bloco-diferencial-4p-63a-30ma-classe-ac/>
- [55] Maxima, “Marmita Industrial - 550 l - Indirecta - Eléctrico - 400V.” Accessed: Feb. 14, 2025. [Online]. Available: <https://maxima.com/pt/panela-de-ebulicao-500l-400v-indireto.html>
- [56] S. Electric, “A9Y83740 - Acti9 Vigi iC40 - Bloco diferencial - 3P+N - 40A - 300mA - Classe AC | Schneider Electric Portugal.” Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9Y83740/acti9-vigi-ic40-bloco-diferencial-3p+n-40a-300ma-classe-ac/>
- [57] S. Electric, “A9P54740 - Acti9 iC40N - Disjuntor - 3P+N - 40A - Curva C - 6000A (IEC 60898-1) - 10 kA (IEC 60947-2) | Schneider Electric Portugal.” Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9P54740/acti9-ic40n-disjuntor-3p+n-40a-curva-c-6000a-iec-608981-10-ka-iec-609472/>
- [58] S. Electric, “A9V15463 - Acti9 Vigi iC60 - Bloco diferencial - 4P - 63A - 300mA - Seletivo - Classe AC | Schneider Electric Portugal.” Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9V15463/acti9-vigi-ic60-bloco-diferencial-4p-63a-300ma-seletivo-classe-ac/>
- [59] S. Electric, “A9Z65463 - Acti9 iID - Interruptor diferencial - 4P - 63A - 300mA - Seletivo - Classe B-SI | Schneider Electric Portugal.” Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.se.com/pt/pt/product/A9Z65463/acti9-iid-interruptor-diferencial-4p-63a-300ma-seletivo-classe-b-si/>
- [60] P. Cunha, “Obras nos hospitais não visa fechar Covões – Observador.” Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available: <https://observador.pt/2022/07/25/obras-nos-hospitais-de-coimbra-nao-visam-encerramento-da-urgencia-dos-covoes/>
- [61] Diário da República, “Portaria n.º 949-A/2006 | DR.” Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/949-a-2006-303262>
- [62] “Protecção contra sobreintensidades.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: https://web.fe.up.pt/~jsaraiva/Textos/Dim_V12_P2_novo.pdf
- [63] Schneider Electric, “Folha de dados do produto RM17JC00MW,” pp. 1–2, 2024.
- [64] J. Marinho Gomes Pereira and J. Lima Morais, *Guia Técnico das Instalações Eléctricas*. 2007. Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: <https://www.wook.pt/livro/guia-tecnico->

- das-instalacoes-electricas-jose-marinho-gomes-pereira/1098203?srsId=AfmBOooDxCashb2dfaFnalBMLIwWCk9LMupHnNqAoXgTzMlvVK7TR1Y
- [65] L. Ng, “Welcome Technical Sharing Session Lionel Ng, Global Training Specialist,” 2021.
- [66] B. Metz-Noblat, F. Dumas, and C. Poulain, “Cahier technique no. 158 Calculation of short-circuit currents”, Accessed: Dec. 11, 2025. [Online]. Available: <http://www.schneider-electric.com>
- [67] International Electrotechnical Commission, “IEC 60909-0:2016 | IEC.” Accessed: Dec. 02, 2025. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/en/publication/24100>
- [68] C. J. Coelho Teixeira, “A proteção contra curto-circuitos em Instalações Elétricas Hospitalares,” *Tecno Hosp.*, vol. 111, 2022.
- [69] “UNI-T UT890C Professional Digital Multimeter Voltmeter Ammeter Ohmmeter True RMS 6000 Beads Polymeter Capacity Test and Temperature Measurement with LCD Backlight : Amazon.nl: DIY & Tools.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.amazon.nl/-/en/UT890C-Professional-Multimeter-Temperature-Measurement/dp/B07RTJVNXY?th=1>
- [70] “Cabo testador CATV Medidor de nível de sinal digital EUA STD-CATV (5M-870M Hz) | Amazon.com.br.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.amazon.com.br/testador-Medidor-digital-STD-CATV-5M-870M/dp/B00UF6LDLO>
- [71] “DM286 FLIR, Thermal Imaging Multimeter, 57° x 44° FOV, 160 x 120 Resolution | Farnell Portugal.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://pt.farnell.com/flir/dm286/thermal-imaging-multimeter-10a/dp/4326279>
- [72] “Industry Digital Non-Contact Infrared Thermometer.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: https://www.rolling-beers.fr/en/mesure-de-la-temperature/3842-industry-digital-non-contact-infrared-thermometer.html?srsId=AfmBOor2r_AauqmvEh49XglqkmKG4Rvmbwpu335VqcypQpAudLtnkW1C
- [73] “FLUKE-376 FC FLUKE - Meter: multifunction | digital,pincers type; Øcable: 34mm; LCD; FLK-376FC | TME - Electronic components.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.tme.eu/en/details/flk-376fc/meters-and-ac-dc-clamp-probes/fluke/fluke-376-fc/>
- [74] “Earthing and Short Circuiting Kit MT-BM-120 2 Mtrs 120 sq.mm 3 Pcs/Kit: Buy Online at Best Price in UAE - SupplyVan.com.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://supplyvan.com/earthing-and-short-circuiting-kit-mt-bm-120-2-mtrs-120-sq-mm-3-pcs-kit.html>
- [75] “WORK ITALIA Terminal Sextavado para Detector de Tensão | Profor.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://proforstore.pt/material-eletrico-protecao-eletrica-varas-e-acessorios/1316-terminal-sextavado-para-detector-de-tensao-3514206810020.html>
- [76] “Digitální luxmetr Manutan Expert | EXTERA.CZ.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.extera.cz/cs/digitalni-luxmetr-manutan-expert/p-30720/>
- [77] “FLUKE T150 | Comprobador de tensión Fluke T150, hasta 690V, prueba de continuidad, IP64, CAT III 690V | RS.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: <https://pt.rs-online.com/web/p/comprobadores-de-tension/7508444>
- [78] “Conjunto de ferramentas KS Tools, 1000 V, 55 peças, estojo de couro, isolado por

