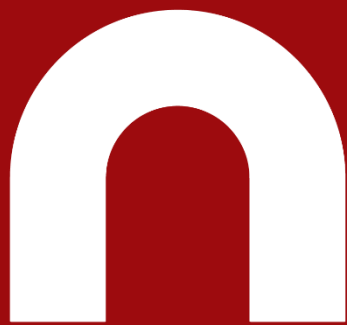




isec
Engenharia

MESTRADO EM INSTRUMENTAÇÃO
BIOMÉDICA

**Procedimentos de manutenção de
equipamentos de eletromedicina e de
desinfecção hospitalar**

DEFINITIVO

Autor

Ana Rita Ferreira Moraes

Orientador

Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, outubro de 2022



DEFINITIVO

isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA

Procedimentos de manutenção de equipamentos de eletromedicina e de desinfeção hospitalar

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Instrumentação Biomédica

Autor

Ana Rita Ferreira Moraes

Orientador

Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

Supervisor na empresa SMH

Mestre David dos Santos Pinho

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, outubro de 2022

Agradecimentos

Este trabalho de mestrado desenrola-se numa experiência única e enriquecedora e reúne contributos de algumas pessoas e entidades. Dessa forma, venho agradecer a disponibilidade e a colaboração de diversas formas de todos os envolvidos, nomeadamente:

Ao ISEC, por ter sido a minha segunda casa nos últimos anos.

À empresa de acolhimento do estágio, a SMH, por me ter dado a oportunidade de toda esta experiência e aprendizagem, ao Engenheiro Bruno Andrade e ao Vítor Nogueira, e, em especial ao meu supervisor, Engenheiro David Pinho, por tudo o que me ensinou. Sem dúvida que “fiquei em boas mãos”.

À minha orientadora, Doutora Fernanda Coutinho, pela sua disponibilidade e incentivo. Saliento o interesse, extraordinário e pertinente com que acompanhou a realização deste estágio e todo o apoio prestado. As críticas construtivas e as reflexões revelaram-se em pontos fulcrais ao longo de todo o percurso.

Aos meus pais por nunca deixarem que nada me faltasse e que me incentivaram a seguir sempre em frente mesmo nos momentos mais difíceis. A eles tudo devo.

Ao meu irmão, que embora não o saiba, foi o meu pilar mais importante nos últimos dois anos.

Ao Bruno Rodrigues, pelo incentivo ao longo do último ano, pelo carinho, amor e dedicação que por mim demonstrou.

À minha grande amiga Celina Palma, que mesmo longe, esteve sempre por perto, em todos os momentos.

E por último, mas igualmente importante, à minha colega de trabalho, Judite Ribeiro, pela disponibilidade a conciliar o horário do estágio com o trabalho, colmatando as minhas ausências.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

Resumo

Este relatório descreve o estágio curricular realizado no âmbito da Unidade Curricular de Projeto/Estágio do Mestrado em Instrumentação Biomédica.

O bom funcionamento de um hospital depende, em grande parte, do bom estado dos equipamentos médicos. Para tal, é aconselhável e necessário que sejam implementadas boas práticas de manutenção tanto a nível preventivo como corretivo. Para esse processo, é fulcral a existência de profissionais com competências adequadas e conhecimentos detalhados sobre as especificidades de cada equipamento. Nesse sentido, um dos objetivos estipulados para este estágio curricular foi a aquisição e aprofundamento de conhecimentos sobre um leque variado de equipamentos de eletromedicina e dos respetivos procedimentos de manutenção, nomeadamente de autoclaves de bancada, de eletrobisturis, de desfibrilhadores, de monitores de sinais vitais, de eletrocardiógrafos, entre muitos outros.

Outro aspeto igualmente importante, abordado indiretamente neste estágio, está relacionado com as infeções nosocomiais. Com efeito, qualquer unidade de saúde, nomeadamente um hospital, é uma fonte rica de vírus e bactérias, o que pode levar ao aparecimento de infeções em ambiente hospitalar, vulgarmente denominadas por infeções nosocomiais. É um problema delicado e é crucial que sejam adotadas medidas para prevenir ou reduzir a sua disseminação. Uma dessas medidas consiste na desinfeção de espaços, utilizando equipamentos adequados. Assim, outro dos objetivos do estágio foi a aquisição de conhecimentos no que diz respeito ao princípio de funcionamento e procedimentos necessários à utilização e manuseio de um equipamento de desinfeção hospitalar.

Concretamente, foi estudado um robô autónomo que utiliza radiação ultravioleta de comprimento de onda curto (também conhecida por “radiação germicida ultravioleta”) que tem a capacidade de matar ou inativar microorganismos.

Este estágio, com a duração de sete meses, teve como instituição de acolhimento a empresa SMH - Serviços de Manutenção Hospitalar, Lda., tendo a aluna sido integrada na equipa de eletromedicina da SMH residente no Hospital da Luz Coimbra e na equipa móvel da SMH da região centro.

Palavras-chave: Manutenção hospitalar, Eletromedicina, Instrumentação biomédica, Equipamentos médicos, UVD Robots, Desinfeção hospitalar

Abstract

The report describes an electromedicine internship inserted in a Biomedical Instrumentation Master's curricular unit, Project/ Internship.

The functioning of a hospital mostly depends on the good condition of medical equipment. For this purpose, it is advisable and necessary that good maintenance practices be implemented at a preventive and corrective level. For such this process is the existence of professionals with adequate skills and detailed knowledge of the specifics of each equipment. One of the objectives stipulated for this curricular internship was the acquisition and deepening of knowledge about electromedicine equipments and the respective maintenance procedures, such as, benchtop autoclaves, electroscalpels, defibrillators, vital signs monitors, electrocardiographs, among many others.

Another of the objectives of the internship was the acquisition of knowledge regarding the principle of operation and procedures necessary for the use and handling of hospital disinfection equipment.

Another aspect is related to nosocomial infections. Indeed, any health unit, like the hospital, is a rich source of viruses and bacteria, which can lead to the appearance of infections in a hospital environment, commonly called for nosocomial infections. It is a delicate issue and it is crucial that conditions to prevent or reduce its spread be imposed. One of these conditions is the disinfection of spaces, using appropriate equipment. Therefore, another of objectives of the internship was the acquisition of knowledge with regard to the principle operating and maintenance procedures for disinfection equipment hospital. In particular, an autonomous robot that uses radiation short-wavelength ultraviolet (also known as "ultraviolet germicidal") that has the ability to kill or inactivate microorganisms.

This internship, with a duration of seven months, had as a host institution the company SMH - Serviços de Manutenção Hospitalar, Lda., and the student was integrated in the SMH electromedicine team residing at Hospital da Luz Coimbra and in the SMH mobile team in the central region.

KeyWords: Hospital maintenance, electromedicine, Biomedical instrumentation, Medical equipment, UVD robots, Hospital disinfection

Nota de Redação

As descrições, análises e ações de manutenção de equipamentos de eletromedicina apresentados neste relatório documentam a experiência de estágio da aluna numa perspectiva acadêmica e de aprendizagem, não devendo a informação incluída neste documento ser utilizada como referência para ações concretas em ambiente clínico. Ações concretas em ambiente clínico devem ser sempre efetuadas por entidades e profissionais qualificados, respeitando os standards aplicáveis e as recomendações específicas dos fabricantes para cada tipo de equipamento.

Disclaimer

The descriptions, analyses and maintenance actions for electromedical equipment presented in this report document the student's internship experience from an academic and learning perspective, and the information contained in this document should not be used as a reference for concrete actions in the clinical environment. Concrete actions in the clinical environment must always be carried out by qualified entities and professionals in compliance with applicable standards and manufacturers' specific recommendations for each type of equipment.

Conteúdo

Nota de Redação	vi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xvii
1 Introdução	1
1.1 Motivação e objetivos	1
1.2 Cronograma do estágio	2
1.3 Instituição de acolhimento e locais do estágio	3
1.4 Organização do relatório	6
2 Manutenção em ambiente hospitalar	7
2.1 Definição e tipos de manutenção	7
2.1.1 Definição de manutenção	7
2.1.2 Redesenha histórica	7
2.1.3 Tipos de manutenção	8
2.2 Recursos em manutenção	10
2.2.1 Custos associados à manutenção	10
2.2.2 Serviço de gestão à manutenção	11
2.3 Ciclo de vida de um equipamento	11
2.4 Informação normativa	12
2.4.1 Organizações responsáveis pela informação normativa	12
2.4.2 Princípios normativos transversais	13
2.4.3 Normas particulares de equipamentos intervencionados	16
2.5 <i>Software</i> de apoio à gestão de manutenção	18
3 Descrição funcional dos equipamentos intervencionados	21
3.1 Equipamentos biomédicos	21
3.1.1 Artrobomba	21
3.1.2 Desfibrilhador	22
3.1.3 Eletrobisturi	24

3.1.4	Eletrocardiógrafo	25
3.1.5	Equipamento de ultrassons	27
3.1.6	Monitor multi-parâmetro de sinais vitais	28
3.1.7	Ventilador pulmonar	29
3.2	Equipamentos de eletromecânica médica	34
3.2.1	Autoclave	35
3.2.2	Cadeira odontológica	38
3.2.3	Equipamento de lavagem e desinfeção	42
3.2.4	Marquesa e mesa cirúrgica	45
3.3	Equipamentos de teste	46
4	Procedimentos de manutenção preventiva e corretiva	49
4.1	Procedimentos de manutenção preventiva	49
4.1.1	Autoclave	49
4.1.2	Cadeira odontológica	50
4.1.3	Desfibrilhador	50
4.1.4	Eletrobisturi	51
4.1.5	Eletrocardiógrafo	53
4.1.6	Marquesa e mesa cirúrgica	53
4.1.7	Monitor multi-parâmetro de sinais vitais	53
4.1.8	Ventilador pulmonar	55
4.2	Procedimentos de manutenção corretiva	56
4.2.1	Artrobomba	56
4.2.2	Autoclave	57
4.2.3	Cadeira odontológica	60
4.2.4	Eletrobisturi	63
4.2.5	Eletrocardiógrafo	63
4.2.6	Equipamento de lavagem e desinfeção	63
4.2.7	Equipamento de ultrassons	64
4.2.8	Marquesa e mesa cirúrgica	64
4.3	Outros equipamentos	65
4.3.1	Aquecedor de mantas	65
4.3.2	Aparelho de ondas curtas	66
4.3.3	Campímetro	67
4.3.4	Colposcópio	68
4.3.5	Equipamento de laser para litotripsia	69
4.3.6	Equipamento de podologia	69
4.3.7	Equipamento de provas de esforço	70
4.3.8	Equipamento de radiografia odontológica	72

4.3.9	Grua elevatória de pacientes	74
4.3.10	Máquina de selar	75
4.3.11	Tina de parafango	77
4.4	Estatísticas	78
5	Robô de desinfecção ultravioleta	83
5.1	Ambiente hospitalar e desinfecção	83
5.2	Luz UV-C	83
5.3	Robô de desinfecção por UV-C	85
5.3.1	Robô UVD - Modelo C	86
5.3.2	Instalação e desinfecção	88
5.4	Tarefas Realizadas	92
5.4.1	Formação	92
5.4.2	Utilização e manuseio	92
6	Conclusões	95
6.1	Propostas de melhoria	96
	Bibliografia	97
A	– Relatório de Trabalho - Manutenção preventiva a ventilador	103
B	– Substituição de recipiente de amálgama	107
C	– Substituição de lâmpadas UV-C no robô	109
D	– Poster: Equipamento de Eletromedicina e Robô de Desinfecção Hospitalar	111

Lista de Figuras

1.1	Distribuição temporal das atividades.	2
1.2	Logótipo da empresa SMH.	3
1.3	Frente do Hospital da Luz Coimbra	3
1.4	Localização das unidades de trabalho ⁴	5
2.1	Evolução dos objetivos da manutenção [4].	8
2.2	Tipos de manutenção [1].	9
2.3	Tipos de custos [7].	11
2.4	Etapas do ciclo de vida de um equipamento [8]	12
2.5	<i>Software</i> de apoio à gestão: (a)- Página Inicial; (b)- Menu para adicionar filtros; (c)- Menu para adicionar equipamentos.	19
2.6	<i>Software</i> de apoio à gestão: (a)- Manutenções preventivas agendadas; (b)- Lista de tarefas dos equipamentos; (c)- <i>Checklist</i> de tarefas de cada equipamento.	20
2.7	<i>Software</i> de apoio à gestão: (a)- Verificação da conformidade do equipamento; (b)- Avaria à espera de resolução; (c)- Menu do stock.	20
3.1	Artrobomba <i>Smith & Nephew</i> modelo <i>Access 15</i>	22
3.2	Desfibrilhador externo manual.	23
3.3	Esquema de funcionamento do desfibrilhador (adaptado) ³	23
3.4	Desfibrilhador automático externo.	24
3.5	Eletrobisturi <i>EMED</i> modelo <i>ES-350 Argon</i>	24
3.6	Acessórios do eletrobisturi.	25
3.7	Eletrocardiógrafo <i>GE</i> modelo <i>Mac 800</i>	26
3.8	ECG com um padrão considerado normal.	27
3.9	Equipamento de ultrassons <i>Zimmer</i> modelo <i>Soleo Galva</i>	27
3.10	Monitor de sinais vitais <i>Nihon Kohden</i> modelo <i>Life Scope</i>	28
3.11	Ventilador <i>Datex ohmeda</i> modelo 7100 e acessórios.	29
3.12	Esquema dos componentes e funcionamento do ventilador (adaptado) [39].	30
3.13	Elementos do ventilador pulmonar.	31

3.14	Volumes e capacidades pulmonares de um adulto em situação de ventilação normal e de inspiração e expiração máximas [43].	32
3.15	Curvas de ventilação [44].	34
3.16	Diagrama do processo de esterilização.	35
3.17	Gráfico das fases de esterilização ⁶	36
3.18	Autoclave Industrial <i>Matachana</i> modelo SC500	37
3.19	Autoclave de Bancada <i>Trident</i> modelo <i>Sole 17l B class</i>	37
3.20	Teste <i>Bowie-Dick</i> e resultados.	38
3.21	Cadeira odontológica <i>Anthos</i>	39
3.22	Instrumentação de mão e respetivo sistema de acionamento.	39
3.23	Pedal e eletroválvulas acionadas pelo mesmo.	40
3.24	Cuspideira.	40
3.25	Instrumentos de mão relativos à aspiração.	40
3.26	Componentes da aspiração e separador da amálgama.	41
3.27	Reguladores de água e ar.	42
3.28	Compressor de ar.	42
3.29	Equipamento de lavagem e desinfeção <i>Steelco</i> modelo DS-500.	42
3.30	Gráfico de um ciclo rápido da temperatura em função do tempo impresso pelo equipamento.	44
3.31	Teste <i>Browne STF</i>	44
3.32	Equipamentos para transporte e cirurgia	45
3.33	Comando remoto de mesa cirúrgica	45
4.1	Exemplo de teste de descarga.	51
4.2	Montagens para testes de fuga [52]	52
4.3	Montagens para testes de potência [52].	52
4.4	Procedimentos de manutenção preventiva de monitores de sinais vitais.	54
4.5	Medição do fluxo e pressão de gás.	56
4.6	Aquecedor de mantas <i>CSZ/Gentherm</i> modelo <i>WarmAir</i>	65
4.7	Aparelho de ondas curtas.	66
4.8	Campímetro.	67
4.9	Colposcopia.	68
4.10	Equipamento de laser.	69
4.11	Equipamento de podologia.	70
4.12	Provas de esforço.	71
4.13	Procedimentos de manutenção preventiva de equipamentos para provas de esforço.	72
4.14	Equipamento de radiografia odontológica <i>Trophy Trex</i> modelo CCX.	72
4.15	Teste de disparo com o equipamento de teste <i>RaySafe X2 Solo DENT</i>	73

4.16	Gráfico com valores medidos de disparo de raios-x.	74
4.17	Valores medidos do disparo do equipamento de raios-x.	74
4.18	Grua elevatória de pacientes.	75
4.19	Máquina de selar <i>Euroseal</i> , modelo 2001 <i>Plus</i>	76
4.20	<i>Seal Check</i>	76
4.21	Máquina de selar	77
4.22	Tina de parafango <i>Trautwein</i> modelo FW 4060 N	78
4.23	Número de intervenções por equipamento.	79
4.24	Percentagem de intervenções de manutenção corretiva.	80
4.25	Percentagem de intervenções de manutenção preventiva.	81
4.26	Comparação entre as percentagens dos procedimentos de manutenção preventiva e corretiva realizadas durante o estágio.	81
5.1	Modo de atuação da luz UV-C [61].	84
5.2	UVD ROBOTS®.	85
5.3	Componentes exteriores do robô UVD modelo C [62].	87
5.4	<i>Docking Station</i>	88
5.5	Carregador de emergência.	89
5.6	Aplicação UVD Robots.	89
5.7	Capa de proteção das lâmpadas.	89
5.8	Mapa criado de um quarto de hospital.	90
5.9	Pontos da rotina.	91
5.10	Relatório de desinfecção: (a)- Exemplo de desinfecção de um quarto de hospital; (b)- Desinfecção bem sucedida	92
5.11	Esquema de funcionamento do robô [62].	93
B.1	Procedimento para substituição de recipiente da amálgama [63] . . .	108
C.1	Substituição de lâmpadas UV-C no robô [62]	110

Lista de Tabelas

3.1	Curvas de ventilação controlada por volume e ventilação controlada por pressão [44].	33
3.2	Equipamentos de teste utilizados	46
4.1	Manutenção corretiva a artrobomba.	56
4.2	Manutenção corretiva a autoclave de bancada.	57
4.3	Manutenção corretiva a autoclave industrial.	59
4.4	Manutenção corretiva a cadeira odontológica.	60
4.5	Manutenção corretiva a eletrobisturi.	63
4.6	Manutenção corretiva a eletrocardiógrafo.	63
4.7	Manutenção corretiva a equipamento de lavagem e desinfecção.	63
4.8	Manutenção corretiva a aparelho de ultrassons	64
4.9	Manutenção corretiva a mesa cirúrgica	64
4.10	Manutenção corretiva a marquesa.	65
4.11	Manutenção corretiva a aquecedor de mantas.	66
4.12	Manutenção corretiva a aparelho de ondas curtas.	67
4.13	Manutenção corretiva a campímetro.	67
4.14	Manutenção corretiva a colposcópio.	68
4.15	Manutenção corretiva a equipamento de laser.	69
4.16	Manutenção corretiva a equipamento de podologia.	70
4.17	Manutenção corretiva a equipamento de raios-x.	74
4.18	Manutenção corretiva a grua elevatória de pacientes.	75
4.19	Manutenção corretiva a máquina de selar.	76
4.20	Manutenção corretiva a tina de parafango.	78

Lista de acrónimos e siglas

AAMI	<i>Association for the Advancement of Medical Instrumentation</i>
CEN	Comité Europeu de Normalização
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
CPAP	<i>Continuous Positive Airway Pressure</i>
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CRF	Capacidade Residual Funcional
DAE	Desfibriladores Automáticos Externos
ECG	Eletrocardiograma
EM	Elétrico Médico
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MIB	Mestrado em Instrumentação Biomédica
PEEP	<i>Positive End-Expiratory Pressure</i>
SAMS	Serviços de Assistência Médico-Social do sindicato dos bancários do centro
SIE	Serviço de Instalações e Equipamentos
SMH	Serviços de Manutenção Hospitalar
SpO₂	Saturação Periférica de Oxigénio
VR	Volume Residual
VRI	Volume de Reserva Inspiratória
VRE	Volume de Reserva Expiratória
VT	Volume Tidal

Capítulo 1

Introdução

No presente capítulo apresentam-se a motivação e os objetivos do estágio (Secção 1.1), o cronograma com a distribuição temporal das atividades (Secção 1.2), seguindo-se uma breve descrição da instituição de acolhimento e dos locais do estágio (Secção 1.3). O capítulo termina com a descrição da organização do relatório onde se inclui um breve resumo dos capítulos que o compõem (Secção 1.4).

1.1 Motivação e objetivos

O Mestrado em Instrumentação Biomédica (MIB) aborda os princípios, os métodos e ferramentas, a tecnologia e a engenharia para análise e resolução de problemas em contexto hospitalar. Neste sentido, e sendo uma área multidisciplinar, com uma crescente evolução tecnológica, existe cada vez mais a necessidade de profissionais competentes na área da instrumentação biomédica nomeadamente para colmatar necessidades nas áreas de instalação, gestão, configuração, manutenção e calibração dos equipamentos médicos¹.

Este enquadramento constituiu a principal motivação à realização do estágio curricular descrito neste documento. O estágio foi realizado numa empresa que presta serviços de manutenção de equipamentos médicos em diversas unidades de saúde. O principal objetivo revelou-se num contacto mais direto com o mercado de trabalho de forma a adquirir competências técnicas na área da manutenção hospitalar no ramo da eletromedicina. Salientando algumas das valências assimiladas, têm-se:

- Aquisição de conhecimentos relativamente a processos administrativos que envolvem qualquer tipo de manutenção;
- Identificação de inúmeros equipamentos, o seu funcionamento e o seu tipo de avarias;

¹<https://www.isec.pt/pt>

- Análise e aplicação de procedimentos de manutenção dos tipos preventivo e corretivo;
- Aquisição de autonomia no desenvolvimento de tarefas;
- Estimulação e desenvolvimento de senso crítico na resolução de problemas;
- Ter conhecimento e saber reconhecer as normas de segurança aplicadas a cada equipamento.

1.2 Cronograma do estágio

O estágio decorreu no ano letivo 2021/2022. Concretizou-se, maioritariamente, no Hospital da Luz Coimbra, ao cuidado da empresa SMH – Serviços de Manutenção Hospitalar, inserido na unidade curricular de projeto/estágio do MIB sob a supervisão do Mestre Engenheiro David Pinho, profissional da SMH, e da orientação da Doutora Fernanda Coutinho, docente do ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Na Figura 1.1 é possível observar a distribuição temporal das atividades desenvolvidas ao longo do estágio.

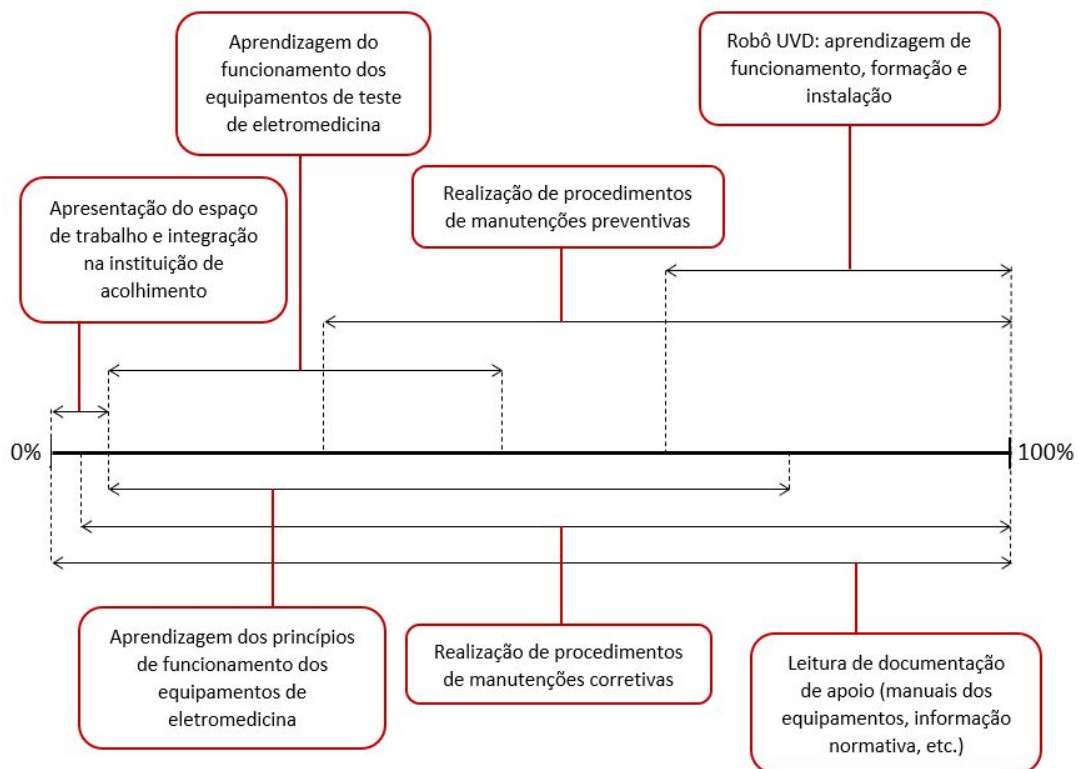


Figura 1.1: Distribuição temporal das atividades.

1.3 Instituição de acolhimento e locais do estágio

Criada a 15 de maio de 2017, a empresa Serviços de Manutenção Hospitalar (Figura 1.2), tem como ramo de atividade a prestação de serviços de manutenção de equipamentos médicos de unidades de saúde sobretudo na zona Norte e Centro do país ².



Figura 1.2: Logótipo da empresa SMH.

O estágio realizou-se, predominantemente, na equipa residente localizada no Hospital da Luz - Coimbra (Figura 1.3.).



Figura 1.3: Frente do Hospital da Luz Coimbra

Outrora Idealmed, esta unidade hospitalar foi adquirida pelo Grupo Luz Saúde, em março de 2018, alterando o nome para Hospital da Luz Coimbra.

Atualmente, o hospital apresenta mais de quarenta valências clínicas, que funcionam como um todo e agregam todo o tipo de especialidades médicas e cirúrgicas. Esta unidade hospitalar está dividida em três blocos que contam com cinco salas de bloco cirúrgico, setenta e um gabinetes de consulta e capacidade para sessenta e seis camas de internamento³.

²<https://www.smhospitalar.pt>

³<https://www.hospitaldaluz.pt>

O Hospital da Luz Coimbra funciona em articulação com quatro clínicas:

- Hospital da Luz Clínica da Solum;
- Hospital da Luz Clínica de Cantanhede;
- Hospital da Luz Clínica de Pombal;
- Hospital da Luz Clínica da Figueira da Foz.

No decorrer do estágio, para além do Hospital da Luz Coimbra, foram realizadas deslocações frequentes às clínicas acima mencionadas. De forma menos regular, efetuaram-se intervenções nos seguintes locais e unidades de saúde:

- Eurocasmédica Produtos Hospitalares Lda.;
- SAMS (Serviços de Assistência Médico-Social do sindicato dos bancários do centro);
- Clínica Médica Arrifana de Sousa;
- Hospital Escola da Universidade Fernando Pessoa;
- Centro Hospitalar de N^a Sr^a da Conceição;
- Hospital da Lousada;
- Hospital da Luz de Vila Real;
- Hospital Arrifana de Sousa;
- Hospital da Prelada;
- Hospital Narciso Ferreira - Santa Casa da Misericórdia de Riba De Ave;
- Clínica dentária Quinta do Picado.

A Figura 1.4 mostra o panorama geral dos locais⁴ que a aluna teve oportunidade de acompanhar a equipa da SMH, e, como se pode verificar, centrou-se na região Norte e Centro.

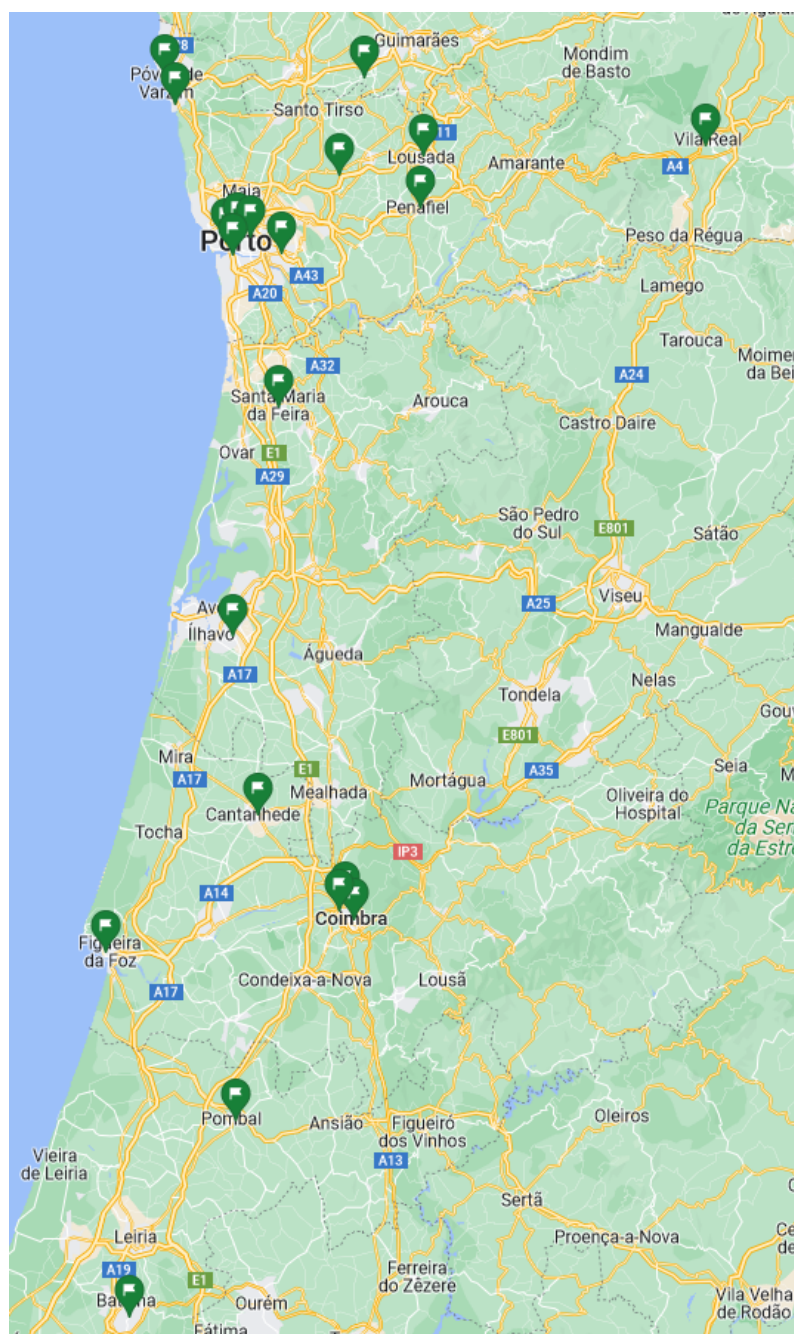


Figura 1.4: Localização das unidades de trabalho⁴.

⁴<https://www.google.pt/maps>

1.4 Organização do relatório

O relatório encontra-se organizado em seis capítulos.

No Capítulo 1 - “Introdução” - é apresentada a motivação, os objetivos, o cronograma do estágio, a instituição de acolhimento e os locais de estágio.

No Capítulo 2 - “Manutenção em ambiente hospitalar” - é descrita a definição da manutenção, uma breve redesenha histórica, os tipos de manutenção e os seus recursos e o ciclo de vida dos equipamentos. Faz-se referência, também, às informações de carácter normativo e ao *software* de gestão da manutenção utilizado pela empresa de acolhimento.

No Capítulo 3 - “Descrição funcional dos equipamentos intervencionados” - é realizada uma breve descrição funcional dos equipamentos que tiveram uma maior intervenção no decorrer do estágio bem como dos equipamentos de teste.

No Capítulo 4 - “Procedimentos de manutenção preventiva e corretiva” - são descritas as principais intervenções, a nível preventivo e corretivo, realizadas nos equipamentos e as estatísticas relativas aos mesmos.

No Capítulo 5 - “Robô de desinfecção ultravioleta” - é apresentado o robô ultravioleta de desinfecção hospitalar UVD ROBOTS[®].

No Capítulo 6 - “Conclusões” - são expostas as principais conclusões e considerações a respeito do estágio realizado e propostas de melhoria.

Capítulo 2

Manutenção em ambiente hospitalar

2.1 Definição e tipos de manutenção

2.1.1 Definição de manutenção

De acordo com a norma NP EN 13306 - Terminologia da Manutenção - a manutenção trata-se da *“combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um equipamento, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa cumprir a função requerida”* [1]. Deste modo, depreende-se por um todo conjunto de ações que visam manter ou corrigir o funcionamento dos equipamentos [2].

O termo **manutenção** pode ser referido como um *“...conjunto de ações destinadas a assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e dos sistemas, garantindo que são intervencionados nas oportunidades e com o alcance certos, de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, de forma a evitar a perda de função ou redução do rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, e tudo a um custo global otimizado.”* [3].

2.1.2 Redesenha histórica

Contextualizando, antes da Segunda Guerra Mundial, dada a conjuntura económica da época e a indústria pouco desenvolvida, a manutenção apenas era realizada quando existia algum tipo de avaria ou quebra com o equipamento resultando na chamada primeira geração “Evolução da Manutenção - Reparar a Avaria”[4].

A partir da Segunda Guerra Mundial até à década de sessenta, com o desenvolvimento industrial notou-se a preocupação de uma maior produtividade, a necessidade de máquinas funcionais e com maior durabilidade. Esta preocupação resultou na ideia de que as falhas dos equipamentos, de certa forma, deveriam de ser evitadas. Assim, surgiu o conceito de manutenção preventiva determinando o período da segunda

geração “Evolução da Manutenção - Evitar a Avaria” [4].

Nos anos setenta, assistiu-se a um processo de mudança na área industrial. Com a indústria em fase de crescimento, os períodos de paragem de produção por falta de ativos resultaram num aumento de custos pelo que se assistiu à necessidade de intensificar os trabalhos na prevenção da avaria do equipamento.

Todavia, em Portugal, só no início do século vinte e um surgiu a formação de profissionais neste ramo da engenharia ligada à saúde. Esta evolução de consciência direcionou à produção de equipamentos com uma maior durabilidade, rentabilidade, segurança e uma notória redução de custos. Este tipo de manutenção (preventiva) está associado a uma maior prevalência para o controlo ao invés da intervenção, dando origem à terceira geração - “Evolução da Manutenção - Antever a Avaria”[4].

Nos últimos trinta anos verificou-se que a tarefa da manutenção tem sofrido bastantes alterações evolutivas com destaque no número elevado e diversidade de equipamentos cuja durabilidade é maior [4].

Na Figura 2.1 pode observar-se os objetivos da manutenção nos equipamentos ao longo do tempo.

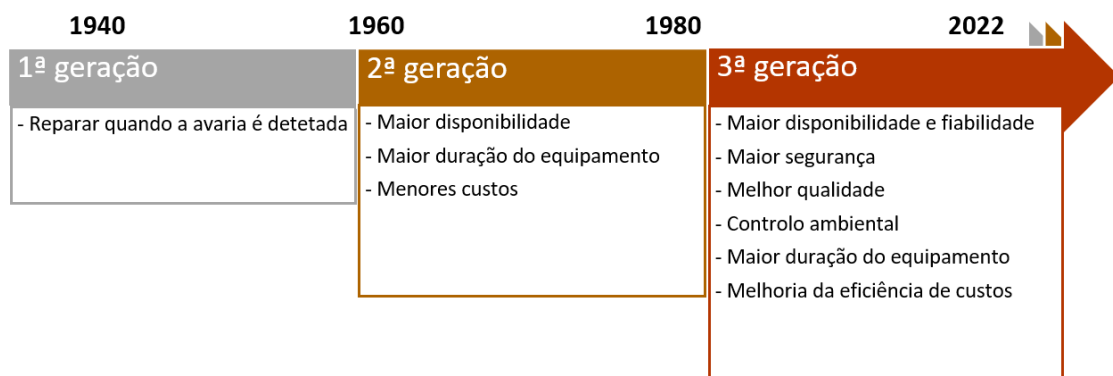


Figura 2.1: Evolução dos objetivos da manutenção [4].

2.1.3 Tipos de manutenção

O principal objetivo de um técnico de eletromedicina é garantir o máximo de tempo de vida útil dos equipamentos, assegurando o seu bom funcionamento com a devida segurança para os utilizadores e com o devido controlo de custos de reparação. Através de uma breve pesquisa verifica-se que a classificação dos tipos de manutenção diferem nos textos de diferentes autores. Isto acontece porque os critérios utilizados são divergentes podendo ser critérios de produtividade, custos, entre outros [5].

No presente relatório, os critérios adotados são relativos à NP EN 13306:2010. Segundo esta, as manutenções são divididas em dois tipos: manutenção preventiva e manutenção corretiva (Figura 2.2).

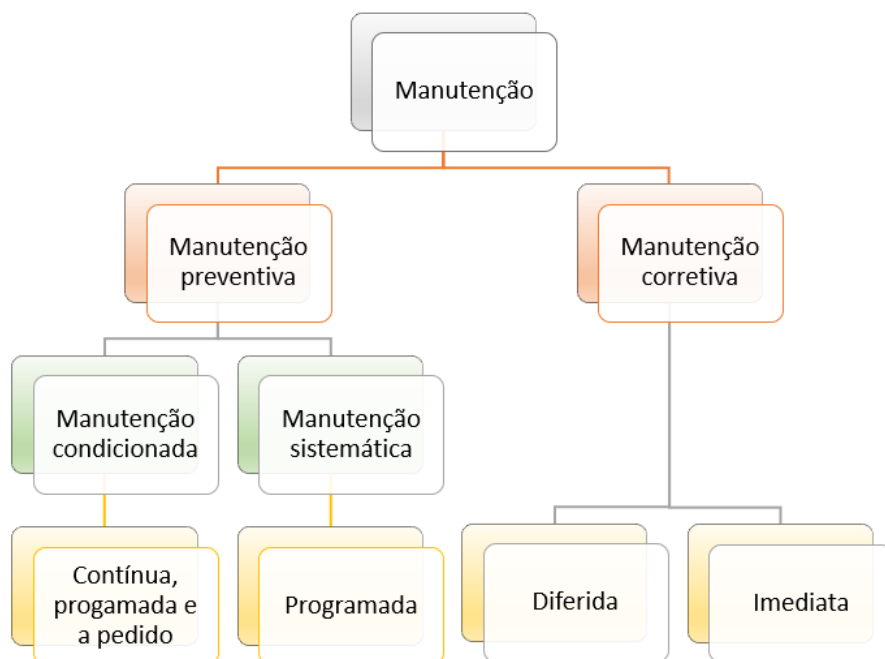


Figura 2.2: Tipos de manutenção [1].

- **Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva é o tipo de manutenção que é realizada com o intuito de evitar avarias futuras, perdas ou limitação da função dos equipamentos. Esta ainda pode ser dividida de acordo quanto à oportunidade com que é motivada:

- Preventiva Condicionada - a intervenção é definida pelos indícios verificados em inspeções realizadas antes da avaria do equipamento[1]. Este tipo de manutenção tem como vantagens o aumento da vida útil do equipamento, controlo de custos de reparação e produtividade aumentada.
- Preventiva Sistemática - a intervenção é determinada por intervalos já definidos, em que podem ser tempos, ciclos ou outros [1]. As vantagens deste tipo de manutenção passam por ter custos predefinidos e planeamento de paragens do equipamento para substituição de componentes constituintes do mesmo.

- **Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva trata-se da manutenção que não foi programada com antecipação, isto é, quando ocorre uma avaria ou limitação de uma função

do equipamento e é necessária intervenção. Trata-se de uma manutenção não planeada e geralmente implica mais custos visto que, normalmente, é necessária a substituição de um ou mais componentes no equipamento. Este tipo de intervenção não traz vantagens diretas e tem algumas desvantagens tais como a redução da vida útil do equipamento e inutilização do equipamento por períodos de tempo, uma vez que pode ser necessário encomendar e adquirir componentes para a reparação. Relativamente à manutenção corretiva, estão associados ainda dois termos: diferida e a imediata. Na manutenção corretiva imediata responde a casos urgentes ao passo que na diferida o equipamento pode aguardar [1][6].

Considerando estas definições descritas e o perfil tecnológico dos equipamentos atuais fica mais explícito o porquê da função manutenção se ter tornado numa atividade de primeira linha no contexto de qualquer organização.

2.2 Recursos em manutenção

O meio hospitalar corresponde a uma estrutura em que a gestão da qualidade de funcionamento é dos aspetos mais relevantes para a sua viabilidade. Como foi referido na Secção 2.1, a manutenção é uma atividade de primeira linha pelo que é importante que tudo esteja em conformidade dado que as falhas podem ser fatais para uma vida humana [7]. Torna-se, portanto, fundamental planificar bem a utilização dos recursos de forma a reduzir o número de falhas. Um mau planeamento traduz-se, principalmente, em atrasos na resolução de solicitações.

2.2.1 Custos associados à manutenção

No contexto hospitalar, medidas de atenuação de custos são vantajosas, dando como exemplo, a completa utilização dos equipamentos, abreviando o tempo de paragem dos mesmos. O processo de planeamento de manutenção inicia-se na aquisição do equipamento e termina no momento em que este se torna completamente inutilizável.

No diagrama da Figura 2.3, é possível verificar que existem três tipos de custos diferenciados associados à manutenção, sendo eles: os custos diretos, os custos indirectos e os custos especiais.



Figura 2.3: Tipos de custos [7].

2.2.2 Serviço de gestão à manutenção

Um sistema de gestão de manutenção que prime pela qualidade requer uma estratégia que implemente uma correlação com os seguintes elementos:

- Documentação (visibilidade);
- Estrutura de gestão (operação e monitorização);
- Revisão periódica (informação de gestão).

Para o efeito os hospitais podem contar com o Serviço de Instalações e Equipamentos – SIE – onde se verifica relações funcionais com os mesmos e outras entidades com que se relacionam, tais como, serviços de aprovisionamento, contabilidade e fornecedores externos [7].

O SIE revela ter um papel importante na manutenção hospitalar tanto por ser o principal interveniente como pelo controlo dos trabalhos realizados por entidades externas, fiscalizando e garantindo a qualidade da manutenção. O SIE está também associado a todo o ciclo de vida das instalações e dos equipamentos pelo que é importante que disponha dos diversos dados atualizados utilizando para isso plataformas digitais.

2.3 Ciclo de vida de um equipamento

Para que os equipamentos gerem valor para um hospital existe um processo com múltiplos passos de forma a prolongar o seu ciclo de vida. As etapas do ciclo de vida de um equipamento encontram-se listadas na Figura 2.4.

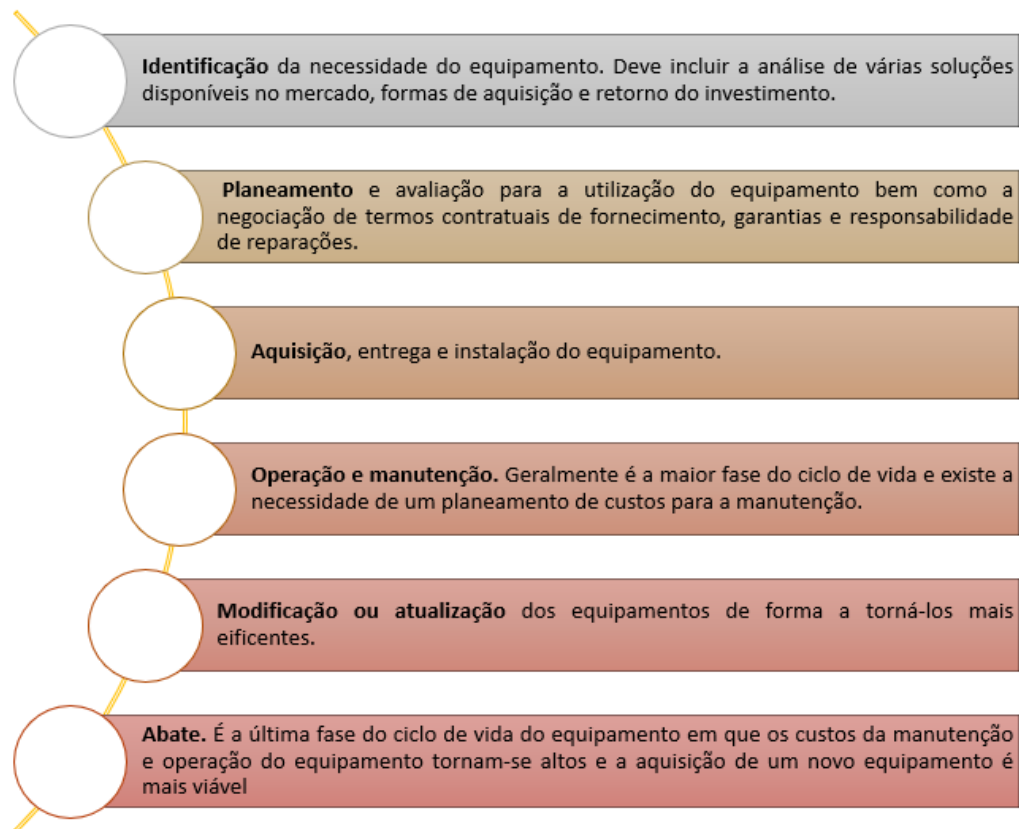


Figura 2.4: Etapas do ciclo de vida de um equipamento [8]

2.4 Informação normativa

Garantir a segurança elétrica é de extrema importância, e, para tal, é necessário que as instalações e/ou equipamentos cumpram com os requisitos normativos.

Nesta secção apresenta-se um pequeno resumo de algumas normas internacionais que se consideraram mais relevantes atendendo ao estágio realizado. As normas escolhidas fazem referência à segurança e à gestão de risco, assim como normas às quais as tarefas realizadas no estágio estiveram sujeitas.

2.4.1 Organizações responsáveis pela informação normativa

Nesta secção serão abordadas algumas das associações responsáveis pela elaboração das normas e ao estabelecimento de regras sobre o material utilizado em medicina.

- *International Organization for Standardization* (ISO) – organização internacional não governamental¹;

¹<https://www.iso.org>

- *International Electrotechnical Commission* (IEC) – organização dedicada à preparação e publicação de normas internacionais²;
- *Association for the Advancement of Medical Instrumentation* (AAMI) – organização criada para o desenvolvimento e utilização de equipamentos de saúde em segurança e conformidade³;
- Instituto Português da Qualidade (IPQ) – entidade responsável pela aplicação das normas internacionais em Portugal⁴;
- Comité Europeu de Normalização (CEN) – organização internacional que desenvolve normas europeias (EN) em várias áreas e setores⁵;
- Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica (CENELEC) – organização internacional que prepara normas voluntárias na área eletrotécnica⁵.

2.4.2 Princípios normativos transversais

Os dispositivos médicos devem reger-se pelos princípios de segurança para que a proteção dos pacientes e dos profissionais esteja garantida aquando a sua utilização. Nesta subsecção realiza-se uma breve análise a normas transversais aplicáveis aos sistemas e a equipamentos hospitalares.

Normas ISO 9000: Gestão de qualidade

As normas constituintes da família ISO 9000 –“*Quality management*”– são um conjunto de normas constituído especialmente por quatro normas principais sendo elas:

- ISO 9000:2015 Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário [9];
- ISO 9001:2015 Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos [10];
- ISO/TS 9002:2016 Sistemas de gestão da qualidade - Diretrizes para aplicar a ISO 9001:2015 [11];
- ISO 9004:2009 Gestão do sucesso sustentado de uma organização - Fornece uma orientação às organizações por meio de uma abordagem de gestão de qualidade [12].

²<http://www.iec.ch>

³<https://www.aami.org>

⁴<https://www.ipq.pt>

⁵<https://www.cenelec.eu>

De destacar a norma ISO 9001 – “*Quality management software*” – pela importância nos sistemas de gestão de qualidade nas organizações. Esta norma assegura uma implementação e melhoria da eficiência de um sistema de gestão de qualidade para ir ao encontro das expectativas do cliente permitindo a sua fidelização bem como a competitividade da organização com base na sustentabilidade [13].

Norma EN ISO 13485: Sistemas de gestão de qualidade

A norma ISO 13485:2016 – “*Medical Devices, Quality Management Systems Requirements for Regulatory Purposes*” – especifica os requisitos necessários para um sistema de gestão da qualidade que uma organização de saúde precisa de assegurar na sua capacidade de fornecer dispositivos médicos [14].

Norma NP EN ISO 14971: Gestão de risco a dispositivos médicos

A norma ISO 14971:2019 – “*Medical Devices - Application of the risk management to medical devices*” – especifica a terminologia, princípios e a gestão dos processos de risco associado aos dispositivos médicos. Os processos de gestão de risco devem ser elaborados garantindo a segurança aquando o funcionamento dos equipamentos e sistemas EM (Elétrico Médico). Para isso, estes últimos devem de cumprir com o risco máximo aceitável de operação quando se compara riscos com benefícios [15].

Os processos de gestão de risco passam pelas seguintes etapas:

1. **Análise de risco:** Esta análise tem de ser realizada de forma individual para cada tipo de dispositivo e estar registada no arquivo de gestão de risco. Deve constar a implementação das manutenções e as decorrências das mesmas. Nesta análise são descritas as probabilidades de falha e/ou danos. Note-se que as mesmas não são iguais pois numa situação de risco pode ocorrer uma falha sem dano associado ou vice-versa;
2. **Controlo de risco:** As medidas de controlo de risco visam conter a gravidade do dano e a probabilidade do mesmo ocorrer. Deste modo, cabe ao fabricante indicar as medidas necessárias para um controlo de risco admissível;
3. **Níveis de risco:** Após a aplicação das medidas de controlo de risco, avaliam-se os riscos residuais. Se estes estiverem dentro do limite risco/benefício, então são considerados aceitáveis, caso contrário, é necessário efetuar alterações de forma a tornar o equipamento mais seguro. Um risco residual abaixo de um determinado nível considera-se um risco desprezável.

Norma IEC 60601-1: Requisitos para segurança básica

A norma IEC 60601-1 – “*Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*” – regulamenta a segurança básica, o desempenho dos equipamentos e sistemas EM e aborda aspetos técnicos relativos aos equipamentos e sua construção, tais como [16]:

- **Acessório:** Ferramenta/instrumento adicional para ser utilizado com outro equipamento de forma a integrar novas funções ao mesmo ou facilitar o seu manuseamento;
- **Desempenho essencial:** Propriedade do equipamento e/ou sistema essencial necessário ao manuseamento, que, em caso de falha, traduz-se em risco inadmissível para o corpo humano;
- **Equipamento EM:** Equipamento/Dispositivo médico no qual existem transferências ou deteções de energia transferida entre o dispositivo e o paciente, com fontes de energia elétrica especificadas pelo fabricante assim como a sua utilização;
- **Fabricante:** Responsável pelo *design*, produção e distribuição do equipamento EM ou sistema EM;
- **Paciente:** Pessoa que se submete a um procedimento médico;
- **Parte aplicada:** Instrumento/peça para ser utilizada com outro equipamento EM e que está em contacto direto com o paciente;
- **Sistema EM:** Equipamentos ligados entre si de modo a formar um sistema como um todo.

O desempenho essencial deve ser especificado pelo fabricante em termos de funções de desempenho (diagnóstico, tratamento, entre outros), fontes de energia a utilizar e/ou a transferir, vida útil dos equipamentos e possíveis manutenções para prolongamento da mesma. São realizados testes aquando o fabrico dos equipamentos de forma a ser cumprido o processo de gestão de risco, sequencialmente e sem comprometimento dos testes seguintes [16].

Em relação às classificações contra os choques elétricos, a norma especifica duas classes: a Classe I e a Classe II. Na Classe I estão incluídos os equipamentos com isolamento básico e os quais as partes metálica que podem entrar em contacto com o corpo humano estão ligadas à terra. Relativamente à Classe II fazem parte os equipamentos em que são necessárias medidas adicionais como o isolamento reforçado [16].

Os equipamentos são distribuídos pelas partes aplicadas: do tipo B, tipo BF e tipo CF. Estes tipos diferem no grau de proteção contra o choque elétrico relativamente à corrente de fuga, isto é, as do primeiro tipo fornecem alguma proteção, as do segundo tipo têm um maior grau de proteção em relação às do tipo B, e, as do tipo CF possuem um grau superior de proteção em relação às do tipo BF [16].

Norma EN IEC 62353: Aplicação em teste recorrente e teste após o reparo

A norma IEC 62353:2014 – “*Medical electrical equipment - Recurrent test and test after repair of medical electrical equipment*” – aplica-se nos testes realizados aos dispositivos médicos que estão em concordância com a norma referida no ponto anterior, isto é, antes de qualquer utilização (antes ou após reparações), os mesmos devem ser testados para registo de valores de medições futuras assim como de cuidados a ter aquando da sua utilização [17]. Esta norma é uma alternativa à norma IEC 60601-1 uma vez que oferece testes mais rigorosos reduzindo a quantidade de testes desnecessários de forma a não sobrecarregar os dispositivos.

2.4.3 Normas particulares de equipamentos intervencionados

Nesta subsecção são analisadas algumas normas particulares de equipamentos, importantes e necessárias, para a correta manutenção e utilização de equipamentos hospitalares.

Norma NP EN 285: Esterilizadores

A norma portuguesa NP EN 285 – “Esterilização. Esterilizadores a vapor de água. Grandes esterilizadores” – contém os requisitos necessários para a utilização de esterilizadores a vapor de água. Nesta norma encontra-se informação relativa a juntas e proteção de portas, teste de *Bowie & Dick*, temperatura e pressão, gerador de calor, entre outros componentes da denominada autoclave [18].

Norma NP EN 554: Esterilização de dispositivos médicos

A norma portuguesa NP EN 554 – “Esterilização de dispositivos médicos : validação e controlo de rotina da esterilização por calor húmido” – está afeta à esterilização de dispositivos médicos e indica requisitos para o controlo de processos relacionados com a esterilização dos instrumentos [19].

Norma EN 1060-3: Esfigmomanómetros não invasivos

A norma EN 1060-3 – “*Non-invasive sphygmomanometers - Part 3: Supplementary requirements for electro-mechanical blood pressure measuring systems*” – é relativa

aos requisitos necessários para a utilização dos esfigmomanómetros não invasivos e aos sistemas de medição da pressão sanguínea [20].

Norma EN IEC 60601-2-2: Eletrobisturis

A norma IEC 60601-2-2 – “*Medical electrical equipment - Part 2-2: Particular requirements for the basic safety and essential performance of high frequency surgical equipment and high frequency surgical accessories*” – vem instituir requisitos particulares de segurança para os eletrobisturis. A título de exemplo, apresenta informações relativamente a corte e coagulação, aplicação bipolar, controlo hemorrágico, entre outros [21].

Norma EN IEC 60601-2-4: Desfibrilhadores-monitores

A norma EN IEC 60601-2-4 – “*Medical electrical equipment - Part 2-4: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators*” – contém informações relativamente ao tempo de carregamento das pás, manuseamento de eléctrodos, correntes aplicadas, entre outros [22].

Norma EN IEC 60601-2-12: Ventiladores

A norma IEC 60601-2-12 – “*Medical electrical equipment - Part 2-12: Particular requirements for the safety of lung ventilators - Critical care ventilators*” – visa estabelecer requisitos particulares em relação aos ventiladores pulmonares. Revela informações sobre parâmetros tais como: o efeito dos gases anestésicos, pressões e fluxos de gases associados, valores inspiratórios e expiratórios, entre outros [23].

Norma EN IEC 60601-2-25: Eletrocardiógrafos

A norma IEC 60601-2-25 – “*Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographs*” – refere-se aos eletrocardiógrafos e divulga documentação relativa a correntes de fuga, instruções de utilização, eléctrodos, instalação, entre outros [24].

Norma EN IEC 60601-2-27: Eletrocardiógrafos

A norma IEC 60601-2-27 – “*Medical electrical equipment - Part 2-27: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographic monitoring equipment*” – contém os requisitos da segurança básica e *performance* essencial de equipamentos de monitorização de eletrocardiogramas tanto em ambiente hospitalar como em ambulâncias. Aborda especificações dos eletrocardiógrafos bem como a classificação dos mesmos [25].

Norma EN ISO 7494-1: Unidades dentárias e fixas

A norma EN ISO 7494-1 – “*Dentistry — Stationary dental units and dental patient chairs — Part 1: General requirements*” – refere-se às cadeiras dentárias. Esta norma especifica os requisitos e métodos de teste para as cadeiras dentárias, instruções de utilização bem como para a descrição técnica [26].

Norma EN ISO 80601-2-12: Ventiladores

A norma EN ISO 80601-2-12 - “*Medical electrical equipment — Part 2-12: Particular requirements for basic safety and essential performance of critical care ventilators*” - aplica-se à segurança básica e ao desempenho essencial dos ventiladores juntamente com os seus acessórios destinados ao atendimento em ambiente hospitalar. As normas ISO 80601-2-13, ISO 80601-2-70, ISO 80601-2-72, ISO 80601-2-80, ISO 80601-2-84 e ISO 80601-2-87 também são aplicadas aos ventiladores e cada uma possui indicações para os diferentes tipos de ventiladores associados a cada ambiente [27].

Norma EN ISO 13482: Robôs e dispositivos robóticos

A norma EN ISO 13482 – “*Robots and robotic devices — Safety requirements for personal care robots*” – contém os requisitos de segurança e medidas de proteção na utilização dos robôs para fins de cuidados pessoais. A norma faz referência aos perigos associados à utilização dos robôs bem como aos requisitos para redução ou eliminação dos riscos associados e abrange aplicações de contacto físico entre o humano e robô [28].

Norma EN ISO 15883-1: Equipamento de lavagem e desinfeção

A norma EN ISO 15883-1 – “*Washer-disinfectors — Part 1: General requirements, terms and definitions and tests*” – constam os requisitos gerais dos equipamentos de lavagem e desinfeção, acessórios, métodos e instrumentação necessária para validação, controlo de rotina, bem como a manutenção preventiva e corretiva [29].

2.5 Software de apoio à gestão de manutenção

O *software* utilizado na gestão da manutenção pela empresa SMH intitula-se por *Infraspeak*. Este *software* possui as *interfaces web* e móvel permitindo que a aplicação seja utilizada quer em escritório quer em mobilidade⁶.

⁶<https://infraspeak.com/pt>

No decorrer do estágio a *interface* mais utilizada foi a móvel que está destinada aos *smartphones*, pelo que se privilegiou a sua descrição doravante. A *interface* móvel apresenta-se da seguinte forma (Figura 2.5):

- **Equipamentos e locais** - consulta de todos os equipamentos e locais que estão alocados ao utilizador que efetuou o *login* aos quais pode proceder à aplicação de filtros bem como adicionar equipamentos;
- **Agenda** - consulta das manutenções preventivas agendadas, consulta do estado das manutenções preventivas que estão a ser realizadas de momento, aceder à lista de tarefas (todos os equipamentos a serem intervencionados) e à *checklist* de tarefas de cada equipamento e verificação da conformidade do equipamento;
- **Avarias** - avarias que se encontram fechadas e as ativas, o estado em que se encontram as avarias ativas (à espera de resolução ou pausadas);
- **Stock** - consumíveis disponíveis em cada armazém;
- **Comentários e sugestões** - sugestões para melhoria da aplicação;
- **Sair** - termina a sessão de utilizador.

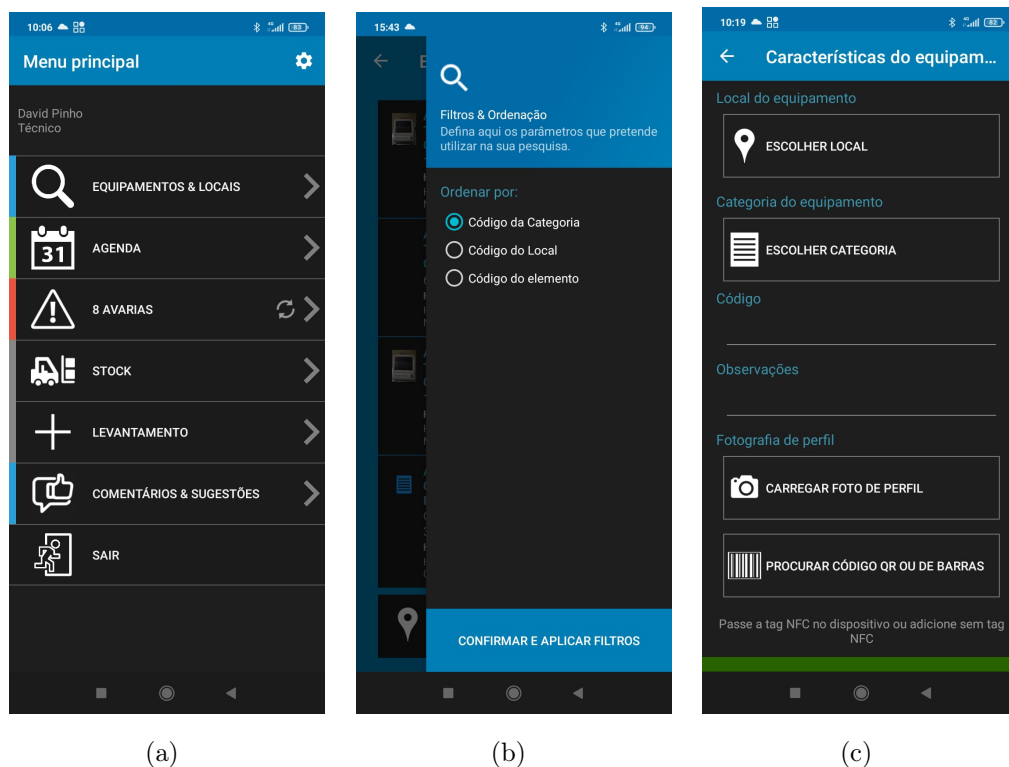


Figura 2.5: *Software* de apoio à gestão: (a)- Página Inicial; (b)- Menu para adicionar filtros; (c)- Menu para adicionar equipamentos.

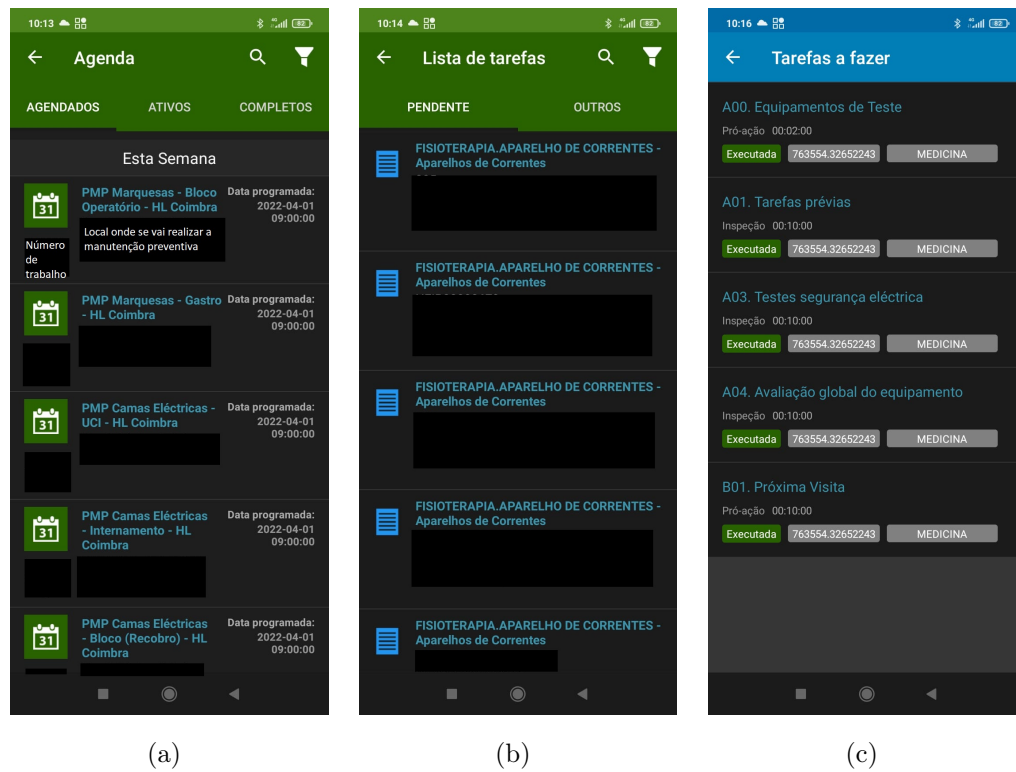


Figura 2.6: *Software* de apoio à gestão: (a)- Manutenções preventivas agendadas; (b)- Lista de tarefas dos equipamentos; (c)- *Checklist* de tarefas de cada equipamento.

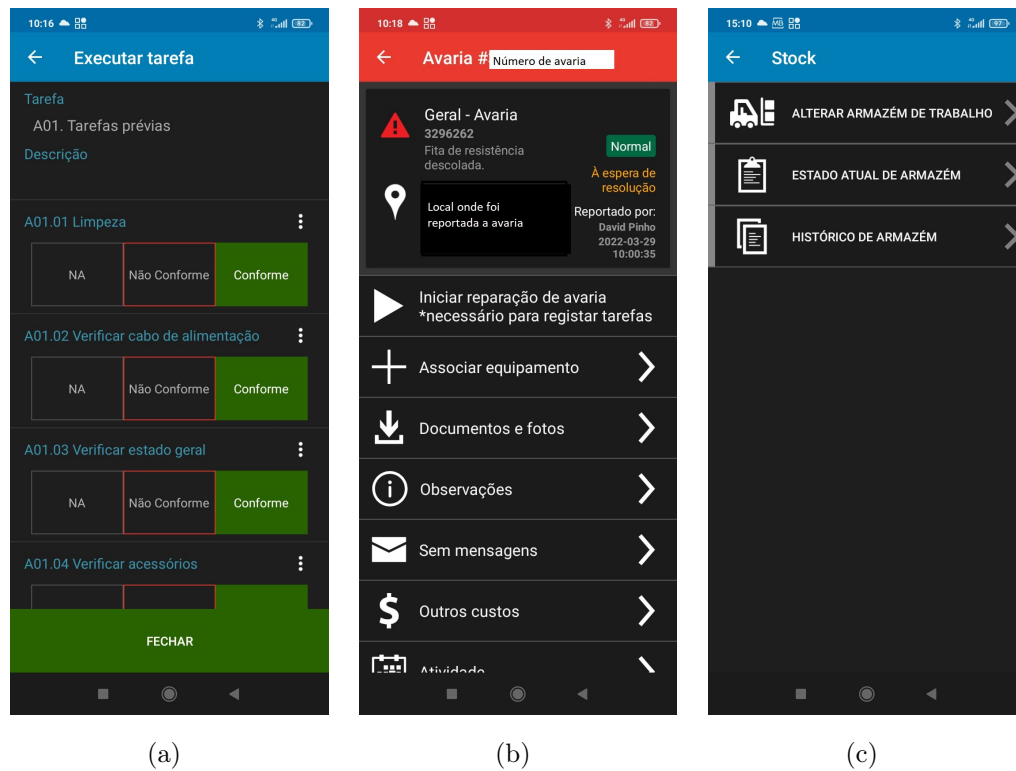


Figura 2.7: *Software* de apoio à gestão: (a)- Verificação da conformidade do equipamento; (b)- Avaria à espera de resolução; (c)- Menu do stock.

Capítulo 3

Descrição funcional dos equipamentos intervencionados

Este capítulo inicia-se com uma introdução aos equipamentos utilizados em meio hospitalar para fins de diagnóstico e terapêutica com os quais a aluna teve oportunidade de maior interação durante o período de estágio. Os equipamentos estão divididos por grupos e são abordados os respetivos princípios de funcionamento assim como alguns procedimentos de manutenção preventiva e corretiva realizados no decorrer do estágio.

O grupo que engloba a maior parte dos equipamentos é o de equipamentos biomédicos ao qual pertencem equipamentos de monitorização. Além deste grupo, existe também o grupo de equipamentos de eletromecânica médica onde estão inseridos equipamentos dotados de um funcionamento mais mecânico [30]. Posteriormente, estão tabelados alguns equipamentos de teste utilizados nas manutenções corretivas e/ou preventivas.

3.1 Equipamentos biomédicos

Nesta secção estão englobados os equipamentos biomédicos que foram intervencionados pela aluna no decorrer do estágio, sendo eles: a artrobomba, o desfibrilhador, o eletrobisturi, o eletrocardiógrafo, o equipamento de ultrassons, o monitor multiparâmetro de sinais vitais e o ventilador pulmonar.

3.1.1 Artrobomba

A artrobomba, Figura 3.1, é uma bomba de irrigação de líquidos sob a vigilância da pressão que permite a leitura da pressão através de um mecanismo de compensação de pressão hidrostática. Este tipo de equipamento é utilizado para colocação de

líquido de irrigação e filtragem do sangue e partículas dos tecidos do órgão no decorrer dos procedimentos cirúrgicos.

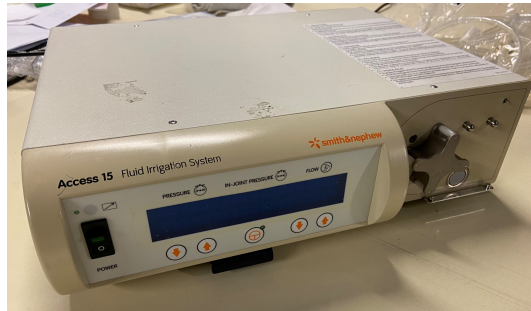


Figura 3.1: Artrobomba *Smith & Nephew* modelo *Access 15*.

A leitura da pressão é realizada por dois sensores de pressão localizados na parte frontal da artrobomba. Este circuito de controlo da pressão vai, de forma contínua, comparar a pressão real com a pressão configurada previamente. O sistema da artrobomba mantém o controlo da pressão independentemente do escoamento de saída¹.

3.1.2 Desfibrilhador

O número de vezes que o coração bate por minuto designa-se por frequência cardíaca sendo o seu valor normal entre sessenta a cem batimentos por minuto. Contudo estes podem variar dependendo de vários fatores tais como idade, genética, doenças cardíacas, ansiedade, tabagismo, entre outros².

Os batimentos cardíacos resultam de estímulos elétricos, que por sua vez são transportados por feixes nervosos e por células que formam os músculos cardíacos. Por vezes esses estímulos podem desorganizar-se e gerar um ritmo cardíaco rápido desencadeando paragens cardíacas. A esta ocorrência dá-se o nome de fibrilhação².

A desfibrilhação é a única terapêutica eficiente à fibrilhação auricular/ventricular, tratando-se da aplicação de corrente elétrica no paciente através de um desfibrilhador. Este equipamento (Figura 3.2(a)) assume a função de reversão da fibrilhação, isto é, restabelecer ou reorganizar o ritmo cardíaco através de pás (Figura 3.2(b)) colocadas sob o tórax do paciente que efetuam descargas elétricas sobre o mesmo. A energia de choque pode variar entre cinquenta a duzentos Joule [31].

¹<https://www.medicalexpo.com/pt>

²<https://www.lusiadas.pt>



(a) Desfibrilhador *Philips Healthcare* modelo *Efficia DFM100*.



(b) Pá de desfibrilhação.

Figura 3.2: Desfibrilhador externo manual.

De uma forma resumida, o miocárdio, ao ser estimulado pela corrente, despolariza-se e contraí-se, isto é, as células do músculo vão ficar por momentos com uma carga positiva. Deste modo, o coração reinicia e retoma o seu ritmo normal (Figura 3.3).

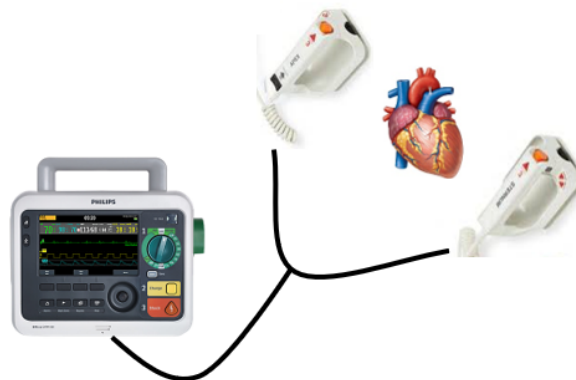


Figura 3.3: Esquema de funcionamento do desfibrilhador (adaptado)³.

Os desfibriladores externos manuais apenas podem ser utilizados por pessoal especializado, nomeadamente o pessoal médico, ao passo que os desfibriladores automáticos externos (DAE) (Figura 3.4(a)) podem ser utilizados por qualquer pessoa desde que tenha formação para tal. A diferença reside no facto do DAE funcionar em modo automático, isto é, mede a impedância do corpo do paciente ajustando a energia de forma adequada e, antes de efetuar o choque, realiza uma medição de eletrocardiograma (ECG) do paciente por forma a detetar se este apresenta um ritmo desfibrilhável ou não. No caso de ser desfibrilhável, o mesmo administra o choque, através das pás (Figura 3.4(b)), sem que seja necessário qualquer ajuste por parte do utilizador³.

³<https://www.msdmanuals.com/pt>

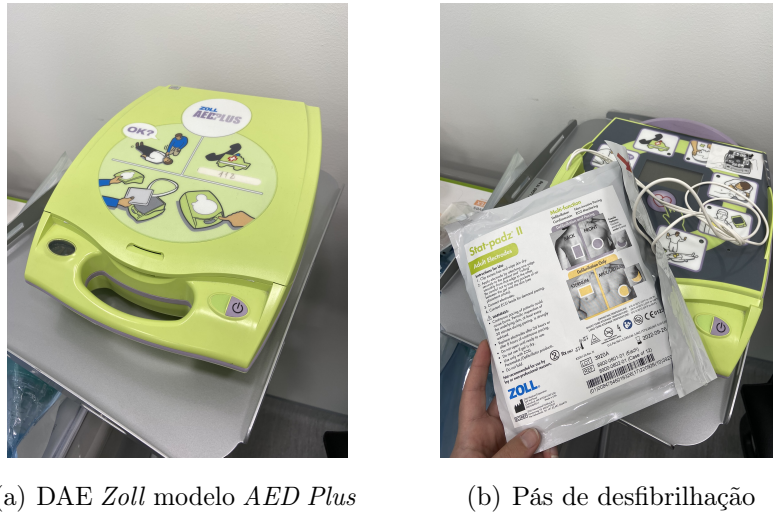


Figura 3.4: Desfibrilhador automático externo.

3.1.3 Eletrobisturi

Na realização de cirurgias podem ser utilizados vários equipamentos, entre os quais o eletrobisturi como o que pode ser observado na Figura 3.5.



Figura 3.5: Eletrobisturi *EMED* modelo *ES-350 Argon*.

Este equipamento, amplamente utilizado, é um dispositivo eletrónico que produz uma corrente de alta frequência, entre 300 Hz a 500 Hz, permitindo auxiliar o cirurgião no corte de tecido mole, ou seja, realizar uma incisão (cauterização) reduzindo o sangramento (coagulação). A variação da corrente possibilita a utilização de diferentes modos de funcionamento: corte, coagulação e corte com coagulação. Os efeitos provocados pela passagem da corrente variam com a corrente elétrica e com as características do tecido [32].

Existem dois tipos de ligação, monopolar e bipolar, segundo as quais o eletrobisturi pode ser utilizado e que diferem no percurso seguido pela corrente elétrica. De forma geral, o bisturi é ativado e a corrente atinge o paciente através do cabo e do manípulo equipado com um eletrodo metálico. O corpo humano vai atuar como um elemento

condutor do circuito elétrico – isto deve-se à existência de iões de sódio e de cloro, permitindo a passagem de corrente elétrica.

Na ligação monopolar, a corrente aplicada vai deslocar-se entre o eletrodo ativo - pouca superfície de contacto (agulha ou pinça) - e o neutro - grande superfície de contacto (placa) termicamente neutra (Figura 3.6(a)). Esta placa serve para a corrente fluir de volta para o equipamento de forma a garantir a segurança do paciente. Já na ligação bipolar utilizam-se pinças (ou outros equipamentos de natureza mais específica de forma a que os dois ramos formem eletrodos isolados um do outro) ligadas de modo separado ao gerador da corrente de alta frequência. Em ambas as utilizações, a corrente circula entre o eletrodo ativo e o neutro [33].



(a) Placas descartáveis



(b) Pedal para ligação bipolar

Figura 3.6: Acessórios do eletrobisturi.

Algumas das grandes vantagens da utilização de um eletrobisturi são [34]:

- Exatidão da incisão cirúrgica;
- Redução de perda de sangue através da coagulação;
- Minimização do risco de crescimento de células anormais através da destruição das mesmas;
- Redução do tempo cirúrgico.

3.1.4 Eletrocardiógrafo

O coração divide-se em quatro cavidades: duas aurículas e dois ventrículos. O miocárdio é o músculo responsável pelas contrações do coração e possui células especializadas formando os tecidos que são responsáveis por gerar e conduzir impulsos elétricos: nó sinoatrial, nó atrioventricular, feixe de His e as fibras de *Purkinje*. Cada batimento inicia-se por um impulso elétrico no nó sinoatrial, propagando-se através

de nervos e tecidos até ao miocárdio dando origem à polarização das células do músculo cardíaco, seguindo-se a sua despolarização. A este fenómeno dá-se o nome de potencial de ação⁴.

O ECG é um exame de carácter não invasivo que permite avaliar a atividade elétrica do coração ao longo do tempo e é realizado através de um equipamento denominado de eletrocardiógrafo. Em cada contração é emitido um impulso elétrico que vai traduzir-se em forma de onda no eletrocardiógrafo. Estes sinais são recebidos através de elétrodos colocados em pontos estratégicos do peito do paciente. Estes elétrodos, responsáveis pela receção dos estímulos elétricos, podem variar em número de três a doze elétrodos, consoante os sinais relevantes para o diagnóstico. Posteriormente, a diferença de potencial provocada pelos estímulos vai ser apresentada, de forma gráfica no monitor⁵. Em resumo, o eletrocardiógrafo mostra, em forma de gráfico, a diferença de potencial gerada no organismo. O sinal proveniente do coração é na ordem dos mV e possui ruído associado à sua recolha. Por esse motivo é necessário realizar uma filtragem do sinal e uma amplificação [35].

A Figura 3.7 mostra um equipamento de eletrocardiografia com os respetivos (cabos de ligação e elétrodos).



Figura 3.7: Eletrocardiógrafo *GE* modelo *Mac 800*.

Os cabos e respetivos elétrodos dão origem às chamadas derivações sendo que cada uma se traduz numa perspetiva diferente da atividade elétrica cardíaca. Estas derivações são responsáveis pelas variações do nível de amplitude e polaridade das ondas que constituem um ECG [35].

Na Figura 3.8 pode-se observar um exemplo de um ECG com um padrão considerado normal, com seis derivações representadas, realizado com o auxílio do equipamento de teste FLUKE PROSIM 8 (mais informações na secção 3.3).

⁴<https://www.msdmanuals.com/pt>

⁵<https://www.cuf.pt/>

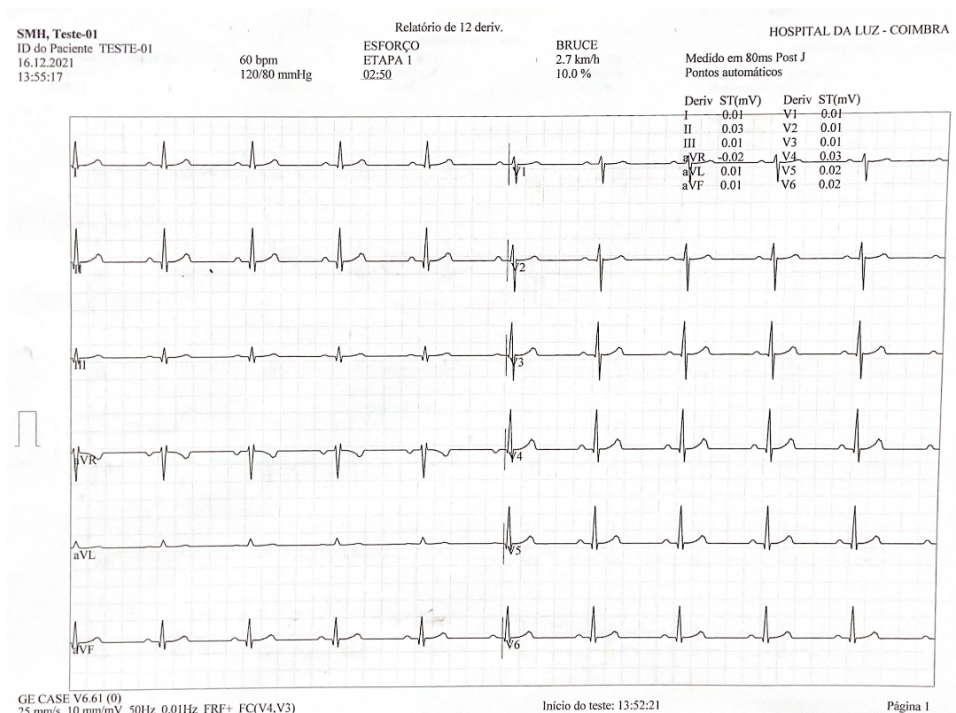


Figura 3.8: ECG com um padrão considerado normal.

3.1.5 Equipamento de ultrassons

O ultrassom é uma onda sonora cuja frequência é muito superior a 20 KHz e é dos recursos físicos mais utilizados no diagnóstico e acompanhamento de diversas condições pela sua praticidade, acessibilidade e ausência de efeitos colaterais. Trata-se de um exame de imagem onde se utiliza um transdutor para emissão e captação de ondas sonoras por meio de contato com o corpo humano [36].

A Figura 3.9 apresenta um exemplar de um equipamento de ultrassons.



Figura 3.9: Equipamento de ultrassons *Zimmer* modelo *Soleo Galva*.

A frequência de saída dos ultrassons pode ser controlada para diferentes profundidades. As frequências mais altas são utilizadas para tecidos superficiais uma vez que são mais facilmente absorvidas, ao passo que, frequências mais baixas são utilizadas para alcance de tecidos mais profundos [36].

A escolha da intensidade relaciona-se com o que se pretende atingir. Baixa intensidade é normalmente utilizada para estimulação de respostas fisiológicas enquanto que alta intensidade é aplicada para destruição de tecido de uma forma controlada.

Os efeitos provocados por este tipo de sinal dependem das interações de vários fatores entre os quais a intensidade e o tempo de exposição. Estes efeitos podem ser divididos em efeitos térmicos, fisiológicos e mecânicos. Os efeitos térmicos são provocados pela fricção criada pelas ondas que atravessam o tecido – o calor, após emissão, é dissipado pelo fluxo sanguíneo. Os efeitos fisiológicos são causados pelos térmicos e incluem, a título de exemplo, aumento da circulação sanguínea, redução de espasmos musculares e despolarização de fibras nervosas. Os efeitos mecânicos são utilizados nos tratamentos e abarcam baixos valores de calor – incluem terapêutica como massagem e estimulação da regeneração de tecidos [37].

3.1.6 Monitor multi-parâmetro de sinais vitais

O monitor multi-parâmetro de sinais vitais (como o da Figura 3.10) é um tipo de equipamento destinado a fazer a leitura dos sinais vitais do paciente, possibilitando à equipa médica ter o registo, em tempo real, dos parâmetros vitais do paciente.



Figura 3.10: Monitor de sinais vitais *Nihon Kohden* modelo *Life Scope*.

O equipamento mantém a monitorização constante e apresenta os seguintes dados:

- Número de batimentos cardíacos;
- Nível de dióxido de carbono;
- Temperatura corporal;
- Pressão arterial (invasiva e/ou não invasiva);
- Saturação periférica de oxigénio ou oximetria (SpO_2).

Estes equipamentos são utilizados para atendimento neonatal, pediátrico ou adulto e estão presentes em espaços de saúde tais como: setores de emergência médica, centros de cirurgia, ambulâncias, salas de recuperação pós-cirúrgica e ambulatórios.

Os monitores são dotados de diferentes alarmes sonoros, os quais são acionados consoante os sinais vitais do paciente atinjam certos valores considerados fora do “normal”. Estes valores podem ser programados de acordo com certas e específicas características dos pacientes ou diferentes situações de utilização.

Desta forma, quando os valores se desviam de determinados parâmetros estipulados, são emitidos alertas através de informações no ecrã, alarmes com luzes e sons alertando a equipa médica [38].

3.1.7 Ventilador pulmonar

O ventilador pulmonar faz parte da lista de equipamentos fundamentais na manutenção da vida dos pacientes com problemas cardiorespiratórios (quadros de insuficiência respiratória, sedados e/ou em recuperação de problemas respiratórios são alguns dos exemplos) e classifica-se como um equipamento de suporte à vida, sendo muito comum em unidades de cuidados intensivos. Este equipamento realiza o movimento da respiração sozinho, durante o tempo necessário, permitindo a normal circulação de oxigénio pelo corpo [39].

Na Figura 3.11 é possível observar um ventilador pulmonar *Datex ohmeda 7100* e os seus respetivos acessórios.



Figura 3.11: Ventilador *Datex ohmeda* modelo 7100 e acessórios.

A respiração caracteriza-se pela troca de gases (oxigénio e dióxido de carbono, essencialmente) do organismo com o meio ambiente. A respiração pulmonar, ou

ventilação pulmonar, trata-se do processo no qual o ar entra e sai nos pulmões envolvendo todo o sistema respiratório.

A monitorização da mecânica ventilatória pode definir-se como a relação entre os volumes pulmonares com as pressões obtidas. As medidas obtidas permitem a caracterização de alterações, deteção precoce de complicações decorrentes de suporte ventilatório assim como a tomada de decisões. Devido a diversos fatores, tais como sedação, anestesia e/ou doenças, os pacientes podem não conseguir realizar o processo da respiração por si próprios. É nestas situações que os ventiladores entram ao serviço com o propósito de suportar o sistema respiratório de forma artificial [39].

Os ventiladores pulmonares são equipamentos que utilizam uma fonte de pressão positiva para empurrar o ar para os pulmões. Após a troca de gases é removida a pressão provocando a expiração [39].

No esquema da Figura 3.12 encontram-se os componentes constituintes dos ventiladores pulmonares e o seu modo de funcionamento.

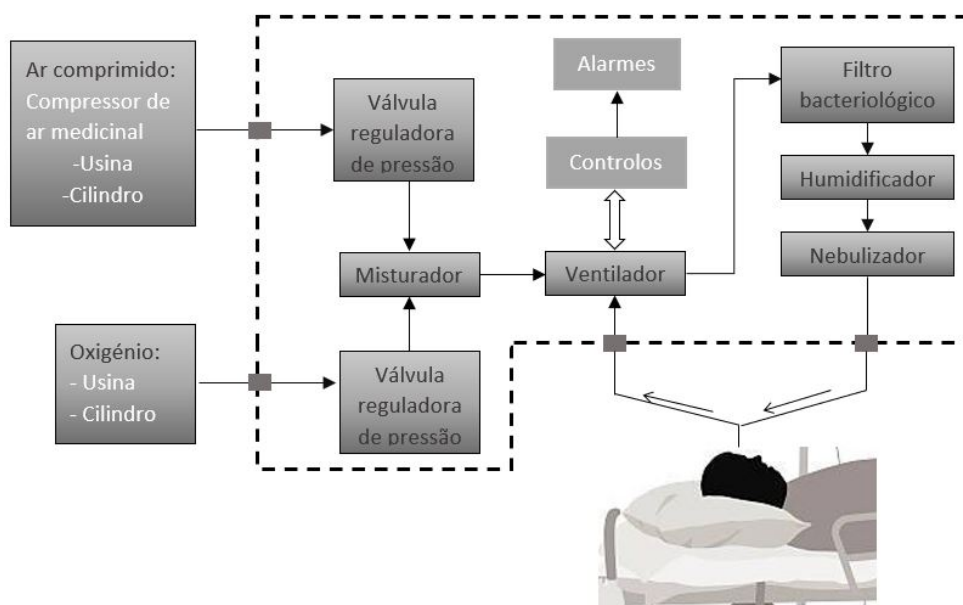
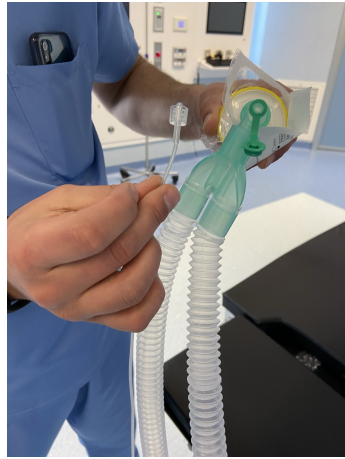


Figura 3.12: Esquema dos componentes e funcionamento do ventilador (adaptado) [39].

A combinação gasosa, ou *blender*, é constituída geralmente por oxigénio e nitrogénio em concentrações adequadas. Esta mistura é entregue pelo ventilador ao paciente através de um circuito constituído por, principalmente, tubos flexíveis (ou traqueias) - Figura 3.13(a), humidificador (responsável por adicionar vapor de água ao gás/gás anestésico) mais o nebulizador (encarregue de administrar medicação pela via respiratória na forma de aerossóis) - Figura 3.13(b), e filtro bacteriológico (filtrar a qualidade do ar e evitar contaminações) - Figura 3.13(c). No módulo do paciente existe um fole de ventilação de gases para propulsionar o oxigénio - Figura 3.13(d) [40].



(a) Traqueias



(b) Vaporizador e nebulizador



(c) Filtro bacteriológico



(d) Fole ventilação de gases

Figura 3.13: Elementos do ventilador pulmonar.

O ventilador possui também uma válvula de exalação responsável por fechar o circuito na inspiração e abrir na expiração, assim como, válvulas reguladoras da pressão que servem para regular a pressão na entrada do ventilador e os gases transferidos para o paciente. Dispõe ainda de circuitos de controlo responsáveis pelos “modos” em que ocorrerá a ventilação do paciente, sendo os seus principais [41]:

- Pressão, volume e fluxo;
- Frequência respiratória;
- Relação entre tempo inspiratório e expiratório;
- *Positive End-Expiratory Pressure (PEEP)/Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)*;
- Sensibilidade.

Este equipamento pode obter a energia de entrada através de fonte elétrica ou pneumática e possui um sistema de transmissão e conversão de energia que transmite e controla o abastecimento de gás através de válvulas que regulam o fluxo do mesmo ao paciente. Dispõe também de um mecanismo de acionamento para formar um determinado padrão de pressão e outro para controlo do fluxo da respiração do paciente, bem como um sistema de controlo de saída constituído por um conjunto de válvulas responsáveis pelo ajuste do fluxo [42].

Na sua utilização devem ser tidos em conta fatores como diferentes volumes respiratórios e capacidades pulmonares. Estes fatores variam conforme a idade, peso e género do indivíduo. Nos pulmões, o volume presente no interior vai variar conforme os processos de inspiração/expiração.

A capacidade residual funcional (CRF) é cerca de metade da capacidade total, sendo esta de cerca de três litros, e, representa o volume respiratório presente nos pulmões em situação de repouso. A capacidade pulmonar total (CPT) refere-se ao máximo volume de gás presente nos pulmões, isto é, o máximo volume após uma inspiração máxima. O volume tidal (VT) designa o volume inspirado e expirado a cada movimento respiratório e corresponde a cerca de 500 ml num indivíduo adulto. O volume de gás que se mantêm nos pulmões depois de uma expiração máxima designa-se por volume residual (VR) e é cerca 1200 ml. O volume de reserva inspiratória (VRI) corresponde ao volume de gás entre o VT e o limite da CPT (geralmente 3000 ml) e, da mesma forma, o volume de reserva expiratória (VRE) corresponde ao volume de gás entre o VT e o VR (cerca de 1100 ml) [40][42].

Na Figura 3.14 observa-se um diagrama com as representações dos volumes e capacidades pulmonares de um adulto em situação de ventilação normal, inspiração e expiração forçada.

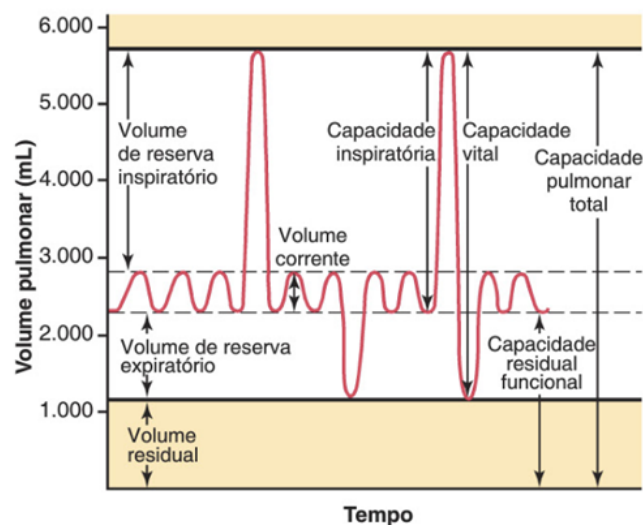


Figura 3.14: Volumes e capacidades pulmonares de um adulto em situação de ventilação normal e de inspiração e expiração máximas [43].

Os ventiladores dispõem de quatro modos de funcionamento, nomeadamente:

- **Ventilação assistida:** o ventilador apenas auxilia o paciente apoiando as tentativas de respiração do paciente. Neste modo, a equipa médica seleciona o nível do parâmetro respiratório e sempre que se verificar um esforço maior do que o nível selecionado previamente, o ventilador auxilia o paciente na respiração. Isto significa que o ventilador deteta a variação da pressão no circuito “paciente”, e, se esta for inferior à estabelecida, o ventilador aciona o seu funcionamento [42].
- **Ventilação controlada:** existe nas formas de volume e pressão, as quais, são estipuladas pela equipa médica. A ventilação controlada por pressão assenta no ajuste da pressão inspiratória originando um determinado volume inspiratório necessário e a de volume vice-versa. Geralmente é utilizada a ventilação controlada por volume [42].

Na Tabela 3.1 encontra-se a descrição das curvas de ventilação por volume e por pressão e na Figura 3.15 verifica-se a diferença nas curvas geradas entre estes dois tipos de ventilação.

Tabela 3.1: Curvas de ventilação controlada por volume e ventilação controlada por pressão [44].

Ventilação controlada por volume	Ventilação controlada por pressão
A inspiração é iniciada e um fluxo de ar constante entra para os pulmões com a válvula expiratória fechada. Com o volume a aumentar, a pressão irá aumentar até atingir um pico que, seguidamente, vai diminuir até à pressão de <i>plateau</i> . Esta pressão consiste na soma da pressão alveolar no final da expiração (PEEP) e a pressão complementar necessária de forma a obter a distensão do sistema respiratório pelo VT. Terminando o tempo inspiratório, a válvula vai abrir-se e, conseqüentemente, criar um fluxo de ar para o exterior. Após esse fluxo, a PEEP é atingida, o que evita que os pulmões colapsem.	A inspiração é iniciada e um elevado fluxo de ar entra para os pulmões com a válvula expiratória fechada, de forma a atingir a pressão inspiratória. A diferença entre a pressão nos pulmões e a pressão no sistema vai diminuir pelo que, o fluxo de ar vai reduzir até igualar a pressão e desta forma ocorre a sua estabilização. Após o término da inspiração, a válvula inicialmente fechada vai abrir e inicia-se o fluxo expiratório soltando o ar dos pulmões e forçando a pressão a baixar até se atingir a PEEP e estabilizar.

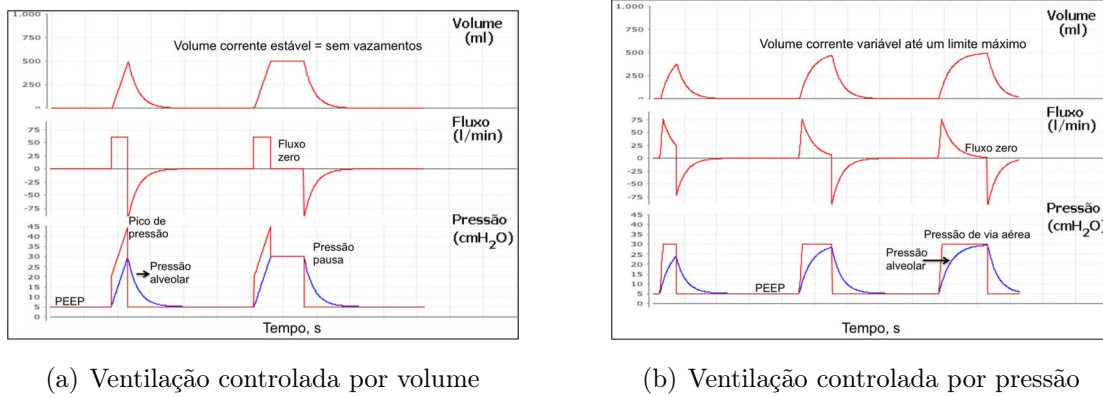


Figura 3.15: Curvas de ventilação [44].

- **Ventilação espontânea:** está relacionada com a PEEP e à semelhança das outras ventilações tem parâmetros que podem ser ajustados. Nesta forma, o ventilador não está a ventilar o paciente contudo assegura o nível de pressão positiva nas vias respiratórias e caso ocorra alguma alteração por parte do paciente, o ventilador ativa os alarmes [42];
- **Ventilação manual:** este modo é geralmente utilizado na etapa inicial e final das cirurgias em que é utilizada anestesia [42].

Na realização da maioria das intervenções cirúrgicas a anestesia é inevitável e, portanto, com a administração de fármacos com efeito paralisante muscular, é necessário o apoio do ventilador.

Relativamente a falhas nos ventiladores é necessário analisar em três perspetivas possíveis, sendo elas [45]:

- **Ambiente:** possui requisitos como o fornecimento de energia elétrica sem falhas, a rede elétrica (em termos de aterramento), boas condições de temperatura e humidade para além da averiguação da rede de gases;
- **Equipamento:** condições inerentes aos equipamentos utilizados precisam de ser verificadas e as especificações técnicas, como vazamentos, correto funcionamento de sensores e válvulas, tidas em consideração;
- **Utilizador:** erros humanos na incorreta utilização dos equipamentos estão frequentemente associados a falhas do mesmo, como por exemplo, má montagem, tensões de alimentação aplicadas desadequadas e ajuste errado de parâmetros.

3.2 Equipamentos de eletromecânica médica

Os equipamentos de eletromecânica médica são equipamentos médicos que utilizam um processo de funcionamento eletromecânico. Nesta secção vão ser apresentados os

equipamentos desta categoria e com os quais a aluna interagiu no decorrer do estágio, nomeadamente, equipamentos de esterilização, cadeiras odontológicas, equipamentos de lavagem/desinfecção de material e equipamentos de provas de esforço.

3.2.1 Autoclave

A autoclave (ou esterilizador a vapor) é amplamente utilizada para esterilização de instrumentos médico-hospitalares termorresistentes através de calor húmido sob altas pressões. A esterilização entende-se como um processo a que os instrumentos são submetidos durante um certo período de tempo com o objetivo de destruir agentes patogénicos [46].

Este equipamento é constituído, essencialmente, por duas câmaras, uma interna e outra que permite um bom isolamento da primeira, resistências para aquecer a água, uma tampa hermeticamente preparada para ser completamente fechada, válvulas de segurança e saída de ar e indicadores de pressão e de temperatura [46].

Cita-se como principal vantagem a sua alta eficiência de esterilização e a sua simples operação, no entanto, apresenta desvantagens tais como a produção de maus odores e necessidade de recipientes termorresistentes que têm um custo particularmente elevado [46].

Numa unidade de saúde, particularmente hospitais, os materiais estão divididos por três setores: o setor dos materiais sujos, o setor dos materiais limpos e o setor dos materiais estéreis [30].

No diagrama da Figura 3.16 é possível observar o processo de esterilização dos materiais.

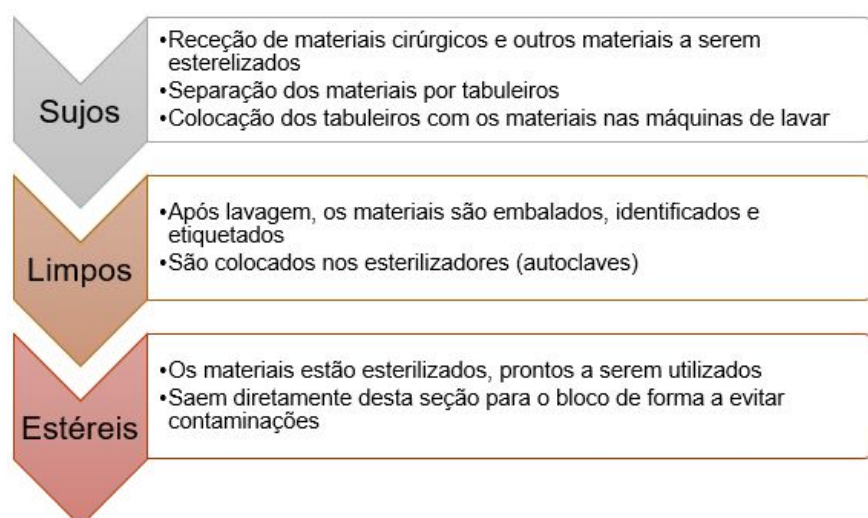


Figura 3.16: Diagrama do processo de esterilização.

Os programas da autoclave dividem-se, tipicamente, em três etapas: vácuo, esterilização e secagem. Os passos a serem realizados são os seguintes [47]:

1. Os materiais são previamente preparados seguindo-se a sua colocação na autoclave, fecho da porta e escolha de programa;
2. A autoclave inicia o programa e começa por remover o ar da câmara interna através de uma bomba de vácuo (esta etapa designa-se por pré-vácuo);
3. Segue-se o aquecimento até atingir a temperatura e a pressão solicitada pelo programa, seguindo-se a esterilização onde a temperatura e a pressão da câmara têm de se manter constantes durante o tempo necessário até terminar a tarefa;
4. Secagem e consequente remoção de vapores enquanto que a pressão interna é igualada à exterior - vapor que está no interior é retirado através da bomba de vácuo, diminuindo a pressão, ficando entre as duas câmaras para que a temperatura necessária à secagem do material médico seja garantida;
5. Terminada a secagem do material o ar volta a entrar para a câmara após filtração, compensando a pressão na mesma, o vapor é transformado em água e conduzido para o depósito;
6. Abertura da porta e consequente diminuição da temperatura do material;
7. Emissão e impressão de um relatório com informação da duração dos ciclos realizados. Este relatório comprova a realização de todos os passos da esterilização.

Na Figura 3.17 é possível observar-se as três fases de um programa de esterilização e a relação da pressão e temperatura em função do tempo⁶.

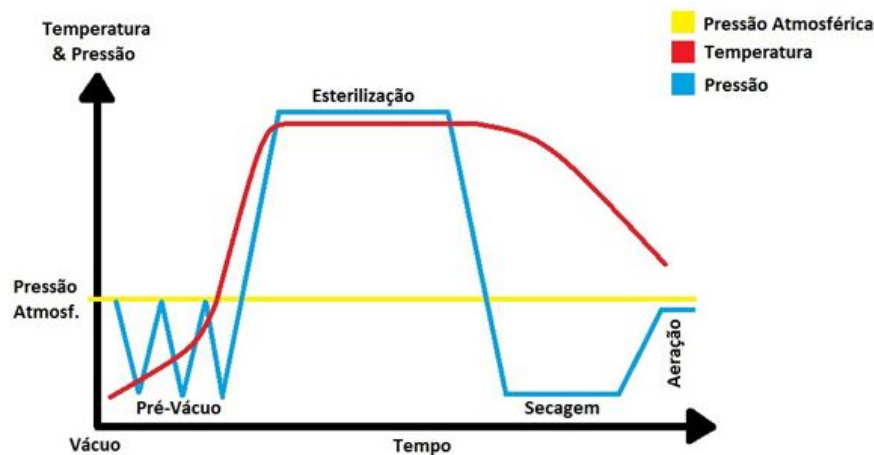


Figura 3.17: Gráfico das fases de esterilização⁶

⁶<https://www.splabor.com>

A autoclave possui alguns componentes que são essenciais à correta esterilização dos materiais, como por exemplo [46]:

- As juntas da porta que auxiliam no isolamento da porta de acesso e os seus respetivos sensores;
- A bomba de vácuo que efetua a remoção do ar e consequente formação de vácuo - essencial na medida em que a presença de ar gera “pontos frios” no interior do equipamento a esterilizar;
- Purgadores de vapor que se caracterizam por serem válvulas autónomas responsáveis por drenar os condensados dos invólucros que tenham vapor e impedir o vazamento do mesmo;
- Filtros cuja função é a eliminação de impurezas da água e ar;
- Gerador de calor para aquecer a água de forma a criar vapor de água;
- Sensores, termómetro e manómetro, que se encontram disponíveis para consulta de valores de temperatura e pressão, respetivamente.

As autoclaves podem ser industriais, como a da Figura 3.18, ou de bancada (Figura 3.19). Ambas funcionam da mesma forma, no entanto a dimensão varia, sendo as de bancada de menor dimensão. Estas últimas são comumente utilizadas em clínicas dentárias ao passo que as industriais são utilizadas em hospitais.



Figura 3.18: Autoclave Industrial *Ma-tachana* modelo SC500

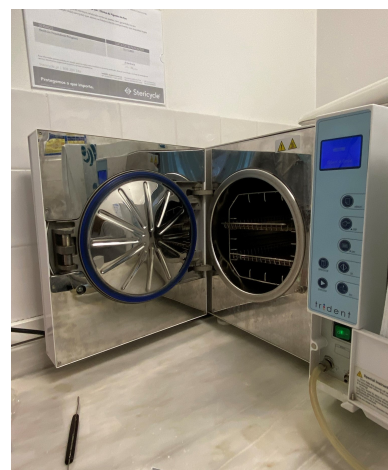


Figura 3.19: Autoclave de Bancada *Trident* modelo *Sole 17l B class*

De forma a comprovar-se o bom funcionamento da autoclave, existe um teste conhecido por teste *Bowie-Dick*, Figura 3.20(a), o qual deve ser realizado diariamente. Este teste utiliza uma embalagem retangular e dentro dessa embalagem encontram-se algumas folhas de papel cartonado assim como uma folha-teste com tinta térmica de cor azul a meio do bloco de folhas. Esta folha-teste contém um indicador químico que é sensível ao vapor e que, após o ciclo de esterilização, apresenta uma mudança de coloração. Os possíveis resultados do teste realizado encontram-se na Figura 3.20(b) onde estão descritas as possíveis falhas na esterilização dos materiais. O resultado ideal apresenta-se no segundo retângulo onde se pode verificar uma coloração uniforme rosa. Caso apresente áreas com manchas de coloração azul e/ou roxa ou falta de coloração indica que ocorreram falhas no processo tornando a autoclave não qualificada para a realização da esterilização. A título de exemplo, observe-se o terceiro retângulo: é possível verificar que existem zonas, nas laterais e no centro, com coloração azul – a provável causa para este resultado é o tempo de esterilização muito curto ou a temperatura muito baixa [48].



(a) Teste *Bowie-Dick* processado



(b) Possíveis resultados do teste *Bowie-Dick*

Figura 3.20: Teste *Bowie-Dick* e resultados.

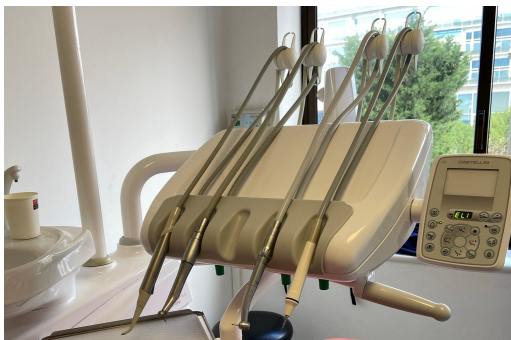
3.2.2 Cadeira odontológica

Num consultório de medicina dentária, as cadeiras odontológicas são o equipamento de maior importância. Este equipamento é composto por vários outros instrumentos que vão desde candeeiros, instrumentos para utilização manual como o contra-ângulo, o destartarizador, a turbina e o jacto de água. Na Figura 3.21 encontra-se um exemplar de uma cadeira odontológica com os respetivos acessórios e instrumentos.

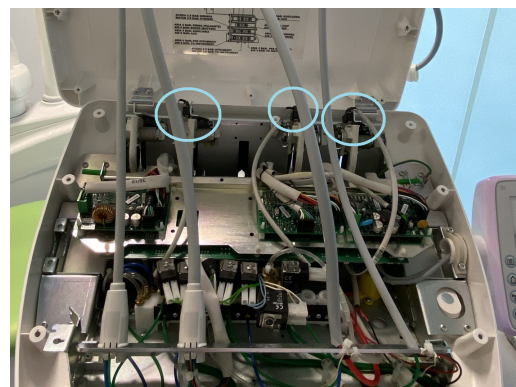


Figura 3.21: Cadeira odontológica *Anthos*

Com o decorrer da consulta vão ser utilizados instrumentos de mão (Figura 3.22(a)). Estes instrumentos possuem, cada um, um *switch* que permuta assim que é acionado ficando pronto a utilizar como mostra a Figura 3.22(b). A intensidade destes instrumentos de mão pode ser controlada através de um pedal (Figura 3.23(a)) que por sua vez aciona as eletroválvulas que vão permitir a passagem de ar e/ou água (Figura 3.23(b)).



(a) Instrumentos de mão

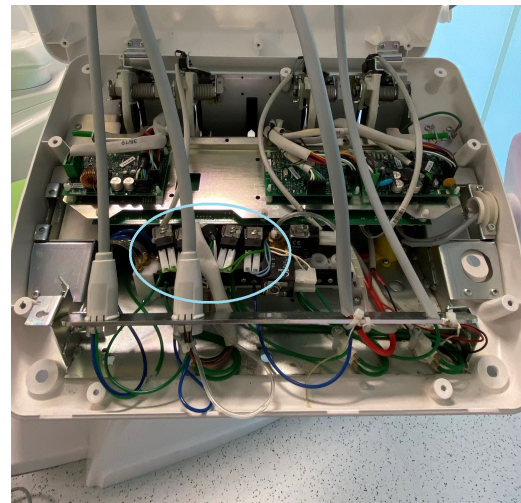


(b) Sistema de acionamento dos instrumentos de mão

Figura 3.22: Instrumentação de mão e respetivo sistema de acionamento.



(a) Pedal



(b) Eletroválvulas que permitem a passagem de ar e/ou água

Figura 3.23: Pedal e eletroválvulas acionadas pelo mesmo.

A cadeira dentária dispõe de uma cuspeira com duas pequenas torneiras, Figura 3.24, que servem de suporte à higienização bucal do paciente após alguns procedimentos. A par disso, tem-se o módulo de sucção, isto é, peças de mão específicas de apoio aos procedimentos cirúrgicos para aspiração de excesso de saliva, água, produtos utilizados, sedimentos de extrações, entre outros (Figura 3.25).

Na Figura 3.26(a) encontram-se os componentes da aspiração, destacando-se o separador da amálgama (Figura 3.26(b)) que se destina a capturar o mercúrio de forma a não ser descarregado nos esgotos garantindo a reciclagem.



Figura 3.24: Cuspeira.



Figura 3.25: Instrumentos de mão relativos à aspiração.



(a) Componentes da aspiração da cadeira



(b) Separador da amálgama

Figura 3.26: Componentes da aspiração e separador da amálgama.

Neste tipo de equipamento destacam-se três principais sistemas de funcionamento:

- **Sistema de água:** sistema que fornece água às peças de mão assim como à cuspideira;
- **Sistema de ar:** sistema que fornece ar às peças de mão e que pode funcionar em conjunto com o sistema de água com a devida pressão controlada;
- **Sistema elétrico:** sistema responsável por todo o funcionamento mecânico desde a disposição da cadeira, luminosidade e o exercício dos micromotores das peças de mão.

Na base da cadeira encontram-se reguladores onde é possível ajustar a pressão da água e do ar. Estes reguladores são importantes na medida em que mantêm o correto funcionamento dos restantes instrumentos prevenindo o desgaste rápido. Na Figura 3.27 é possível verificar que existem dois reguladores azuis e um verde em que os primeiros são utilizados para o ar e o segundo para a água. Este código de cores permite ao profissional de manutenção diagnosticar eventuais problemas no equipamento. Como parte integrante da cadeira odontológica tem-se, ainda, o compressor. Este equipamento serve para o fornecimento de ar à cadeira, nomeadamente, à turbina e à seringa. Para os restantes instrumentos de mão (jacto de bicarbonato de cálcio, contra-ângulo e destartarizador) não existe a necessidade de ar para o seu funcionamento. Na Figura 3.28, encontra-se um exemplar de um compressor utilizado para fornecimento de ar à cadeira odontológica.



Figura 3.27: Reguladores de água e ar.



Figura 3.28: Compressor de ar.

3.2.3 Equipamento de lavagem e desinfeção

Os instrumentos médicos antes de serem esterilizados tem de passar por um processo de lavagem e desinfeção. O equipamento de lavagem e desinfeção (vulgarmente conhecimento por máquina de lavar e desinfetar), Figura 3.29, permite lavar, desinfetar e secar os instrumentos cirúrgicos e materiais tais como socas. Estas máquinas são equipamentos industriais e dispõem de vários programas de lavagem cuja escolha dependerá do tipo de material a desinfetar.



Figura 3.29: Equipamento de lavagem e desinfeção *Steelco* modelo DS-500.

A máquina possui braços rotativos, que se encontram na parte superior da mesma, e durante o funcionamento, espalha o detergente previamente colocado. Durante a lavagem, a água vai sendo escoada pela base. Este equipamento possui duas portas, uma de cada lado, a porta para os limpos e a porta dos sujos, e, não permite a

abertura de ambas ao mesmo tempo, isto é, após término do programa apenas a porta dos limpos pode ser aberta enquanto que, antes da realização do mesmo, apenas a porta dos sujos se consegue abrir. A máquina dispõe de vários programas predefinidos disponíveis para cada tipo de material (plástico, metal, etc) e ainda possui três ciclos generalizados que, normalmente, são os mais utilizados, sendo eles:

- **Rápido** - Ciclo rápido indicado para lavar objetos pouco sujos;
- **Standard** - Ciclo de duração normal para lavar objetos com sujidade de consistência normal;
- **Intensivo** - Ciclo de duração longa indicado para lavar objetos bastante sujos.

Na atualidade, as crescentes exigências dos clientes leva os fabricantes deste tipo de equipamento a ter em conta não só o cumprimento das normas nos seus produtos como também resultados de limpezas num espaço temporal menor. Desta forma, foram desenvolvidas máquinas de lavagem específicas com ciclos rápidos mas que garantem a mesma eficiência de um ciclo intensivo. As características-chave destes ciclos passam pela economia de tempo (possui tanques de aquecimento prévio que se encontram conectados com a câmara através de válvulas), água (dispõe de um tanque de recirculação de água com um sistema de recuperação de água quente para ser utilizada no ciclo seguinte) e energia (isolamento térmico) [49].

A Figura 3.30 mostra um gráfico, de um ciclo rápido, da temperatura (em graus Celsius) em função do tempo (em minutos) com a duração de cinquenta minutos. Através do gráfico é possível notar que existem cinco fases do ciclo [49]:

1. Pré-lavagem: fase de lavagem prévia com água quente, com temperaturas a variar entre 51,8 °C e 52,8 °C;
2. Lavagem com água fria: fase de lavagem com água fria (>0 °C);
3. Lavagem com água quente: fase de lavagem com água quente com temperaturas a variar entre 52,0 °C e 58,0 °C (utilização dos detergentes);
4. Desinfecção: fase de desinfecção térmica com água desmineralizada com temperaturas que oscilam entre 92,5 °C e 92,7 °C;
5. Secagem: fase de secagem do material com temperaturas que variam entre 60,7 °C e 69,2 °C.

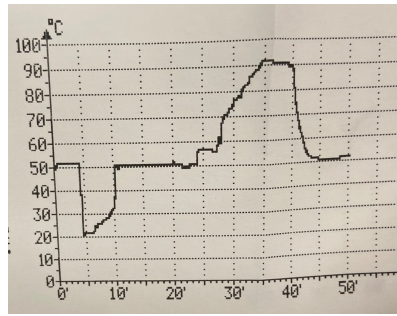


Figura 3.30: Gráfico de um ciclo rápido da temperatura em função do tempo impresso pelo equipamento.

Apesar da variação da duração dos vários programas, todos tem algo em comum: a secagem dos materiais, o que significa que todos os materiais, após o término do programa saem lavados, prontos para serem embalados e, posteriormente, colocados nos esterilizadores (autoclaves). De forma a verificar a eficácia da limpeza das máquinas, existe um teste designado por indicador e suporte de carga *Browne STF* que se destina ao uso dentro de uma cesta ou bandeja dentro da máquina. A fórmula deste teste contém fontes de proteína, lípidos e polissacarídeos, imitando as provas de sujidade. O desempenho da limpeza é avaliado pela completa remoção da fórmula impregnada na tira plástica [50].

Na Figura 3.31(a), pode-se observar um teste por processar e na Figura 3.31(b) possíveis resultados de falha do mesmo.



(a) Teste por processar



(b) Guia de interpretação do Teste *Browne STF*

Figura 3.31: Teste *Browne STF*.

Alguns dos possíveis problemas detetados por este teste são:

- Temperatura de pré-lavagem elevada;
- Falta ou quantidade insuficiente de detergente;
- Tempo de lavagem insuficiente;

- Fluxo de água não uniforme;
- Injetores/Filtros de água bloqueados.

A máquina possui ainda sensores de nível que medem o nível dos produtos de limpeza os quais geram alertas no equipamento quando os produtos estão quase a acabar [49].

3.2.4 Marquesa e mesa cirúrgica

São vários os equipamentos fundamentais aquando da realização de intervenções cirúrgicas. Para se dar início a essas intervenções, é necessário que o paciente esteja devidamente colocado e em posições que sejam mais confortáveis e seguras à equipa médica. Para isso, são utilizadas as mesas cirúrgicas (Figura 3.32(a)). No transporte dos pacientes para as mesas são utilizadas as marquesas que estão providas de rodas (Figura 3.32(b)). Estas últimas são de natureza hidráulica e manuais.



(a) Mesa cirúrgica



(b) Marquesa

Figura 3.32: Equipamentos para transporte e cirurgia

As mesas cirúrgicas eletro-hidráulicas permitem a realização de movimentos variados como elevações, descidas, inclinações, entre outros, através de uma fonte hidráulica (óleo). Estão equipadas com motores de acionamento elétrico e são acionadas através do acionamento manual (comando remoto - Figura 3.33) [51].



Figura 3.33: Comando remoto de mesa cirúrgica

3.3 Equipamentos de teste

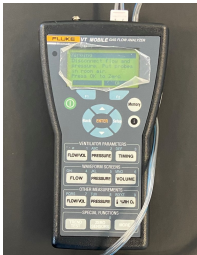
Durante o período de estágio, a aluna teve oportunidade de contactar com diversos equipamentos de teste utilizados nos procedimentos de manutenção preventiva e de verificação metrológica. Os equipamentos vão tendo desgaste ao longo do seu ciclo de vida, e, portanto, é necessário monitorizar e garantir que mantenham um certo nível de qualidade e exatidão para desempenho das funcionalidades. Os equipamentos de teste assumem, por isso, um papel importante na realização dessas tarefas, isto é, nos procedimentos de manutenção preventiva e de verificação metrológica (erros de medição).

Na Tabela 3.2, encontra-se uma breve descrição da utilidade funcional de cada um dos equipamentos de teste que a aluna utilizou no decorrer do estágio, cuja finalidade é a realização de testes em equipamentos médicos constituindo assim elementos com importância incontornável no processo de aferição do desempenho de um equipamento hospitalar.

Tabela 3.2: Equipamentos de teste utilizados

Designação comercial	Fotografia	Nome e breve resumo funcional
FLUKE IMPULSE 7000DP		Analizador de desfibrilhador: Faz descargas sincronizadas na ordem dos 25 Ω até aos 200 Ω .
FLUKE SPOT LIGHT		Simulador de SpO₂: Gera sinais elétricos em várias condições de saturação de oxigénio (entre 40% e 100%) combinando valores de frequência cardíaca (30 bpm a 220 bpm).
FLUKE PROSIM 8		Simulador de sinais vitais: Simula várias ondas padronizadas de ECG e tem capacidade para testar equipamentos até doze derivações.
FLUKE QA-ES III		Analizador de eletrobisturi: Analisa a corrente e a potência em corte, coagulação e modo bipolar e simula a resistência do paciente.

Tabela 3.2: Equipamentos de teste utilizados

Designação comercial	Fotografia	Nome e breve resumo funcional
FLUKE ESA 615		Equipamento de segurança elétrica: Realiza medições de corrente de fuga ao chassis, corrente de fuga à terra e resistência do fio terra.
FLUKE VT Mobile		Analizador de fluxo de gás: Analisa o fluxo, o volume e a pressão de gás podendo medir até dezasseis parâmetros do ventilador, bem como a concentração de oxigénio, volume total, a PEEP, entre outros.
DT-2236C		Tacómetro: Faz medições de velocidade (amplamente utilizado para medição da velocidade em passadeiras elétricas).
FLUKE 179		Multímetro: Realiza medições de corrente, tensão, temperatura, resistência e continuidade.
FLUKE 324		Pinça multimétrica: Semelhante ao multímetro contudo mede corrente com algumas capacidades de tensão.
RaySafe X2 Solo DENT		Analizador de raio-x: Realiza medições de diferentes características de raio-x.

Capítulo 4

Procedimentos de manutenção preventiva e corretiva

4.1 Procedimentos de manutenção preventiva

O procedimento de manutenção preventiva de um equipamento médico é acompanhado pelo respetivo plano de manutenção, o qual é elaborado tendo em conta as informações do manual do equipamento bem como os requisitos normativos do equipamento. Tem-se como exemplo o Anexo A que apresenta um plano de manutenção preventiva de um ventilador.

Nesta secção serão abordados os equipamentos com os quais a aluna interagiu para realização de manutenção preventiva, sendo eles: autoclave, cadeira odontológica, desfibrilhador, eletrobisturi, eletrocardiógrafo, marquesa e mesa cirúrgica, monitor de sinais vitais e ventilador pulmonar.

4.1.1 Autoclave

Na manutenção preventiva das autoclaves (industriais ou de bancada) é necessário efetuar a limpeza geral do equipamento interna e externamente, assim como, a lubrificação de juntas e a limpeza (ou substituição) dos três filtros existentes, sendo estes:

- filtro de entrada de água;
- filtro de esgoto;
- filtro bacteriológico.

As manutenções preventivas das autoclaves tipicamente têm periodicidade mensal e semestral.

Nas manutenções mensais consta a verificação do cilindro pneumático da porta e o afinamento do maquinismo de fecho da porta e dispositivos de segurança. Além disso, é necessário verificar o sistema de tubagem incluindo as válvulas de segurança e o quadro elétrico do referido equipamento. Por último, é igualmente importante realizar o teste de *Bowie & Dick* e o teste de vácuo. Estes testes são indispensáveis para aferir se o equipamento se encontra em bom funcionamento.

Relativamente às manutenções semestrais, estas compõem-se pela verificação das válvulas eletromagnéticas e pneumáticas, bomba de vácuo, sondas de nível que são utilizadas para medição do nível de água e pela substituição dos purgadores e filtro bacteriológico.

4.1.2 Cadeira odontológica

A gestão da manutenção das cadeiras odontológicas inicia-se com o registo dos equipamentos assim como em qualquer equipamento hospitalar. Estas manutenções são, tipicamente, realizadas semestralmente e incluem os procedimentos:

- **Cadeira:** Verificação da trava da cabeceira, apoio dos braços, trava do assento, condições do estofo do encosto e do assento e fixação da base da cadeira;
- **Unidade de sucção:** Verificação do funcionamento do sistema de sucção, condições das mangueiras de ar e água, válvula de bloqueio de aspirador de água, intensidade de sucção do aspirador e sistema de bomba de vácuo responsável pela aspiração, assim como, realização de limpeza de filtros, teste ao acionador de água para o copo, lubrificação de eletroválvula que interrompe a aspiração, e, caso necessário, substituição do recipiente da amálgama (ver Anexo B – substituição do recipiente da amálgama);
- **Iluminação bucal:** Verificação do foco de iluminação da lâmpada, proteção do espelho, teste aos movimentos do refletor e do braço que segura o mesmo;
- **Elementos do dentista:** Teste ao funcionamento do contra-ângulo, do destartarizador, da turbina e da seringa, assim como, verificação das mangueiras de engate e a pressão dos instrumentos;
- **Botões de acionamento de movimentos:** Teste aos movimentos de subida e descida do encosto e assento da cadeira, verificação da condição dos botões e se a cadeira volta à posição inicial quando o botão é acionado.

4.1.3 Desfibrilhador

A manutenção preventiva dos desfibrilhadores é realizada, tipicamente, com periodicidade semestral, pela importância dos mesmos em caso de necessidade de

utilização. De forma análoga a outros equipamentos é necessário efetuar a inspeção geral e visual do equipamento, isto é, a avaliação do estado geral do equipamento (limpeza, chassi, cabos e acessórios). Relativamente a avaliações quantitativas, são efetuados testes (Figura 4.1), de modo a verificar:

- Contagem de tempo necessário para atingir a carga máxima;
- A energia armazenada após quinze segundos: carregar a energia pretendida, contagem de quinze segundos seguindo-se a realização do disparo e verificação da energia “descarregada”;
- Dez descargas consecutivas - realização de dez descargas consecutivas e verificação do estado da bateria;
- Sincronismo: medição do tempo que demora a sincronizar para dar a descarga;
- Energia fornecida de quatro disparos de energias diferentes: realização de quatro descargas com energias diferentes e verificação dos valores da energia descarregada;
- Valores do ECG (precisão): verificação dos valores de ECG correspondentes.



Figura 4.1: Exemplo de teste de descarga.

Adicionalmente são realizados os testes de segurança elétrica (utilizou-se o equipamento de teste FLUKE ESA 615).

4.1.4 Eletrobisturi

À semelhança dos desfibrilhadores, a manutenção preventiva dos eletrobisturis é, tipicamente, realizada semestralmente. Esta periodicidade prende-se com o facto dos eletrobisturis serem equipamentos de elevado risco dado que geram sinais elétricos que são aplicados diretamente no paciente. Numa primeira instância é necessário identificar o equipamento que vai ser intervencionado, uma vez que, normalmente,

num bloco operativo existe mais do que um eletrobisturi. Começa-se por verificar o estado geral do equipamento (limpeza, chassi, conectores e conexões, sistema de segurança e painel frontal). A tarefa seguinte passa pela realização de testes de segurança elétrica (corrente de fuga e resistência à terra) utilizando por exemplo o equipamento de teste FLUKE ESA 615, e os testes de correntes de fuga, potência e CQM (sensibilidade da variação da resistência no neutro) com o equipamento QA-ESIII, por exemplo.

Na Figura 4.2 encontram-se os vários tipos montagens para realização de testes de fuga efetuados aos eletrobisturis conforme são especificados no manual do equipamento de teste (FLUKE, 2015). Adicionalmente são efetuados testes para obtenção dos valores nominais de potência e impedância para o corte e a coagulação em modo monopolar e bipolar (Figura 4.3).

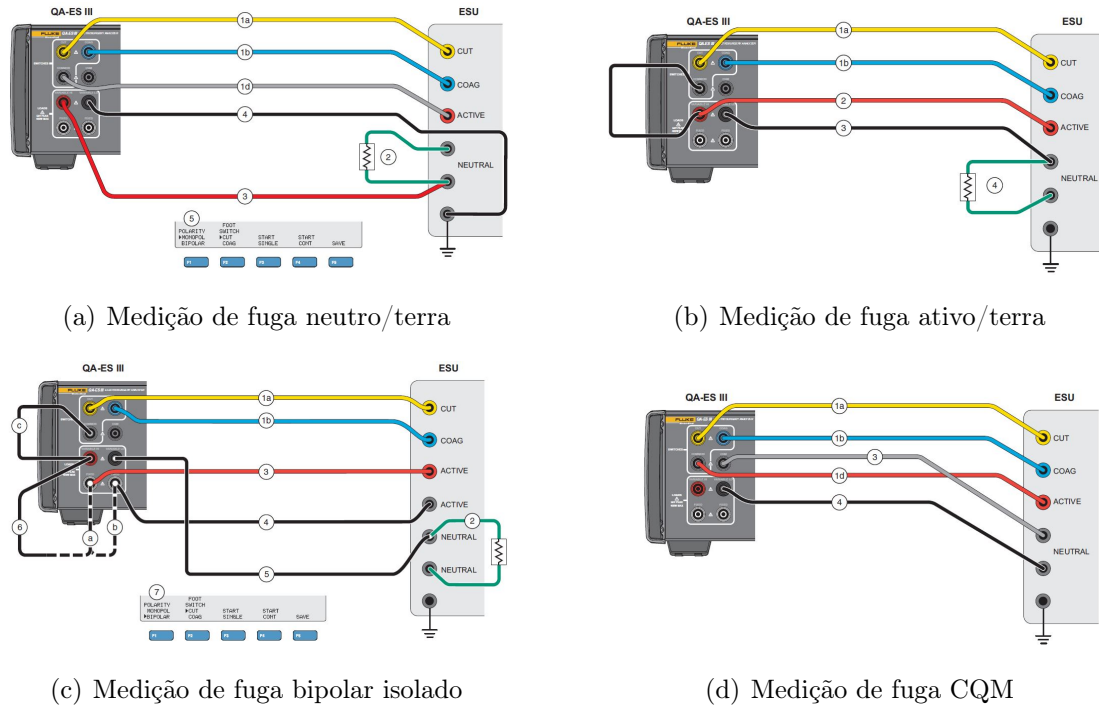


Figura 4.2: Montagens para testes de fuga [52]

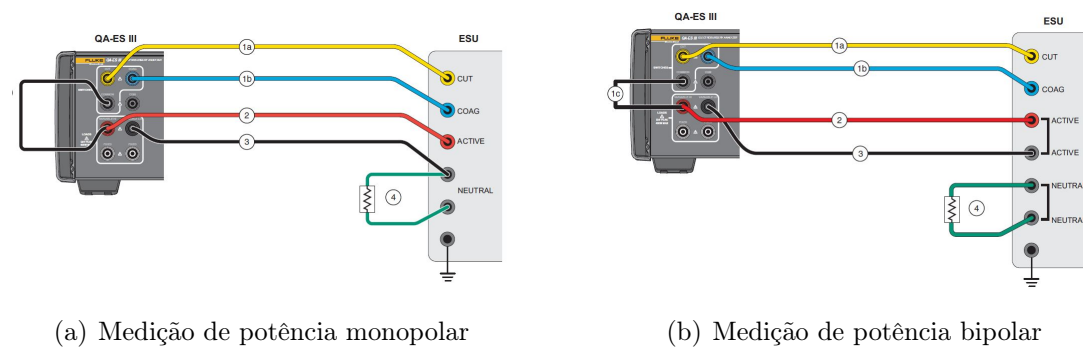


Figura 4.3: Montagens para testes de potência [52].

4.1.5 Eletrocardiógrafo

Os procedimentos de manutenção preventiva dos eletrocardiógrafos incluem a simulação de um ECG. Deve-se ter em conta, de forma análoga aos desfibriladores e monitores de sinais vitais, os seguintes procedimentos:

- A limpeza;
- O estado geral do equipamento (chassis, cabos, cabos, elétrodos, transdutores);
- Verificação de bateria, alarmes, interruptores e controlos.

Complementarmente, é realizado um teste de segurança elétrica (consiste em avaliar a segurança elétrica do equipamento, tendo os valores medidos de apresentar-se dentro de determinadas gamas), um teste de impressão (verificar o funcionamento da impressora integrada nos eletrocardiógrafos) e testes de simulação de ECG para 60 bpm e 120 bpm, através do equipamento de teste PROSIM 8, por exemplo, e verificada a conformidade dos valores.

4.1.6 Marquesa e mesa cirúrgica

Os procedimentos de manutenção preventiva das marquesas englobam as seguintes verificações:

- Travão (pedal);
- Movimentos (subida ou descida);
- Nível de óleo;
- Movimentos das rodas e lubrificação.

De forma análoga, na manutenção preventiva das mesas cirúrgicas é necessário verificar o sistema de travagem e os movimentos (subida e descida da mesa num todo, subida e descida do apoio das costas, pernas e braços, inclinação para os lados, entre outros). Adicionalmente, uma vez que dispõe de um sistema eletrónico, também é necessário fazer-se a verificação do cabo de alimentação, dos sensores de segurança e a realização do teste de segurança elétrica.

4.1.7 Monitor multi-parâmetro de sinais vitais

Os procedimentos de manutenção preventiva de monitores de sinais vitais envolvem, tipicamente, as seguintes ações:

- Verificação do estado geral do equipamento (chassi, cabos e acessórios);

- Verificação dos cabos de ligação ao paciente;
- Verificação da ligação à bateria.

Numa segunda fase, são efetuadas verificações técnicas através de equipamentos de teste. Na Figura 4.4 é possível observar os procedimentos de manutenção preventiva dos monitores de sinais vitais:

- Figura 4.4(a) - Simulação de SpO_2 com o equipamento de teste FLUKE SPOT LIGHTFLUKE;
- Figura 4.4(b) - Simulação de pressão arterial não invasiva com equipamento de teste PROSIM 8;
- Figura 4.4(c) - Simulação de ECG com o equipamento de teste PROSIM 8;
- Figura 4.4(d) - Teste de segurança elétrica com o equipamento de segurança elétrica FLUKE ESA 615.



(a) Simulação de SpO_2



(b) Simulação de pressão arterial não invasiva



(c) Simulação de ECG



(d) Teste de segurança elétrica

Figura 4.4: Procedimentos de manutenção preventiva de monitores de sinais vitais.

4.1.8 Ventilador pulmonar

Os ventiladores pulmonares são equipamentos de suporte de vida e como tal é essencial manter uma boa e constante manutenção dos mesmos. Aquando a instalação é necessário garantir que a sua colocação seja feita em local nivelado e que possua proteção contra as oscilações da corrente elétrica.

Em cada utilização do ventilador os profissionais de saúde realizam previamente um auto-teste de forma a verificar internamente o sistema. Neste teste de diagnóstico, os profissionais devem seguir um conjunto de instruções que envolvem conexão do tubo de teste entre a saída inspiratória e a entrada expiratória, desconexão da fonte de energia AC e reconexão para verificação da bateria, conexão de um sistema respiratório completo, um humidificador e um nebulizador e seguir as instruções no monitor do ventilador.

A periodicidade das manutenções preventivas ao ventilador devem seguir as recomendações do fabricante, no entanto, normalmente ocorrem com periodicidade quadrimestral para não comprometer a segurança dos pacientes. Os elementos que devem ser verificados são os seguintes abaixo descritos:

- **Energia de entrada:** segurança elétrica da rede no local da instalação bem como os locais onde vão ter saídas para os gases;
- **Sistemas de transmissão e controlo de energia:** fornecimento de oxigénio através de válvulas;
- **Mecanismos de acionamento:** funcionamento dos mecanismos que acionam cada parte do equipamento;
- **Sistemas de controlo de saída:** sistema de ajuste do fluxo de gás para ser administrado ao paciente;
- **Unidade central de controlo:** unidade de comando dos quatro parâmetros a serem ajustados pelos profissionais de saúde (volume, pressão, fluxo e tempo).

Na Figura 4.5 observa-se a montagem dos equipamentos de teste e a realização do teste necessário para medição do fluxo de gás bem como o “pulmão de teste” utilizado para esse fim.

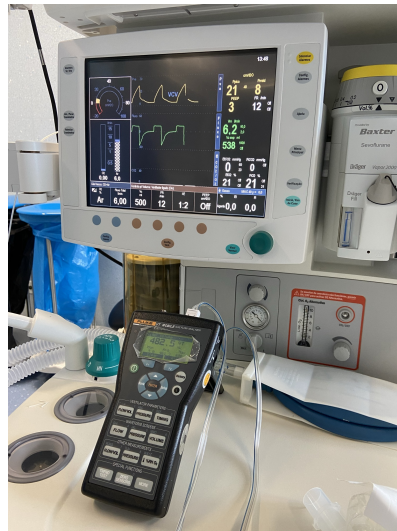


Figura 4.5: Medição do fluxo e pressão de gás.

De igual forma, devem de ser verificados os acessórios do sistema ventilador quer estes estejam integrados ou não no mesmo: válvulas reguladoras de pressão, controlos e alarmes, filtro bacteriológico e nebulizador. O misturador de gases também faz parte da lista, no entanto, no contexto do estágio da aluna, foi uma empresa externa responsável pela avaliação dos gases medicinais que ficou encarregue desse passo na manutenção preventiva dos ventiladores.

4.2 Procedimentos de manutenção corretiva

O procedimento de manutenção corretiva de um equipamento médico é uma tarefa que é executada depois da ocorrência de uma avaria e tem como objetivo a reparação da mesma ou substituição do equipamento.

Nesta secção serão abordados os equipamentos com os quais a aluna interagiu para realização de procedimentos de manutenção corretiva, sendo eles: artrobomba, autoclave, cadeira odontológica, eletrobisturi, eletrocardiógrafo, equipamento de lavagem e desinfeção, equipamento de ultrassons, marquesa e mesa cirúrgica.

4.2.1 Artrobomba

Tabela 4.1: Manutenção corretiva a artrobomba.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Equipamento dava um alarme de erro e não fazia a calibração		Verificou-se que era devido à falta da cassete pelo que se adquiriu uma para colocação.

4.2.2 Autoclave

Tabela 4.2: Manutenção corretiva a autoclave de bancada.

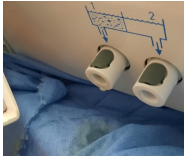
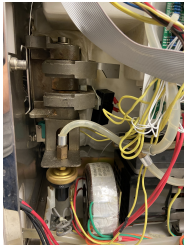
Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Válvula vertia água		Ajustou-se a válvula com uma chave de estrela.
Trinco da porta não trancava		Limpou-se, lubrificou-se e apertou-se o sistema do trinco.
Autoclave vertia água por cima		Verificou-se que o tanque de água estava partido. Colou-se com silicone.
Autoclave dava erro por não conseguir fechar		Verificou-se que a junta não estava a conseguir vedar. Ajustou-se a porta.
Autoclave não conseguia aquecer		Verificou-se que a bomba de água não trabalhava pelo que se procedeu à sua substituição.
Autoclave dava erro no tempo de aquecimento		O térmico de segurança encontrava-se avariado pelo que se procedeu à sua substituição.

Tabela 4.2: Manutenção corretiva a autoclave de bancada.

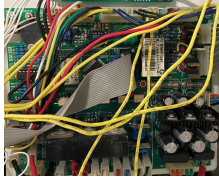
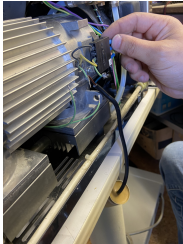
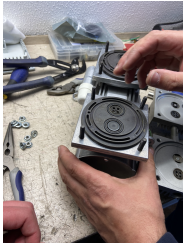
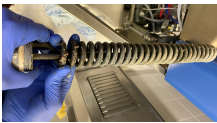
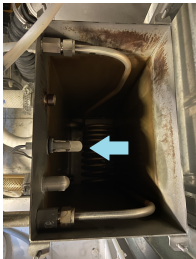
Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Autoclave não conseguia manter a temperatura e pressão necessárias para esterilização		Após análise de vários componentes da placa verificou-se que a mesma precisava de ser calibrada e reprogramada. Foi enviada para uma empresa especializada.
Autoclave dava erro de “água suja” e não fazia esgoto		Verificou-se que a saída de água suja (esgoto) estava entupida pelo que se procedeu ao seu desentupimento.
Bomba de vácuo não arrancava		O condensador de arranque (4 uF) não tinha capacidade suficiente para fazer a bomba funcionar pelo que se procedeu à sua substituição por um de 9 uF.
Bomba de vácuo parava durante o seu funcionamento		Limpeza das membranas das válvulas da bomba de vácuo.
Bomba de vácuo não conseguia fazer vácuo		Verificou-se que o filtro de ar/água estava entupido. Retirou-se e procedeu-se à sua limpeza.
Fuga de água pelos conectores de entrada de água		Substituição dos conectores.

Tabela 4.3: Manutenção corretiva a autoclave industrial.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Autoclave desligou-se e mandou o quadro eléctrico abaixo		Verificou-se que fez um curto-circuito uma vez que uma das resistências queimou. Substituiu-se a resistência por uma nova.
Autoclave dava erro de falta de água no gerador		Observou-se que a sonda de nível de água encontrava-se encravada. Efetou-se a limpeza e testou-se.
Autoclave dava erro de “controlo de nível”		Verificou-se que a sonda do nível de água estava avariada pelo que se procedeu à sua substituição.
Autoclave dava erro de “fase demasiado longa”		Verificou-se que a pressão não era suficiente na camisa; existia um mau contacto na ficha da eletroválvula que abre a passagem de vapor para a camisa. Corrigiu-se.
Aspiração fazia um barulho estranho		Limpeza de filtro da aspiração.
Aspiração fazia um barulho estranho		Limpeza de tubo de aspiração.

4.2.3 Cadeira odontológica

Tabela 4.4: Manutenção corretiva a cadeira odontológica.

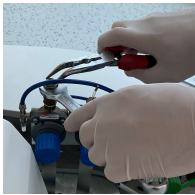
Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Falta de força no destartarizador		Verificou-se a rosca moída pelo que se procedeu à troca do destartarizador.
Tubos de aspiração danificados		Substitui-se os tubos de aspiração.
Broca do contra-ângulo não rodava		Veio do contra-ângulo estava preso pelo que se procedeu à limpeza e lubrificação do mesmo.
Jato da turbina não era constante		Verificou-se que a turbina encontrava-se entupida pelo que se procedeu ao desentupimento da mesma com o kit de limpeza.
Falta de força nos instrumentos de mão		Realizou-se a calibração das válvulas de ar e água.
Turbina com falta de força e encravava durante o funcionamento		Verificou-se avaria no rotor da turbina pelo que se procedeu à sua substituição.
Inexistência de aspiração, no entanto o motor funcionava		Eletroválvula encontrava-se encravada. Efetuou-se a limpeza e a lubrificação da mesma.

Tabela 4.4: Manutenção corretiva a cadeira odontológica.

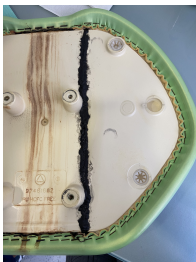
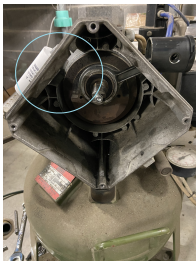
Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Destartarizador não vi- brava		Cabo elétrico estava partido e assim a alimentação não chegava ao destartarizador. Substituiu-se o cordão do destartarizador.
Fuga de água na eletro- válvula que dá passa- gem à mesma quando a cadeira é ligada		Substituição da eletroválvula.
Suporte das costas da cadeira dentária partiu		Colagem do suporte.
Cadeira vertia água de um dos tubos de es- goto		Substituição do tubo de esgoto.
Motor do compressor não funcionava - <i>piston</i> estava “colado”		Procedeu-se à troca do <i>piston</i> .

Tabela 4.4: Manutenção corretiva a cadeira odontológica.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Cuspideira estava entupida		Retirou-se o tubo e desentupiu-se.
Pressão baixa no compressor		Ajuste da pressão no compressor.
Aspiração encontrava-se bloqueada		As sondas de nível de água encontravam-se sujas bloqueando a aspiração. Procedeu-se à limpeza.
Motor da aspiração não funcionava - motor estava “colado” e os ligadores não estavam a fazer contacto		Procedeu-se à limpeza do motor e à substituição dos contactos.
Turbina encontrava-se presa		Verificou-se que não estava lubrificada pelo que se procedeu à sua lubrificação.

4.2.4 Eletrobisturi

Tabela 4.5: Manutenção corretiva a eletrobisturi.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Pedal não funcionava e tinha o cabo descarado		Verificou-se que os <i>switches</i> encontravam-se fora do sítio. Colocaram-se no sítio e foi colocada manga no cabo.

4.2.5 Eletrocardiógrafo

Tabela 4.6: Manutenção corretiva a eletrocardiógrafo.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Aparecimento de ruído no ECG		Verificou-se mau funcionamento do cabo ECG e procedeu-se à substituição do mesmo.

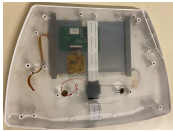
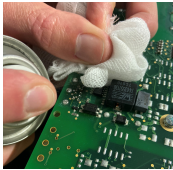
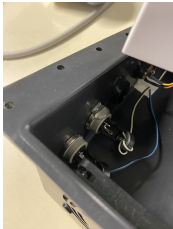
4.2.6 Equipamento de lavagem e desinfeção

Tabela 4.7: Manutenção corretiva a equipamento de lavagem e desinfeção.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Equipamento dava erro de “falta de cesto”		Verificou-se que a peça de encaixe dos cestos estava partida e assim o sensor não detetava o cesto. Substituiu-se a peça.
Máquina não introduzia água quente, dando erro a meio do ciclo		Verificou-se avaria de eletroválvula e procedeu-se à sua substituição.
Encaixe de braço partiu		Substituição do encaixe.

4.2.7 Equipamento de ultrassons

Tabela 4.8: Manutenção corretiva a aparelho de ultrassons

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Chassi partido e ecrã tátil ia para dentro quando pressionado		Substituiu-se o chassi e colou-se o ecrã ao mesmo.
Cabeça de ultrassons não era detetada pelo aparelho		Limpou-se e soldou-se os contactos ao encaixe.
Ficha de cabo de electroestimulador estava solta/desgasta		Colagem do encaixe.

4.2.8 Marquesa e mesa cirúrgica

Tabela 4.9: Manutenção corretiva a mesa cirúrgica

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Vertia óleo de um dos tubos		Substituiu-se o tubo e aperto dos encaixes.
Comando tinha uma peça partida		Desmontou-se o comando e colou-se a peça partida.

Tabela 4.10: Manutenção corretiva a marquesa.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Apoio do colchão não baixava até ao fim		Verificou-se avaria no amortecedor pelo que se procedeu à sua substituição.

4.3 Outros equipamentos

Nesta secção estão abordados equipamentos com os quais a aluna teve menos contacto, com uma breve descrição, e os procedimentos realizados nos mesmos. Os equipamentos são: aquecedor de mantas, aparelho de ondas curtas, campímetro, colposcópio, equipamento de laser para litrotripsia, equipamento de podologia, equipamentos de provas de esforço, equipamento de radiografia odontológica, grua elevatória de pacientes, máquina de selar e tina de parafango.

4.3.1 Aquecedor de mantas

O aquecimento de pacientes revela ser uma mais valia antes, durante e após uma cirurgia e/ou outros procedimentos médicos. Para isso é utilizado um aquecedor de mantas (Figura 4.6) de forma a manter a marquesa confortável para o paciente. Este sistema de aquecimento funciona através da convecção do ar em que o ar é filtrado, diminuindo a probabilidade de propagação de agentes contaminantes. Complementarmente, possui sistemas de monitorização de segurança (alertas) que alertam os auxiliares de ação médica caso a temperatura ultrapasse ou desça abaixo de um determinado valor pré-definido [53].



Figura 4.6: Aquecedor de mantas CSZ/Gentherm modelo WarmAir.

As manutenções corretivas relativas a este equipamento que a aluna teve oportunidade de participar encontram-se na Tabela 4.11.

Tabela 4.11: Manutenção corretiva a aquecedor de mantas.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Aquecedor desligava após alguns minutos de funcionamento		Efetuuou-se a limpeza de filtro e revisão de solda da placa de ligações.
Erro de sobreaquecimento		Soldou-se a ficha do sensor de temperatura.

4.3.2 Aparelho de ondas curtas

A diatermia é um tratamento, muito utilizado por fisioterapeutas, que faz uso de ondas não ionizantes conhecidas por ondas curtas. A radiação eletromagnética, a que se referem estas ondas, é convertida em energia térmica através da indução de correntes originárias dos tecidos.

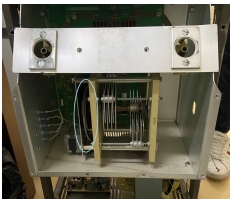
O equipamento responsável pela emissão das ondas curtas é composto por duas placas de condensadores que vão ser posteriormente colocadas na região do corpo a ser tratada provocando a dilatação dos vasos sanguíneos [54].

Na Figura 4.7 encontra-se um exemplar de um aparelho de ondas curtas e na Tabela (4.12) a manutenção corretiva efetuada ao mesmo.



Figura 4.7: Aparelho de ondas curtas.

Tabela 4.12: Manutenção corretiva a aparelho de ondas curtas.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Intensidade de ondas curtas não subia e desligavam-se sozinhas		Verificou-se que a correia estava partida. Procedeu-se à sua substituição. Adicionalmente, substituíram-se os cabos.

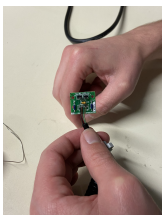
4.3.3 Campímetro

O campímetro, Figura 4.8, é um equipamento que permite realizar exames oftalmológicos tendo como objetivo identificar problemas com a visão e/ou avaliar o campo de visão do paciente. Foram realizadas duas intervenções corretivas ao campímetro as quais se encontram listadas na Tabela 4.13.



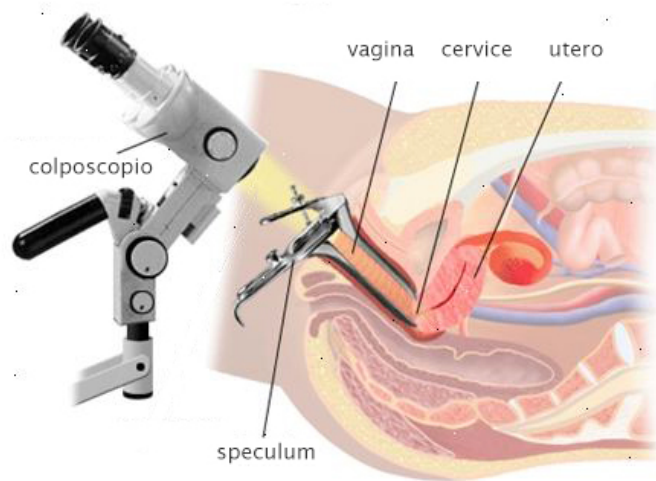
Figura 4.8: Campímetro.

Tabela 4.13: Manutenção corretiva a campímetro.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Cabo de comando em mau estado		Substituiu-se o cabo.
Comando não funcionava		Verificou-se a inversão da polaridade dos ímanes dos botões e procedeu-se à troca de lados dos ímanes.

4.3.4 Colposcópico

A colposcopia (Figura 4.9(a)) é uma técnica que permite obter uma imagem ampliada em tempo real dos tecidos da vagina, da vulva e do colo do útero. Este tipo de exame permite detetar precocemente até pequenas alterações na estrutura dos pacientes do sexo feminino. Este equipamento designa-se por colposcópico, Figura 4.9(b), e, à semelhança de um microscópio, possui várias lentes de forma a permitir diferentes ampliações e filtros.



(a) Esquema da colposcopia [55]



(b) Colposcópico

Figura 4.9: Colposcopia.

As etapas para a realização de uma colposcopia são as seguintes:

1. Inserção do espéculo - mantém o canal vaginal aberto;
2. Colocação do colposcópico - para uma visualização ampliada e detalhada;
3. Aplicação de diferentes produtos de coloração no colo do útero e identificação das alterações ou inexistência delas.

A Tabela 4.14 apresenta a manutenção corretiva efetuada ao colposcópico.

Tabela 4.14: Manutenção corretiva a colposcópico.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Cabo de fibra ótica estava a partir-se		Reparação do cabo através da colocação de manga no mesmo.

4.3.5 Equipamento de laser para litotripsia

No tratamento dos cálculos renais é utilizada a litotripsia a laser quando estes são de pequenas dimensões. A litotripsia a laser consiste, essencialmente, num cabo de fibra ótica que transporta um laser de pequenas dimensões. É então disparado um raio contínuo de laser sobre os cálculos, fragmentando-os e tornando-os significativamente mais pequenos de forma a poderem ser expelidos pela urina ¹.

Na Figura 4.10, apresenta-se o equipamento de laser e na Tabela 4.15 a manutenção corretiva efetuada ao mesmo.



Figura 4.10: Equipamento de laser.

Tabela 4.15: Manutenção corretiva a equipamento de laser.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Equipamento não ligava		Verificou-se avaria no disjuntor pelo que se procedeu à sua substituição.

4.3.6 Equipamento de podologia

A podologia é a área de saúde com vista à prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças dos pés. O equipamento destinado à podologia trata-se, essencialmente, de uma cadeira elétrica, instrumentos de mão, pedígrafo, candeeiros, entre outros.

Na Figura 4.11 está um exemplo de uma montagem de um equipamento de podologia. Este equipamento apresentava duas avarias aquando a sua reparação, as quais se encontram descritas na Tabela 4.16.

¹<https://www.cuf.pt>



Figura 4.11: Equipamento de podologia.

Tabela 4.16: Manutenção corretiva a equipamento de podologia.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Lâmpada do candeeiro não ligava		Verificou-se avaria no transformador e procedeu-se à sua substituição.
Equipamento não liga		Verificou-se que a placa não estava funcional e procedeu-se à sua substituição.

4.3.7 Equipamento de provas de esforço

A prova de esforço é um tipo de exame que permite analisar a resposta do coração quando é submetido a um determinado esforço. Neste procedimento, o paciente percorre uma determinada distância, num tapete rolante, ligado a um eletrocardiógrafo através de elétrodos colocados no tórax. Além desse parâmetro, é avaliada também a pressão arterial assim como é realizada uma avaliação cardiorrespiratória.

O protocolo *Bruce modificado* é o programa mais utilizado e é constituído por sete etapas, cada uma com a duração de três minutos, totalizando os vinte e um minutos. Numa primeira fase, o paciente caminha a uma velocidade de 2,7 km/h com a inclinação de 10 %, perfazendo um gasto metabólico de 5,0 equivalentes metabólicos, isto é, consumo calórico necessário para realização de um determinado trabalho. Este valor vai aumentando à medida que o teste se vai realizando terminando com 23,8 equivalentes metabólicos, o que corresponde a 9,6 km/h com a inclinação de 22 % ² [56].

Na Figura 4.12(a) é possível observar-se a configuração das provas de esforço e na Figura 4.12(b) um exemplo de montagem do equipamento necessário ³.



(a) Esquema³



(b) Equipamento

Figura 4.12: Provas de esforço.

Na manutenção preventiva do equipamento de provas de esforço existem as seguintes etapas:

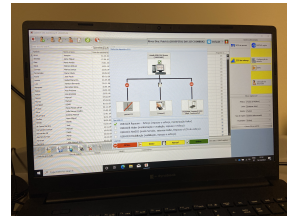
1. Realização de testes de segurança elétrica com o equipamento de teste Fluke ESA 615, por exemplo;
2. Verificação do estado geral da passadeira (correia, estado do tapete e velocidade, sistema de elevação, entre outros) (Figura 4.13(a) e Figura 4.13(c));
3. Simulação de um teste no programa (Figura 4.13(b));
4. Realização de testes ao eletrocardiógrafo através do simulador de sinais vitais com o equipamento de teste PROSIM 8, por exemplo (Figura 4.13(d)).

²<https://blog.unilabs.pt>

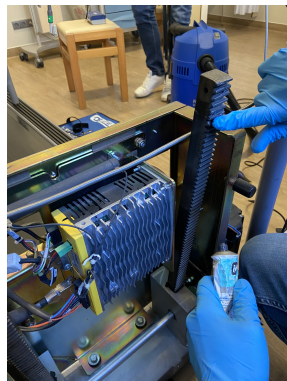
³<https://www.saudebemestar.pt>



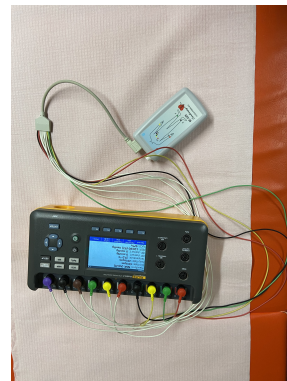
(a) Medição da velocidade da passadeira - utilização do equipamento de teste DT-2236C



(b) Simulação de teste no programa *Labtech Cardiospy*



(c) Lubrificação de sistema de elevação



(d) Simulação de sinais vitais

Figura 4.13: Procedimentos de manutenção preventiva de equipamentos para provas de esforço.

4.3.8 Equipamento de radiografia odontológica

A radiografia odontológica é um exame de extrema importância no diagnóstico de várias patologias a nível da saúde bucal pois permite, por exemplo, a deteção de dentes inclusos e certas lesões próximas à raiz do dente. Através da radiografia o dentista obtém uma visualização mais abrangente das estruturas internas dentárias. Na Figura 4.14 encontra-se um equipamento de radiografia odontológica.



Figura 4.14: Equipamento de radiografia odontológica *Trophy Trex* modelo CCX.

A manutenção preventiva deste tipo de equipamento é composta por:

- Verificação das ligações;
- Verificação da limpeza;
- Verificação do suporte do equipamento de radiografia;
- Teste de disparo com um equipamento de teste.

O teste de disparo é utilizado para medir a dose, taxa de dose, tempo de exposição, pulsos, taxa de pulsos e dose/pulso (em kV).

A Figura 4.15 mostra a configuração da montagem para realização de um disparo de raios-x para o equipamento de teste.



Figura 4.15: Teste de disparo com o equipamento de teste *RaySafe X2 Solo DENT*

Após o disparo, o equipamento de teste gera um gráfico com base nos valores adquiridos pelo sensor. A título de exemplo, a Figura 4.16 mostra uma imagem de um disparo realizado com duas curvas. A curva azul relaciona a tensão aplicada ao tubo (kV) ao longo do tempo de disparo em milissegundos (ms), ao passo que a curva laranja relaciona a taxa de dosagem aplicada (mGy/s) no sensor ao longo do tempo de disparo (em ms).

Na Figura 4.17 é possível observar os valores resultantes da medição do disparo por parte do sensor (através do equipamento de teste utilizado *RaySafe X2 Solo DENT*).

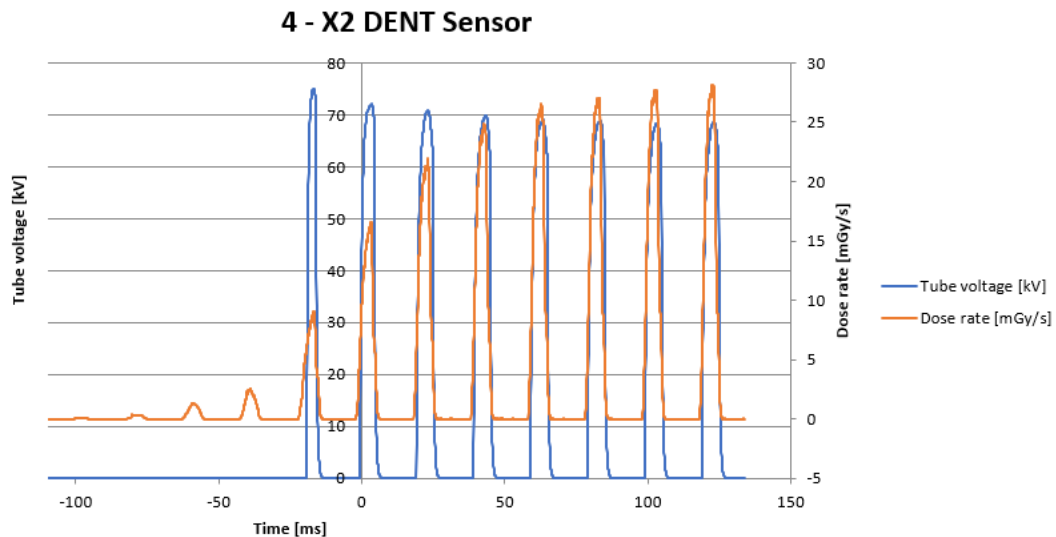


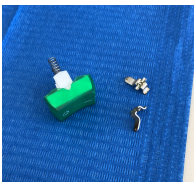
Figura 4.16: Gráfico com valores medidos de disparo de raios-x.

67,6 kVp	814,1 μ Gy	124,6 ms
--- mm Al HVL	6,536 mGy/s	7 pulses
--- mm Al TF	116 μ Gy/pulse	50,4 pulses/s

Figura 4.17: Valores medidos do disparo do equipamento de raios-x.

Neste equipamento foi efetuada uma manutenção corretiva que se encontra na Tabela 4.17.

Tabela 4.17: Manutenção corretiva a equipamento de raios-x.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Equipamento não ligava		Verificou-se que o botão ON/OFF estava partido por dentro. Substituiu-se.

4.3.9 Grua elevatória de pacientes

A transferência de um paciente, quer da cama para uma cadeira de rodas ou vice-versa, não é uma tarefa fácil e ainda se torna mais difícil quando se acrescenta fatores como o peso do paciente ou o seu grau de incapacidade. De forma a facilitar esta tarefa foram desenvolvidos alguns mecanismos auxiliares entre os quais a grua elevatória de doentes (Figura 4.18). Este equipamento torna a transferência do

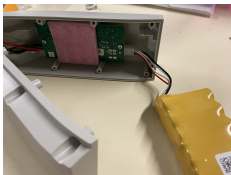
paciente mais cómoda para o mesmo, assim como, para o profissional de saúde pois protege-o de eventuais lesões causadas por esforços físicos contínuos. É provido de um comando que permite o controlo da passagem dos doentes de uma forma suave sem que a mesma se torne numa ação dolorosa.



Figura 4.18: Grua elevatória de pacientes.

A Tabela 4.18 descreve a manutenção corretiva efetuada no referido equipamento.

Tabela 4.18: Manutenção corretiva a grua elevatória de pacientes.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Grua acendia o <i>LED</i> a pedir manutenção e não funcionava só com a bateria		Verificou-se que a bateria não estava funcional pelo que se substituiu. A par disso desativou-se também o botão de emergência por este se encontrar ativo.

4.3.10 Máquina de selar

A máquina de selar é um equipamento essencial na rotina de um hospital. Este instrumento é utilizado para selar as embalagens antes da esterilização e manter o seu conteúdo (essencialmente materiais cirúrgicos) livre de contaminações garantindo a segurança dos pacientes.

Na Figura 4.19 está um exemplar de uma máquina de selar e na Tabela 4.19 as manutenções corretivas efetuadas à mesma.

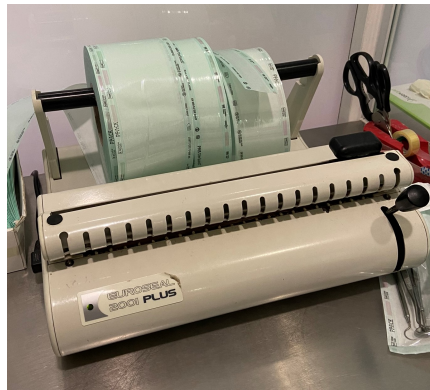
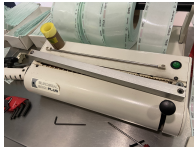


Figura 4.19: Máquina de selar *Euroseal*, modelo 2001 *Plus*

Tabela 4.19: Manutenção corretiva a máquina de selar.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Fita da máquina de selar estava gasta		Efetuuou-se a substituição da fita da máquina de selar.
Alavanca não travava		Efetuuou-se a colocação e fixação da alavanca.

Nas máquinas de selar também é importante a realização de procedimentos de manutenção preventiva para garantir a segurança do paciente (instrumentos bem fechados nas mangas) e para o utilizador (segurança elétrica). No caso da máquina de selar acima referida os procedimentos de manutenção preventiva passam pelo teste de segurança elétrica, substituição do *Teflon* e teste de selagem (*Seal Check* (Figura 4.20))



Figura 4.20: *Seal Check*

Existem outras máquinas de selar, como a máquina de selar *Hawo* modelo GmbH (Figura 4.21(a)), que dispõe de uma maior autonomia: são mais sofisticadas contudo, nos procedimentos de manutenção preventiva, requerem mais peças de substituição. Na Figura 4.21(b) encontra-se um *kit* de manutenção da respetiva máquina composto por:

1. Duas correias de transporte;
2. *Teflon* para guia da correia;
3. *Teflon* da resistência;
4. Rolo de pressão;
5. Correia dentada do motor;
6. Tinteiro;
7. Chave de manutenção.



(a) Máquina de selar *Hawo*, modelo GmbH



(b) *Kit* de substituição

Figura 4.21: Máquina de selar

4.3.11 Tina de parafango

O parafango trata-se de uma lama, com origem vulcânica, combinada com parafina, destinada a minimizar dores reumáticas locais. Esta lama ajuda no relaxamento dos músculos e na eliminação de toxinas.

A tina de parafango, tal como o nome indica, é uma tina com capacidade para armazenamento de parafango e encontra-se representada na Figura 4.22. Está equipada com um braço misturador automático e resistências para manter a temperatura (55°C - 80°C) assim como para esterilização da massa (até 130°C) [57].



Figura 4.22: Tina de parafango *Trautwein* modelo FW 4060 N

Na Tabela 4.20 está descrita a manutenção corretiva à tina de parafango.

Tabela 4.20: Manutenção corretiva a tina de parafango.

Avaria/Problema	Fotografia	Reparação
Sistema de fecho e abertura desajustado por esforço na sua abertura/fecho		Martelou-se a patilha de forma a voltar à posição inicial.

4.4 Estatísticas

Por forma a recolher dados para fins estatísticos, com o decorrer do estágio a aluna foi registando a quantidade de procedimentos de manutenção (preventivas e corretivas) efetuados nos diversos equipamentos.

O número de intervenções por equipamento encontram-se na Figura 4.23. Através da figura pode-se verificar que a cadeira odontológica é o tipo de equipamento com o qual a aluna lidou mais durante o estágio seguindo-se a autoclave de bancada.

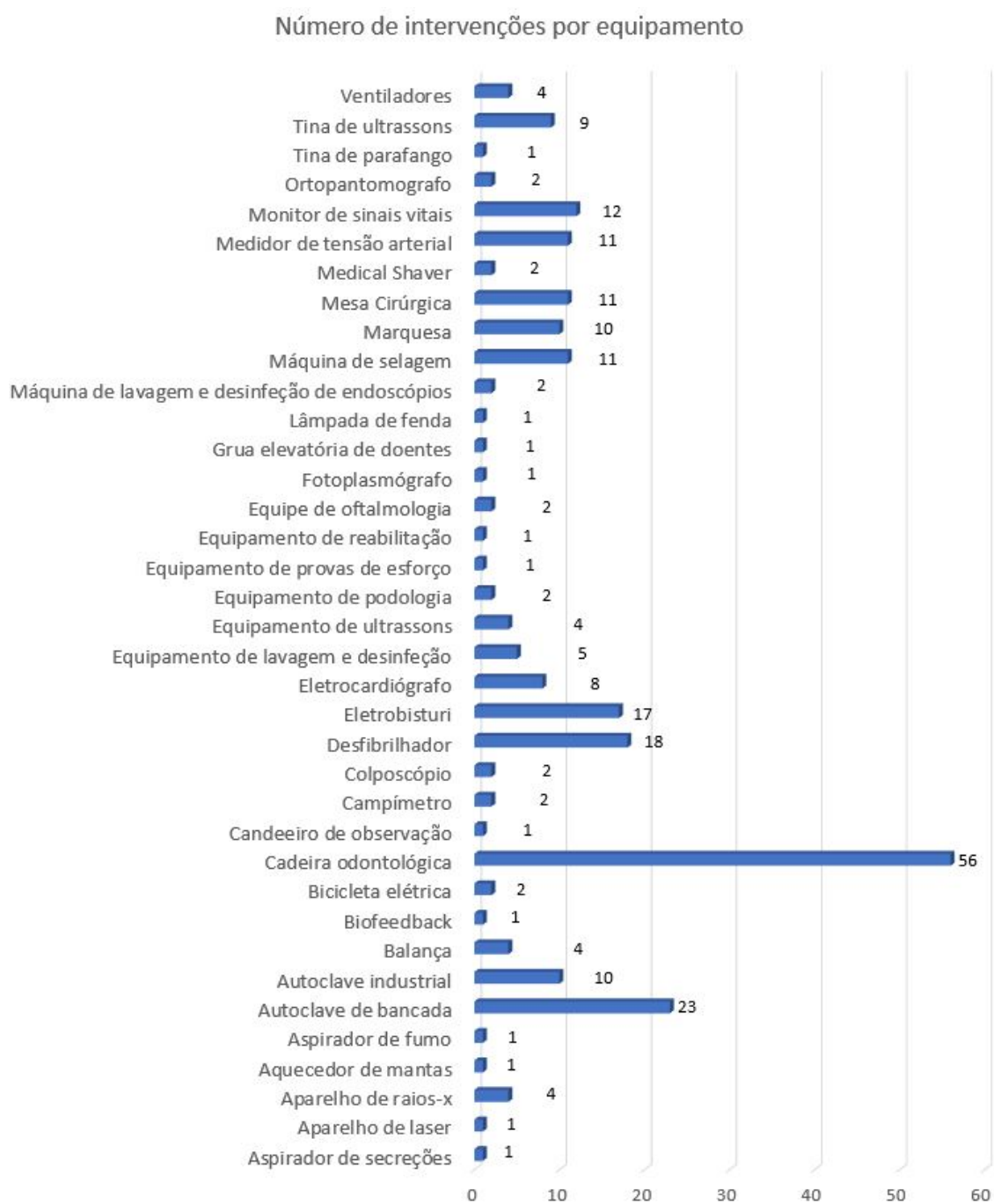


Figura 4.23: Número de intervenções por equipamento.

Na Figura 4.24 é possível observar-se a percentagem de manutenções corretivas com realce nas cadeiras odontológicas (13 %) e nas autoclaves de bancada (13 %), e, na Figura 4.25 a percentagem de manutenções preventivas aos equipamentos destacando-se os eletrobisturis (14 %), os desfibrilhadores (13 %) e as cadeiras odontológicas (11 %).

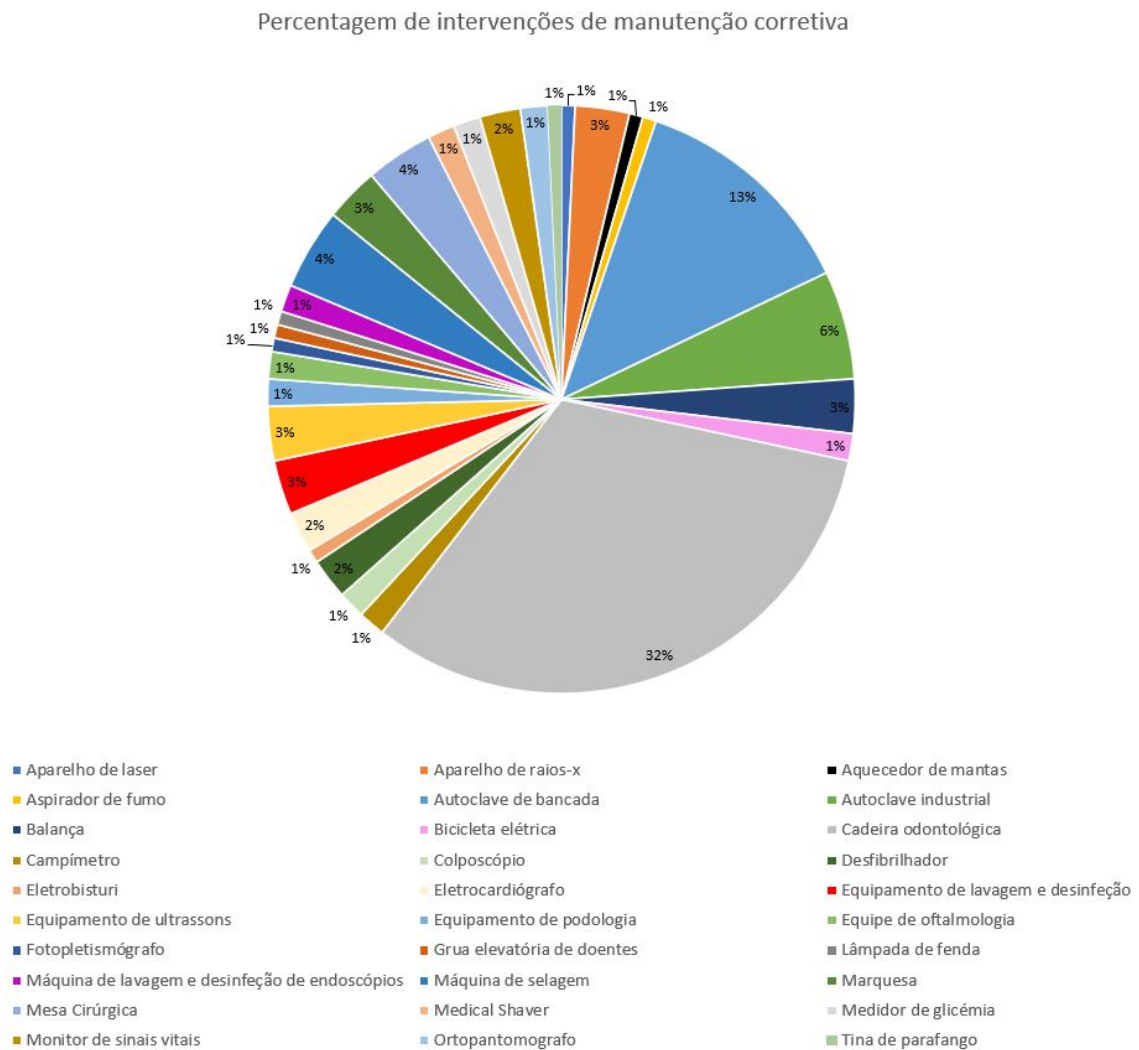


Figura 4.24: Percentagem de intervenções de manutenção corretiva.



Figura 4.25: Percentagem de intervenções de manutenção preventiva.

A percentagem de procedimentos de manutenção corretiva é ligeiramente superior à percentagem dos procedimentos de manutenção preventiva, como se pode verificar através da Figura 4.26. No entanto, constatou-se que a realização de manutenções preventivas preveniram, efetivamente em alguns casos, avarias futuras nos equipamentos, tal como seria o propósito deste tipo de manutenção.



Figura 4.26: Comparação entre as percentagens dos procedimentos de manutenção preventiva e corretiva realizadas durante o estágio.

Capítulo 5

Robô de desinfecção ultravioleta

5.1 Ambiente hospitalar e desinfecção

As infecções nosocomiais são uma adversidade significativa no setor global da saúde e estão associadas a muitos pacientes infetados e algumas mortes como se pode observar pela atual situação pandêmica de Covid-19. Muitas dessas infecções são adquiridas durante o período de hospitalização.

Para prevenir a disseminação de vírus/bactérias e o seu risco para a Saúde Pública é de extrema importância a desinfecção de espaços e locais com habitual presença de pessoas principalmente em ambientes hospitalares onde o risco de exposição é maior. Surgiu, desta forma, a necessidade de um equipamento que ajudasse a limitar a propagação de agentes patogénicos - os robôs de desinfecção. Estes robôs são utilizados como parte integrante do sistema de higienização prevenindo a disseminação e, ao mesmo tempo, proteger profissionais de saúde, doentes e funcionários de limpeza que sejam expostos aos riscos associados à desinfecção. A utilização de um equipamento de forma autónoma permite sistematizar procedimentos e diminuir a probabilidade de erro [58].

O primeiro robô de desinfecção foi desenvolvido por uma empresa dinamarquesa - *Blue Ocean Robotics* - em colaboração com hospitais. A grande vantagem deste robô é a emissão de radiação de forma autónoma e segura. A radiação emitida é a radiação UV-C e, apesar de não ser uma tecnologia nova, a associação deste tipo de radiação a um dispositivo autónomo é uma mais valia para a desinfecção hospitalar [59].

5.2 Luz UV-C

A luz ultravioleta é invisível aos olhos humanos, no entanto, não existem micro-organismos com capacidades de resistência à mesma. Este tipo de luz pode ser

dividida em três categorias [58]:

- UV-A (315 a 400 nm): utilizada para tratamentos com vista à cura: cancro;
- UV-B (280 a 315 nm): para tratamento médicos tais como fototerapia para condições de pele;
- UV-C (200 a 280 nm): utilizada em aplicações de desinfeção.

A tecnologia UV-C tem sido amplamente utilizada nos hospitais e edifícios governamentais há relativamente bastante tempo, de forma segura e eficaz, uma vez que a sua penetração através de paredes, vidros, etc, é menor que três milímetros e não deixa resíduos de produtos químicos como é o caso dos produtos desinfetantes. Esta radiação consegue partir o DNA e RNA das bactérias, dos vírus e dos fungos tornando-os inofensivos (Figura 5.1) [60].

A eficiência das luzes UV-C depende da energia fornecida a uma superfície específica em relação ao tempo e à distância do robô. Assim, deduz-se que quanto maior o tempo de exposição à luz UV-C a uma superfície, mais eficiente será a desinfeção. Da mesma forma, tem-se que a proximidade a uma superfície influencia o tempo necessário para a desinfeção, isto é, quanto mais longe estiver a superfície, mais tempo levará para atingir a eficiência de desinfeção.

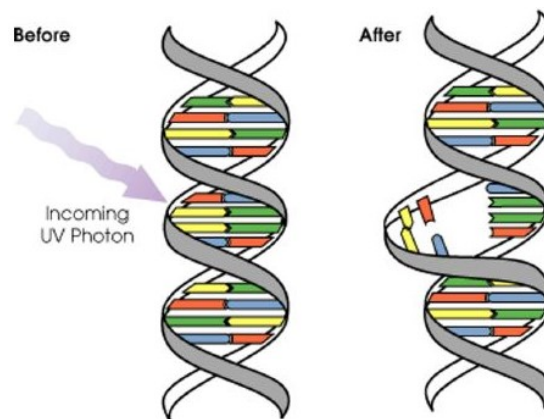


Figura 5.1: Modo de atuação da luz UV-C [61].

Algumas das preocupações sobre a utilização de radiação UV-C passam por ser uma radiação prejudicial aos olhos e à pele. No entanto, com a utilização dos robôs essas preocupações encontram-se salvaguardadas uma vez que estes equipamentos possuem sensores de deteção de movimento/presença que desligam o robô, quando accionados, e sensores no *tablet* que desligam o robô automaticamente em caso de deteção de movimento [58].

5.3 Robô de desinfecção por UV-C

Em Portugal, o representante da marca UVD ROBOTS® é a empresa Eurocas-médica, Produtos Hospitalares Lda.

Atualmente existem duas gerações de robôs comercializáveis: a segunda (modelo B) e a terceira geração (modelo C). A segunda e a terceira geração foram desenvolvidas para hospitais e/ou outras superfícies grandes, no entanto, a terceira geração já inclui um sistema totalmente autónomo, livre de químicos e para grandes áreas de necessidade de desinfecção. O modelo C é mais ágil, mais pequeno em largura, com mais câmaras, sensores e câmaras 3D e possui uma maior facilidade de integração na rotina de limpeza [60].

Na Figura 5.2(a) pode-se observar o modelo B e na Figura 5.2(b) o modelo C.



(a) UVD ROBOTS® 2nd Generation, Model B



(b) UVD ROBOTS® 3rd Generation, Model C

Figura 5.2: UVD ROBOTS®.

Devido às semelhanças entre os dois modelos será apenas mencionado daqui em diante o modelo C dado que é o mais recente e aquele que tem maior utilização.

5.3.1 Robô UVD - Modelo C

O robô UVD modelo C foi projetado para ser autónomo. Este sistema de ativação autónomo permite aos seus operadores chamar o robô de forma fácil e prática através de um *tablet* e enviá-lo para a divisão a ser desinfetada.

A Figura 5.3 mostra a vista de frente e de trás do robô referido, bem como os principais componentes exteriores identificados, sendo eles [62]:

- Câmaras frontais e posteriores RGBD - câmaras equipadas com sensores de deteção de profundidade em associação com câmara de sensor RGB (cor vermelha, verde e azul);
- Sensores infravermelhos (PIR) - par de sensores piroelétricos para detetar energia térmica no ambiente envolvente;
- Luzes indicativas do estado atual do robô;
- Botão de emergência;
- Mecanismo de “empurrão” de emergência;
- Scanner a laser frontal e posterior (para reconhecimento de obstáculos no caminho);
- Lâmpadas UV-C - comprimento de onda de 254 nm;
- Compartimento do *tablet*;
- Botão de energia;
- Conector de carregamento manual.

Tal como todos os equipamentos, o robô carece de manutenção preventiva. Estas manutenções aplicam-se às lâmpadas UV-C que precisam de ser substituídas (informação complementar no Anexo C).

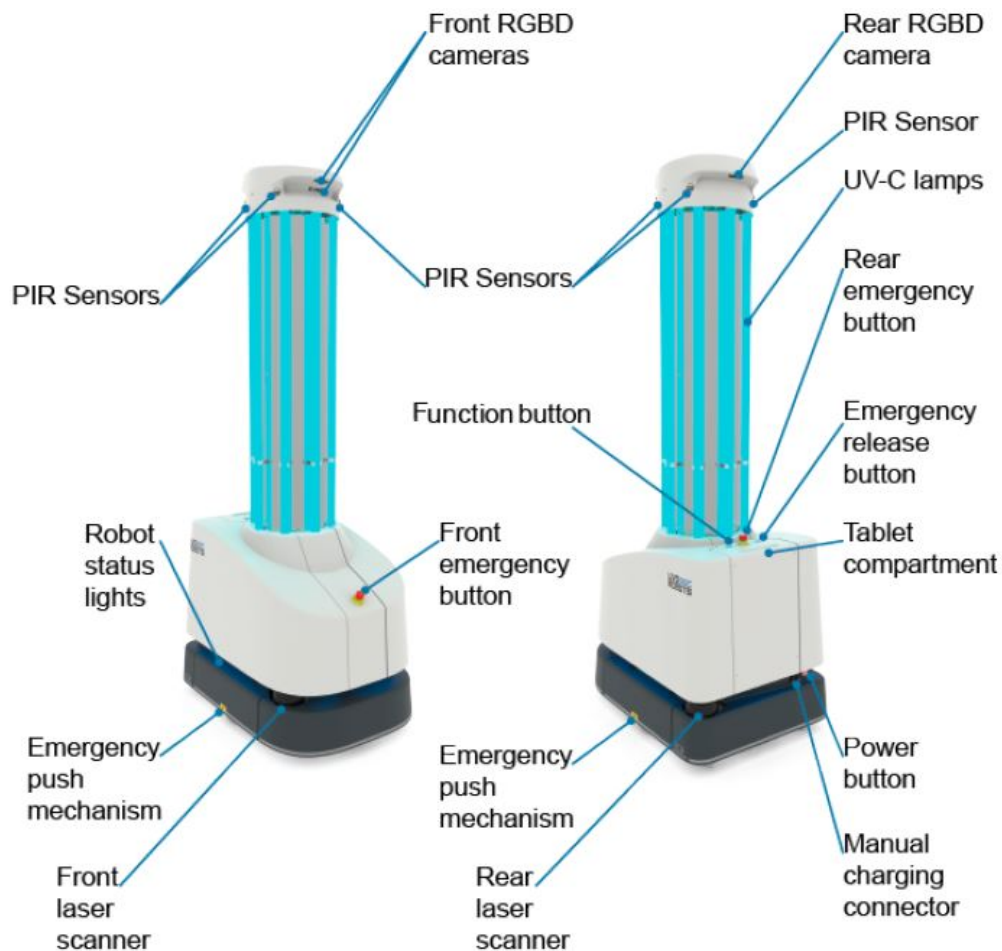


Figura 5.3: Componentes exteriores do robô UVD modelo C [62].

Através da análise do manual de utilizador do robô é possível identificar as especificidades técnicas do mesmo. A título de exemplo, salienta-se a duração do carregamento da bateria (cerca de cinco horas com a estação de carregamento e oito horas com o carregamento de emergência), aproximadamente dez a vinte minutos para desinfecção de um quarto de paciente com dimensões médias e cerca de duas horas de tempo de operação da luz UV (oito a dez divisões por carregamento completo da bateria).

Na utilização do robô sob o ponto de vista de um utilizador comum, há que ter em conta os seus perigos/cuidados, dos quais se destacam:

- A exposição à luz UV-C resulta em lesões graves na pele e olhos pelo que o processo de desinfecção deve ocorrer quando o robô estiver sob condições de isolamento;
- Não utilizar baterias danificadas sob o risco de incêndio e/ou explosão;

- Evitar carregar o robô sob temperaturas altas/baixas e não utilizar a estação de carregamento ao ar livre ou áreas húmidas;
- Não desmontar o carregador sob pena de exposição a choque elétrico;
- O carregador deve ser conectado à rede elétrica e estar em conformidade com as normas e regulamentos vigentes;
- Ao utilizar o robô no modo manual, manter o robô longe de bordas e obstáculos;
- Certificar que os mapas no aplicativo estão atualizados para evitar o risco de colisões, em modo de autonomia;
- Evitar inclinações acima de 12,5 %;
- Não desativar permanentemente os sensores de segurança, pois isso remove a capacidade de deteção do robô.

5.3.2 Instalação e desinfeção

Os robôs são instalados por um colaborador da empresa fabricante UVD ROBOTS®. Em conjunto com o robô existem os seguintes módulos:

Docking Station

A *Docking Station* (ou estação de carregamento) deve estar conectada à rede elétrica e fundamentada em conformidade com as normas e regulamentos vigentes. Através da mesma o robô carrega por indução quando encostado ao suporte.



Figura 5.4: *Docking Station*.

Carregador de emergência

O robô possui um carregador de emergência para ser utilizado, por exemplo, quando não é possível levar o robô até à estação de carregamento. Dispõe de informações sobre o valor de carga do robô quando conectado ao mesmo.



Figura 5.5: Carregador de emergência.

Tablet/Aplicação UVD Robots

Através de um *tablet* equipado com uma *interface* de fácil compreensão é possível executar a aplicação da UVD ROBOTS®. Este *tablet* sincroniza-se com o robô por *wifi* e permite o envio de comandos para a execução das tarefas. O *tablet* vem numa bolsa juntamente com cabos para a estação de carregamento, uma chave sextavada para desbloqueio das rodas dos robôs, um pano de microfibras e uma esponja para limpeza.

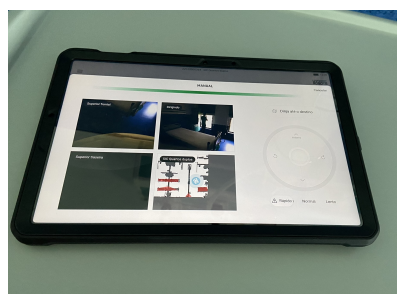


Figura 5.6: Aplicação UVD Robots.

Capa de proteção das lâmpadas

A capa de proteção das lâmpadas UVD deve estar sempre colocada por motivos de segurança e proteção à exceção dos momentos de desinfecção. Esta capa protege as lâmpadas do pó e de agentes exteriores.



Figura 5.7: Capa de proteção das lâmpadas.

Criação dos mapas

De forma a dar início ao mapeamento é fundamental que o robô esteja na estação de carregamento, e, através do *tablet* e por manuseamento manual, dirige-se o robô em todas as direções alguns metros, de modo a que este possa fazer o reconhecimento e adicionar pontos de referência – passar nos mesmos pontos várias vezes leva a uma melhor qualidade do mapa especialmente em secções que se ramificam em novos caminhos. Após este passo, dirige-se o robô para o local que se pretende mapear e inicia-se o mapeamento. Nesta fase é importante garantir que os objetos permanecem no sítio correto e final (tal como mesas, cadeiras, marquesas, etc) e dirigir o robô de forma lenta para que o mesmo os reconheça no local (Figura 5.8).



Figura 5.8: Mapa criado de um quarto de hospital.

Após o mapeamento com os sensores e câmaras do robô é necessário “limpar” o mapa, isto é, adicionar “zonas proibidas”. Estas zonas são criadas com o intuito de garantir que o robô não entre nessas áreas. No mapa criado pelo robô podem existir também os “picos brancos” – estes picos expressam áreas que o robô não conseguiu registar completamente e também podem ser limpos do mapa garantindo a precisão do mesmo. Completando este passo, dirige-se o robô até ao local exato onde se começou a mapear e seleciona-se a opção “Guardar” no *tablet* terminando o mapeamento do local.

Criação das rotinas

As rotinas são a criação dos pontos de desinfecção estrategicamente escolhidos nos quais onde o robô vai ficar parado durante um determinado período de tempo. São criadas de acordo com as necessidades de desinfecção do local, isto é, consoante as zonas a serem desinfetadas e com a duração do tempo em cada ponto. Desta forma, zonas mais críticas, tais como, camas, lavatórios, cadeiras, devem usufruir de um maior período temporal de exposição à luz UV-C para garantir a sua correta desinfecção. Esta característica do robô permite aos seus utilizadores a otimização do tempo de utilização.

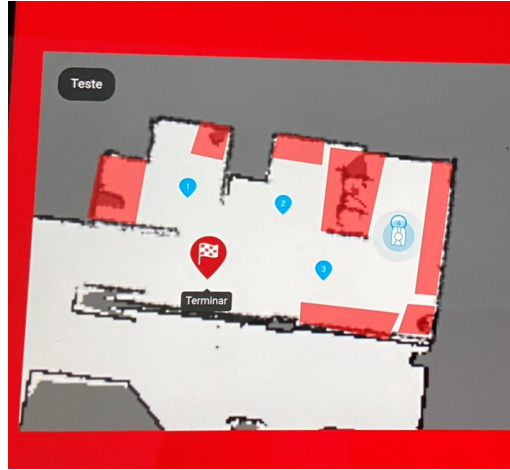


Figura 5.9: Pontos da rotina.

Desinfecção

O sistema de acionamento autônomo do robô permite aos seus operadores chamá-lo facilmente através do *tablet* e enviá-lo para o local onde se pretende efetuar a limpeza.

De forma a dar início à limpeza é necessário garantir que o local se encontra isolado, com ausência de obstáculos e o robô possui bateria suficiente. Após garantidas as últimas condições, o operador fecha a porta e posiciona o *tablet* na mesma. Seguidamente, o operador seleciona a opção “Desinfetar” e através de uma *checklist* efetua as verificações necessárias ao prosseguimento da operação [62]:

- A área foi limpa manualmente e configurada de acordo com o mapeamento prévio;
- O operador está ciente dos riscos à saúde associados à exposição UV-C;
- Não há pessoas ou animais na área a ser desinfetada;
- Todas as entradas adicionais para a área foram impedidas;
- O operador têm competência e permissão para operar o robô.

Após término das verificações o operador seleciona “Começar a desinfecção”, o robô inicia o aquecimento das lâmpadas (demora cerca de três minutos) e começa a realizar a desinfecção do espaço (Figura 5.10). Em caso de movimentação do *tablet*, o robô dá a área como desprotegida e ausência de isolamento pelo que interrompe o seu funcionamento. Terminada a desinfecção o *tablet* exibe um relatório de desinfecção com um dos três ícones seguintes: um círculo verde com um sinal de confirmação - a desinfecção foi bem-sucedida, um triângulo com um ponto de exclamação (desinfecção foi abortada) ou um círculo vermelho com uma cruz (desinfecção falhou).

O relatório contém uma visão geral sobre o tipo de desinfecção, a qualidade, posições desinfetadas, duração total e apresenta um mapa de exposição da luz UV-C para as diferentes áreas do local (Figura 5.10). Em caso de aborto ou falha do programa, no ecrã do *tablet* é mostrada uma mensagem para tentar novamente ou aceitar a desinfecção como falhada. No fim, o operador envia o robô de volta para a estação de carregamento.

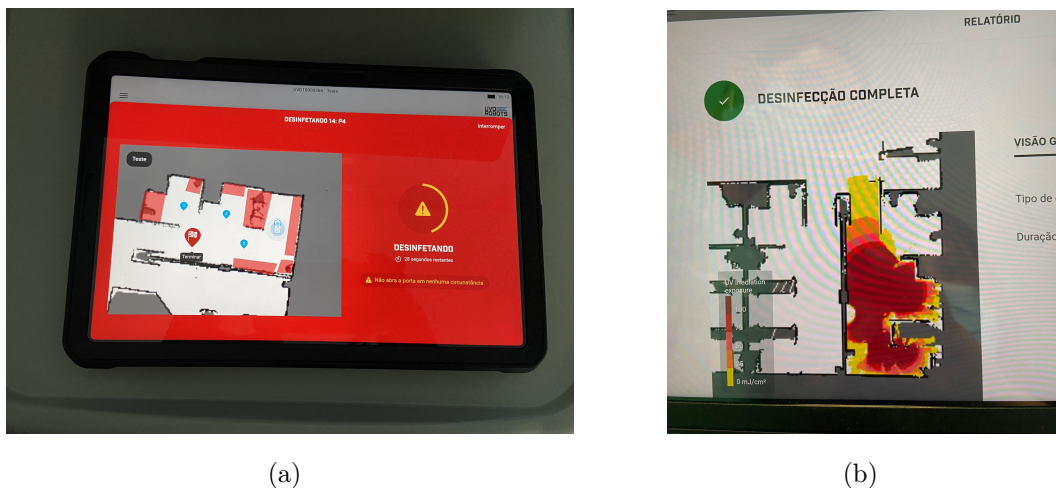


Figura 5.10: Relatório de desinfecção: (a)- Exemplo de desinfecção de um quarto de hospital; (b)- Desinfecção bem sucedida

5.4 Tarefas Realizadas

5.4.1 Formação

No decorrer do estágio, a aluna teve a oportunidade de receber Formação da empresa Representante em Portugal - Eurocasmédica- Produtos Hospitalares Lda. A formação recaiu sobre o robô modelo B, o qual se encontrava para exposição e formação nas instalações da empresa.

5.4.2 Utilização e manuseio

Depois de ter recebido formação, a aluna teve a oportunidade de trabalhar diretamente com o robô modelo C, nomeadamente para especificar as tarefas de desinfecção. O robô encontrava-se no Hospital Narciso Ferreira - Santa Casa da Misericórdia de Riba De Ave. De realçar que os serviços de assistência técnica (onde se incluem os procedimentos de manutenção) são, atualmente, assegurados em exclusivo pela empresa mãe, localizada na Dinamarca.

Na Figura 5.11 encontra-se um esquema dos passos na desinfecção com o robô.

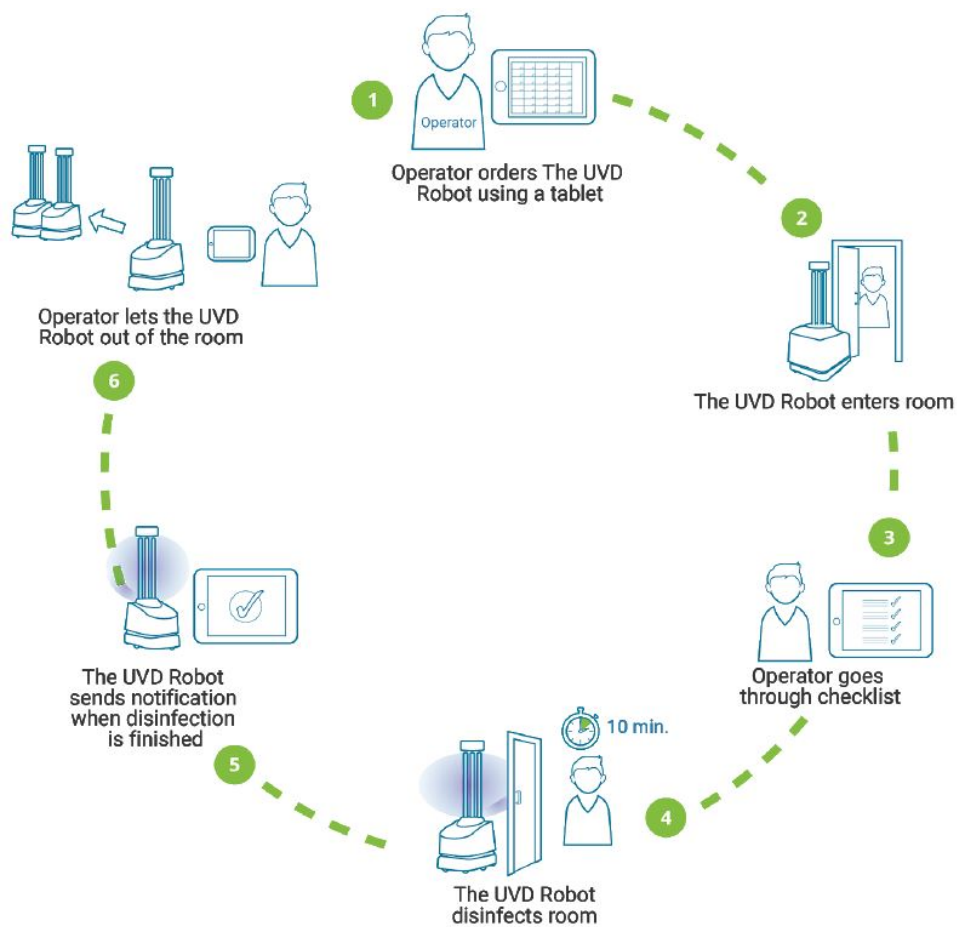


Figura 5.11: Esquema de funcionamento do robô [62].

Capítulo 6

Conclusões

A segurança dos pacientes juntamente com a qualidade de serviços prestados exige processos de manutenção eficazes. Esta qualidade vai implicar maximizar o tempo de disponibilidade dos equipamentos médicos e reduzir os custos inerentes à manutenção. É nessa perspetiva que a área da saúde tem de evoluir traduzindo-se numa maior quantidade de procedimentos de manutenção preventiva.

Este estágio curricular, com cariz profissionalizante, foi uma etapa académica na qual a aluna foi inserida em ambiente real de trabalho, permitindo-lhe compreender e relacionar conceitos adquiridos durante o percurso académico com a realidade da instrumentação biomédica em contexto hospitalar na perspetiva da manutenção de equipamentos médicos.

A aluna participou em inúmeros e diversificados procedimentos de manutenção corretiva e preventiva, acompanhando a equipa de eletromedicina da SMH junto das várias unidades de saúde com as quais esta tinha relações contratuais. Esta participação exigiu pesquisa e estudo cuidadoso dos equipamentos intervencionados. As intervenções foram realizadas em várias clínicas e hospitais da zona Norte e Centro do país, sendo o Hospital da Luz Coimbra o local da equipa residente.

Foi também possível à aluna contactar com o *software* de gestão de manutenção o que lhe permitiu uma melhor compreensão dos processos tais como a criação e a gestão de planos de manutenção.

Relativamente aos equipamentos manuseados, foi dada oportunidade à aluna de conhecer diferentes equipamentos. Destes, podem-se destacar as autoclaves industriais e de bancada, os desfibrilhadores, os eletrobisturis, as cadeiras odontológicas, os aspiradores de secreções, os aparelhos de raios-x, os aquecedores de mantas, os aspiradores de fumo, as bicicletas elétricas, as balanças, os campímetros, os colposcópios, os eletrocardiógrafos, os equipamentos de lavagem e desinfeção, os equipamentos de ultrassons, os equipamentos de provas de esforço, as marquesas, as mesas cirúrgicas, os medidores de tensão arterial, os monitores de sinais vitais, as tinas de ultrassons, as máquinas de selagem e os ventiladores.

O robô de desinfecção hospitalar revela-se uma ferramenta importante que promove a redução de infeções nosocomiais. Atualmente, existem dois modelos do robô comercializáveis (modelo B e modelo C). Durante o estágio, foi possível à aluna, enquanto membro da equipa de eletromedicina da SMH, receber formação sobre o robô modelo B. Esta formação foi assegurada pela respetiva Representante em Portugal - Eurocasmédica- Produtos Hospitalares Lda. Nesse sentido, a aluna inteirou-se do funcionamento deste tipo de robôs, identificou as diferenças entre ambos os modelos, aprendeu a especificar a realização do mapeamento de quartos/divisões, aprendeu a criar rotinas para o robô e como o manusear. Esta formação disponibilizou à aluna informações relevantes para a elaboração de um poster para exposição nas Jornadas da Engenharia Biomédica (ver Anexo D).

No início do estágio os trabalhos foram acompanhados na forma observacional. Com o decorrer do estágio houve espaço para intervenções por parte aluna, mediante supervisão, o que permitiu uma aprendizagem dos processos relacionando os conceitos teóricos adquiridos. Na fase final do estágio foi criado espaço para a aluna desenvolver autonomia para intervenções, sempre sob supervisão da equipa técnica responsável, o que permitiu à aluna estar apta para integrar o mercado de trabalho nesta área.

No fim do estágio curricular a aluna ficou a trabalhar na empresa SMH.

6.1 Propostas de melhoria

Durante a realização do estágio foi possível à aluna perceber como funciona a área da manutenção de equipamentos de eletromedicina. Com isto, a aluna formou a sua opinião relativamente a aspetos que, a seu ver, poderiam ou deveriam ser melhorados. Um desses aspetos é o *software* de manutenção utilizado pelos técnicos de campo. A título de exemplo, o *software* poderia receber os valores lidos pelos equipamentos de teste e gerar os relatórios automaticamente (neste momento, os valores tem de ser introduzidos) e melhorar a edição da estrutura dos relatórios (apenas é possível fazer alteração dos campos).

Relativamente ao espaço de trabalho, a aluna constata que, em muitos locais, os espaços alocados às equipas de manutenção são exíguos e, muitas vezes, localizados nos pisos mais baixos tais como caves ou junto às garagens. No caso deste estágio em concreto, o local da oficina da equipa residente localiza-se no mesmo piso da garagem do hospital, sendo também aí que estão localizados os cilindros de aquecimento de águas. Estas condições acarretam poluição sonora adicional bem como temperaturas internas mais elevadas. Pese embora grande parte do trabalho de manutenção é (ou possa ser) feito no local onde os equipamentos se encontram (enfermarias, salas de cirurgia, etc), a aluna considera que as oficinas deveriam reunir melhores condições de trabalho.

Bibliografia

- [1] IPQ, *NP EN ISO 13306 (2007). Terminologia da manutenção.*
- [2] C. F. Manuel, “Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias,” tese de mestrado, Universidade do Porto, 2006.
- [3] A. R. Carvalho, “Gestão da manutenção de edifícios,” tese de mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2019.
- [4] J. Leão, “Aspetos Metrológicos na Manutenção de Equipamentos Médicos,” tese de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2016.
- [5] J. Manso, “Práticas de gestão de equipamentos médicos no Hospital da Luz,” tese de doutoramento, Universidade de Lisboa, 2012.
- [6] J. S. Cabral, “Conceitos Básicos de Manutenção,” Navaltik Management, rel. téc., 2016.
- [7] C. A. Faria, “Gestão de Manutenção de Instalações e Equipamentos Hospitalares,” tese de doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1999.
- [8] Jorge Miguel Moreira Dionísio, “Modelo de gestão económica do ciclo de vida de um ativo,” tese de mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2020.
- [9] ISO, *ISO - ISO 9000 family — Quality management*. URL: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html> (acedido em 18/01/2022).
- [10] —, *ISO 9001 gets quality check*. URL: <https://www.iso.org/news/ref2685.html> (acedido em 18/01/2022).
- [11] —, *ISO - ISO/TS 9002:2016 - Quality management systems — Guidelines for the application of ISO 9001:2015*. URL: <https://www.iso.org/standard/66204.html> (acedido em 18/01/2022).
- [12] —, *ISO 9004:2018 - Quality management — Quality of an organization — Guidance to achieve sustained success*. URL: <https://www.iso.org/standard/70397.html> (acedido em 18/01/2022).

- [13] —, *ISO - “About us”*. URL: <https://www.iso.org/about-us.html> (acedido em 18/01/2022).
- [14] —, *ISO 13485 — Medical devices*. URL: <https://www.iso.org/iso-13485-medical-devices.html> (acedido em 18/01/2022).
- [15] —, *ISO 14971:2019 - Medical devices — Application of risk management to medical devices*. URL: <https://www.iso.org/standard/72704.html> (acedido em 18/01/2022).
- [16] IEC, *IEC 60601-1:2005 / IEC Webstore*. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/2606> (acedido em 22/01/2022).
- [17] —, *IEC 62353:2014 / IEC Webstore*. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/6913> (acedido em 29/01/2022).
- [18] IPQ, *NP EN ISO 285 (2000). Esterilização*.
- [19] —, *NP EN ISO 554 (1998). Esterilização de dispositivos médicos : validação e controlo de rotina da esterilização por calor húmido*.
- [20] —, *EN 1060-3:1997+A2:2009 - Non-invasive sphygmomanometers - Part 3: Supplementary requirements for*. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/3984e0d3-bf12-4948-93d6-3b53a8c4d488/en-1060-3-1997a2-2009> (acedido em 02/02/2022).
- [21] IEC, *IEC 60601-2-2:2017 / IEC Webstore*. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/28118> (acedido em 02/02/2022).
- [22] —, *IEC 60601-2-4:2010/AMD1:2018 / IEC Webstore*. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/26882> (acedido em 02/02/2022).
- [23] —, *IEC 60601-2-12:2001, Medical electrical equipment — Part 2-12: Particular requirements for the safety of lung ventilators — Critical care ventilators*. URL: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iec:60601:-2-12:ed-2:v1:en> (acedido em 02/02/2022).
- [24] —, *IEC 60601-2-25:2011 / IEC Webstore*. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/2636> (acedido em 02/02/2022).
- [25] —, *IEC 60601-2-27:2011 / IEC Webstore*. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/2638> (acedido em 02/02/2022).
- [26] ISO, *ISO 7494-1:2018 - Dentistry — Stationary dental units and dental patient chairs — Part 1: General requirements*. URL: <https://www.iso.org/standard/69100.html> (acedido em 16/02/2022).

- [27] —, *ISO 80601-2-12:2020 - Medical electrical equipment — Part 2-12: Particular requirements for basic safety and essential performance of critical care ventilators*. URL: <https://www.iso.org/standard/72069.html> (acedido em 22/02/2022).
- [28] —, *ISO 13482:2014 - Robots and robotic devices — Safety requirements for personal care robots*. URL: <https://www.iso.org/standard/53820.html> (acedido em 04/04/2022).
- [29] —, *ISO 15883-1:2006 - Washer-disinfectors — Part 1: General requirements, terms and definitions and tests*, 2006. URL: <https://www.iso.org/standard/41076.html> (acedido em 23/02/2022).
- [30] R. F. Fernandes, “Procedimentos para manutenção e verificação de equipamentos médicos,” tese de doutoramento, 2017.
- [31] SNS24, *Suporte básico de vida com desfibrilhador automático externo*. URL: <https://www.sns24.gov.pt/guia/suporte-basico-de-vida/suporte-basico-de-vida-com-desfibrilhador-automatico-externo/> (acedido em 19/03/2022).
- [32] M. J. J. Grinenwald, *Enfermagem de Bloco Operatório e Electrocirurgia*, 2014.
- [33] M. R. M. Trindade, R. U. Grazziotin e R. U. Grazziotin, “Eletrocirurgia: sistemas mono e bipolar em cirurgia videolaparoscópica,” *Acta Cirúrgica Brasileira*, n.º 3, pp. 194–203, 1998.
- [34] Rosario Del Pilar Alva Palomares, “Confabilidade Metrológica de Unidades Eletrocirúrgicas de Alta Frequência,” tese de mestrado, Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.
- [35] J. A. Morsch, *Eletrocardiograma com laudo: como funciona, importância e características*. URL: <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/eletrocardiograma-com-laudo> (acedido em 20/03/2022).
- [36] T. L. T. Almeida e Falkenburg, “Traumatic brain injury: rehabilitation,” *Acta Fisiátrica*, vol. 19, pp. 130–137, 2012.
- [37] K. C. Laurenti, “Protocolos clínicos recupero - fisioterapia,” *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 2020.
- [38] Cmosdrake, *Monitor multiparâmetro de sinais vitais: para que serve e como escolher?* URL: <https://cmosdrake.com.br/blog/monitor-multiparametro-de-sinais-vitais/> (acedido em 24/03/2022).
- [39] T. M. Marchezin, *Ventiladores pulmonares*, 2013. URL: https://pt.slideshare.net/nathafisioterapia/ventiladores-pulmonares?from_action=save (acedido em 25/02/2022).

- [40] F. P. Marques, “Análise do perfil dos consumos de gases frescos e anestésicos, durante a anestesia geral, em circuito fechado,” tese de mestrado, Universidade de Coimbra, 2008, pp. 1–85.
- [41] S. Aespire, *Technical Reference Manual Datex-Ohmeda*, 2020.
- [42] D. M. E. Silva, “Sistema para ensaio de desempenho de ventiladores pulmonares,” tese de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- [43] L. Queiroz, *Volumes e Capacidades Pulmonares / Colunistas - Sanar Medicina*. URL: <https://www.sanarmed.com/volumes-e-capacidades-pulmonares-colunistas> (acedido em 28/02/2022).
- [44] M. Holanda, “Manual de Ventilação Mecânica - Monitorização da Mecânica Respiratória Durante a Ventilação Mecânica,” 2015.
- [45] F. Batista, *Saiba o funcionamento e as principais falhas de um Ventilador Pulmonar*. URL: <https://blog.arkmeds.com/2018/02/23/saiba-o-funcionamento-e-as-principais-falhas-de-um-ventilador-pulmonar/> (acedido em 28/02/2022).
- [46] M. Modesto, *Autoclaves: saiba o que são e quais os principais tipos existentes - Blog Arkmeds*. URL: <https://blog.arkmeds.com/2018/05/10/autoclaves-saiba-o-que-sao-e-quais-os-principais-tipos-existentis/> (acedido em 28/04/2022).
- [47] L. Donatelli, *Como funciona a sua autoclave? - Blog Biossegurança / Cristófoli*. URL: <https://www.cristofoli.com/biosseguranca/como-funciona-a-sua-autoclave/> (acedido em 28/04/2022).
- [48] Steris, *Guide to Bowie-Dick Tests / Knowledge Center*. URL: <https://www.steris.com/healthcare/knowledge-center/sterile-processing/bowie-dick-tests-and-troubleshooting-guide> (acedido em 02/03/2022).
- [49] Steelco, *Central de esterilização e sistema de automação, Lavadoras termodesinfectoras*, 2021.
- [50] Steris, *STERIS - Infection Prevention - STF Load Check Indicator*. URL: <https://www.steris-healthcare.com/products/ipt/stf-load-check-indicator> (acedido em 12/03/2022).
- [51] Schmitz, “Mesas cirúrgicas de categoria superior,” 2020.
- [52] F. Corporation, “Manual Users Fluke Qa-Es Iii,” 2015.
- [53] ArtMedical, *ArtMedical - Sistema De Aquecimento De Manta Térmica Warm Air*. URL: <http://www.artmedical.net/artmedical/produto.php?id=411> (acedido em 28/01/2022).

- [54] M. V. d. R. Leme, S. F. Guidi, J. I. Wittmann e F. C. Bordiak, *Análise da instalação de ondas curtas terapêutico e seu ambiente de aplicação*. URL: <https://www.efdeportes.com/efd149/analise-da-instalacao-do-ondas-curtas-terapeutico.htm> (acedido em 05/02/2022).
- [55] SNS24, *Colposcopia – CH | Entre Douro e Vouga*. URL: <https://www.chedv.min-saude.pt/gineobstetricia/ginecologia-2/patologia-do-colo-do-utero/colposcopia/> (acedido em 14/03/2022).
- [56] Oliveira, Ana Gracinda, “Relatório de estágio referente à área de especialização de eletrocardiologia, eletrofisiologia e pacing,” tese de doutoramento, 2014, pp. 1–15.
- [57] F. João e P. Da Fonseca, “Parafango Paraffin Mud Pack,” 2012. URL: <http://www.scml.pt/default.asp?site=cmra&sub=&id=0&ACT=2&mnu=&layout=>.
- [58] N. D. Piyushkumar A Mundra, “Ultraviolet radiation drives mutations in a subset of mucosal melanomas,” *Nature Communications*, vol. 12, n.º 1, 2021.
- [59] B. O. Robotics, *Blue Ocean Robotics - We Create and Commercialize Robots*. URL: <https://www.blue-ocean-robotics.com/> (acedido em 28/04/2022).
- [60] S. Company, *Light versus the virus | Signify Company Website*. URL: <https://www.signify.com/global/our-company/blog/innovation/light-versus-the-virus> (acedido em 28/04/2022).
- [61] Osram, *UV-Confidence | Aplicações Profissionais e Industriais*. URL: <https://www.osram.pt/pia/uv-c-confidence/index.jsp> (acedido em 28/04/2022).
- [62] U. R. ApS, *UVD Robot Model C - User Manual*, 2021.
- [63] Metasys, “Amalgam Separator, Equipment Logbook - Assembly, operation and maintenance,” 2019.

Anexo A

- Relatório de Trabalho - Manutenção preventiva a ventilador

NOME DO TRABALHO

Plano Manutenção Preventiva - Ventiladores

ID

RESPONSÁVEIS

Todos os utilizadores são responsáveis

LOCAL

ESTADO

Completo (100%)

DURAÇÃO MÃO DE OBRA

2 horas 31 minutos 27 segundos

DATA PROGRAMADA

01-11-2021 09:00:00

INICIADA EM

25-11-2021 13:02:15

DATA DE FIM

25-11-2021 17:14:26

ELABORADO POR

SMH – SERVIÇO DE MANUTENÇÃO HOSPITALAR

MORADA

Rua do Cunha, 45 - 4200-251 Porto

EMAIL

info@smhhospitalar.pt

SITE

<https://www.smhospitalar.pt/home>

NIF

514304910

CLIENTE

EDIFÍCIO

MORADA

CONTACTOS

UTILIZADORES

INTERVENÇÕES

Ventiladores Anestésicos - CHK Ventilador de
anestesia (SMH_065)

ATIVOS

EQUIPAMENTO (VENTILADORES ANESTÉSICOS)



TIPO
VENTILADORES ANESTÉSICOS
LOCAL
[REDACTED]
CÓDIGO
SEM CÓDIGO

CARACTERÍSTICAS

A1. MARCA
DATEX-OHMEDA

A2. MODELO
CS2 PRO

A3. Nº SÉRIE
[REDACTED]

TAREFAS

A00. Equipamentos de Teste

EXECUTADO ☒

A00.01 EQUIPAMENTO
A00.02 EQUIPAMENTO (OPCIONAL)
A00.03 EQUIPAMENTO(OPCIONAL 2)

Ventiladores / Fluke / VT Mobile / 4171039
Segurança Eléctrica / Fluke / ESA 615 / 4124629
.

A01. Tarefas prévias

EXECUTADO ☒

A01.01 LIMPEZA
A01.02 VERIF. CABO DE ALIMENTAÇÃO
A01.03 VERIF. ESTADO GERAL
A01.04 VERIF. ACESSÓRIOS
A01.05 VERIF. MANGUEIRAS DE GASES
A01.06 VERIF. EXAUSTÃO DE GASES

Conforme
Conforme
Conforme
Conforme
Conforme
Conforme

A02. Verificações qualitativas

EXECUTADO ☒

A02.01 TESTE INICIAL - FUGAS
A02.02 VENTILAÇÃO - MODO VOLUME
A02.03 VENTILAÇÃO - MODO PRESSÃO
A02.04 VENTILAÇÃO - MODO MANUAL
A02.05 VERIF. PRESSÃO PEEP

Conforme
Conforme
Conforme
Conforme
Conforme

OBSERVAÇÕES

def. 6 cmH₂O med. 5.7 cmH₂O

A02.06 VERIF. DATA/HORA
A02.07 VERIF. BATERIAS
A02.08 VERIF. ALARMES
A02.09 VERIF. RELAÇÃO O₂/N₂O
A02.10 VERIF. RESPIRAÇÕES P/MINUTO

Conforme
Conforme
Conforme
Conforme
Conforme

OBSERVAÇÕES

def. 12 rpm med. 12 rpm

A02.11 VERIF. CONCENTRAÇÃO AGENTE ANESTÉSICO

Conforme

OBSERVAÇÕES

def. 21% med. 20.85%

A03. Medições

EXECUTADO ☒

A03.01 VOLUME1 (SET)
A03.02 VOLUME 1 (MED)
A03.03 VOLUME 2 (SET)
A03.04 VOLUME 2 (MED)
A03.05 VOLUME 3 (SET)
A03.06 VOLUME 3 (MED)
A03.07 PRESSÃO 1 (SET)
A03.08 PRESSÃO 1 (MED)
A03.09 PRESSÃO 2 (SET)
A03.10 PRESSÃO 2 (MED)
A03.11 PRESSÃO 3 (SET)
A03.12 PRESSÃO 3 (MED)

400 ml/min
378 ml/min
500 ml/min
468.9 ml/min
600 ml/min
575.1 ml/min
20 cmH₂O
19.8 cmH₂O
25 cmH₂O
25.6 cmH₂O
30 cmH₂O
31 cmH₂O

A04. Testes segurança eléctrica

EXECUTADO ☒

A04.01 RESISTÊNCIA À TERRA
A04.02 RESISTÊNCIA À TERRA
A04.03 CORRENTE DE FUGA À TERRA
A04.04 CORRENTE DE FUGA À TERRA
A04.05 CORRENTE DE FUGA AO CHASSIS
A04.06 CORRENTE DE FUGA AO CHASSIS

Conforme
0.144 Ω
Conforme
22.4 µA
Conforme
0.2 µA

A05. Avaliação global do equipamento

EXECUTADO ☒

A05.01 ESTADO GLOBAL

Conforme

B01. Próxima Visita



B01.1 PERIÓDICA

3. Quadrimestral

EXECUTADO 

Anexo B

– Substituição de recipiente de amálgama

As amálgamas dentárias possuem características como a dureza, a resistência e a durabilidade daí a sua ampla utilização no tratamento de cáries. Contudo, a sua desvantagem é a constante emissão de mercúrio. O mercúrio é uma substância extremamente tóxica e por isso, quando descartado deve de ser devidamente eliminado. Os separadores de amálgama são alvo de manutenção de forma a garantir o menor nível de poluição com uma maior retenção do mercúrio e deve cumprir os requisitos da norma ISO 11143:2008. Quando o recipiente do separador da amálgama se encontra repleto deve de ser substituído e, para tal, deve-se os passos descritos na Figura B.1:

1. Girar o suporte de travagem para cima;
2. Remova o módulo puxando-o para fora da unidade e colocar numa superfície nivelada e antiderrapante;
3. Abra as quatro molas de fixação;
4. Segurar o recipiente com firmeza e puxar a parte superior;
5. Caso o filtro da bomba (5.1) esteja sujo, retirar, limpar e voltar a colocar. Limpar as sondas um pano macio;
6. Colocar o módulo num novo recipiente;
7. Fechar as molas;
8. Inserir o separador de amálgama no seu suporte e fechar o suporte de travagem;
9. Colocar o conteúdo do saco desinfetante que acompanha o novo recipiente;
10. Fechar o recipiente cheio utilizando a tampa verde que é fornecida com o novo recipiente;

11. Verificar se as oito travas de segurança na tampa encontram-se encaixadas;
12. Realizar um teste de vazamento segurando o recipiente fechado de cabeça para baixo para verificar se a tampa está bem fechada;
13. Colocar o recipiente bem fechado no suporte da caixa de transporte;
14. Fechar a caixa de transporte de acordo com as instruções;
15. Colocar a etiqueta de devolução apropriada na caixa de transporte para reciclagem;
16. Os resíduos de amálgama do pré-filtro serem recolhidos num recipiente adequado e descartados adequadamente pela devida entidade.

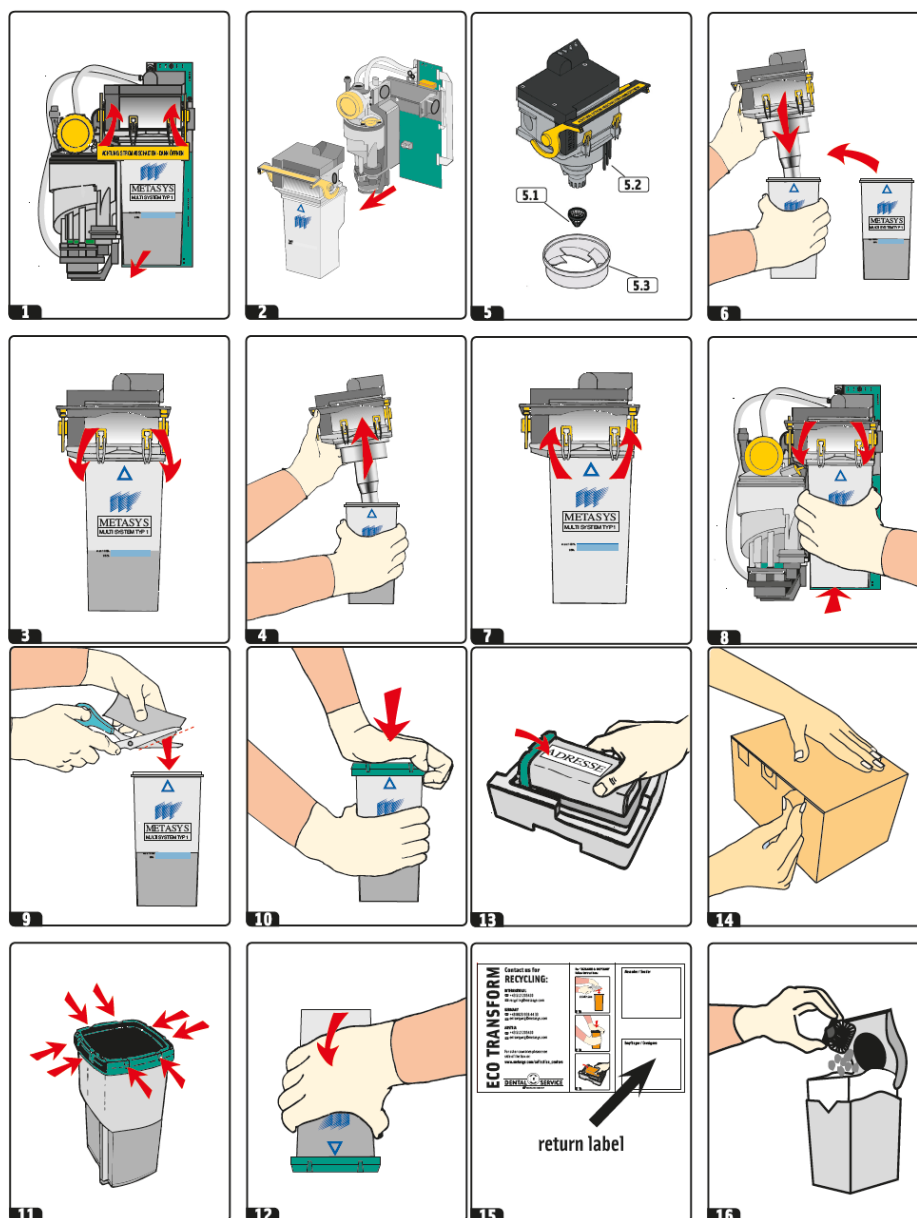


Figura B.1: Procedimento para substituição de recipiente da amálgama [63]

Anexo C

– Substituição de lâmpadas UV-C no robô

As lâmpadas UV-C devem ser substituídas quando ficam completamente pretas ou não acendem durante a desinfecção. O processo de substituição encontra-se na Figura C.1.

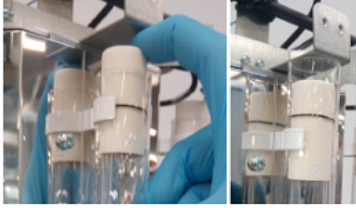
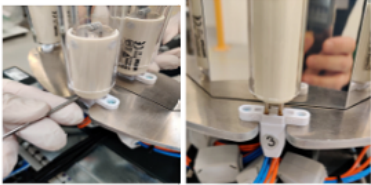
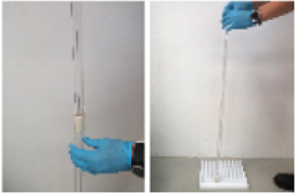
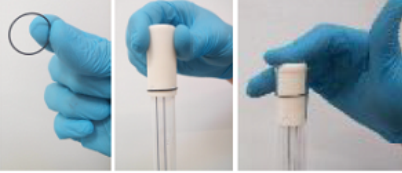
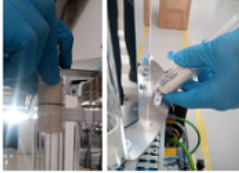
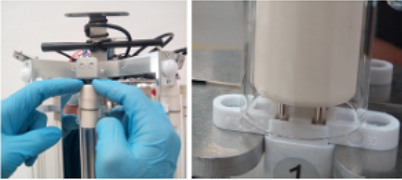
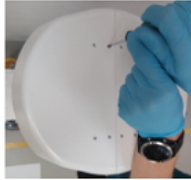
 1. Put on plastic gloves. Remove the side cover of the side where the defective bulb is by unscrewing the 2 screws on that cover. Then take a hold of the cover with two hands and pull towards yourself.	 2. Remove the top of the robot where the defective bulb is, by removing the 4 screws on the top and the 2 screws on the side. Then lift off.
 3. Lift the glass tube of the bulb that needs to be changed until it is level with the bulb, as in the left bulb in this image.	 4. Taking a flat screwdriver, gently lift up the bulb from under the robot. When finished, it should look like the second image.
 5. Pull out the glass tube and bulb from the bottom first, while holding the top stable. Then pull the remainder of the glass tube from its position.	 6. Place the glass tube vertically on the floor, lift out the lamp and remove the black O-ring. Place the lamp down in a safe location and take the new lamp.
 7. Put the black O-ring on the new lamp at the bottom of the off white section and gently place it in the tube. As the bulb goes in, the O-ring will shift its position by about 1 inch.	 8. Making sure that the glass is slightly lifted and the label on the bulb is facing towards the reflector, connect the bulb into the robot.
 9. Then secure the glass tube in place, pushing the tube down so that there is no gap between the connector and the lamp socket. After, push the bulb down from the top until you see that it is connected in the bottom.	 10. When you have checked that everything is in place, screw the top back on the robot, screw the side cover in place again, and then turn on the robot.

Figura C.1: Substituição de lâmpadas UV-C no robô [62]

Anexo D

- Poster: Equipamento de Eletromedicina e Robô de Desinfecção Hospitalar

1. Introdução

Os equipamentos médicos elétricos, também conhecidos por equipamentos de eletromedicina, são uma ferramenta de trabalho imprescindível dos profissionais de saúde. Podem ser usados para diagnóstico, tratamento e monitorização do estado de saúde dos pacientes¹. É, por isso, fundamental garantir o seu bom funcionamento¹. Neste poster vamos abordar, a título de exemplo, um dos equipamentos de eletromedicina mais presentes em meio hospitalar – o **eletrobisturi**². É feita uma breve descrição funcional, qual a informação normativa aplicável, quais os principais procedimentos de manutenção preventiva a aplicar e os equipamentos de teste necessários.

Uma unidade de saúde, nomeadamente um hospital, é uma fonte rica de vírus e bactérias, o que pode levar ao aparecimento de infeções em ambiente hospitalar, vulgarmente denominadas por infeções nosocomiais. É um problema delicado e é crucial que sejam adotadas medidas para prevenir ou reduzir a sua disseminação. Uma dessas medidas consiste na desinfecção de espaços, utilizando equipamentos adequados. Neste poster vamos abordar um desses equipamentos, concretamente um **robô autónomo** que utiliza radiação **UVC**.

Este poster foi feito no âmbito do trabalho de estágio curricular do **Mestrado em Instrumentação Biomédica**.

3. Robô UVD

O robô UVD (Figura 5) tem um sistema de ativação autónomo, permitindo aos seus operadores usufruir de certas funcionalidades tais como chamar o robô através de uma aplicação móvel (*tablet*), enviá-lo para a divisão a ser desinfetada, etc. Dispõe de câmaras frontais e posteriores RGBD (câmaras equipadas com sensores de deteção de profundidade) e sensores de infravermelhos PIR (par de sensores piroelétricos para detetar energia térmica no ambiente envolvente)³. Na Figura 6 encontra-se um esquema com os passos da desinfecção com o robô. Este robô utiliza a radiação UV-C para partir o DNA e o RNA das bactérias, dos vírus e dos fungos, deixando-os inofensivos⁴. Os requisitos normativos aplicáveis são a ISO 13482 e a IEC 60601-1. Em Portugal, o representante da marca UVD ROBOTS® é a Eurocasmédica, Produtos Hospitalares S.A.



Figura 5: Robô UVD

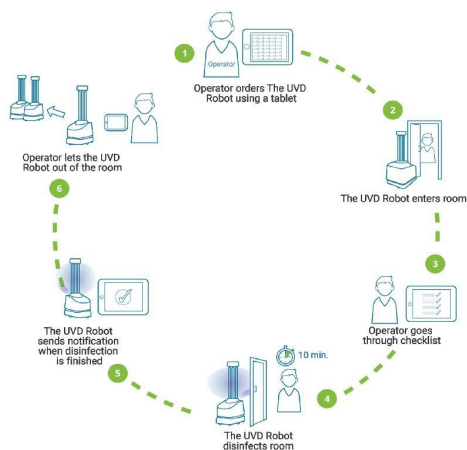


Figura 6: Esquema dos passos na desinfecção com o robô³

2. Eletrobisturi

- **Princípio de funcionamento** - é utilizado em procedimentos cirúrgicos que utiliza corrente elétrica de frequência elevada (300kHz e 500kHz) para corte e coagulação de tecidos moles².
- **Informação normativa** - deve apresentar conformidade com os requisitos normativos aplicáveis dos quais se destacam as normas IEC 60601-1, IEC 60601-2-2 e IEC 61326-1.
- **Equipamentos de teste** - Há dois equipamentos de teste que, conjuntamente, podem ser utilizados quer em procedimentos de manutenção preventiva quer em calibração: o equipamento de segurança elétrica e o equipamento de teste de eletrobisturi². Na Figura 1 apresenta-se o FLUKE ESA 615 (faz os testes de segurança elétrica) e na Figura 2 apresenta-se o QA-ESIII (equipamento de teste de eletrobisturis).
- **Manutenção preventiva** - o fabricante recomenda que a manutenção tenha periodicidade semestral. Os procedimentos incluem a verificação do estado geral do equipamento (limpeza, chassi, conectores e conexões, sistema de segurança e painel frontal), a realização de teste de segurança elétrica para frequências baixas (até 1 kHz), teste de corrente de fuga para frequências elevadas, a medição de potência para os diferentes modos de operação do eletrobisturi e os testes de monitorização da qualidade de contacto (Figura 3)².
- **Manutenção corretiva** - Uma das avarias mais frequentes neste equipamento regista-se no pedal que é utilizado para a ligação bipolar. Devido à sua elevada utilização, é habitual este apresentar fissuras no cabo e os *switches* saírem do local.



Figura 1: FLUKE ESA 615



Figura 2: QA-ESIII



Figura 3: Eletrobisturi ligado a um equipamento de teste.

4. Conclusões

Uma das principais competências de um Técnico de Eletromedicina é zelar pelo bom funcionamento dos equipamentos. Isso envolve conhecer bem os respetivos princípios de funcionamento, os requisitos normativos aplicáveis, bem como os procedimentos de manutenção preventiva e respetivos equipamentos de teste. Neste trabalho, apresentou-se como caso de estudo um eletrobisturi. Os robôs de desinfecção são utilizados como parte integrante do sistema de higienização. Podem ser utilizados em contexto hospitalar, contribuindo para a prevenção/redução da disseminação dos fatores patogénicos existentes em ambiente hospitalar. Neste trabalho é apresentado um exemplo – Robô UVD.

5. Referências

- [1] Silva, D., "Engenharia Clínica - Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina," Tese mestrado, MEE, ISEC, 2015
- [2] Rosmaninho, A., "Manutenção planeada de eletrobisturis com análise do efeito das correntes de fuga," Tese mestrado, MIEE, 2010.
- [3] U. R. ApS, UVD Robot Model C - User Manual, 2021
- [4] S. Company, Light versus the virus | Signify Company Website. URL: <https://www.signify.com/global/our-company/blog/innovation/light-versus-the-virus>