- imersão.” Accessed: Sep. 03, 2025. [Online]. Available: https://www.denios.pt/conjunto-de-ferramentas-ks-tools-1000-v-55-pecas-estoujo-de-couro-isolado-por-imersao-295742/295742?exclude_vat=0&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI57CW866CjAMVdphQBh3b6gWwEAQYASABEgI2CvD_BwE
- [79] Yuguang, “Como funciona um disjuntor SF6? - Conhecimento.” Accessed: Aug. 18, 2025. [Online]. Available: <https://pt.ygvcb.com/info/how-a-sf6-circuit-breaker-works-100011696.html>
- [80] GARKCOON, “MORLEY MI-PSE-S2I Sensor óptico analógico serie MAX con aislador.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: https://darkcoon.es/morley-mi-pse-s2i-sensor-optico-analogico-serie-max-con-aislador_p11508850.htm?utm_source=kelkoopt&utm_medium=cpc&utm_campaign=kelkoopt&utm_source_platform=KelkooGroup&utm_term=MORLEY+-IAS+-147+MI-PSE-S2I+Detector+ópt&utm_campaign=k
- [81] DARKCOON, “Notifier NOTIFIER-103 M5A-RP02FF-N026-41 Pulsador de alarma direccionable, rearmable y con aislador de cortocircuitos.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: https://darkcoon.es/notifier-notifier-103-m5a-rp02ff-n026-41-pulsador-de-alarma-direccionable-rearmable-y-con-aislador-de-cortocircuitos_p11023010.htm?kk=a4c6294-1982d247df2-1e29b&kgclid=Cj0KCQjwyvFDBhDYARIsAITzbZHxcPOm48Ew09huZNOPyOIVNbrvY6p3Wc0e64VM8Os9
- [82] JOLARME, “Sirene convencional de incêndio exterior / interior INIM - IS2010RE.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.jolarme.pt/info/SIRENE-CONVENCIONAL-DE-INCENDIO-EXTERIOR-INTERIOR-INIM-IS2010RE-640.html>
- [83] KOOLAIR, “Registo corta-fogo circular. FDR-3G - Koolair.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.koolair.com/pt-pt/catalogo/registo-corta-fogo-circular-fdr-3g/>
- [84] Mercor Tecresa, “Registos corfa-fogo - Compartimentação de ductos.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://mercortecresa.com/pt/registos-cortafogo>
- [85] TROX Technik, “Registos Corta Fogo,” 2025, Accessed: Jul. 10, 2025. [Online]. Available: www.contimetra.com
- [86] FONESTAR, “Como funciona um sistema de chamada paciente-enfermeira? Funcionamento de um sistema de chamada paciente-enfermeira.” Accessed: Aug. 20, 2025. [Online]. Available: <https://fonestar.com/pt/como-funciona-um-sistema-de-chamada-paciente-enfermeira/>
- [87] EQUIPACARE, “Você sabe o que é sistema IT médico – Equipacare.” Accessed: Dec. 11, 2025. [Online]. Available: <https://equipacare.com.br/sistema-it-medico/>
- [88] RDI BENDER, “Esquema IT Médico RDI BENDER - Encontre aqui Outros Produtos e S[...].” Accessed: Dec. 11, 2025. [Online]. Available: <https://catalogohospitalar.com.br/esquema-it-medico-rdi-bender.html>
- [89] R. Marques, “Relatório - Estudo dos riscos elétricos em ambiente hospitalar,” 2022.
- [90] EDP Distribuição, “Validação da rede geral de terra de subestações AT/MT pelo controlo das tensões de contacto e de passo,” p. 38, 2007, [Online]. Available: http://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/projecto-tipoSE_AT_MT/documentacaonormativa/Recomendaes de Projecto/EDPDRP-C13-530N.pdf

- [91] D. E. Terra, “Redes de terras 120 at3w.com,” pp. 120–143, [Online]. Available: https://at3w.com/upload/ficheros/03_redes_de_terra_pt.pdf



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra