

isec
Engenharia

MESTRADO EM INSTRUMENTAÇÃO
BIOMÉDICA

**Procedimentos de Manutenção de
Equipamentos de Cirurgia Cardíaca**

Autor

Lívia Mendes Pinto

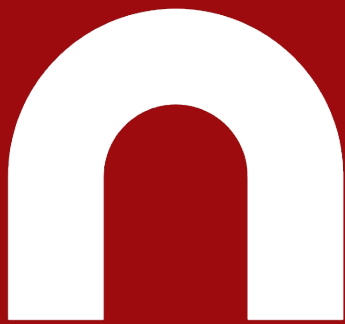
Orientadora

Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, janeiro/2023



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA

Procedimentos de Manutenção de Equipamentos de Cirurgia Cardíaca

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

Autor

Lívia Mendes Pinto

Orientadora

Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

Supervisor na empresa

SMH, Lda

Técnico César Mota

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, janeiro/2023

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de realçar que o facto de ter a oportunidade de fazer estágio este ano permitiu-me alargar os meus conhecimentos ao nível prático e profissional. Nesta fase final do curso estiveram ao meu lado um conjunto de pessoas que me acompanharam e apoiaram e como tal gostaria de aproveitar para lhes agradecer. Gostaria de começar por agradecer à minha orientadora, a professora Fernanda Coutinho, não só por todo o apoio fornecido durante a realização deste relatório, como também pela sua coordenação no Mestrado em Instrumentação Biomédica e por tratar de todos os assuntos relacionados com o estágio, incluindo as burocracias e esclarecimentos de dúvidas associadas ao mesmo. De seguida, queria agradecer à minha família pelo apoio e compreensão que disponibilizaram ao longo desta etapa, atribuindo um especial obrigada aos meus pais que me educaram e que fizeram tudo o que estava ao seu alcance para que eu conseguisse cumprir os meus objetivos e garantir-me um futuro melhor. À empresa SMH, um obrigada pela oportunidade que esta me proporcionou para desenvolver o presente relatório de estágio, bem como a possibilidade de aprofundar os meus conhecimentos na área da manutenção e reparação de equipamentos biomédicos. Um especial obrigado ao técnico César Mota, supervisor deste estágio, pela disponibilidade e paciência de explicar e partilhar os seus conhecimentos e pelo seu auxílio no desenvolvimento deste relatório. Por fim, gostaria ainda de agradecer ao técnico Vítor Nogueira, e aos engenheiros Bruno e Alexandre pela atenção e orientação durante o estágio.

Resumo

Os equipamentos médicos, ao longo dos anos, têm vindo a apresentar uma evolução surpreendente, tornando-se cada vez mais indispensáveis no auxílio prestado aos profissionais de saúde para o diagnóstico, monitorização e tratamento de doenças. Devido à sua importância e criticidade torna-se pertinente realizar, com a devida regularidade, procedimentos de manutenção que garantam um desempenho do equipamento fiel às suas especificações durante o ciclo de vida. A Instrumentação Biomédica é uma área do conhecimento que inclui a manutenção dos equipamentos médicos. O estágio descrito neste relatório foi realizado na empresa SMH (Serviços de Manutenção Hospitalar, Lda), na área da manutenção dos equipamentos hospitalares com especial foco nos equipamentos de cirurgia cardíaca, com o objetivo principal de consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica e de adquirir novas competências prático em contexto real.

O estágio decorreu, maioritariamente, na equipa residente da SMH no Hospital da Luz da Arrábida. No entanto, através da equipa móvel da SMH, a aluna também esteve noutras unidades de saúde no decorrer do estágio, designadamente o Hospital de Ovar, o Hospital da Luz de Vila Real, o Hospital da Luz da Póvoa de Varzim, o Hospital da Luz de Guimarães e o Hospital Escola Fernando Pessoa. Sendo o Hospital da Luz da Arrábida reconhecido pela Especialidade de Cirurgia Cardíaca, neste trabalho de estágio dedicou-se especial atenção aos equipamentos desta especialidade pelo que, neste relatório, são descritos com maior detalhe os princípios de funcionamento e respetivos procedimentos de manutenção dos seguintes equipamentos de cirurgia cardíaca: Balão intra-aórtico, Máquina de circulação extracorporeal e Permutador de calor. Para além dos equipamentos de cirurgia cardíaca enumerados, muitos outros equipamentos médicos foram também estudados e intervencionados no decorrer do estágio (por exemplo: autoclaves, máquinas de lavar e de desinfetar, cadeiras de medicina dentária, desfibrilhadores, bisturis elétricos, entre outros), tendo também sido adquiridas competências ao nível da organização e gestão hospitalar. Por fim, de realçar a publicação de um artigo científico na área dos equipamentos de medição e monitorização de equipamentos médicos.

Palavras Chave: Equipamentos Médicos, Manutenção, Instrumentação Biomédica, Cirurgia Cardíaca .

Abstract

Medical equipment, over the years, has been presenting a surprising evolution, becoming increasingly indispensable in the aid provided to health professionals for the diagnosis, monitoring and treatment of diseases. Due to its importance and criticality it becomes pertinent to perform, with due regularity, maintenance procedures that ensure that the equipment performs according to its specifications during its life cycle. Biomedical Instrumentation is an area of knowledge that includes the maintenance of medical equipment. The internship described in this report was performed in the company SMH (Serviços de Manutenção Hospitalar, Lda), in the area of hospital equipment maintenance with special focus on cardiac surgery equipment, with the main objective of consolidating the knowledge acquired throughout the academic training and to acquire new practical skills in a real context.

The internship took place mostly in the resident team of the SMH at Hospital da Luz Arrábida. However, through the mobile team of the SMH, the student was also in other health units during the internship, namely Hospital de Ovar, Hospital da Luz de Vila Real, Hospital da Luz da Póvoa de Varzim, Hospital da Luz de Guimarães and Hospital Escola Fernando Pessoa. As Hospital da Luz da Arrábida is recognized for the specialty of cardiac surgery, special attention was given in this internship to the equipment of this specialty. In this report, the operating principles and respective maintenance procedures of the following cardiac surgery equipment are described in greater detail: Intra-aortic balloon, extracorporeal circulation machine and heat exchanger. Besides the cardiac surgery equipment listed above, many other medical equipment were also studied and operated during the internship (for example: autoclaves, washing and disinfection machines, dental chairs, defibrillators, electric scalpels, among others), having also acquired skills in terms of organization and hospital management. Finally, the publication of a scientific article in the area of measuring and monitoring equipment for medical equipment should be highlighted.

Keywords: Medical Equipment, Maintenance, Biomedical Instrumentation, Heart Surgery.

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

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iv
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Siglas e Acrónimos	xv
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Empresa	2
1.3 Objectivos	3
1.4 Cronograma	3
1.5 Estrutura do Relatório	3
2 Definições Gerais e Dispositivos de Teste Utilizados	7
2.1 Dispositivos Médicos	7
2.2 Regulamento 745/2017	8
2.3 Manutenção	8
2.3.1 Manutenção Planeada	10
2.3.2 Manutenção Não Planeada	11
2.4 Equipamentos de Monitorização e Medição	12
2.4.1 Equipamento de Teste de Segurança Eléctrica	12
2.4.2 Equipamento de Teste de Desfibrilhador	13
2.4.3 Equipamento de Teste de Ventilador	15
2.4.4 Equipamento de Teste de Eletrobisturi	16
2.4.5 Equipamentos de Teste de Monitores de Sinais Vitais	18
2.4.6 Multimetro Digital	19

3 Equipamentos de Cirurgia Cardíaca e Respetivos Procedimentos de Manutenção	23
3.1 Coração	23
3.2 Cirurgia Cardíaca	24
3.3 Balão Intra-Aórtico	26
3.3.1 Princípio de Funcionamento	26
3.3.2 Descrição do Equipamento	28
3.3.3 Teste Semanal	30
3.3.4 Manutenção Preventiva	31
3.3.5 Manutenção Planeada Corretiva	34
3.3.6 Manutenção Não Planeada	34
3.4 Máquina de Circulação Extracorporal	35
3.4.1 Princípio de Funcionamento	35
3.4.2 Descrição do Equipamento	36
3.4.3 Manutenção Preventiva	38
3.4.4 Manutenção Não Planeada	41
3.5 Permutador de Calor	41
3.5.1 Princípio de Funcionamento	42
3.5.2 Descrição do Equipamento	46
3.5.3 Manutenção Preventiva	46
3.5.4 Manutenção Planeada Corretiva	48
3.5.5 Manutenção Não Planeada	48
4 Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados e Respetivos Procedimentos de Manutenção	51
4.1 Procedimentos Gerais	51
4.2 Equipamentos Intervencionados	52
4.2.1 Autoclaves	52
4.2.2 Máquinas de Lavar e de Desinfetar	56
4.2.3 Cadeiras de Medicina Dentária	59
5 Plataformas de Apoio à Gestão da Manutenção	63
5.1 Soluções para Auxílio à Gestão da Manutenção	63
5.2 Aplicações Comerciais de Apoio à Gestão da Manutenção	64
5.3 Infraspak	65
6 Conclusão	71
Conclusão	70
Anexo 1 - Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados	73

Anexo 2 - Relatório Trimestral Gerado pelo Infraspak	76
Anexo 3 - Artigo Científico	97
Bibliografia	107

Lista de Figuras

1.1	Cronograma.	4
2.1	Tipos de Manutenção.	9
2.2	Tarefas dos Procedimentos de Manutenção Preventiva.	10
2.3	Tarefas dos Procedimentos de Manutenção Corretiva.	11
2.4	Equipamento de Teste de Segurança Elétrica (Marca: Fluke e Modelo: ESA 609).	14
2.5	Equipamento de Teste de Desfibrilhador (Marca: Fluke e Modelo: Impulse 7000DP).	15
2.6	Equipamento de Teste de Ventilador (Marca: Fluke e Modelo: VT Mobile).	17
2.7	Equipamento de Teste de Eletrobisturi (Marca: Fluke e Modelo: QA-ES III).	18
2.8	Simulador de Sinais Vitais (Marca: Fluke e Modelo: PromSim 8).	19
2.9	Simulador de Saturação Periférica de Oxigénio (Marca: Fluke e Modelo: ProSim SPOT Light SpO ₂).	19
2.10	Multímetro Digital (Marca: Fluke e Modelo: 179).	20
3.1	Posicionamento do Coração no Corpo Humano.	24
3.2	Três Vistas de uma Sala Preparada para Cirurgia Cardíaca.	25
3.3	Balão Intra-Aórtico (Marca: Maquet e Modelo: Datascope C300).	26
3.4	Posicionamento do Balão Intra-aórtico.	27
3.5	Ilustração do Funcionamento do Balão.	27
3.6	Balão Intra-aórtico em Modo de Resgate.	28
3.7	Compartimentos de Armazenamento do Doppler e Cabos de Sinais Vitais.	29
3.8	Display.	29
3.9	Garrafa de Hélio.	31
3.10	Checklist Semanal.	32
3.11	Etapas da Manutenção Preventiva.	33
3.12	Simulador de Paciente.	34

3.13	Máquina de Circulação Extracorporal (Marca: Jostra e Modelo: HL20).	36
3.14	Bombas da Máquina de Circulação Extracorporal.	37
3.15	Interruptores de Controlo das Bombas.	39
3.16	Módulos de Controlo dos Sensores e dos Conversores.	39
3.17	a) Correia; b) Medidor de Tensões.	40
3.18	Hand Crank.	40
3.19	Simuladores de: a) bolhas e fluxo; b) nível; c) bomba consumível.	41
3.20	Permutador de Calor e Colchão (Marca: Maquet e Modelo: HLU40).	42
3.21	Três Tanques com Gelo.	43
3.22	Esquema de Funcionamento do Circuito Principal.	44
3.23	Válvula de Três Vias.	45
3.24	Computador de Controlo do Permutador de Calor.	46
4.1	Autoclave de Bancada.	53
4.2	Esterilizadores.	53
4.3	Resistências do Gerador de Vapor.	56
4.4	Gerador de Vapor.	56
4.5	Máquina de Lavar e Desinfetar.	57
4.6	Área Elétrica da Máquina.	57
4.7	Cadeira Odontológica.	59
4.8	Bandeja de Instrumentos e Peças de Mão.	60
4.9	Equipamento Hídrico.	60
4.10	Candeeiro da Cadeira Dentária	61
5.1	Página Principal do Infraspick.	65
5.2	Página para Criar Ativos.	66
5.3	Listagem de Ativos	66
5.4	Listagem de Manutenções.	67
5.5	Calendário de Manutenções Preventivas. Azul - Por fazer; Cinza - Realizada; Verde - Ativo.	68
5.6	Listagem de Avarias.	68

Lista de Tabelas

2.1	Classes dos Dispositivos Médicos.	8
2.2	Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Segurança Elétrica.	13
2.3	Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Desfibrilhadores.	15
2.4	Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Ventiladores.	16
2.5	Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Eletrobisturi.	17
2.6	Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Monitor de Sinais Vitais.	20
3.1	Peças a Substituir.	40
6.1	Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados.	73

Lista de Siglas e Acrónimos

AVC	Acidente Vascular Cerebral
BIA	Balão Intra-Aórtico
CAT	Centro de Assistência Técnica
CMMs	Sistemas de Gestão de Manutenção Computorizados
CQM	<i>Contact Quality Monitor</i>
DIME	Direção de Infraestruturas e Manutenção de Equipamentos
DM	Dispositivos Médicos
ECAF	Equipamentos Médicos de Alta Frequência
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FR	Frequência Respiratória
HF	<i>High Frequency</i>
HL	Hospital da Luz
IA	Inteligência Artificial
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MCEC	Máquina de Circulação Extracorporal
MSV	Monitor de Sinais Vitais
MTTR	Tempo Médio de Reparação
NP	Norma Portuguesa
PI	Pressão Arterial Invasiva
PMP	Plano de Manutenção Preventiva
PNI	Pressão Arterial Não Invasiva
RPM	Rotações por Minuto
SMH	Serviços de Manutenção Hospitalar
SpO₂	Saturação Periférica de Oxigénio no Sangue
TSE	Testes de Segurança Elétrica
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

Capítulo 1

Introdução

Ao longo deste capítulo é feito o enquadramento e descrita a motivação para a realização deste estágio (Subcapítulo 1.1). No subcapítulo 1.2 pretende-se fazer uma breve apresentação da instituição de acolhimento do estágio, bem como os métodos de trabalho e distribuição da equipa. Ainda neste capítulo são apresentados os objetivos do estágio (Secção 1.3) e um cronograma com a representação cronológica da concretização dos objetivos enumerados. No último subcapítulo (1.4) é apresentada a estrutura do presente relatório.

1.1 Enquadramento e Motivação

Este estágio curricular, na área da manutenção e reparação de equipamentos biomédicos, surge no âmbito da unidade curricular de Estágio do Mestrado em Instrumentação Biomédica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O estágio curricular foi realizado na empresa SMH, Lda, visto que, a área da manutenção é integrada no ciclo de estudos do mestrado.

O estágio proporcionou a interação com uma grande diversidade de equipamentos médicos, de categorias diferentes. Esta variedade incluiu equipamentos de suporte de vida, de monitorização, de diagnóstico, de tratamento e ainda de intervenções cirúrgicas. A maior parte das especialidades médicas, como por exemplo a cirurgia cardíaca, requer e utiliza equipamentos dos vários grupos enumerados.

A cirurgia cardíaca é uma especialidade que implica o tratamento cirúrgico de doenças e/ou deformidades do coração e dos vasos (artérias coronárias, válvulas cardíacas e aorta) e, como qualquer cirurgia, acarreta riscos. Contudo, na atualidade, estas cirurgias decorrem com grande normalidade e não representam um risco elevado para o paciente. Para que exista uma taxa de sucesso tão elevada, é necessário cumprir todos os procedimentos de pré e pós cirurgia sendo, por isso, preciso respeitar todas as normas de segurança, de higienização/desinfecção e todas as normas aplicadas aos equipamentos de eletromedicina.

O Balão Intra-aórtico (BIA), a Máquina de Circulação Extracorporal (MCE) e o Permutador de Calor são três exemplos de equipamentos muito utilizados na área cirúrgica cardíaca. O primeiro equipamento referido é extremamente importante para os casos de pré ou pós cirurgia em que seja necessário auxiliar a atividade do coração para que este funcione corretamente, enquanto os outros se tornaram indispensáveis para realizar intervenções cardíacas.

Tal como no caso dos outros equipamentos médicos, é necessário assegurar não só o seu bom funcionamento como também a segurança na sua utilização, tanto para o profissional de saúde, como para o paciente. Deste modo, cada equipamento tem associado um plano de manutenção desenhado tendo em conta o manual do equipamento e a informação normativa aplicável, e que pretende aferir o desempenho do equipamento e efetuar procedimentos de manutenção para garantir não só o seu bom funcionamento como também para reduzir o risco de avaria.

1.2 Empresa

A empresa de acolhimento deste estágio curricular, denominada por Serviços de Manutenção Hospitalar (SMH), é uma sociedade que nasceu em 2017 e está vocacionada para a prestação de serviços na área da saúde. Esta prestação de serviços passa pelo fornecimento de diversos equipamentos e dispositivos médicos, bem como a manutenção e reparação dos mesmos.

A SMH faz prestação de serviços tanto a hospitais como a clínicas, podendo-se destacar os seguintes clientes: Grupo Luz Saúde (Hospital da Luz (HL) Arrábida, HL Póvoa de Varzim, HL Guimarães, HL Coimbra), os Hospitais Santa Casa da Misericórdia: de Lousada, de Riba d’Ave, do Marco de Canaveses e de Vila Verde, o Centro Hospitalar do Médio Ave (CHMA), o Centro Hospitalar Póvoa de Varzim / Vila do Conde (CHPVVC), o Hospital Escola Fernando Pessoa, o Hospital da Arrifana de Sousa, o Hospital das Forças Armadas (HFAR- Porto/ HFAR- Lisboa), o Hospital de Ovar, o Hospital CUFF do Porto, as Clínicas Tecsam, várias Clínicas na área de Estomatologia, a Medica Center Lenitudes /RIME (Porto/ Sever do Vouga) e a Clínica ArtLaser. Dentro deste leque de clientes a empresa tem quatro equipas residentes no Grupo Luz Saúde, sendo que está alocada uma equipa em cada hospital.

A empresa é responsável pelas manutenções preventivas e corretivas de diversos equipamentos das seguintes áreas hospitalares: esterilização, ventilação, monitorização, fisioterapia, equipamentos de infusão, equipamentos estomatologia e de equipamentos de bloco e consulta.

1.3 Objectivos

Os objetivos deste estágio curricular foram os seguintes:

- integração na empresa e na equipa residente em meio hospitalar;
- integração no hospital como membro da equipa de manutenção de eletromedicina;
- aquisição de conhecimentos relativos ao método de trabalho da empresa;
- contacto com equipamentos médicos de forma a compreender o seu modo de funcionamento;
- observação e compreensão de métodos de manutenção corretiva e de planos de manutenção;
- acompanhamento e colaboração em intervenções realizadas aos equipamentos médicos, incluindo manutenções preventivas e corretivas;
- perceção do funcionamento do sistema utilizado pela empresa para apoio à gestão da manutenção;
- realização de trabalho de gestão com o auxílio do sistema de apoio à manutenção.

1.4 Cronograma

Os objetivos anteriormente enumerados foram atingidos segundo o cronograma representado na Figura 1.1.

O estágio teve início a 6 de dezembro de 2021 e terminou a 30 de junho de 2022.

1.5 Estrutura do Relatório

O presente documento encontra-se dividido em seis capítulos e segue a seguinte estrutura:

Capítulo 2 - "Definições Gerais e Dispositivos de Teste Utilizados". No capítulo 2 é feita uma descrição de noções com o conceito principal, manutenção. De seguida, é realizada uma explicação mais detalhada sobre a manutenção preventiva e a corretiva. Por fim, são apresentados os equipamentos utilizados na manutenção para a medição e monitorização dos dispositivos médicos.

Capítulo 3 - "Equipamentos de Cirurgia Cardíaca e Respetivos Procedimentos de Manutenção". No capítulo 3 é explicada e demonstrada a constituição de uma sala de bloco operatório que esteja preparada para uma intervenção cardíaca. Além disso,

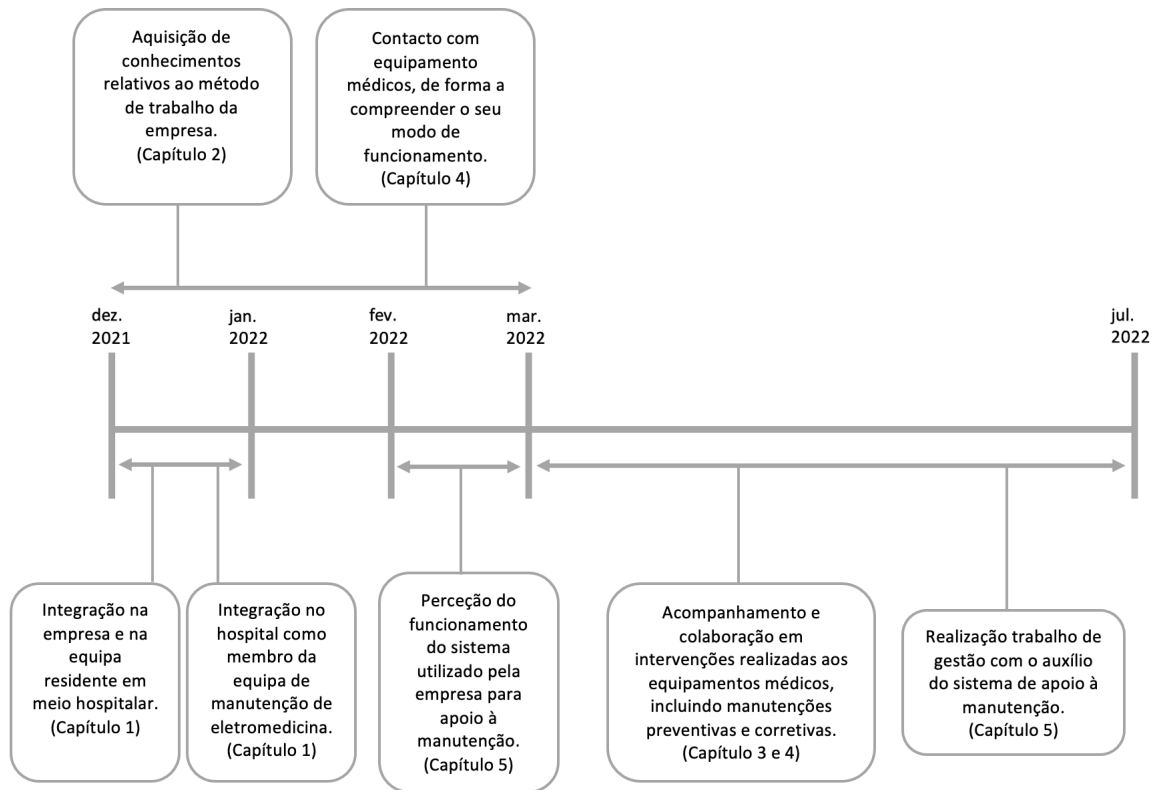


Figura 1.1: Cronograma.

são ainda enumerados procedimentos realizados na pré-operação e pós-operação. Seguem-se três subcapítulos onde são explicados os modos de funcionamentos e os procedimentos de manutenção dos três equipamentos de cirurgia cardíaca escolhidos.

Capítulo 4 - "Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados e Respetivos Procedimentos de Manutenção". No capítulo 4 são apresentados os equipamentos com os quais houve interação. De seguida, são expostos os procedimentos de manutenção corretiva e preventiva de alguns dos equipamentos enumerados, bem como a respetiva informação normativa.

Capítulo 5 - "Plataformas de Apoio à Gestão da Manutenção". No capítulo 5 é explicado o propósito das plataformas de apoio à gestão e mencionadas algumas das plataformas disponíveis atualmente. Por fim, é apresentada a aplicação utilizada pela empresa de acolhimento, bem como uma explicação da sua utilização e do funcionamento da mesma.

Capítulo 6 - "Conclusões", são expostas as principais conclusões retiradas da realização deste estágio.

Por fim, o relatório contém ainda os 3 anexos onde são expostos, respetivamente, os (restantes) equipamentos intervencionados no decorrer do estágio, um exemplo de relatório trimestral feito pela SMH para um dos seus clientes e o artigo científico desenvolvido no âmbito do estágio e apresentado num evento técnico-científico

nacional.

Capítulo 2

Definições Gerais e Dispositivos de Teste Utilizados

Neste capítulo são abordados os conceitos gerais relativos à manutenção dos equipamentos médicos. No subcapítulo 2.1 está presente uma breve explicação do que são dispositivos médicos, para ser mais perceptível a informação disponibilizada a seguir. No subcapítulo seguinte 2.2, é apresentado o regulamento aplicado aos dispositivos médicos. No subcapítulo seguinte existe uma descrição do que é a manutenção e de alguns termos associados ao tema, bem como a esquematização dos tipos de manutenção existentes e o aprofundamento desses conceitos. Por fim, no subcapítulo 2.4 são apresentados os equipamentos de teste utilizados para a monitorização e medição dos equipamentos médicos utilizados para auxiliar os profissionais de manutenção.

2.1 Dispositivos Médicos

Os dispositivos médicos (DM) representam qualquer instrumento, aparelho, equipamento, *software*, implante, reagente, material ou outro elemento, destinado pelo fabricante a ser utilizado, quer de forma isolada ou combinada em humanos para fins médicos. Estes objetivos médicos podem ser: diagnóstico, prevenção, monitorização, tratamento, entre outros propósitos medicinais. Os DM são recursos que podem ser utilizados quando não se consegue alcançar o efeito pretendido no paciente através de meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos. É ainda importante frisar que todos estes recursos podem ser utilizados em conjunto de forma a apoiarem a função de cada um [1].

Os equipamentos estão divididos em quatro classes, consoante os riscos associados ao paciente e à conceção técnica e do fabrico (tabela 2.1).

Esta classificação depende dos seguintes fatores:

Tabela 2.1: Classes dos Dispositivos Médicos.

Classes de Risco	Risco Associado	Exemplos
Classe I	Baixo Risco	Pensos, compressas, cadeira de rodas, canadianas, medidor de tensão, etc.
Classe IIa	Médio Risco	Seringas com agulhas, agulhas, equipamentos de ressonância, etc.
Classe IIb	Médio Risco	Incubadoras, sistemas para administração de anestesia, sacos de sangue, etc.
Classe III	Alto Risco	Válvulas cardíacas, DIU, implantes, equipamentos de hemodiálise, etc.

- Duração do contacto com o corpo humano (temporário, curto prazo ou longo prazo);
- O nível de invasão do corpo humano;
- A anatomia afetada pela utilização;
- Os potenciais riscos decorrentes da conceção técnica e do fabrico [1].

2.2 Regulamento 745/2017

O regulamento 745/2017 do Parlamento Europeu e do Conselho, que entrou em vigor a 26 de novembro de 2017, pretende colmatar as falhas regulamentares do panorama europeu, que proporcionaram os problemas da saúde pública [2] [3]. Este regulamento tem por base os seguintes objetivos:

- Garantir o bom funcionamento do mercado interno relativamente aos dispositivos médicos, baseando-se num elevado nível de proteção da saúde dos pacientes e utilizadores e sem esquecer as pequenas e médias empresas deste setor;
- Definir normas severas de qualidade e de segurança dos dispositivos médicos para assegurar respostas às preocupações comuns de segurança desses produtos [4].

2.3 Manutenção

A aquisição de um equipamento médico é um investimento significativo. Assim, é necessário garantir que o seu ciclo de vida se estende pelo máximo tempo possível sem que o desempenho do dispositivo seja comprometido. Para que isto seja possível, deve-se estabelecer um plano de manutenção adequado.

O objetivo da manutenção não é apenas o de rentabilizar o investimento mas sim, também, o de garantir que o equipamento está a funcionar nas melhores condições dado que estão envolvidos direta ou indiretamente na saúde dos pacientes [5].

O plano de manutenção concentra as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessária para executar o procedimento de manutenção e devem ser iniciados logo após a instalação do equipamento. Este plano permite estabelecer uma vigilância periódica que deve incluir uma série de ações: corretivas, paliativas e preventivas. A periodicidade de execução dos planos de manutenção é estabelecida com base em vários aspetos, tais como: a classificação do equipamento, as suas características, as recomendações do fabricante e ainda do uso que o dispositivo médico tem.

A manutenção de um DM, segundo a NP (norma portuguesa) 13306 (Terminologia da Manutenção) “*é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinados a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida*”.

A manutenção pode ainda ser classificada como planeada ou não planeada, sendo que cada um destes grupos se organiza como está representado na figura 2.1 [6].

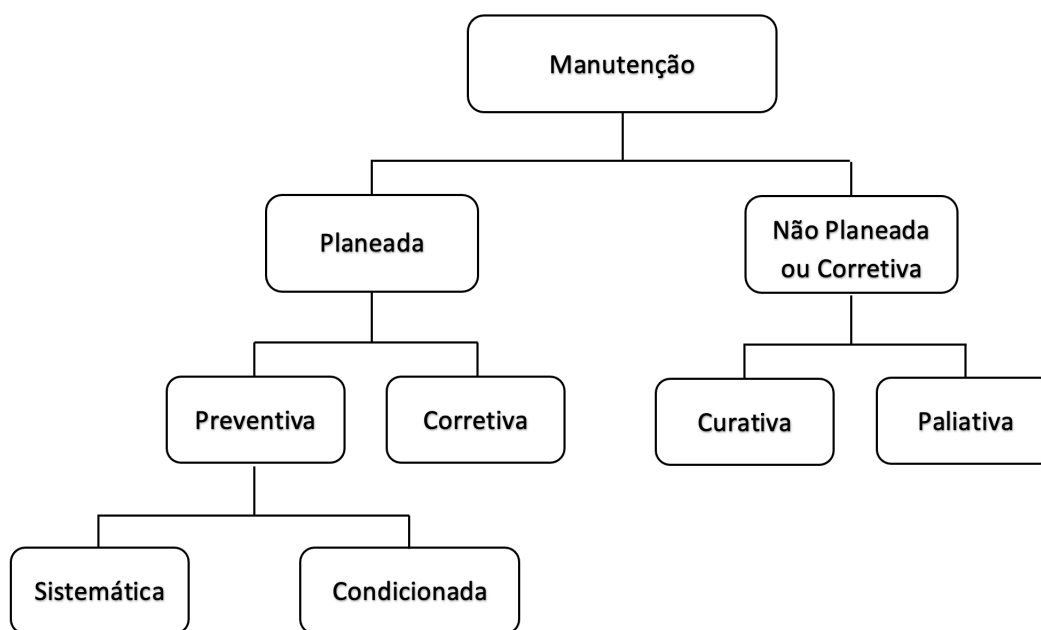


Figura 2.1: Tipos de Manutenção.

2.3.1 Manutenção Planeada

A manutenção planeada é uma ação premeditada efetuada com periodicidades estabelecidas de acordo com o conjunto de aspetos mencionados no subcapítulo 2.2. Embora este tipo de manutenções tenha um impacto económico para o Hospital torna-se bastante vantajosa, visto que o seu principal objetivo é evitar o condicionamento da prestação de serviços médicos. Contudo, é necessária a criação do plano de manutenção de forma a organizar as intervenções e, assim, evitar conflitos de horários entre a prestação de cuidados médicos e dos serviços prestados de manutenção aos equipamentos [7].

A manutenção planeada preventiva consiste num acompanhamento periódico, focada em manter o bom funcionamento do equipamento e reduzir o risco de avaria. A manutenção preventiva pode ainda ser: sistemática ou condicionada. A diferença entre estes dois tipos de manutenção é que a sistemática é definida sem se ter conhecimento do estado do equipamento, ou seja, é programada em função do tempo de utilização do dispositivo ou pelo número de vezes que este é usado. Já a manutenção condicionada é executada após uma avaliação do dispositivo onde se verifique que o equipamento apresenta evidências de defeito ou demonstra um certo nível de degradação [6].

Os procedimentos de manutenção preventiva, devem sempre ter em consideração o manual de serviço do equipamento mas, de um modo geral, e segundo a norma IEC 62353, devem ser executadas as quatro tarefas apresentadas na figura 2.2.

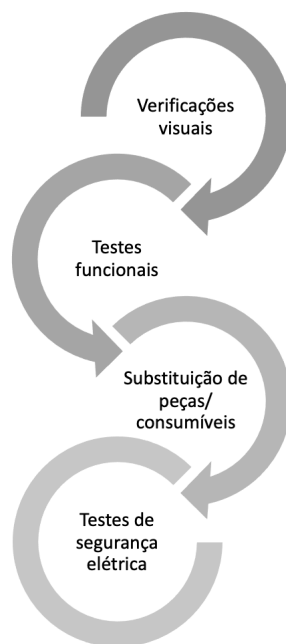


Figura 2.2: Tarefas dos Procedimentos de Manutenção Preventiva.

Por fim, ainda no âmbito da manutenção planeada existe a manutenção corretiva que pode consistir na retificação de um defeito que foi identificado pelo fabricante do equipamento ou pelo técnico responsável pela manutenção sistemática, mas também pode ser uma melhoria do sistema como, por exemplo, um *upgrade* do sistema. Normalmente, o termo de manutenção corretiva é associado a uma ação de reparação, mas no caso desta ação planeada não se aplica dado que esta tem o intuito de melhorar o desempenho do equipamento, e não, necessariamente, o de reparar [8].

2.3.2 Manutenção Não Planeada

A manutenção não planeada, também designada como manutenção corretiva, é uma ação de emergência, ou seja, esta intervenção é executada quando a avaria do equipamento implica a sua paragem. A manutenção realizada tem como finalidade restabelecer o funcionamento do equipamento danificado.

Ao contrário da manutenção corretiva (subcapítulo 2.3.1), esta ação corrige danos que existam no equipamento e, por isso, também pode ser denominada reparação.

Os procedimentos subjacentes a este tipo de manutenção dividem-se nas quatro fases representadas na figura 2.3.



Figura 2.3: Tarefas dos Procedimentos de Manutenção Corretiva.

Este tipo de manutenção, normalmente, torna-se mais dispendiosa devido aos custos elevados para substituição das peças danificadas e dos custos de mão de obra, que dependendo do horário em que seja necessária a intervenção, pode tornar a prestação de serviços ainda mais cara. Além disto, o tempo de paragem do equipamento pode ser crítico para o serviço quando este é o único ou existem poucos equipamentos que desempenhem as mesmas funções no hospital [9].

A manutenção não planeada divide-se em: curativa e paliativa. Enquanto, a manutenção curativa consiste numa reparação definitiva, ou seja, após ser feito o diagnóstico, a intervenção realizada permite que o equipamento fique funcional. A manutenção paliativa é uma ação concretizada pelo utilizador do equipamento de forma provisória. Esta intervenção tem como principal objetivo reduzir os riscos até que um técnico de eletromedicina possa analisar e corrigir o defeito do equipamento em questão. A manutenção paliativa é utilizada para que o equipamento não fique parado no serviço até à chegada dos técnicos especializados, conseguindo assim evitar atrasos ou desmarcações da prestação de cuidados médicos [7].

2.4 Equipamentos de Monitorização e Medição

Os técnicos de electromedicina, quando realizam um procedimento de manutenção, quer seja planeada ou não planeada, tipicamente utilizam um tipo de ferramenta designada por equipamento de monitorização e medição, considerada por muitos como indispensável. Estes equipamentos são considerados equipamentos padrão, que apresentam níveis de exatidão superior aos equipamentos a serem testados.

Os equipamentos de teste são extremamente importantes nas manutenções visto que permitem efetuar não só a avaliação do estado do dispositivo médico, como também podem ser usados para a calibração dos mesmos. Dada a sua importância pelo papel que desempenham na manutenção dos equipamentos médicos, estes devem ser alvo de calibrações regulares, tipicamente com periodicidade anual, realizadas por entidades devidamente acreditadas para o efeito, segundo a norma ISO/IEC 17025 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. A calibração permite determinar o erro de medição e a respetiva incerteza. Em Portugal, o Instituto de Soldadura e Qualidade é uma exemplo de uma dessas entidades.

Existem equipamentos de teste específicos para determinados tipos de dispositivos médicos, como também existem equipamentos de teste que são utilizados numa vasta gama de equipamentos médicos como, por exemplo, o analisador de desfibrilhadores. Este equipamento consegue simular um eletrocardiograma (ECG), o que permite avaliar tanto os desfibrilhadores como os monitores de sinais vitais.

2.4.1 Equipamento de Teste de Segurança Elétrica

A maior parte dos equipamentos médicos entram em contacto direto com o paciente. Concretamente, no caso dos equipamentos de eletromedicina (equipamentos médicos elétricos), existe a necessidade de garantir que o equipamento não oferece riscos de segurança elétrica para os seus utilizadores, designadamente para os pacientes e para os profissionais de saúde.

Tabela 2.2: Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Segurança Elétrica.

Título	Descrição	Publicação Mais Recente
IEC 60601-1 [10]	<i>Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance</i>	2020
IEC 62353 [11]	<i>Medical electrical equipment - Recurrent test and test after repair of medical equipment</i>	2014
IEC 61010-1 [12]	<i>Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - Part 2: General requirements</i>	2019

Uma falha de segurança elétrica que resulte em choques elétricos no paciente podem causar repercussões que poderão ir desde uma simples sensação de dormência até queimaduras tão graves que podem mesmo causar a morte.

De forma a evitar ou reduzir estes riscos que podem prejudicar a segurança do paciente como do profissional de saúde são efetuados Testes de Segurança Elétrica (TSE), com um equipamento de teste denominado "Analisador de Segurança Elétrica".

O teste de segurança elétrica, segundo a norma IEC 62353 desenvolvida pela (International Electrotechnical Commission (IEC)), deve ser executado com regularidade, antes de os equipamentos serem utilizados pela primeira vez (ou seja, após a sua aquisição), após intervenções corretivas e nas intervenções preventivas.

A norma IEC 60601 descreve os requisitos gerais para a proteção contra o risco de choques elétricos. A tabela 2.2 apresenta os requisitos normativos aplicáveis ao equipamento de teste de segurança elétrica.

Atualmente, existem analisadores de segurança elétrica (Figura 2.4) que realizam os TSE de forma praticamente autónoma, desde que ligados corretamente ao equipamento em análise.

O equipamento de teste realiza várias medições, tais como:

- Resistência à terra;
- Corrente de fuga para a terra;
- Corrente de fuga para o chassi;
- Corrente de fuga, através do utilizador, em corrente contínua e alternada [13].

2.4.2 Equipamento de Teste de Desfibrilhador

O desfibrilhador é um equipamento médico de suporte de vida, sendo que a sua principal função é reverter quadros clínicos de arritmia cardíaca, através de descargas

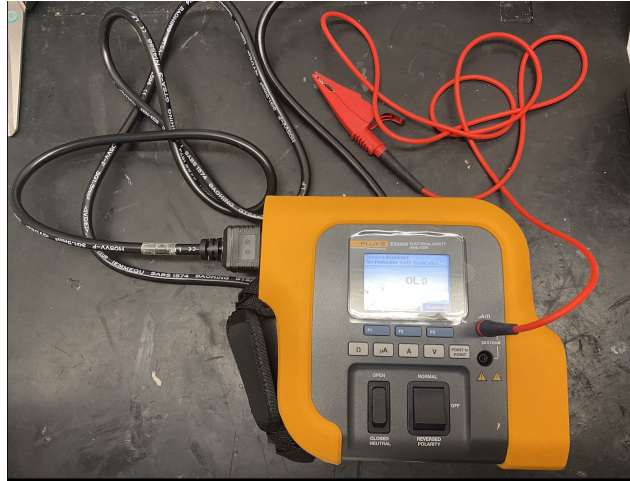


Figura 2.4: Equipamento de Teste de Segurança Elétrica (Marca: Fluke e Modelo: ESA 609).

de cargas elétricas controladas na parede torácica ou nas fibras musculares do coração do paciente. Atualmente, existem três tipos de desfibriladores: externos, manuais e automáticos. Estes equipamentos podem ter saídas monofásicas, bifásicas e bifásicas pulsadas [14].

Este equipamento deve estar conforme os requisitos normativos aplicáveis às normas apresentadas na tabela 2.3.

Para realizar os procedimentos de manutenção e o controlo metrológico deste dispositivo é utilizado um equipamento de teste de precisão portátil e resistente designado por analisador de desfibrilhador. Este analisador é destinado a avaliar o bom funcionamento de todos os desfibriladores através de testes de descarga induzida que necessita da medição do eletrocardiograma (ECG) através das pás [15].

O analisador de desfibrilhador (figura 2.5) permite então identificar o valor exato de energia que está a ser descarregada através das pás, o tempo que a descarga demora a ser feita e ainda se o sincronismo está a funcionar corretamente.

No caso da energia são feitas duas avaliações diferentes para verificar se a energia pedida pelo utilizador é a que é transmitida pelas pás. Uma das avaliações corresponde a efetuar a descarga após o desfibrilhador estar carregado, a outra a descarga é efetuada quinze segundos após a carga estar completa. Além disto, é ainda verificado quanto tempo é que o dispositivo médico demora a aplicar o choque após o comando. Por fim, o analisador de desfibrilhador permite simular um sinal ECG com o intuito de verificar se o desfibrilhador consegue identificar o momento ideal para aplicar o choque a esta ação dá-se o nome de sincronismo.

Complementarmente, e ainda com o auxílio do equipamento de teste, são feitos testes à bateria do desfibrilhador. Estes testes passam por efetuar cerca de dez descargas com a energia máxima para verificar se a bateria suporta esta ação.



Figura 2.5: Equipamento de Teste de Desfibrilhador (Marca: Fluke e Modelo: Impulse 7000DP). ²

Tabela 2.3: Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Desfibrilhadores.

Título	Descrição	Publicação Mais Recente
IEC 60601-2-4 [16]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-4: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators</i>	2018
IEC 60601-1-2 [17]	<i>Medical electrical equipment - Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Electromagnetic disturbances - Requirements and tests</i>	2020

2.4.3 Equipamento de Teste de Ventilador

O ventilador pulmonar é dos equipamentos cruciais em momentos de crise como a deficiência em atividades cardiorrespiratórias. Estes equipamentos proporcionam a ventilação e a monitorização necessária dos parâmetros respiratórios do paciente.

Existem vários tipos de ventiladores. Estes podem apresentar-se como dispositivos portáteis ou em estações de anestesia. A ventilação possui duas formas de controlo: por volume ou pressão [18].

A informação normativa, produzida pela International Organization for Standardization (ISO), aplicada a este equipamento é apresentada na tabela 2.4.

A maior parte dos ventiladores possui uma função denominada por autoteste. Esta função, como o próprio nome indica permite ao equipamento avaliar-se a si próprio, de forma a verificar se existe alguma fuga ou sinal de avaria. Para executar esta funcionalidade o profissional de saúde responsável, por norma um enfermeiro, deve preparar o circuito de ventilação. O circuito é constituído pelas traqueias, filtros e o balão autoinsuflável. Após a montagem deste circuito, o enfermeiro deve seleccionar a opção de autoteste e o equipamento prossegue de forma autónoma e inicia o processo

²<https://www.medicaexpo.com/pt/prod/fluke-biomedical/product-68507-668629.html>

Tabela 2.4: Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Ventiladores.

Título	Descrição	Publicação Mais Recente
ISO 80601-2-12 [19]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-12: Particular requirements for the basic safety and essential performance of critical care ventilators</i>	2020
ISO 80601-2-13 [20]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-13: Particular requirements for the basic safety and essential performance of an anesthetic workstation</i>	2022
ISO 80601-2-70 [21]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-70: Particular requirements for the basic safety and essential performance of sleep apnea breathing therapy equipment</i>	2020
ISO 80601-2-72 [22]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-72: Particular requirements for the basic safety and essential performance of home healthcare environment ventilators - dependent patients</i>	2015
ISO 80601-2-80 [23]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-80: Particular requirements for the basic safety and essential performance of ventilatory support equipment for ventilatory support equipment for ventilatory insufficiency</i>	2018
ISO 80601-2-84 [24]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-84: Particular requirements for the basic safety and essential performance of ventilatory for the emergency medical services environment</i>	2020
ISO 80601-2-87 [25]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-87: Particular requirements for the basic safety and essential performance of high-frequency ventilators</i>	2021

de autoavaliação. Geralmente, este processo é realizado antes do equipamento ser utilizado. Contudo, existe um equipamento externo que testa e avalia o desempenho funcional dos ventiladores, denominado por "Analisador de pressão e fluxo de gás médico". Normalmente, os testes efetuados por este equipamento consistem na medição de vários parâmetros tais como: a temperatura, a humidade, a concentração de oxigénio, a pressão diferencial e a barométrica, o volume e o fluxo bidirecional. É possível visualizar um exemplar deste equipamento na Figura 2.6 [18].

2.4.4 Equipamento de Teste de Eletrobisturi

Os bisturis elétricos são equipamentos essenciais na maior parte dos procedimentos cirúrgicos e, como tal, são normalmente conhecidos por Equipamentos Cirúrgicos de Alta Frequência (ECAAF). O seu princípio de funcionamento consiste na aplicação de uma corrente elétrica alternada de alta frequência, normalmente superior a 100 kHz, num dado ponto cirúrgico. Devido a ser aplicada uma corrente com uma frequência tão alta no paciente é indispensável existir um eletrodo de retorno, também conhecido como a placa de neutro, para que esta corrente seja escoada e assim não provocar danos no corpo do paciente [26].

A informação normativa aplicável a este equipamento está descrita na tabela 2.5.



Figura 2.6: Equipamento de Teste de Ventilador (Marca: Fluke e Modelo: VT Mobile).

Tabela 2.5: Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Eletrobisturi.

Título	Descrição	Publicação Mais Recente
IEC 60601-2-2 [27]	<i>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</i>	2017
IEC 61326-1 [28]	<i>Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements - Part 1: General requirements</i>	2020

Para testar o desempenho das funções deste equipamento médico é utilizado o analisador de eletrobisturis (figura 2.7). Este analisador permite efetuar três testes distintos: o teste de fuga de corrente de alta frequência, o teste de medição de potência para os diferentes modos do eletrobisturi e, por fim, o teste de Contact Quality Monitor (CQM). O analisador de eletrobisturis, por exemplo da marca Fluke, oferece cinco modos de operação: operação contínua, operação individual, distribuição de energia, corrente de fuga de HF e MQC.

O modo de operação contínua corresponde à medição contínua de potência, corrente e tensão pico a pico e fator crista. No modo individual são feitas as medições individuais depois de ter sido definido o tempo de atraso da saída de potência, corrente, tensão pico a pico e fator de crista UEC. A distribuição de energia implica a medição automática de todos os parâmetros referidos nos modos anteriores, mas com uma faixa de cargas selecionáveis pelo usuário. A corrente de fuga de HF, permite configurar as cargas e conexões para medir o vazamento de alta frequência tanto em equipamentos isolados como em aterrados. Por fim, o MQC é o modo responsável

por realizar testes de monitor de qualidade de contacto [29].



Figura 2.7: Equipamento de Teste de Eletrobisturi (Marca: Fluke e Modelo: QA-ES III).⁴

2.4.5 Equipamentos de Teste de Monitores de Sinais Vitais

O monitor de sinais vitais (MSV) é um equipamento que monitoriza os sinais vitais do paciente, indicando assim o quadro clínico do paciente em tempo real aos profissionais de saúde através de informações no ecrã e dois tipos de alarmes (visuais e sonoros).

Os sinais vitais medidos pelo MSV dependem do modelo do equipamento mas, de um modo geral, estes equipamentos fazem a medição e permitem a respetiva visualização dos seguintes dados:

- Pressão arterial invasiva (PI)
- Pressão arterial não invasiva (PNI);
- Frequência cardíaca (FC);
- Frequência respiratória (FR);
- Saturação periférica de oxigénio (SpO₂);
- Temperatura corporal.

Estes equipamentos podem ser utilizados para atendimento adulto, pediátrico e neonatal e podem ser encontrados em vários locais como, por exemplo, nos setores de emergência, nas unidades de terapia intensiva (UTI) ou semi-intensiva, nas ambulâncias, nas salas de recobro, nos centros cirúrgicos e ambulatórios.

A informação normativa aplicável a este equipamento encontra-se apresentada na 2.6.

⁴<https://www.medicaexpo.com/pt/prod/fluke-biomedical/product-68507-748861.html>

Para efetuar os testes incluídos nos procedimentos de manutenção preventiva existem vários equipamentos de simulação de sinais vitais [30].

Na figura 2.8 está presente um simulador multiparamétrico, que consegue avaliar oito parâmetros distintos. Os testes realizados por este equipamento passam por simular os vários sinais (ECG, SpO₂, PNI, simulador de: temperatura, fetal, respiração, saída cardíaca e de cateterismo cardíaco) e verificar se ambos os aparelhos, DM e equipamento de teste, indicam os mesmos valores ou com erro dentro da gama aceitável (decidida pelo gestor do equipamento) [31].



Figura 2.8: Simulador de Sinais Vitais (Marca: Fluke e Modelo: PromSim 8).

Além deste, podemos ver um simulador de SpO₂ na figura 2.9, que como o próprio nome indica simula apenas a saturação periférica de oxigénio e permite saber se o MSV está a fazer leituras corretas.



Figura 2.9: Simulador de Saturação Periférica de Oxigénio (Marca: Fluke e Modelo: ProSim SPOT Light SpO₂).

2.4.6 Multimetro Digital

O multímetro digital (figura 2.10) é uma ferramenta de teste padrão para técnicos em ambientes elétricos. Este equipamento combina três aparelhos de teste o voltímetro, o amperímetro e o ohmímetro, tornando-se assim muito prático para o

Tabela 2.6: Informação Normativa Aplicável aos Equipamentos de Teste de Monitor de Sinais Vitais.

Título	Descrição	Publicação Mais Recente
IEC 60601-2-2 [32]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-12: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators</i>	2018
IEC 61326-1 [33]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographs</i>	2011
EN 1060-3 [34]	<i>Non-invasive sphygmomanometers - Part 3: Supplementary requirements for electro-medical blood pressure measuring systems</i>	2009
ISO 80601-2-61 [35]	<i>Medical electrical equipment - Part 2-61: Particular requirements for the basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment</i>	2018

Figura 2.10: Multimetro Digital (Marca: Fluke e Modelo: 179).⁵

profissional de manutenção, visto que, com a combinação destes equipamentos, o multímetro digital tem a capacidade de medir três grandezas: tensão, corrente e resistência.

Dependendo do modelo escolhido, podem existir mais funcionalidades especializadas adicionais ou opções avançadas [36]. Tipicamente, esta ferramenta tem a capacidade de efetuar as seguintes medições:

- Corrente elétrica contínua e alternada;
- Tensão elétrica contínua e alternada;
- Resistência elétrica;
- Capacitância;

⁵https://mirror2.mixtronica.com/56117-superlarge_default/fluke-117-multimetro-digital-trms-medidas-de-vacdc-aac.jpg

- Frequência de sinais alternados;
- Temperatura.

Atualmente existem dois tipos de multímetros, os analógicos e os digitais. OS multímetros analógicos são os mais antigos baseados no galvanômetro, a verificação da leitura é realizada por meio de uma força magnética existente no ponteiro.

Os multímetros digitais são os mais recentes e surgiram como meio de facilitar as medições e as leituras. Este equipamento possui a capacidade de mostrar os valores das grandezas, visto que possui circuitos análogo-digitais. Estes circuitos são responsáveis pela conversão de corrente elétrica para sinais digitais [37] [38].

Capítulo 3

Equipamentos de Cirurgia Cardíaca e Respetivos Procedimentos de Manutenção

Um dos principais objetivos deste estágio foi a familiarização com os alguns dos principais equipamentos médicos utilizados em cirurgias cardíacas, entender o seu princípio de funcionamento e estudar os respetivos procedimentos de manutenção.

Inicialmente, são expostas algumas noções do coração (subcapítulo 3.1), de forma a contextualizar a informação que se segue no resto do capítulo. No subcapítulo 3.2 são apresentadas as valências de cirurgia cardíaca da entidade que constituiu o local do estágio - Hospital da Luz Arrábida.

Nos subcapítulos seguintes (subcapítulos 3.3, 3.4 e 3.5), são apresentados os equipamentos de cirurgia cardíaca, o balão intra-aórtico, a máquina de circulação extracorporal e o permutador de calor, bem como os respetivos procedimentos de manutenção preventiva.

3.1 Coração

O coração é um órgão formado essencialmente por músculo cardíaco, que faz parte do sistema cardiovascular. Este órgão é responsável por garantir que o sangue é transportado para todo o organismo.

O coração encontra-se localizado na cavidade torácica, mais precisamente na região posterior ao osso esterno e acima do diafragma, como se pode verificar na figura 3.1. O tamanho deste órgão é aproximando ao de uma mão fechada e o seu peso ronda as 300 g.

O coração caracteriza-se por apresentar contração involuntária. Esta ação é responsável pelo bombeamento do sangue para o resto do corpo. O funcionamento

deste órgão restringe-se a duas fases que seguem um ritmo cíclico: a contração e o relaxamento. O momento da contração é denominado por sístole e é nesta fase que os nutrientes e o oxigênio chegam a todas as células e que os resíduos do metabolismo são transportados para zonas adequadas que permitam a sua eliminação. A fase de relaxamento é denominado por diástole e corresponde ao momento em que o coração se enche de sangue.



Figura 3.1: Posicionamento do Coração no Corpo Humano. ¹

3.2 Cirurgia Cardíaca

A cirurgia cardíaca é uma especialidade médica que pode ser realizada no âmbito de duas vertentes: para diagnóstico ou para tratamento de doenças de todos os órgãos (coração e pulmões), tecidos e vasos sanguíneos da cavidade torácica, incluindo o diafragma.

No Hospital da Luz Arrábida, local onde decorreu grande parte do estágio curricular, existem diversas especialidades médicas. Focando-nos apenas na especialidade de cirurgia cardíaca, existem as seguintes áreas de intervenção:

- Cirurgia Coronária – Bypass Aorto-Coronário com e sem Circulação Extracorporeal;
- Cirurgia de Cardiomiopatia Hipertrófica;
- Cirurgia da Fibrilação Auricular;
- Cirurgia da Insuficiência Cardíaca (Assistência Ventricular);
- Cirurgia das Cardiopatias Congénitas (Criança e Adulto);
- Cirurgia das Complicações Mecânicas do Enfarte do Miocárdio;
- Cirurgia das Válvulas Cardíacas (Reparação e Substituição);
- Cirurgia dos Aneurismas e Dissecções da Aorta;

¹<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/coracao.htm>

- Cirurgia Robótica;

O Hospital da Luz da Arrábida é constituído por sete salas de bloco operatório que estão distribuídas pelo piso 2 e 4. O piso 2 é constituído por duas salas, as restantes encontram-se no piso 4. No serviço de bloco operatório ocorrem vários tipos de intervenções, desde cirurgias gerais a cirurgias especializadas.

As salas do bloco operatório desta instituição estão equipadas com equipamentos e materiais básicos comuns a todos os procedimentos cirúrgicos. Cada sala é constituída por: torres de imagem (processadores de vídeo, fontes de luz, computadores AIDA, monitor e medicapture), torres de anestesia (ventilador de anestesia, monitores de sinais vitais e monitor), focos cirúrgicos e monitores satélites. Além disto, existem ainda mesas móveis onde se coloca todo o instrumental cirúrgico necessário para o procedimento, caixotes do lixo e ainda dois carrinhos que contêm todo o material médico necessário (compressas, fármacos, seringas, etc). Nos casos de cirurgias especializadas, são adicionadas às salas os equipamentos específicos para a intervenção; por exemplo, nas cirurgias robóticas é adicionado o robô Da Vinci.

A sala de bloco operatório destinada para a cirurgia cardíaca (figura 3.2) pode ser qualquer uma, contudo normalmente é utilizada a sala quatro, dado que é a mais espaçosa e todos os equipamentos base referidos anteriormente estão dispostos de forma estratégica o que facilita o trabalho dos profissionais de saúde. Nesta sala são então adicionados os seguintes equipamentos: Máquina de Circulação Extracorporal e o Permutador de Calor. O Balão Intra-aórtico (BIA) é o primeiro equipamento a ser apresentado. Este equipamento ao contrário dos outros dois referidos anteriormente não é utilizado durante a cirurgia, contudo é um equipamento indispensável num hospital. O BIA é utilizado antes ou até mesmo após algumas cirurgias, com o intuito de manter o bom funcionamento do coração até que seja feita a cirurgia.



Figura 3.2: Três Vistas de uma Sala Preparada para Cirurgia Cardíaca.

3.3 Balão Intra-Aórtico

O balão intra-aórtico (figura 3.3), também conhecido como balão contra-pulsção aórtico, é um dispositivo invasivo de assistência circulatória que pode ser utilizado para duas finalidades: para tratamentos paliativos a aguardar por transplante ou então como tratamento de segurança. Este equipamento é utilizado sempre que o coração do paciente já não tem autonomia suficiente para garantir a irrigação normal da pessoa, podendo ser utilizado no pré ou no pós-operatório.



Figura 3.3: Balão Intra-Aórtico (Marca: Maquet e Modelo: Datascope C300).

3.3.1 Princípio de Funcionamento

Normalmente o coração irriga as artérias quando atinge a pressão máxima, ou seja, quando as válvulas aórticas fecham o coração fica cheio de sangue e atinge um pico de pressão. Assim que as válvulas abrem a pressão que está dentro do coração impulsiona o sangue para as artérias coronárias.

Quando o coração perde a capacidade de irrigar as artérias, o BIA é posicionado no interior da artéria aorta descendente, normalmente por meio de punção arterial femoral, mas pode ser posicionado através de outros sítios. Este equipamento tem a capacidade de produzir a insuflação intermitente e sincronizada com o ciclo cardíaco.

Basicamente, o princípio de funcionamento do BIA passa pela criação de pressão suficiente dentro da aórtica para que seja possível a irrigação das artérias. Durante a diástole (figura 3.15), que corresponde ao momento em que as válvulas fecham, o balão insufla gerando um pico de pressão. Após isto, válvulas abrem (sístole), o balão esvazia e as artérias são irrigadas. É importante referir que o equipamento

²<https://www.scielo.br>

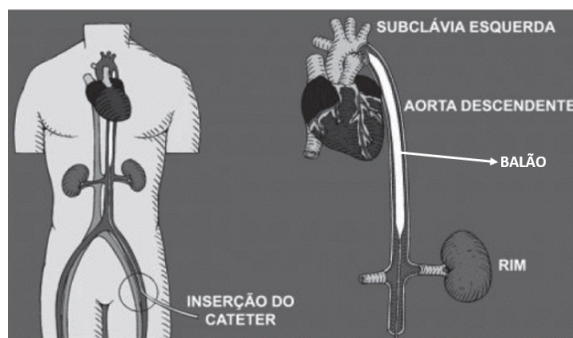


Figura 3.4: Posicionamento do Balão Intra-aórtico. ²

não pode estar alocado na artéria do paciente e imóvel por mais de 30 minutos visto que este dispositivo tem tendência a criar coágulos e isso implica um grande risco para o paciente. Os coágulos correspondem a uma forma sólida de sangue que nas artérias podem levar a enfartes ou, quando percorrem as artérias até ao cérebro, podem resultar num acidente vascular cerebral (AVC).

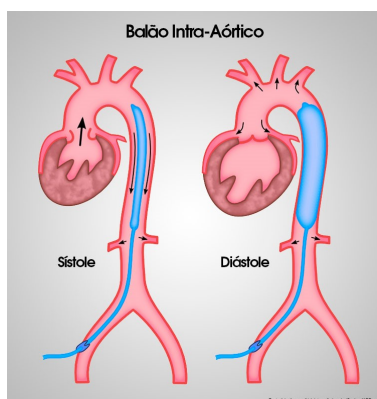


Figura 3.5: Ilustração do Funcionamento do Balão. ³

O balão contra-pulsado pode funcionar em automático ou em semi-automático. Os profissionais de saúde normalmente utilizam o automático e os técnicos utilizam em semi-automático para efetuarem os testes necessários.

O BIA tem dois modos de funcionamento: o híbrido e o de resgate. O modo híbrido tem esta designação porque tanto funciona alimentado pela corrente como pelas baterias. Este modo é o que é utilizado normalmente nos hospitais. A diferença do modo resgate para modo híbrido é que além de ter um formato mais compacto como é visível pela figura 3.6, é alimentado apenas com baterias e disponibiliza um reservatório de hélio que permite 72 horas de funcionamento ou 260 insuflações. O modo de resgate tem então duas baterias, mas utiliza uma de cada vez como método de segurança para garantir que se, por algum motivo, uma das baterias demonstrar defeito tem a outra para suportar o funcionamento do equipamento. O equipamento

³<https://blog.bjcvs.org/single-post/2018/11/08/o-balao-intra-aortico-deve-ser-rotina/>

tem a capacidade de identificar qual dos modos está a ser utilizado. Quando se retirar a parte do resgate o BIA muda automaticamente para o modo resgate. Quando se faz o processo inverso volta ao modo híbrido.



Figura 3.6: Balão Intra-aórtico em Modo de Resgate. ⁴

Do ponto de vista de funcionamento do sistema, é uma bomba que está dividida em duas partes. Uma das partes é responsável pela criação de vácuo e a outra pela produção de pressão, nesta área existe uma peça denominada por diafragma. O diafragma tem como função separar os dois componentes gasosos: ar e hélio. A zona do hélio é a parte que liga ao paciente. No caso de existir alguma fuga de sangue para o sistema esta separação permite que o resto do equipamento não seja contaminado. Do outro lado do diafragma existe uma válvula de comutação responsável pela comutação entre ar-vácuo.

3.3.2 Descrição do Equipamento

Uma análise primária deste equipamento, que pode ser visualizado na figura 3.7, permite constatar que é prático de transportar, que disponibiliza uma série de compartimentos onde são armazenados alguns materiais (cabos, doppler e garrafa de hélio) e que integra um computador.

O computador (figura 3.8) tem dois monitores que permitem visualizar informação diferente. O que se encontra na parte de cima mostra as informações referentes ao paciente, ao funcionamento da equipamento e do estado das baterias e do gás. O que se encontra na parte de baixo é um display táctil onde é possível personalizar

⁴<https://www.getinge.com/int/products/cardiosave-iabp-rescue/>



Figura 3.7: Compartimentos de Armazenamento do Doppler e Cabos de Sinais Vitais.

vários parâmetros, tais como: temporização do esvaziamento e da insuflação, pressão exercida pelo balão, frequência de B|A (onde B corresponde ao número de insuflações do balão e A ao número de batimentos cardíacos) e as fontes de disparo.



Figura 3.8: Display.

A temporização do esvaziamento e da insuflação controla o tempo em segundos de cada ação, permitindo assim definir se queremos que estas atividades aconteçam mais perto da válvula aórtica abrir ou fechar. Sendo que, normalmente este parâmetro encontra-se num valor intermédio.

A pressão exercida pode ser aumentada ou reduzida consoante o que é necessário para o paciente em questão.

A frequência B|A disponibiliza três opções podendo ser: 1:1, 1:2 ou 1:3. Este parâmetro permite controlar a insuflação do balão por batimento cardíaco. Quando

é selecionado, por exemplo, 1:2 o balão insufla uma vez a cada dois batimentos cardíacos.

Por fim, temos as fontes de disparo. Neste critério é possível selecionar qual o sinal vital que deve ser utilizado para sincronizar o balão; podemos ter: ECG, Pacer, FA, Pressão Arterial Invasiva e Interno. Quando a fonte é o ECG, o modo de disparo funciona em sincronismo com a atividade elétrica do coração: na sístole o balão desinsufla e na diástole insufla. A fonte pacer é utilizada quando os pacientes tem implementado um Pacemaker; nestes casos é utilizado esse dispositivo para detetar a fase do ciclo cardíaco. Nos casos em que o paciente apresenta a fibrilação atrial, é utilizado o modo FA. Existe ainda o modo em que o disparo é feito consoante a curva de pressão arterial não invasiva; o equipamento identifica o nó dicrótico, que corresponde ao momento do fecho da válvula na curva da pressão, e insufla até ao início da ascensão anacrótica (abertura da válvula), após isto insufla e permite o fluxo após a nova sístole. Por último, no modo interno só é selecionado em casos em que ocorre uma paragem cardiorrespiratória em assistolia.

Embora o BIA consiga ler os sinais vitais do paciente diretamente, existem casos em que o paciente já se encontra ligado a um monitor de sinais vitais. Quando isto se verifica é selecionada a leitura de sinais como fonte externa e o resto do funcionamento mantém-se igual.

O equipamento inclui ainda um doppler. Este dispositivo tem a função de auxiliar a introdução do balão. Como a introdução do balão é feita pela virilha é necessário garantir que o resto da perna continua a ser irrigada, por isso, utiliza-se o doppler para sabermos se não há nenhuma obstrução.

Este equipamento utiliza um gás específico e extremamente fino para insuflar o balão, o hélio. Para este componente é aconselhado fechar a garrafa dispositivo não é utilizado, visto que como se trata de um gás a mínima fuga provoca uma perda significativa. Para fechar a garrafa é utilizado um mecanismo próprio. Este mecanismo, consiste numa "chave" que está armazenada ao lado da garrafa. A substituição do hélio é um procedimento muito simples: abre-se o compartimento (figura 3.9), puxa-se a prateleira que tem o gás, desaperta-se a parte que fixa a garrafa, coloca-se a nova e repete-se o processo inversamente.

3.3.3 Teste Semanal

O BIA é um equipamento indispensável nos hospitais, contudo não é utilizado com muita regularidade o que proporciona algumas avarias. De forma a evitar estas avarias e para garantir que o equipamento se encontra sempre operacional, o Hospital juntamente com o representante do equipamento criou um procedimento de verificação do Balão Intra-Aórtico que deve ser praticado todas as semanas.



Figura 3.9: Garrafa de Hélio.

Este equipamento encontra-se alocado no serviço de UCI (unidade de cuidados intensivos) e, por isso, a verificação semanal é realizada pelo enfermeiro responsável deste serviço.

O procedimento de verificação está dividido em quatro etapas:

1. Verificar se o equipamento tem bateria e se está ligado à corrente (duas luzes acesas);
2. Verificar se manómetro da bala de hélio está na zona verde, ou seja, se tem gás;
3. Verificar se o doppler tem bateria e se liga;
4. Verificar se o balão insufla.

No último ponto da verificação, e usando como exemplo o equipamento utilizado no estágio, o Enfermeiro liga o equipamento, coloca o balão de teste e seleciona sequencialmente as seguintes opções: “semi-auto”, “ativação”, “interno”, “arranque”. Após estes passos verifica se o balão insufla, pressiona o botão “Espera” e desliga o equipamento.

O equipamento possui um sistema de proteção em que é necessário pressionar o botão de desligar durante alguns segundos, para evitar que o dispositivo seja desligado acidentalmente.

Durante o passo de verificação, o Enfermeiro deve preencher uma checklist tal como se mostra na figura 3.10 e que é disponibilizada pelo hospital.

3.3.4 Manutenção Preventiva

O Balão Intra-Aórtico é extremamente sensível e, por este motivo, apenas os fornecedores destes equipamentos é que, normalmente, são responsáveis pelas ações de manutenção.

HOSPITAL DA LUZ
ARRÁBIDA

Checklist Verificação Balão Intra-Aórtico
Modelo: CARDIOSAVE IABP Hybrid

Verificação Semanal

Data	1. Equipamento tem bateria e está ligado a corrente	2. Nível de hélio verde	3. Doppler tem bateria	4. Balão de teste insufla	Observações	Resp. Verificação

Figura 3.10: Checklist Semanal.

A manutenção preventiva completa, normalmente, tem uma duração de 5 a 6 horas e inclui testes à máquina e a substituição de alguns consumíveis, tais como: baterias, o *safety disk* e o tidal. As baterias são substituídas ao fim de três anos. O *safety disk* deve ser substituídos de 6×10^6 em 6×10^6 ciclos ou de 4 em 4 anos. Este consumível separa a zona de funcionamento da máquina (zona pneumática) da zona do paciente e não pode ser invertido. O tidal é uma membrana unidirecional que deve deixar sair a humidade mas não a deve deixar entrar e deve ser substituído a cada 12×10^6 ciclos.

Desta vez, a manutenção preventiva realizada foi de categoria simples, visto que não foi necessário fazer substituições. O BIA que se encontra nas instalações do Hospital da Luz Arrábida é o modelo mais recente. Este equipamento necessita de ter intervenções preventivas com uma periodicidade anual. Ainda é possível encontrar em alguns hospitais o modelo mais antigo, contudo este equipamento ao contrário do mais recente necessita de ações preventivas mais regulares, sendo que a periodicidade com que ocorrem é de seis em seis meses.

A evolução dos modelos do BIA facilitou não só a utilização deste tipo de equipamento pelos profissionais de saúde, como também simplificou as respetivas manutenções preventivas. No equipamento mais antigo, a manutenção era muito mais prolongada, visto que todos os testes eram efetuados manualmente pelo profissional de manutenção de eletromedicina e envolvia a realização de uma série de ajustes aos sensores com o auxílio de um potenciómetro.

Embora, o modelo mais antigo necessitasse de uma manutenção mais detalhada e demorada, ambos seguem o procedimento discriminado na figura 3.11.

A verificação visual do equipamento inclui a verificação de peças danificadas ou desgastadas no exterior da máquina, por exemplo, as rodas e as portas dos

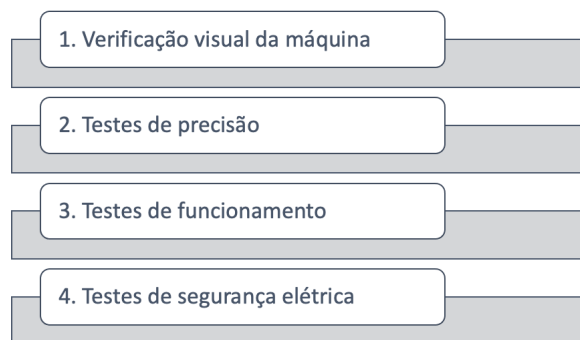


Figura 3.11: Etapas da Manutenção Preventiva.

compartimentos. Além disto, é necessário analisar se existe sangue ou sujidade na parte interna da máquina.

Os testes de precisão no modelo mais antigo duravam cerca de quatro horas e eram realizados manualmente pelo técnico. Neste modelo estes testes são feitos em cerca de vinte minutos.

Os testes de funcionamento são feitos de forma praticamente autónoma, o profissional de manutenção de eletromedicina seleciona o modo de serviço. É neste modo que o profissional consegue apurar as horas de utilização de todas as peças que necessitam de ser trocadas. É também nesta área que se conseguem realizar os seguintes autotestes:

- Teste pneumático;
- Teste funcional;
- Teste do *display*;
- Calibração/ verificação de pressões;
- Teste do compressor;

O teste pneumático e o teste funcional são feitos de modo automático. O primeiro, quando selecionado, testa as válvulas de compressão. O teste funcional requer a ligação a um simulador de paciente (figura 3.12), denominado *trainer*, que simula as pressões, sinal ECG e SpO₂ para testar a insuflação do balão e a leitura dos sinais vitais. Existe um *trainer* que apenas consegue simular as pressões e o sinal de ECG. Este equipamento de teste, ao contrário do que foi referido anteriormente, pode ser utilizado para testar os dois modelos.

O teste do *display* é um teste manual em que o técnico carrega em vários pontos do ecrã para verificar o seu funcionamento e calibração.

No quarto ponto dos autotestes mencionados anteriormente são calibradas as pressões, vácuo, verificação de sensores e reguladores do hélio. São testados os dois

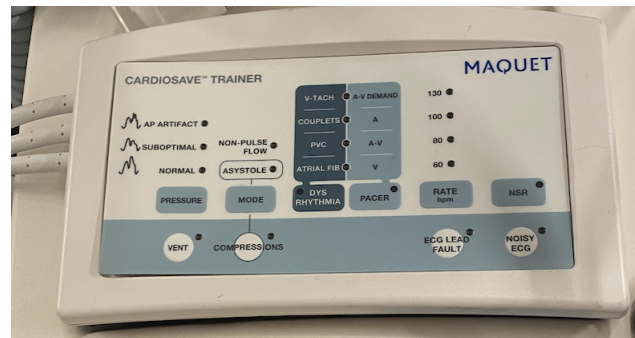


Figura 3.12: Simulador de Paciente.

tipos de alimentação (a interna e a externa de hélio) para se perceber se existem fugas. A verificação interna consiste na observação do comportamento da garrafa de hélio no espaço de cinco minutos, isto é, analisa-se se existem perdas significativas (acima de 20 psi). É importante referir que o equipamento só apresenta erro com perdas acima de 65 psi.

No final da realização destes autotestes é analisada toda a informação disponível na área designada por diagnóstico de sistema. Aqui são guardados todos os dados relativos ao dispositivo médico, incluindo erros detetados e todas as alterações que tenham sido feitas pelo utilizador. Em seguida, são feitos testes à autonomia das baterias. Este teste tem o intuito de verificar o tempo que a máquina aguenta em funcionamento sendo alimentado apenas por esta fonte.

Por fim, temos o teste de segurança elétrica onde são medidos três parâmetros: resistência à terra, correntes de fuga ao chassi e à terra. O equipamento de teste utilizado pelo técnico envia 200 V para o sistema através dos cabos de ECG e o aparelho de teste afere se existem fugas.

3.3.5 Manutenção Planeada Corretiva

Tal como foi explicado no capítulo 2.3.1, a manutenção planeada corretiva tem o intuito de melhorar o desempenho do equipamento. No caso do BIA, o fabricante constatou que existem três atualizações de software necessárias. Duas delas são relativas aos indicadores de bateria e do hélio. Verificou-se que ambos davam indicações que não correspondiam assertivamente à realidade. A outra é a atualização do niplezo, a qual permite a ligação do equipamento à Internet.

3.3.6 Manutenção Não Planeada

O BIA é um equipamento com uma taxa de avarias muito baixa (raramente avaria). Existem registos de alguns incidentes por parte da marca mas, normalmente, os problemas mais comuns são causados por mau uso do dispositivo e, por isso, não

são catalogadas como avarias.

No modelo anterior era bastante comum os desajustes dos sensores de pressão em equipamentos que não tinham a manutenção no período estipulado, contudo estes desajustes estavam sempre dentro dos limites e a máquina não emitia erros. A Maquet constatou pelo menos duas avarias que se deveram à falta de uso do equipamento. Uma das avarias consistia em comutações entre ar e vácuo mais lentas, o que implicou a substituição das válvulas de comutação. A outra avaria comportava uma redução significativa da autonomia das baterias.

Foram detetadas mais duas avarias: uma microfuga no canal de hélio e uma avaria na placa elétrica que reduzia a janela de funcionamento. A resolução destas avarias passou pela substituição dos componentes danificados (canal e placa elétrica). Além disto, é habitual existirem avarias de mau uso tais como gavetas partidas, tampas partidas, cabos danificados e rodas desfeitas.

3.4 Máquina de Circulação Extracorporal

A máquina de Circulação ExtraCorporal (CEC) (figura 3.13) é um equipamento utilizado nas cirurgias cardíacas e tem como principal função substituir as funções do coração e dos pulmões, isto é, promove a circulação do sangue enquanto o paciente está em *bypass*.

As cirurgias cardíacas são realizadas por uma equipa constituída por cirurgiões, anestesistas, enfermeiros, auxiliares e um cardiopneumologista (perfusionista). Desta equipa, o perfusionista é o profissional responsável pelo controlo da máquina CEC.

3.4.1 Princípio de Funcionamento

O princípio de funcionamento da máquina de circulação extracorporal consiste em desviar o sangue do coração para um sistema mecânico que o filtra, oxigena-o e regula a temperatura substituindo as funções dos pulmões. Após ser transformado em sangue arterial, volta para a circulação sistémica com o auxílio da bomba responsável por substituir a função do coração.

Além das três funções enumeradas anteriormente, a máquina CEC tem ainda a capacidade de preservar a integridade celular, a estrutura, a função e o metabolismo dos órgãos e sistemas do paciente durante a intervenção cirúrgica. A utilização deste equipamento durante as cirurgias é essencial, visto que consegue cumprir os seguintes objetivos:

1. Manter todos os órgãos funcionais;
2. Proporcionar um campo operatório imóvel e livre de sangue;



Figura 3.13: Máquina de Circulação Extracorporal (Marca: Jostra e Modelo: HL20).

3. Obter maior janela de tempo para a operação.

O procedimento de utilização desta máquina em cirurgia inicia-se com a abertura do tórax e após estar completamente anti coagulado, introduz-se uma ou duas cânulas venosas na aurícula direita (recebe o sangue do organismo) e outra cânula arterial que será colocada numa artéria femoral ou aorta descendente. Quando o sangue chega à aurícula direita é desviado pelas cânulas para um reservatório venoso. Após isto, ele passa por um dispositivo que exerce a função do pulmão e troca o dióxido de carbono por oxigénio. Nesta fase existe também um controlo de temperatura. De seguida, o sangue é devolvido ao sistema arterial do utente. Todo este processo desde o desvio do sangue até ao retorno do mesmo é executado pela bomba arterial.

Durante estes procedimentos cirúrgicos existem perdas sanguíneas, as perdas que aconteçam no campo cirúrgico, são recolhidas por aspiradores que devolvem o sangue ao CEC, mais especificamente às bombas de sucção que conseguem recuperar algum sangue e assim tornam as hemorragias são praticamente desprezíveis.

3.4.2 Descrição do Equipamento

A máquina de circulação extracorporal é composta por uma série de elementos que se encontram organizados e alocados num carrinho móvel com alimentação elétrica. Este equipamento é composto por um painel de controlo, oxigenador, reservatório, cinco bombas, tubos e cânulas.

O carrinho, também denominado por consola, é o suporte base de todo o fun-

cionamento da máquina. Além de transportar todos os elementos acima referidos, permite alimentar as bombas e ainda gerir o funcionamento destas.

O painel de controlo é um elemento que caiu em desuso e as máquinas mais recentes não o incluem, visto que o perfusionista consegue controlar as bombas pelos comandos que cada uma tem e os sinais vitais são controlados pelos anestesistas.

O oxigenador é responsável por substituir a função dos pulmões. Este componente permite a troca gasosa e o reservatório armazena o sangue.

Habitualmente, esta máquina é composta por três bombas peristálticas, uma bomba centrífuga e, por fim, uma bomba dupla peristáltica como se pode verificar pela figura 3.14. As bombas peristálticas permitem o ajuste quer em função da rotação quer do fluxo o que resulta num funcionamento melhor, visto que a bomba com estas características é mais precisa e potente. Isto também se torna uma desvantagem para casos de cirurgias com durações extensas, porque com a rotação os tubos são comprimidos e o sangue é esmagado, resultando num esmagamento de hemoglobina. A bomba centrífuga, embora não tenha tanta força como a anterior, é mais apropriada para cirurgias mais longas, dado que não comprimem os tubos e assim não danifica o sangue. A bomba dupla peristáltica é utilizada para realizar uma paragem cardíaca controlada (cardioplegia). Este procedimento pode ser feito de várias formas, sendo que duas delas são reproduzidas por esta bomba, em que num dos rolamentos passa o tubo com fármaco ou água gelada e no outro o tubo com sangue. Normalmente, estas bombas estão programadas de forma que o sangue circule de forma mais rápida do que o outro elemento utilizado. Para isto a máquina é programada, por exemplo, 1:4. Isto significa que a bomba onde passa o sangue tem uma rotação quatro vezes mais rápida que a outra.

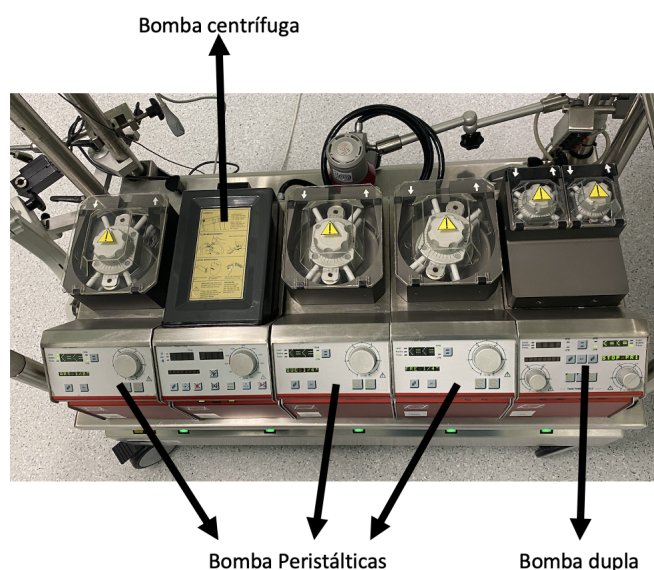


Figura 3.14: Bombas da Máquina de Circulação Extracorporal. ⁵

As cânulas têm a função de desviar ou introduzir o sangue no coração; já os tubos são quem permite a movimentação do sangue.

Além destes elementos, a máquina é composta também por um conjunto de sensores: nível, temperatura, pressão e, ainda, o de bolhas e fluxo. Estes sensores têm a função de controlar se o nível de sangue, de temperatura e de pressão está conforme e se não são detetadas bolhas de ar.

3.4.3 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva da máquina de circulação extracorporeal é realizada com uma periodicidade anual.

Durante a manutenção são realizados vários testes, bem como a substituição de peças/ consumíveis. O procedimento de manutenção é constituído pelas seguintes etapas:

- Verificação visual da consola e de cada bomba;
- Verificação do funcionamento da consola;
- Manutenção de cada bomba que inclui a substituição das correias e verificação da tensão de cada uma;
- Substituição de todos os outros consumíveis, quando necessário;
- Verificação dos hand crank;
- Testes funcionais;
- Testes de segurança elétrica.

A verificação visual da consola, corresponde à averiguação do carrinho no geral e de todos os conectores Odu (pinos de alimentação e controlo de comunicação das bombas), bem como constatar se a máquina consegue comutar entre bateria e carga. Na verificação do funcionamento da consola, são testados os vários constituintes da parte de trás da máquina incluindo os interruptores que controlam as cinco bombas (figura 3.15). Nesta área existe um conversor AC-DC, que transforma a alimentação 230V para 24V. Este conversor é responsável pela alimentação de cada bomba e do painel de controlo. Nesta zona existe também o conversor DC-DC o qual converte os 24V em -12V, +12V e 5V, para alimentar o motor e a restante parte eletrónica.

Além disto, existem ainda quatro módulos (figura 3.16) com cabo de ligação aos sensores (nível, temperatura, pressão, bolhas e fluxo), o delay (controla o tempo de atuação) e o seletor de intervenção. O primeiro módulo controla a ativação de

⁵<http://escolasimaohess.blogspot.com.br/>



Figura 3.15: Interruptores de Controlo das Bombas.

dois sensores: o de nível e de bolhas e fluxo. Este é constituído por um seletor de intervenção que define a ordem de paragem, isto é, quando é escolhido o sensor de nível para dar ordem de paragem, a máquina deixa de funcionar quando não é detetado nível de sangue suficiente. Existe também o módulo que controla o sensor de temperatura e mais dois para o controlo das pressões (I e II; III e IV). Existem ainda o módulo IN/OUT (permite e combinação com o exterior) e o das entradas analógicas que permite a receção de sinais vitais externos.



Figura 3.16: Módulos de Controlo dos Sensores e dos Conversores.

Cada bomba tem o seu protocolo de manutenção, sendo que é comum a todas a verificação de funcionamento para cada modo, testar se conseguem atingir a velocidade máxima (250 rotações por minuto (rpm)) e a substituição das correias. À manutenção da bomba centrífuga acresce a observação da estabilidade do valor do fluxo durante vinte minutos, que não pode variar mais de 0,05 de quando a máquina é colocada a zero. A substituição das correia da bomba dupla implica a desmontagem praticamente completa da bomba.

Na tabela 3.1, estão enumeradas todas as peças que são substituídas durante a manutenção.

Relativamente à substituição de correias, é utilizado um medidor de tensões que mede a frequência da correia presente na figura 3.17 (b) para verificar que não

Tabela 3.1: Peças a Substituir.

Peças a substituir	Duração
Bateria da máquina	1 ano
Bateria da bomba centrífuga	2 anos
Correia bomba dupla	3 anos
Correia das bombas	1 ano

está com uma tensão superior ao que deve, e assim evitar que esta rompa ou que prejudique a rotação das bombas.

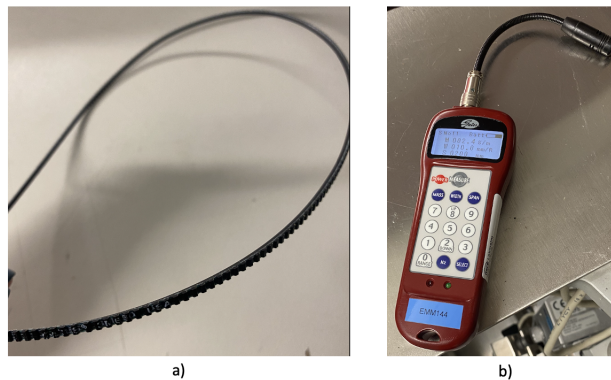


Figura 3.17: a) Correia; b) Medidor de Tensões.

Os hand crank (figura 3.18) são umas peças que permitem ao utilizador exercer rotação manual das bombas em caso de necessidade, por exemplo, se por acaso alguma das bombas deixar de funcionar devido a um mau contacto, o perfusionista pode utilizar estes acessórios e mantém a bomba em funcionamento manual.



Figura 3.18: Hand Crank.

De seguida, devem ser feitos os testes funcionais à máquina completa. Nesta fase são utilizados vários simuladores (figura 3.19): de temperatura, de pressão, de bolhas e fluxo e da bomba consumível. Além dos simuladores é utilizado o multímetro para medir as tensões no conversor DC-DC.

O simulador de temperatura verifica se a temperatura medida é a mesma que é gerada pelo equipamento de teste. Para efetuar os testes de pressões é necessário

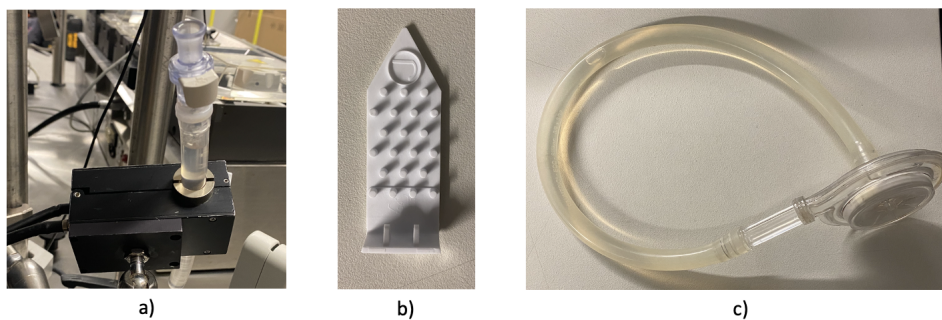


Figura 3.19: Simuladores de: a) bolhas e fluxo; b) nível; c) bomba consumível.

fazer o zero da máquina, de seguida coloca-se o simulador de 300 mmHg e verifica-se se a máquina mede o mesmo valor, no caso de não dar um valor igual é necessário calibrar a máquina de CEC. Este processo repete-se para cada entrada de pressão (I, II, III, IV), para se trocar os canais de pressão e só selecionar na parte de trás da máquina.

O simulador de bolhas pode ser descrito como sendo um tubo com uma bolha e que é utilizado para ver a resposta da máquina na deteção da bolha. A simulador da bomba consumível é utilizado para simular o recipiente com sangue e tem de ser colocada para que a máquina funcione.

3.4.4 Manutenção Não Planeada

Tal como no caso da máquina anterior, a máquina CEC não tem um registo de avarias; normalmente os registos que há são de incidentes por mau uso do equipamento.

Existe registo de um incidente que não permitia a comunicação entre bombas; este problema foi derivado de salpicos de sangue ou soro que corroeram os pinos de conexão.

Devido à má colocação das bombas nos conectores, há registos de pinos machos partidos ou tortos.

Existe um registo de uma avaria prévio ao estágio, que implicava o incorreto funcionamento da máquina devido à intrusão de salpicos de sangue ou soro. Esta intrusão provocou um defeito que não era facilmente detetado pelo profissional de saúde, visto que o equipamento continua a funcionar normalmente e a única evidência do problema era que o equipamento apresentava uma má leitura dos valores.

3.5 Permutador de Calor

O permutador de calor (figura 3.20), também conhecido como aparelho de hiper e hipotermia, é um equipamento utilizado durante as cirurgias cardíacas com a

finalidade de controlar a temperatura do sangue e, conseqüentemente, a temperatura corporal do paciente. Para algumas intervenções cirúrgicas cardíacas é necessário proceder a paragens circulatórias, o que é conseguido com a indução do paciente em hipotermia profunda. No final destas ações médicas é necessário reestabelecer a temperatura do utente e para isso é também utilizado o equipamento descrito. Este equipamento pode ainda ser utilizado juntamente com a máquina descrita no subcapítulo anterior, a máquina de CEC. Estes dois equipamentos são controlados pelo perfusionista.



Figura 3.20: Permutador de Calor e Colchão (Marca: Maquet e Modelo: HLU40).

3.5.1 Princípio de Funcionamento

O aparelho de hiper e hipotermia, como já foi explicado, tem a função de aquecer ou arrefecer a temperatura do sangue e do corpo do paciente, conforme o que é selecionado pelo perfusionista.

O primeiro modelo criado pela Maquet tinha na sua constituição uma serpentina que se localizava dentro do tanque e uma ventoinha que criava movimento na água, o que conjugado impossibilitava a geração de gelo. Verificou-se com a sua utilização que a máquina não era tão eficiente quanto o esperado. Assim, a marca começou a desenvolver máquinas que permitissem a criação de gelo.

A máquina é constituída então por três tanques onde se forma o gelo, como é possível analisar na figura 3.21. Um funciona para a cardioplegia e os outros dois para o circuito principal, também denominado por circuito do paciente. Os três tanques estão interligados, isto é, existe contacto uns com os outros e há passagem de água de forma a manter o equilíbrio.

O circuito do frio é composto por tubos, um expansor e todas os elementos normais de um circuito de frio básico. De forma a aumentar a sua eficiência, acresce um radiador que realiza a permuta do calor e duas ventoinhas/ ventiladores que aspiram o ar exterior através de uma grelha e aumentam a eficácia do arrefecimento. Além disto, temos ainda três solenoides que são responsáveis pelo controlo dos três



Figura 3.21: Três Tanques com Gelo.

tanques.

Para a produção de gelo, a máquina lança o sistema automático e não tem controlo através do retorno do compressor, mas consegue controlar o sistema através de um relê em estado sólido (não convencional). Este componente é que atua sobre o compressor e controla o seu funcionamento. Além disto, existe ainda uma zona onde é feita a medição da temperatura do fluido para controlar o estado do mesmo. Tudo isto significa que o utilizador define o que pretende que a máquina faça, ou seja, a temperatura que quer que esta alcance, e a máquina atua automaticamente fazendo sempre o mesmo trajeto/processo.

Relativamente aos circuitos da máquina, ambos têm interação com o utente. O circuito principal é o responsável pela circulação da água no colchão e no oxigenador que se encontra na máquina de circulação extracorporeal. O circuito de cardioplegia pode ir diretamente ao paciente ou ser utilizado juntamente com a máquina de CEC pela bomba dupla, também denominada por bomba de cardioplegia.

O circuito do paciente consegue regular a temperatura do corpo atuando diretamente no sangue do paciente (oxigenador) ou pela transferência de temperatura do colchão para o corpo. O circuito de cardioplegia é responsável pela paragem cardíaca para que se possa proceder à intervenção cirúrgica.

Em termos de componentes que constituem o processo de funcionamento de ambos os circuitos, existe apenas uma diferença que consiste no tamanho da bomba que dá início ao processo. Esta bomba é maior para o circuito do paciente do que para o outro, visto que, como já foi explicado anteriormente, o circuito principal tem duas saídas (colchão e oxigenador) e, por isso, implica que exista maior capacidade de fluxo a circular.

Na figura 3.22 está representado o esquema de funcionamento do circuito principal.

Este circuito descreve também o funcionamento do outro circuito, visto que a única diferença do processo é que o primeiro injeta água para o colchão e/ou oxigenador e o outro envia o fluxo de água para a Máquina de CEC, mais especificamente a bomba dupla, responsável pela cardioplegia.

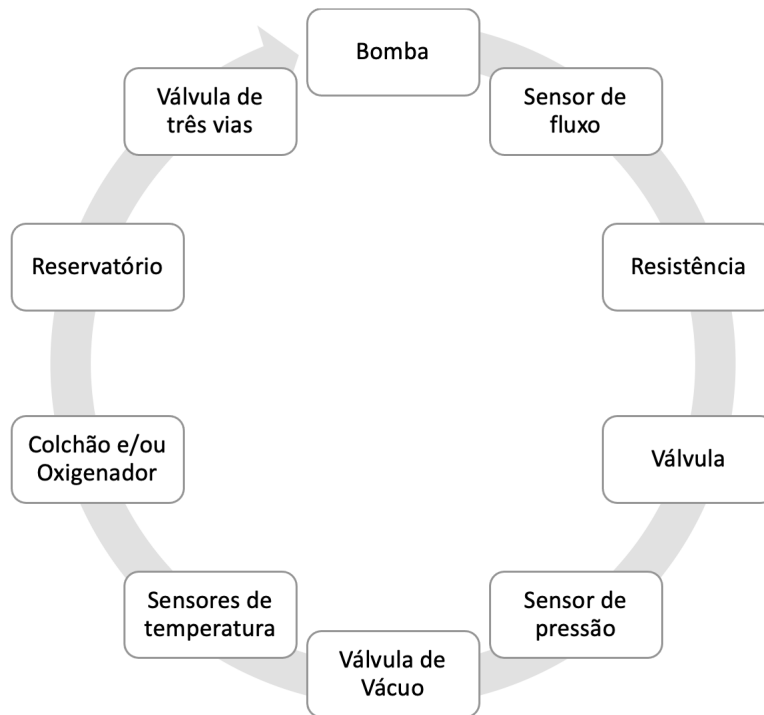


Figura 3.22: Esquema de Funcionamento do Circuito Principal.

As funções de cada etapa e/ou componente do processo são as seguintes:

- Bomba – suga a água que está no tanque;
- Sensores de fluxo – detetam a água que passa por ele;
- Resistência – corresponde à unidade de aquecimento que permite aumentar a temperatura da água consoante é requisitado pelo profissional de saúde;
- Válvula – este componente permite injetar água quente dentro do tanque para derreter o gelo. Normalmente, se a máquina estiver em função de arrefecimento não pode haver fuga de água para dentro do tanque, senão derrete o gelo, contudo existem casos em que é necessária esta mistura, como por exemplo, para a desinfeção.
- Válvula de vácuo – permite a entrada de ar para que seja possível o processo de escoamento dos tubos. Basicamente, corta a entrada de água que vem do tanque, assim na falta de água o tanque tenta sugar e escoar os tubos.

- Sensores de temperatura – medem a temperatura da água que está em circulação e estão agrupados dois a dois;
- Reservatório – dado que a água passa por um circuito externo fica exposto a ar, o que contribui para a criação de bolhas de ar. Antes de a água voltar ao circuito interno passa por este reservatório para retirar as bolhas e envia-as diretamente para dentro do tanque com o intuito de movimentar a água que se encontra armazenada lá dentro. O fluxo de água segue o resto para a válvula de três vias.
- Válvula de três vias (figura 3.23) – recebe a água que vem do paciente, o que é aspirado da bomba e o que sai do tanque. Esta válvula vai se ajustando através de um mecanismo mecânico de abertura e fecho com a funcionalidade de misturar a água (fria e/ou quente).



Figura 3.23: Válvula de Três Vias.

Os sensores que existem dentro dos tanques são medidores de condutividade que permite saber a quantidade de gelo que existe dentro da máquina, sendo que o gelo tem menos condutividade que a água.

Na zona elétrica da máquina existe um módulo (sensor *box*) que recebe a informação do interior do tanque, ou seja, recebe a quantidade de gelo (sensores dentro do tanque), nível de água (parafusos distribuídos a várias profundidades, que também medem a condutividade) e, por fim, a temperatura do tanque. Esta zona eletrónica controla também o *display* existente na máquina.

Como este equipamento trabalha com água tem um transformador de isolamento, que deteta anomalias na máquina de forma a evitar problemas durante a cirurgia.

3.5.2 Descrição do Equipamento

À primeira vista, o equipamento é uma máquina compacta com um *display*, umas torneiras e é acompanhada por um colchão onde circula a água quente ou fria, conforme é pedido pelo utilizador. Este colchão fica alocado na marquesa de cirurgia por baixo do paciente e coberto com os cobertores de cirurgia.

O *display* apresentado na figura 3.24 permite ao perfusionista controlar ambos os circuitos e a temperatura da água que sai de cada um deles.



Figura 3.24: Computador de Controlo do Permutador de Calor.

Analisando este equipamento internamente e começando pela zona de cima, é possível visualizar três tanques. Ao desmontar a parte de fora da máquina, isto é, retirando as chapas que protegem a máquina é possível ver uma série de componentes como o compressor, válvulas, tubos, parte elétrica, ventoinhas, resistência, radiador, vários sensores (temperatura, pressão e fluxo), etc.

A máquina é constituída por dois circuitos o principal e o de cardioplegia. Ambos são compostos pelos mesmos componentes e têm o mesmo princípio de funcionamento, a única diferença entre eles é a finalidade de cada um. Estes circuitos encontram-se dispostos um de cada lado do tanque.

Dentro de cada tanque existe um sensor, constituído por 3 pinos, que identificam a quantidade de gelo (1/3, 2/3 ou 3/3).

Por fim, a máquina tem ainda na sua estrutura uma fonte de alimentação de 24 V, uma bateria que alimenta a parte eletrónica da máquina e um transformador de isolamento.

3.5.3 Manutenção Preventiva

Os procedimentos de manutenção preventiva são concretizados com uma periodicidade anual. Normalmente, a manutenção do permutador de calor dura cerca de

dois dias de trabalho, sendo que este procedimento é composto por ações bastante prolongadas.

A manutenção preventiva deve reger-se pelas seguintes etapas:

- Diagnóstico;
- Descongelar o bloco de gelo e escoar a água da máquina;
- Descalcificar e /ou desinfetar;
- Proceder às substituições;
- Aguardar cerca de três horas para a cola secar;
- Encher o tanque com água;
- Efetuar o teste da estanquicidade;
- Fazer gelo;
- Fazer testes aos dois circuitos da máquina;
- Diagnóstico.

A etapa do diagnóstico é um autoteste que é realizado numa fase inicial do procedimento e no fim. Tem como finalidade perceber se o equipamento está a funcionar como é suposto tanto antes da manutenção como depois. No caso de a máquina revelar algum defeito antes do procedimento, o técnico consegue fazer um diagnóstico do problema e assim solucioná-lo. Caso se manifeste um problema apenas no final da intervenção, o técnico percebe que algo correu mal pelo que se torna necessário repetir toda a ação de manutenção de forma a resolver o erro.

Com a etapa inicial é formado um bloco de gelo no interior do reservatório. Assim, é necessário descongelar o bloco e retirar toda a água do tanque para prosseguir com o procedimento.

O técnico procede também à descalcificação e/ou desinfeção do equipamento, sendo que a única diferença entre os dois procedimentos é o produto químico que é utilizado. A descalcificação é feita com o ácido cítrico e a desinfeção com colorina (nome comercial).

Na fase seguinte são feitas todas as substituições necessárias. Todos os anos são trocadas as válvulas proporcionais de três vias, as válvulas de vácuo e o filtro de poeiras. Além disto, são ainda trocadas as baterias de *backup* da parte eletrónica a cada dois anos. Nestes processos de substituição é utilizada uma cola específica que funciona como vedante, e que tem um tempo de secagem de três horas.

Após isto, o técnico enche o tanque e efetua o teste de estanquicidade. Quando o equipamento reprova neste teste é necessário repetir o processo até passar no teste. Depois, coloca-se a máquina a fazer gelo. De seguida, são realizados testes à temperatura, pressão e fluxo em ambos os circuitos: cardiologia e circuito principal do paciente, separadamente. Para realizar o teste da temperatura é concretizado um teste à temperatura máxima; contudo, para o realizar é necessário “enganar” a máquina, isto é a máquina tem um limite máximo de 41,5 graus e não pode de forma nenhuma ultrapassar este valor. Este valor não pode ser selecionado pelo utilizador, então a única forma de verificar se a máquina se desliga ao atingir esta temperatura é utilizando uma placa e o PC para dizer à máquina que esta não está a conseguir atingir a temperatura pedida e assim verifica-se o que se pretende.

3.5.4 Manutenção Planeada Corretiva

O fabricante do equipamento foi notificado de algumas avarias causadas pelo calcário que fica acumulado nas válvulas de três vias, de forma a colmatar este defeito diminuiu a periodicidade com que devem ser substituídas para um ano.

Normalmente, a máquina deveria ser descalcificada pelo menos uma vez por semana. Visto que isto não se verifica em praticamente nenhuma instalação hospitalar, é feita a recomendação da troca de água a cada três meses. Qualquer uma destas opções é viável, visto que, com a nova alteração de diminuição da periodicidade de troca de válvulas não há registos de avarias ou problemas derivados do calcário acumulado.

3.5.5 Manutenção Não Planeada

No caso do aparelho de hiper e hipotermia, foram detetadas algumas avarias, contudo três destas notificações foram causadas por má utilização do equipamento.

As avarias relacionadas com o mau uso consistem em ecrãs partidos, depósitos de calcário e ainda outros problemas como sujidades acumuladas no colchão. Os ecrãs partidos sucederam durante limpezas ou acidentes com o equipamento. O problema de depósitos de calcário ficou solucionado quando se reduziu a periodicidade de substituição de válvulas. Por fim, os outros problemas manifestaram-se devido à falta de desinfeção e limpeza do equipamento.

Além destes incidentes, ocorreu outro em que a máquina disparava, ou seja, desligava o circuito do paciente e quando se pretendia que o equipamento produzisse calor, ele não o fazia. Verificou-se que o problema estava num fusível térmico que se danificou e deixou de conseguir detetar a resistência. A solução passou pela substituição do fusível.

Por fim, a outra avaria detetada foi de certa forma mais grave; o circuito do refrigerante estava danificado. Este circuito é dos primeiros componentes a ser colocado na máquina e, como tal, todos os restantes componentes são montados à volta deste. Por esta razão, a reparação não é feita em oficina da empresa de manutenção, tendo-se decidido enviar o equipamento em questão para a fábrica para trocarem o circuito.

Capítulo 4

Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados e Respetivos Procedimentos de Manutenção

Neste capítulo são apresentados os equipamentos de eletromecânica médicos intervencionados no decorrer do estágio, bem como os procedimentos gerais e específicos realizados ao longo do estágio em alguns dos equipamentos listados.

4.1 Procedimentos Gerais

A SMH, à semelhança de outras empresas, seguem procedimentos gerais em todo o tipo de intervenções realizadas aos equipamentos médicos. Após as manutenções não planeadas, é realizado um conjunto de testes de forma a aferir se o equipamento exerce todas as suas funcionalidades corretamente, tal como recomenda a norma IEC 62353:2014 - *Medical Electrical Equipment - Recurrent test and test after repair of Medical Electrical Equipment*. É ainda importante referir que a empresa de acolhimento tem um método de trabalho incomum nos dias de hoje, no que diz respeito às manutenções corretivas. A SMH é uma empresa que procura restaurar as funcionalidades do equipamento através da reparação por componente, isto é, os profissionais de manutenção são instruídos no sentido de identificar qual é o componente eletrónico defeituoso (ou avariado) e procedem à sua substituição. No entanto, por exemplo, na maior parte das grandes empresas, quando uma avaria é detetada numa placa de circuito impresso, normalmente esta é substituída por uma nova em vez de ser reparada .

No âmbito das manutenções planeadas a empresa estabeleceu algumas etapas que são comuns à maioria dos dispositivos médicos, tais como: equipamentos de teste, tarefas prévias, testes de segurança elétrica, avaliação global do equipamento

e próxima ação de manutenção preventiva. Cada uma destas etapas principais é composta por um conjunto de tarefas, as quais são criteriosamente definidas tendo em conta a informação normativa aplicável (normas transversais - aplicáveis a todos os equipamentos elétricos e médicos e normas particulares específicas do tipo de equipamento em questão).

4.2 Equipamentos Intervencionados

4.2.1 Autoclaves

O autoclave é um equipamento de esterilização que pode ser utilizado em várias áreas (cosmética, laboratórios, clínicas de medicina estética, estúdios de tatuagens, salões de *piercings*, hospitais, entre outras).

Este equipamento é baseado num tanque hermeticamente fechado, com o objetivo de eliminar todos os microrganismos, sendo sujeito a elevadas temperaturas e pressões, e o seu funcionamento apresenta semelhanças ao de uma panela de pressão.

O funcionamento dos autoclaves normalmente decorre da seguinte forma: o ciclo inicia-se com uma remoção do ar da câmara interna, de seguida começa o aquecimento (juntamente com peróxido de hidrogénio, vapor de água, ou outro elemento) e é realizada a esterilização. No seguimento deste processo existem ainda as fases de secagem e redução de temperatura na câmara. A duração de cada ciclo depende do programa selecionado.

Todos os hospitais possuem pelo menos um serviço responsável pela limpeza, desinfeção e esterilização de instrumental médico. No caso do Hospital da Luz Arrábida existem duas áreas deste tipo: uma mais pequena em Medicina Dentária e outra que é utilizada essencialmente para o Bloco Operatório. A esterilização de Medicina Dentária é constituída apenas por um autoclave de bancada, que se encontra apresentado na figura 4.1. A esterilização do bloco operatório é composta por um autoclave de bancada, um autoclave de baixa pressão e três autoclaves com as capacidades de 490 L, 250 L e, por fim, o mais recente de 360 L. Na figura 4.2 é possível observar parte do autoclave de 490 L e o de 250 L.

Dos equipamentos enumerados anteriormente apenas um - autoclave de baixa pressão - não se encontra em contrato com a SMH. Os autoclaves de bancada têm intervenções planeadas com uma periodicidade semestral; os restantes têm um plano de manutenção diferente. A periodicidade recomendada pelo representante da marca é que sejam feitas manutenções semestrais, contudo a SMH realiza ações planeadas com periodicidade bimestral porque são equipamentos com utilização elevada e com uma função extremamente importante. As intervenções que ocorrem semestralmente, são consideradas as "grandes" manutenções, ou seja, é nestas alturas que ocorrem

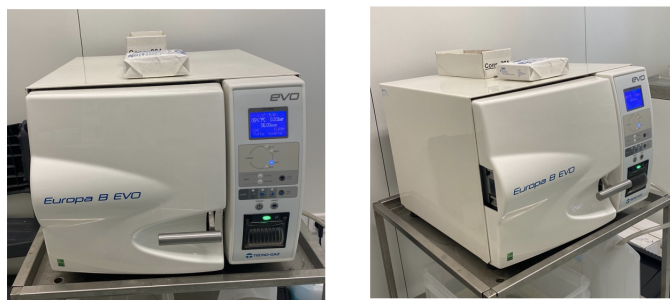


Figura 4.1: Autoclave de Bancada.

Autoclave 490 L Autoclave 250 L



Figura 4.2: Esterilizadores.

substituições de peças e é analisado todo o equipamento ao pormenor. Por vezes, ocorrem avarias e isso implica a substituição de algumas destas peças antes da próxima manutenção semestral.

Os procedimentos de manutenção dos autoclaves são constituídos pelas etapas apresentadas no subcapítulo anterior, às quais acrescem apenas tarefas específicas para cada tipo de esterilizador que se encontram enumeradas nas secções denominadas por "Tarefas prévias" e "Verificações qualitativas".

Procedimento de manutenção planeada autoclaves de bancada:

1. Tarefas prévias:

- Efetuar limpeza;
- Verificar cabo de alimentação;
- Verificar estado geral;
- Verificar acessórios.

2. Verificações qualitativas:

- Verificar estado da câmara;
- Verificar junta da porta;
- Verificar estado da caldeira;
- Verificar bomba de vácuo;
- Verificar/ afinar fecho da porta;
- Substituir do filtro bacteriológico;
- Verificar válvulas de segurança;
- Verificar electroválvulas;
- Verificar válvulas pneumáticas;
- Teste funcional.

Antes do início do estágio, ocorreu uma avaria no autoclave de bancada de Medicina Dentária que implicou a substituição da resistência à volta da cuba. Nesta substituição houve um erro e colocou-se uma resistência com mais potência o que levou a outra avaria de excesso de temperatura. De forma a contornar este problema, o técnico retirou a lâ de vidro, visto que está tem o propósito de concentrar o calor.

Durante o estágio registaram-se várias avarias, normalmente associadas a fugas de água. Uma das razões para isto acontecer foi o facto de ser usada água normal em vez de água destilada. A água da região do Porto contém bastante calcário pelo que, ao ser utilizada no autoclave, criavam-se uma espécie de pedras que se alojavam na junta, impedindo assim que a porta ficasse bem selada e, por conseguinte, causava perdas de água. O outro motivo é o facto dos tubos onde circula a água dentro autoclave derreterem por estarem encostados à cuba. A solução para estes problemas foi deixar de utilizar água normal e reorganizar os tubos de forma a não se encostarem à cuba.

Os procedimentos de manutenção planeada dos autoclaves de 490 L, 250 L e 360 L, realizadas semestralmente, são compostos pelas seguintes tarefas:

1. Tarefas prévias:

- Efetuar limpeza interior e exterior;
- Efetuar limpeza de filtro entrada de água;
- Efetuar limpeza filtro de esgoto;
- Efetuar limpeza de filtro purgador da camisa;
- Efetuar lubrificação das juntas das portas.

2. Verificações qualitativas:

- Verificar cilindro pneumático das portas;
- Verificar circuito pneumático;
- Verificar quadro elétrico;
- Afinar o dispositivo de segurança das portas;
- Substituir purgadores (câmara, camisa e juntas);
- Substituir filtro bacteriológico;
- Verificar funcionamento válvulas de segurança;
- Verificar electroválvulas;
- Verificar válvulas pneumáticas;
- Verificar bomba de vácuo;
- Verificar de pressostatos;
- Efetuar teste de vácuo;
- Verificar número de ciclos de teste de vácuo;
- Efetuar teste funcional;
- Verificar número de ciclos teste funcional.

Estes autoclaves foram dos equipamentos mais intervencionados durante o período de estágio, visto que o de maior capacidade é o mais problemático. O autoclave de 490 L é, atualmente, o mais utilizado e, por isso, aquele que sofre mais um maior desgaste. O facto de ser tão usado e da sua idade avançada, está bastante descompensado e a maior parte das suas peças já não são as originais de fábrica. No decorrer do estágio foram necessárias várias intervenções, nomeadamente: foi necessário substituir válvulas que apresentavam fuga e a substituição de resistências (figura 4.3) que “queimaram”.

As resistências estão incorporadas no gerador de vapor, como se pode verificar pela figura 4.4, que se encontra cheio com água. Portanto, para proceder à substituição das resistências foi necessário despejar o reservatório, executar a substituição, colocar o vedante e apertar bem as resistências para que não houvesse fugas.

Além disto, houve uma fuga que foi bastante difícil de detetar, porque tratava-se de uma fissura que estava localizada dentro da cuba; para contornar este problema foi necessário recorrer a um profissional de soldadura.



Figura 4.3: Resistências do Gerador de Vapor.

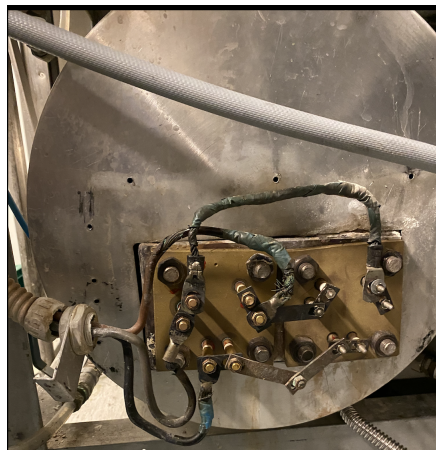


Figura 4.4: Gerador de Vapor.

4.2.2 Máquinas de Lavar e de Desinfetar

As máquinas de lavar e de desinfetar fazem parte do conjunto de equipamentos utilizados no serviço de esterilização. A maior parte das máquinas com as quais mais interação houve no decorrer do período de estágio são da marca Miele, contudo no Hospital da Luz de Vila Real (figura 4.5) foi intervencionado um dos modelos mais recentes do mercado da marca PROHS. Estas máquinas consistem em sistemas de lavagem e de desinfecção de instrumentos médicos e, por isso, são estritamente necessários para o funcionamento do hospital.

O Hospital da Luz Arrábida tem duas máquinas Miele, sendo que a diferença entre elas é o modelo e o facto de uma ter mais capacidade do que a outra. Ambas as máquinas são constituídas por uma parte elétrica (figura 4.6) que é responsável pelo controlo de todas as funções do equipamento, pela zona dos filtros onde são armazenados os detergentes, e a área de lavagem e desinfecção. Esta área tem um



Figura 4.5: Máquina de Lavar e Desinfetar.

carrinho com três prateleiras onde é colocado o instrumental médico. Estas prateleiras têm um braço rotativo que é responsável por expandir a água e os detergentes, de forma a tornar mais eficiente o desempenho do dispositivo.



Figura 4.6: Área Elétrica da Máquina.

As manutenções preventivas, seguem o seguinte procedimento:

1. Tarefas prévias:

- Efetuar limpeza interior e exterior;
- Verificar cabo de alimentação;
- Verificar painel frontal;

- Verificar interruptor ON/OFF;
- Efetuar limpeza/ substituir dos filtros de entrada de água;
- Verificar tubos de entrada de água;
- Verificar existência de fugas;

2. Verificações qualitativas:

- Verificar sistema abertura/fecho de porta;
- Verificar/ substituir junta porta;
- Verificar/ substituir filtro de água;
- Verificar estado da cuba;
- Aplicar kit de manutenção;
- Verificar/ substituir tubos de detergente;
- Verificar bomba doseadora;
- Verificar secagem;
- Efetuar ensaio funcional.

Ao nível das manutenções corretivas das máquinas de lavar e desinfetar (marca Miele) realizadas no Hospital da Luz Arrábida, foram substituídos os fechos da máquina (que partiram devido a má utilização), as rodas dos carrinhos (que se desgastaram com a utilização) e ainda as peças de encaixe dos braços rotativos do carro (que partiram devido ao uso).

No Hospital de Ovar existe uma máquina de lavar (também da marca Miele) que regista uma mesma avaria desde o momento da sua instalação. Esta avaria é intermitente e a respetiva ainda não foi determinada nem pelo representante da marca, nem pela empresa de prestação de serviços de manutenção (neste caso a SMH). Esta avaria consiste, basicamente, num erro que a máquina manifesta e que ocorre durante os ciclos em fases diferentes. O erro apresentado assinala que ambas as portas estão abertas, quando na realidade ambas estão fechadas. Devido a esta avaria, durante o estágio foram várias as vezes que houve necessidade de nos dirigimos a estas instalações para serem efetuados mais testes de forma a tentar encontrar a origem da avaria, infelizmente sem sucesso.

Na máquina de lavar e de desinfetar do Hospital da Luz de Vila Real registou-se uma avaria que indicava que a porta do lado dos sujos estava aberta. Contudo, fisicamente, a porta estava fechada. Isto devia-se ao facto do cabo que comunica com a porta ter ficado danificado com a movimentação da porta. Após a deteção da avaria, soldou-se o cabo partido e reforçou-se a ligação para que a avaria não se voltasse a repetir. Além disso, colocou-se também manga retráctil para proteger a zona que estava exposta.

4.2.3 Cadeiras de Medicina Dentária

No Hospital da Luz Arrábida existem quatro consultórios de medicina dentária, o que implica a existência de quatro cadeiras de Medicina Dentária, também denominadas por cadeiras odontológicas (figura 4.7). Dependendo da marca do equipamento, existem algumas diferenças na constituição de cada uma.



Figura 4.7: Cadeira Odontológica.

Este equipamento tem na sua constituição diversos componentes, nomeadamente: a cadeira, o braço do equipamento e o equipamento hídrico.

A cadeira, normalmente, é dividida em: apoio de cabeça, encosto e assento. Tem o intuito de facilitar o trabalho dos profissionais de saúde e, por isso, permitem várias posições apropriadas para os diferentes tratamentos e maior comodidade para o paciente. A zona do braço do equipamento, como é possível verificar pela figura 4.8, é composto pela bandeja de instrumentos dentários, pelas mangueiras do equipamento dentário, por quatro peças de mão (em alguns casos cinco) e pelo pedal da cadeira dentária ou reóstato. As peças de mão que fazem parte deste equipamento são a seringa (ar e água), contra-ângulo, turbina, destartarizador e, em alguns casos, um fotopolimerizador.

A parte do equipamento hídrico (figura 4.9) é constituído pela cuspideira, torneira e sistema de aspiração.

Por fim, existe o candeeiro da cadeira dentária (figura 4.10), que permite uma visão correta do campo operatório e composto por fonte de energia elétrica, a lâmpada, o transformador, o refletor ou o condensador.

A SMH é responsável por todas as intervenções realizadas na cadeira odontológica, contudo quando as peças de mão avariavam estas são entregues a um parceiro “DentalPartner”.

Tal como nos procedimentos de manutenção planeada dos restantes equipamentos existentes no contrato da empresa SMH, existem quatro etapas que são comuns a



Figura 4.8: Bandeja de Instrumentos e Peças de Mão.



Figura 4.9: Equipamento Hídrico.

todas as intervenções. As etapas são intituladas como “Tarefas prévias” e “Verificações qualitativas”, as quais enumeram as várias verificações e tarefas que devem ser feitas ao equipamento.

1. Tarefas prévias:

- Efetuar limpeza;
- Verificar comandos;
- Verificar acessórios;
- Verificar estado geral.

2. Verificações qualitativas:

- Verificar movimento;
- Lubrificar veios e mecanismos;
- Verificar ajustes de fim de curso;
- Verificar ajuste de posição zero;



Figura 4.10: Candeeiro da Cadeira Dentária

- Verificar cabos e conexões;
- Verificar circuitos pneumáticos/hidráulicos;
- Verificar alimentação de pressão de ar;
- Verificar destartarizador;
- Verificar turbina;
- Verificar contra-ângulo/ micromotor;
- Verificar seringa de ar/água;
- Verificar candeeiro;
- Verificar separador de amálgama;
- Verificar aspiração;
- Verificar reservatório óleo;
- Verificar sistema de esgoto;
- Verificar alarmes.

Da área de medicina dentária, a maior parte das avarias é relativa às peças de mão: turbina, contra-ângulo, destartarizador e seringa de ar/água. Foram concretizadas algumas intervenções, tais como: substituição de mola, ajuste dos pedais, reparação do candeeiro e limpeza dos tubos de aspiração.

Relativamente às molas, existem pelo menos quatro que seguram os tubos das peças de mão; estas molas permitem fixar o braço das peças durante a sua utilização.

O pedal que demonstrou defeito estava com um parafuso solto e, por isso, a cadeira movimentava-se sozinha porque o plástico que permite o controlo da cadeira premia o switches e gerava movimento.

Um dos candeeiros estava com o braço que armazena os cabos danificado por causa do uso, o que fez com que o cabo ficasse cortado. Para contornar este problema, foi necessário reparar o braço e fortalecer os cabos com solda e manga retrátil.

Durante a utilização da cadeira odontológica, a dentista reparou que a cuspeira estava entupida. A solução foi desmontar os tubos que ligam a cuspeira ao esgoto e limpá-los.

Capítulo 5

Plataformas de Apoio à Gestão da Manutenção

Neste capítulo, inicialmente, é exposto o propósito das soluções criadas para auxiliar a gestão da manutenção, bem como a apresentação de algumas delas. No subcapítulo 5.3 é apresentado com maior detalhe a ferramenta utilizada pela empresa de acolhimento (SMH) para apoiar a gestão da manutenção.

5.1 Soluções para Auxílio à Gestão da Manutenção

As empresas de prestação de serviços de manutenção a equipamentos de eletromedicina, além de serem responsáveis pelas ações físicas praticadas nos equipamentos (manutenções planejadas ou não planejadas), têm também de possuir competências ao nível da gestão de toda a informação relativa a estas intervenções, bem como outros aspetos relacionados com os ativos físicos.

De forma, a melhorar a eficácia das empresas na organização do seu trabalho, são tipicamente utilizadas ferramentas de apoio à gestão da manutenção. Estas soluções têm como principais objetivos:

- Controlar custos;
- Organizar e agendar as intervenções adequadamente e de forma eficaz;
- Garantir o cumprimento correto das manutenções.

Uma má gestão da manutenção pode ter consequências negativas tanto para o ativo físico como para a empresa, visto que pode implicar a paragem do equipamento e fazer com que a empresa tenha prejuízo [39] [40].

5.2 Aplicações Comerciais de Apoio à Gestão da Manutenção

O *software* de apoio à gestão da manutenção, tal como os equipamentos médicos, estão em constante evolução. Inicialmente, há uns anos atrás, esta gestão era feita recorrendo integralmente ao suporte de papel, com dossiers constituídos com folhas/relatórios preenchidos manualmente. Posteriormente, começou a adotar-se a ferramenta Excel, com folhas de cálculo (Excel). Mais tarde, surgiram os Sistemas de Gestão de Manutenção Computadorizados (CMMS).

Os sistemas (CMMS) mais recentes são consideradas plataformas inteligentes que facilitam e otimizam a execução de diversas tarefas. A inteligência artificial (IA) permite a identificação de padrões e automatizar fluxos de trabalho, o que consequentemente facilita o controlo por parte dos gestores.

Normalmente, estas plataformas oferecem também a vantagem de envolver toda a equipa, isto é, todos os funcionários conseguem reportar avarias e comunicar com a restante equipa, diminuindo assim o tempo médio de reparação (MTTR) [41]. Atualmente, no mercado, existe uma série de soluções. Em seguida são enumeradas e descritas sumariamente algumas delas.

Durante a parte letiva do mestrado, no âmbito da unidade curricular de “Manutenção de Equipamentos e Instalações”, foi-nos dada a oportunidade de manusear uma destas soluções, conhecida por ManWinWin. Este software é uma aplicação flexível, fácil de implementar e simples de utilizar para a gestão e organização de qualquer tipo de equipamento [42].

O ValueKeep é um software de manutenção de ativos, criado pelo grupo Primavera, com o intuito de fornecer ao técnico todas as ferramentas essenciais para gerir o trabalho no terreno, ao mesmo tempo que dispõe aos gestores de todas as informações significativas para melhorar as suas decisões [43].

A Fluke criou também um software de gestão de ativos empresariais, com o intuito de unir os processos empresariais individuais. Esta solução pode ser personalizada como o cliente pretende, com o foco de conseguir uma aplicação que permita a ajudar a sua equipa, poupar dinheiro e otimizar recursos.

O Infraspak é uma plataforma inteligente de gestão de manutenção. Esta aplicação permite conectar uma série de fatores, como os ativos e as equipas, produzindo um impacto imediato nos serviços prestados pela empresa. O Infraspak permite então agilizar as operações de manutenção, ganhar controlo sobre tudo o que está relacionado com a empresa e maximizar utilização dos seus recursos.

No geral, todas estas aplicações proporcionam os seguintes benefícios:

- Acesso rápido e centralizado à informação;

- Redução de custos com manutenção;
- Aumento da eficiência na prestação de serviços;
- Qualidade das análises e relatórios;
- Gestão eficiente de stock de peças de reposição [44].

5.3 Infrasppeak

O Infrasppeak (figura 5.1) é a aplicação utilizada pela empresa de acolhimento (SMH) para auxiliar a gestão da manutenção. Durante o estágio surgiram múltiplas oportunidades de trabalhar com este software. A aplicação disponibiliza diversas funções de trabalho, sendo que tem um foco principal na manutenção corretiva e preventiva. Embora o Infrasppeak ofereça várias funcionalidades, cada empresa seleciona as que pretende utilizar.

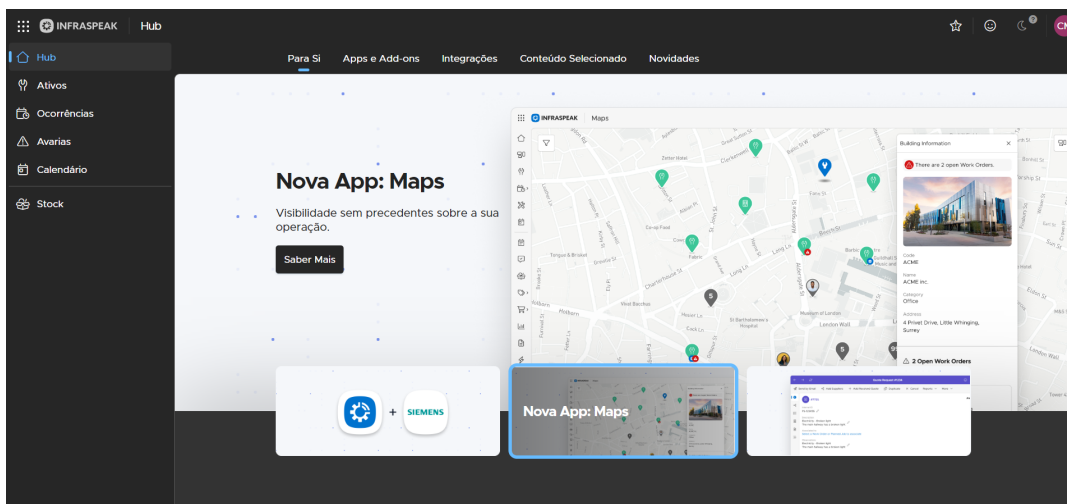


Figura 5.1: Página Principal do Infrasppeak.

As manutenções corretivas, normalmente, são demoradas e prejudicam a prestação de serviços médicos, no sentido em que o serviço hospitalar fica sem o equipamento para responder as necessidades do paciente. Em contrapartida, existem alternativas com as manutenções planeadas que são bastante trabalhosas a nível de gestão. Contudo a utilização deste *software* permite facilitar a organização de trabalhos, diminuir os tempos de resposta, atribuição eficiente de tarefas e ainda gestão de stock.

No Infrasppeak existem duas categorias para a utilização desta aplicação no caso da SMH, temos os gestores e os restantes funcionários. Os gestores têm acesso a mais funções, do que os restantes elementos da empresa.

Na área do gestor é possível, por exemplo, adicionar informação como dados dos clientes, edifícios (cria edifício e os serviços), locais, tipologias (descrição de onde é o problema no equipamento), entre outros. Inicialmente, é necessário o gestor criar os clientes na aplicação incluindo todas estas informações referidas. Após isto são criados os ativos, que correspondem aos equipamentos médicos representados pela empresa. Nesta fase são preenchidos uma série de campos, como a descrição, modelo, número de série, o código (número de identificação interno, também conhecido por número de inventário), e todos os outros visíveis na figura 5.2.

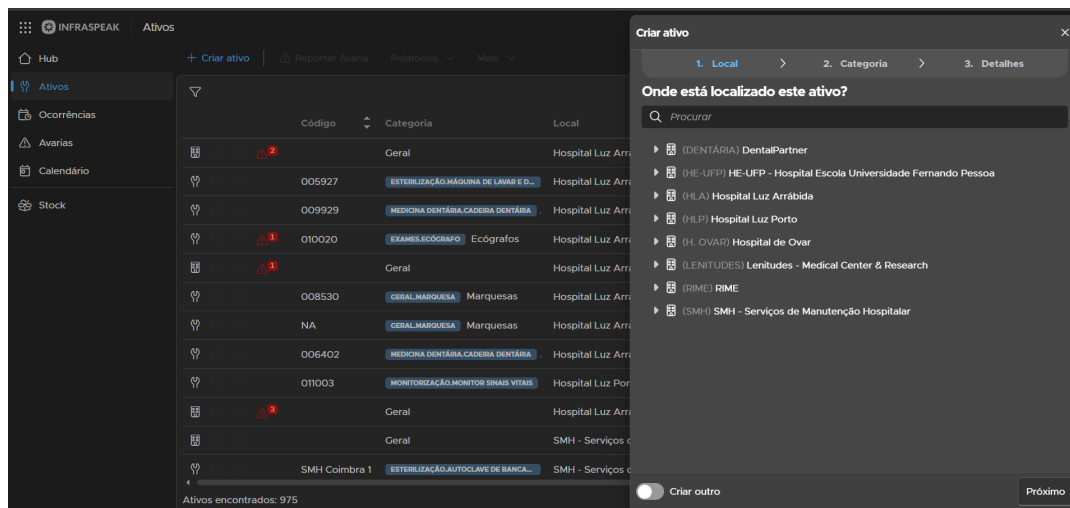


Figura 5.2: Página para Criar Ativos.

Quando o utilizador conclui o preenchimento das informações do equipamento, este ativo fica disponível numa lista (figura 5.3) juntamente com todos os outros.

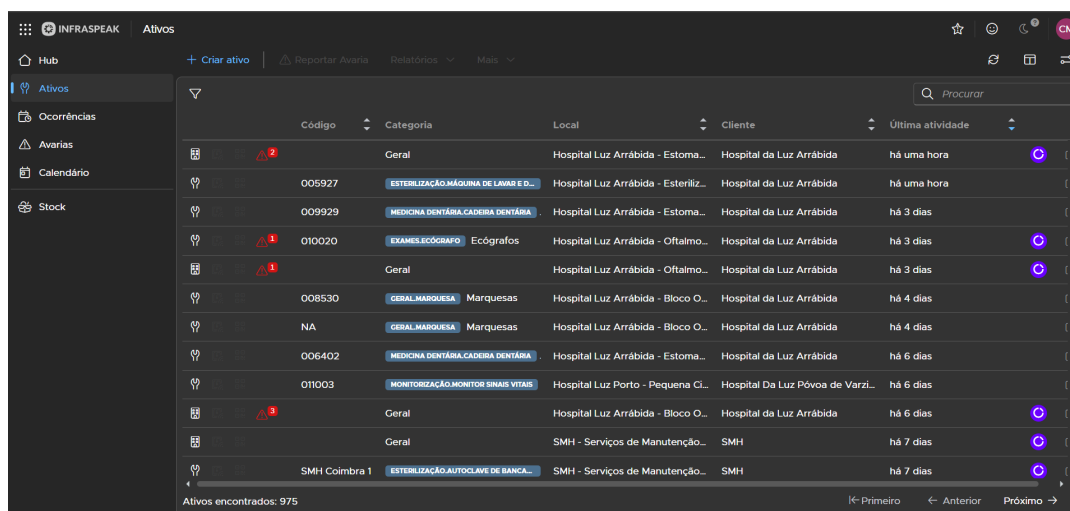


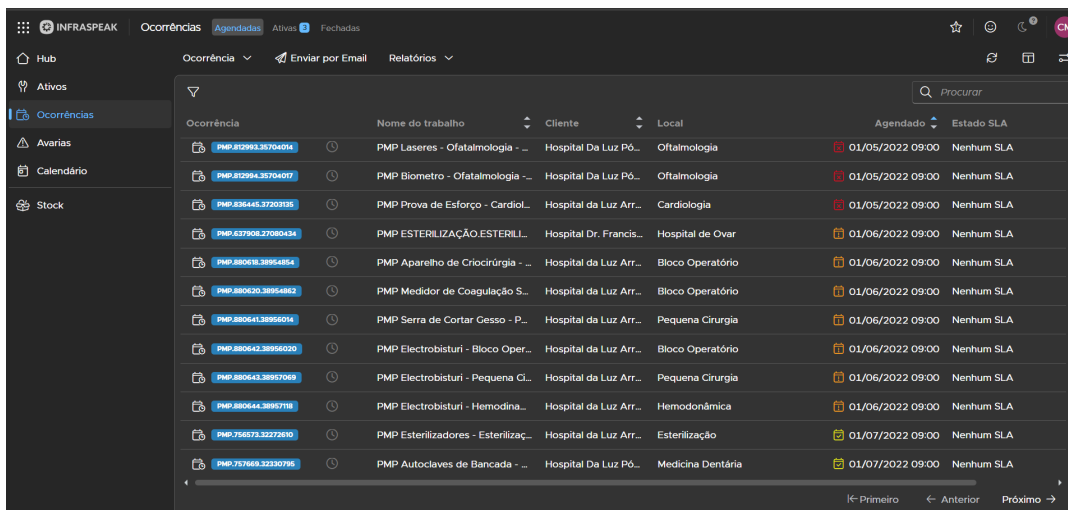
Figura 5.3: Listagem de Ativos

No caso da SMH, a introdução de equipamentos na aplicação pode ser feita tanto pelos gestores dos equipamentos como pelos restantes funcionários. Além disto, todos

os elementos da empresa conseguem editar informações dos ativos, o que pode ser necessário, por exemplo, quando são detetados erros nos dados dos ativos.

De seguida, é possível criar os Planos de Manutenção Preventiva (PMP). Estes planos são criados pelos gestores e para cada tipo de equipamento são criadas listas de tarefas, são verificados os recursos disponíveis e programadas as ordens de trabalho. O *software* tem a capacidade de fazer o agendamento de atividades preventivas. Esta organização de intervenções pode ser observada na opção lateral “Ocorrências”. A listagem das manutenções pode ser observada na figura 5.4. Esta secção tem disponível três páginas:

- "Agendadas", onde encontramos todas as manutenções que ainda não foram iniciadas;
- "Ativas", onde estão todas as intervenções iniciadas, mas que ainda não foram concluídas;
- "Fechadas", onde estão todas as manutenções que foram concluídas;
- "Calendário"(figura 5.5), onde estão presentes todas as manutenções preventivas. Como se pode ver no exemplo da figura existem várias manutenções para o dia 1, sendo que estão assinaladas com três cores diferentes. Normalmente, o gestor da SMH define todas as manutenções que devem decorrer num dado mês a começar no dia 1.



The screenshot displays the 'Ocorrências' (Incidents) section of the INFRASPEAK software, specifically the 'Agendadas' (Scheduled) tab. The interface shows a table of maintenance tasks with the following columns: Ocorrência (Incident ID), Nome do trabalho (Job Name), Cliente (Client), Local (Location), Agendado (Scheduled), and Estado SLA (SLA Status). The table lists 13 tasks, each with a unique ID, a description of the maintenance work, the client hospital, the location, the scheduled date and time, and the current SLA status (all are 'Nenhum SLA').

Ocorrência	Nome do trabalho	Cliente	Local	Agendado	Estado SLA
PMP.812993.28704054	PMP Laseres - Oftalmologia - ...	Hospital Da Luz Pó...	Oftalmologia	01/05/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.812994.28704057	PMP Biometro - Oftalmologia - ...	Hospital Da Luz Pó...	Oftalmologia	01/05/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.838445.37203185	PMP Prova de Esforço - Cardiol...	Hospital da Luz Arr...	Cardiologia	01/05/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.637908.27080434	PMP ESTERILIZAÇÃO. ESTERILL...	Hospital Dr. Francis...	Hospital de Ovar	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.880618.38954854	PMP Aparelho de Criciúrgia - ...	Hospital da Luz Arr...	Bloco Operatório	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.880620.38954852	PMP Medidor de Coagulação S...	Hospital da Luz Arr...	Bloco Operatório	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.880641.38956014	PMP Serra de Cortar Gesso - P...	Hospital da Luz Arr...	Pequena Cirurgia	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.880642.38956020	PMP Electrobisturi - Bloco Oper...	Hospital da Luz Arr...	Bloco Operatório	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.880643.38957069	PMP Electrobisturi - Pequena Ci...	Hospital da Luz Arr...	Pequena Cirurgia	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.880644.38957718	PMP Electrobisturi - Hemodina...	Hospital da Luz Arr...	Hemodinâmica	01/06/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.756573.52272610	PMP Esterilizadores - Esterilizaç...	Hospital da Luz Arr...	Esterilização	01/07/2022 09:00	Nenhum SLA
PMP.757469.52230795	PMP Autoclaves de Bancada - ...	Hospital Da Luz Pó...	Medicina Dentária	01/07/2022 09:00	Nenhum SLA

Figura 5.4: Listagem de Manutenções.

O Infraspak disponibiliza uma ferramenta que permite a comunicação entre os clientes e a empresa de manutenção de eletromedicina. Esta opção de comunicação permite ao cliente reportar diretamente na plataforma a avaria do equipamento, a IA atribui a reparação ao técnico mais adequado e os gestores necessitam apenas

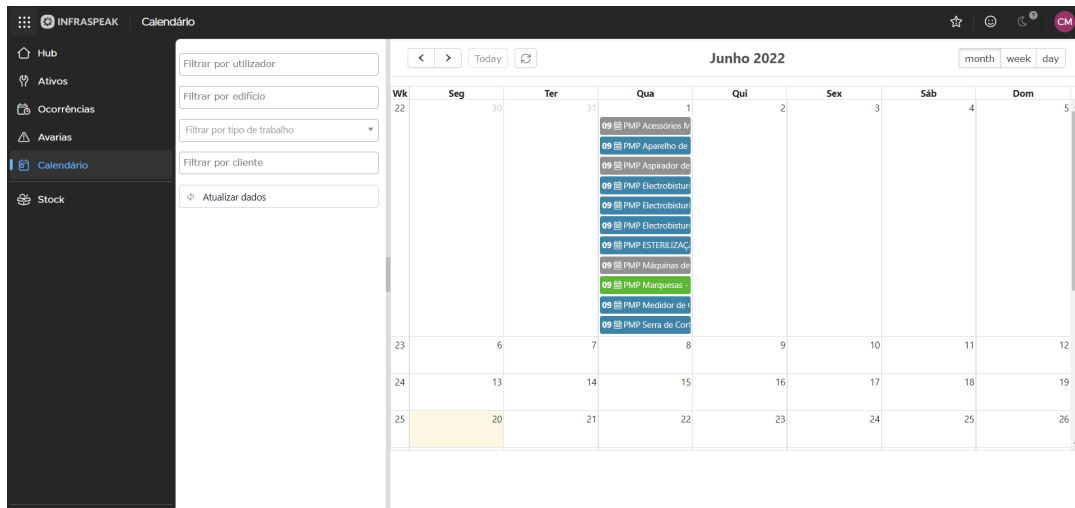


Figura 5.5: Calendário de Manutenções Preventivas. Azul - Por fazer; Cinza - Realizada; Verde - Ativo.

de validar a sugestão dada pelo sistema. No Hospital da Luz Arrábida, o circuito de reporte de avarias não funciona através da ferramenta do Infraspak.

No HL Arrábida os funcionários (assistentes e enfermeiros) abrem incidente da avaria na plataforma do hospital denominada por CAT (centro de assistência técnica). Esta aplicação envia automaticamente um email para o engenheiro responsável pelos equipamentos médicos da equipa DIME local (Direção de Infraestruturas e Manutenção de Equipamentos). Após isto o engenheiro reencaminha o email para o profissional de manutenção de eletromedicina que está alocado à unidade em questão. Quando o email da avaria chega ao técnico da SMH, este regista a avaria no Infraspak. As avarias ficam registadas numa listagem (figura 5.6). Nesta secção temos quatro páginas "Por aprovar", "Ativas", "Pausadas" e "Fechadas".

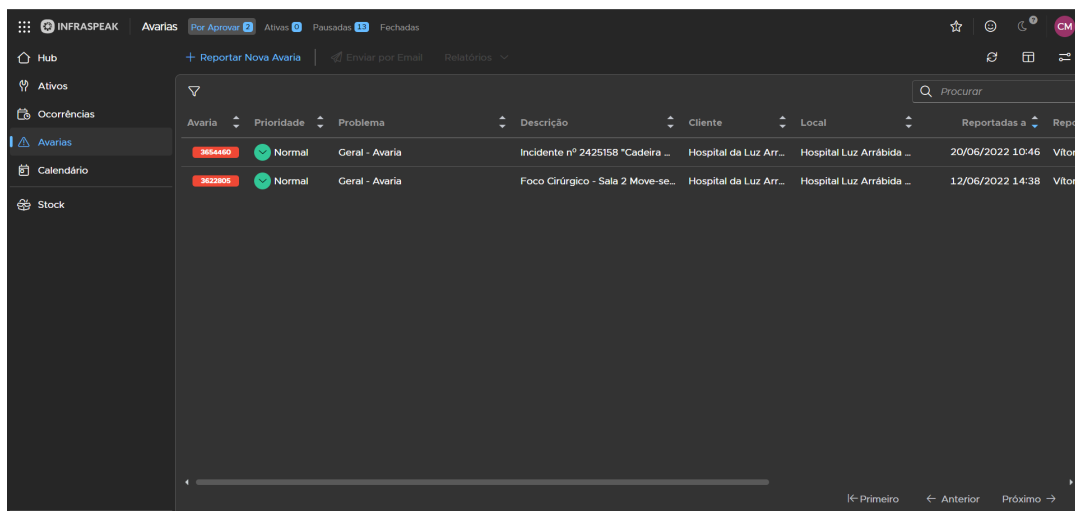


Figura 5.6: Listagem de Avarias.

Quando as intervenções são fechadas, tanto as planeadas como as corretivas, é

gerado um relatório das manutenções que é apresentado ao engenheiro responsável do hospital para que este assine a folha de obra. Após a assinatura o técnico da empresa (SMH) envia o relatório para o hospital.

Na área dos gestores, existe uma função na zona lateral chamada “Análise”. Esta função é indispensável para a empresa, dado que permite gerar um relatório, em que a periodicidade é estabelecida pelos responsáveis (gestores). Estes relatórios uniformizam e juntam toda a informação relativa a todo o tipo de manutenções realizadas no hospital em questão. Isto permite fazer uma avaliação dos serviços prestados até a data, quer pela empresa quer pelo Hospital. A avaliação torna-se benéfica para ambas as partes, enquanto a empresa consegue verificar a eficácia e o trabalho dos funcionários, o Hospital consegue ter um controlo sobre todas as intervenções realizadas de uma forma simplificada e mais intuitiva. No caso do Hospital da Luz Arrábida e das restantes unidades do Grupo Luz Saúde a que a SMH presta serviços, são gerados relatórios trimestrais e anuais.

A empresa está a incrementar uma nova função na sua aplicação. Esta nova utilidade permite criar uma espécie de inventário de todo o material que está na posse da empresa, ou seja, esta função consegue gerir o stock de material. Com esta nova função é possível saber o que está tanto no armazém central como nas oficinas de cada hospital da empresa. Isto é uma mais-valia para a empresa conseguir controlar o que tem disponível em cada Hospital e no armazém central, o que consequentemente evita gastos desnecessários.

Esta solução informática de apoio à gestão dispõe ainda de muitas mais opções, tais como vendas, compras e GPS, mas a SMH optou por não aderir a estes serviços visto que não se revelou ser-lhes útil no dia-a-dia de trabalho.

Capítulo 6

Conclusão

Os equipamentos médicos constituem ferramentas essenciais na área da saúde. Promover e providenciar o seu bom funcionamento, durante todo o seu ciclo de vida, deve ser uma preocupação contínua de qualquer gestor de equipamento. A manutenção de um equipamento médico é uma acção que visa contribuir para garantir o seu bom funcionamento.

O estágio curricular descrito neste documento foi realizado na área da manutenção e reparação de equipamentos médicos e foi supervisionado pela empresa SMH. Este estágio proporcionou a interação com diversas instituições de saúde e com inúmeros equipamentos médicos. A integração foi feita na equipa residente do Hospital da Luz Arrábida, e dado que esta instituição é reconhecida pelo serviço de bloco operatório, mais concretamente na área da cardiologia, o tema principal do estágio foi direccionado para os equipamentos directamente relacionados com esta área. Os equipamentos mencionados no corpo do relatório (Balão intra-aórtico, Máquina de circulação extracorporeal e Permutador de calor) são utilizados para tratamento cirúrgico de doenças e/ou deformidades do coração e dos vasos. Estes equipamentos são bastante sensíveis devido ao papel que desempenham pelo que é necessário garantir que estes cumprem todos os requisitos de segurança e de bom funcionamento.

Durante o estágio foi feita a integração numa equipa de campo responsável pelas manutenções tanto corretivas como preventivas de uma vasta variedade de dispositivos médicos. Além do Hospital da Luz Arrábida, foram também realizadas diversas intervenções noutras unidades do Grupo Luz Saúde, tais como: HL Vila Real, HL Póvoa de Varzim, HL Clínica do Porto, HL Clínica de Santa Maria da Feira, HL Clínica de Amarante e, ainda na clínica Fidelidade. Fora do Grupo foram ainda visitados os seguintes hospitais: Hospital Escola Fernando Pessoa e o Hospital de Ovar. Nas unidades do Grupo Luz Saúde foram concretizadas tanto manutenções preventivas como corretivas; já no Hospital Fernando Pessoa as intervenções foram apenas do tipo preventivas. Por fim, no Hospital de Ovar foram feitas apenas manutenções corretivas, essencialmente na área da esterilização.

Considerando os objetivos enumerados no subcapítulo 1.3, foram acompanhadas e realizadas ações de manutenção em ambiente hospitalar. Além disso, houve interação com o sistema de gestão de apoio à manutenção utilizado pela SMH - o Infraspak. Assim, foi garantida a concretização tanto trabalho de campo como trabalho de gestão visto que foi necessário elaborar e organizar uma série de documentos relativos às intervenções concretizadas pela equipa. Todas as ações praticadas foram supervisionadas por um profissional da empresa.

Durante a realização deste estágio foi necessário adquirir várias competências, incluindo rapidez de raciocínio e execução de tarefas sob pressão devido ao pouco tempo que era disponibilizado em algumas manutenções corretivas. Além disto, foi necessário melhorar as capacidades de organização para gerir todo o tipo de intervenções agendadas de forma a garantir uma resposta eficiente.

O estágio na empresa SMH permitiu obter conhecimentos em duas áreas relacionadas com a instrumentação biomédica - a área da manutenção e a área da gestão, o que se torna uma mais valia pois garante experiência e conhecimento em duas das vertentes para as quais o Mestrado de Instrumentação Biomédica deve preparar os seus alunos.

De realçar ainda que, no âmbito do trabalho de estágio, foi aceite para apresentação no 1^o Congresso Nacional de Engenharia e Gestão de Ativos um artigo científico cujo Resumo está publicado na seguinte obra:

F. Coutinho, A. Morais, I. Lopes and L. Pinto, “O papel dos equipamentos de teste no ciclo de vida dos equipamentos médicos,” in *Fundamentos e Perspetivas de Inovação na Gestão de Ativos - Coleção Ativos de Engenharia*, N. M. d. Almeida, J. T. Farinha, H. Raposo, D. Gaspar and E. Pais, Eds., Coimbra, Ponte Editora, 2022, p. 56. A Unidade Curricular de Estágio constituiu, sem dúvida, uma mais valia no culminar da formação académica visto que possibilitou a consolidação de todos os conhecimentos transmitidos durante o percurso académico e representa uma excelente preparação para o mundo do trabalho.

Anexo 1 - Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados

Neste anexo são apresentados, na tabela 6.1, os equipamentos que foram intervencionados no decorrer do estágio.

Tabela 6.1: Equipamentos de Eletromedicina Intervencionados.

Serviço Hospitalar	Equipamento
Bloco Operatório	Aparelho de Autotransusão Aparelho de Criocirurgia Aquecedor de Doentes Aspirador Aspirador de Tumores Balão Intra-aórtico Desfibrilhador Eletrobisturi Eletrobisturi de Árgon Foco cirúrgico Fonte de Luz Insuflador de CO ₂ Máquina de Circulação Extracorporal Marquesa Cirúrgica Pendente Cirúrgico Processador de vídeo Permutador de Calor Ventilador
Cardiologia	Monitor de Tensão Arterial Prova de Esforço

Continuação da tabela 6.1	
Serviço Hospitalar	Equipamento
Centro Cirúrgico	Eletrobisturi Desfibrilhador
Esterilização	Esterilizadores (bancada, 490 L, 250 L e 360 L) Máquina de Lavar e de Desinfetar Máquina de Selar
Estomatologia	Autoclave de Bancada Cadeira Odontológica Carrinho de Dentária Portátil Fotopolimerizador Máquina de Selar
Farmácia	Frigoríficos de Medicação Máquina de Embalar Medicamentos
Gastroenterologia	Bombas de Irrigação Desfibrilhador Eletrobisturi Eletrobisturi de Árgon Fonte de Luz Insufladores de CO ₂ Monitor de Sinais Vitais Pendente Cirúrgico Carro de Emergência
Ginecologia	Cadeira Ginecológica Cardiotocografo Colposcópico Fonte de Luz
Hemodinâmica	Eletrobisturi Desfibrilhador
Hematologia/ Laboratório	Frigorífico de Sangue
Imagiologia	Carro de Emergência Desfibrilhador Insuflador de CO ₂ Monitor de Sinais Vitais Ortopantomografo

Continuação da tabela 6.1	
Serviço Hospitalar	Equipamento
Internamento	Desfibrilhador Máquina de Lavar Arrastadeiras Monitores de Sinais Vitais
Maternidade	Aquecedor de Doentes Cardiotocografo Fonte de Luz Monitor de Sinais Vitais Desfibrilhador
Oftalmologia	Equipe de Oftalmologia Focómetro Lâmpada de Fenda Projektor de Optótipos
Otorrinolaringologista	Equipe de Otorrino Fonte de Luz Potenciais Evocados Processador de Vídeo Telepack Sistema de Laringoscopia
UCI	Aquecedor de Doentes Desfibrilhadores Eletrocardiografo Elevador de Pacientes
Urgência	Desfibrilhadores Eletrocardiografo Monitor de Sinais Vitais
Urologia	Colposcópico Fonte de Luz Processador de Vídeo

Anexo 2 - Relatório Trimestral

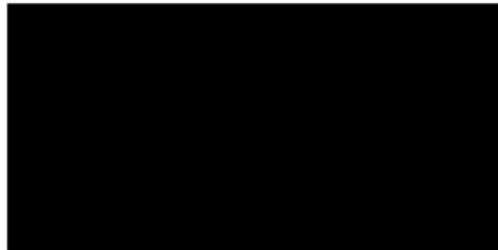
Gerado pelo Infrasppeak

Neste anexo é apresentado um relatório trimestral de um dos clientes da SMH. Por razões de confidencialidade, foi omitida a informação sobre a identificação da unidade de saúde (cliente da SMH) para quem se destina o relatório apresentado.



1 jan 2022 - 31 mar 2022

Relatórios de Cliente



Empresa

SMH – Serviço de Manutenção Hospitalar



Morada
Rua do Cunha, 45 - 4200-251 Porto

Correio eletrónico
info@smhospitalar.pt

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

Operadores

Sistema

smh.pt@infraspeak.com

Indicadores

Trabalhos

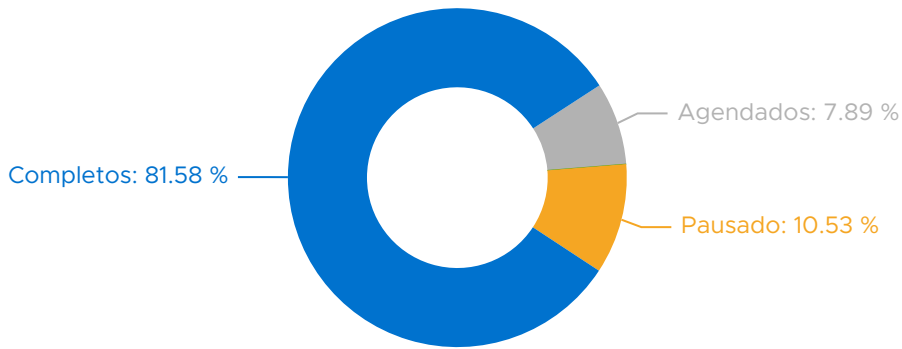
Agendados 3 (7.89%)	Em andamento 0 (0%)	Pausado 4 (10.53%)	Completos 31 (81.58%)	Total 38
-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------

PMPs conformes

Total de PMP
81.58%

PMPs conformes à data
81.58%

Programados Vs Completos
31 de 38 completos até à data



Avarias

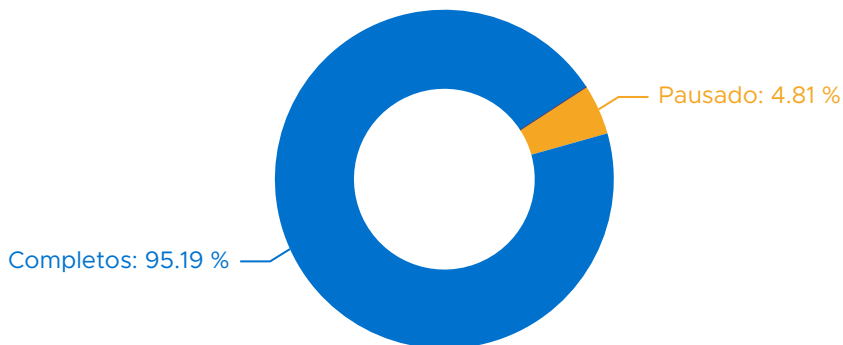
À espera de aprovação	À espera de resolução	Em resolução	Pausado	Completos	Não aprovada	Total
0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (4.81%)	99 (95.19%)	0 (0%)	104
A Aguardar Material 4 (3.85%)		A Aguardar Orçamento 1 (0.96%)				

Tempo médio de aprovação
1 hora 18 minutos 37 segundos

Tempo médio para início de resolução
14 horas 9 minutos 23 segundos

Tempo médio de início após aprovação
12 horas 50 minutos 46 segundos

Tempo médio até completar
2 dias 10 horas 3 minutos 9 segundos



Análise das avarias

Avarias por área

Área da avaria	Total	À espera de aprovação	À espera de resolução	Em resolução	Pausado	Completos	Não aprovada
Geral	104	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (5%)	99 (95%)	0 (0%)

Avarias por prioridade

Prioridade	Total	À espera de aprovação	À espera de resolução	Em resolução	Pausado	Completos	Não aprovada
● Normal	103	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (5%)	98 (95%)	0 (0%)
● Alta	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)

Avarias por local

Local	Total	À espera de aprovação	À espera de resolução	Em resolução	Pausado	Completos	Não aprova
██████████ - Bloco de Partos	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
██████████ - Bloco Operatório	21	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (10%)	19 (90%)	0 (0%)
██████████ - Centro Cirurgico 1	3	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	0 (0%)
██████████ Esterilização	18	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	18 (100%)	0 (0%)
██████████ Estomatologia	25	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (4%)	24 (96%)	0 (0%)
██████████ - Extra Contrato	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
██████████ Gastroenterologia	7	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)
██████████ - Geral -	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
██████████ Ginecologia	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)

Local	Total	À espera de aprovação	À espera de resolução	Em resolução	Pausado	Completos	Não aprova
██████████ INTERNAMENTO P8	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)
██████████ Maternidade	3	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (33%)	2 (67%)	0 (0%)
██████████ Oftalmologia	11	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)	0 (0%)
██████████ Otorrino	3	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (33%)	2 (67%)	0 (0%)
██████████ Pediatria	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
██████████ - UCI	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)
██████████ Urologia	3	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)	0 (0%)

Avarias ocorridas

Bloco de Partos (■■■■.BLOCO DE PARTOS)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3257846		Geral - Avaria Incidente nº 2388624 Desfibrilhador não efetua registo do teste em suporte papel	2022-03-18 16:43	2022-03-18 16:58	● Normal	Completos

Bloco Operatório (■■■■.BLOCO OPERATÓRIO)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3183627		Geral - Avaria Monitor satélite apresenta falha na transmissão de imagem	2022-02-28 14:13	2022-02-28 16:51	● Normal	Completos
#3024275		Geral - Avaria A rampa está solta e com a pressão entra pela parede	2022-01-13 15:04	2022-01-13 15:09	● Normal	Completos
#3045369		Geral - Avaria lampada em fim de vida	2022-01-19 15:56	2022-01-25 13:45	● Normal	Completos
#3036777		Geral - Avaria Por vezes não funciona, o gás não chega à sonda mesmo após trocada a mesma (suspeita-se que seja mau contacto do pedal)	2022-01-17 14:20	2022-01-18 14:44	● Normal	Completos
#3047380		Geral - Avaria Monitor Satélite Sala 3 Monitor não fixa quando se tenta colocar na vertical Braço do monitor encontra-se aberto	2022-01-20 10:03	2022-01-24 14:18	● Normal	Completos
#3071301		Geral - Avaria Vidro partido	2022-01-27 09:21		● Normal	Pausado
#3093758		Geral - Avaria o pedal não funciona.	2022-02-02 16:40	2022-02-02 16:42	● Normal	Completos
#3219402		Geral - Avaria Monitor da sala 3 perde imagem quando se baixa o braço.	2022-03-09 15:51		● Normal	Pausado

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3133513		Geral - Avaria Pedal não funciona	2022-02-14 15:45	2022-02-14 16:08	● Normal	Completos
#3136394		Geral - Avaria Monitor não fixa quando se tenta colocar na vertical. Braço do monitor aberto.	2022-02-15 12:07	2022-02-15 12:32	● Normal	Completos
#3135512		Geral - Avaria O foco não se mantém na mesma posição tendo tendência a subir.	2022-02-15 09:23	2022-02-16 12:08	● Normal	Completos
#3120257		Geral - Avaria aida não liga	2022-02-10 13:50	2022-02-15 12:34	● Normal	Completos
#3061036		Geral - Avaria lampada em fim de vida	2022-01-24 14:14	2022-02-16 12:09	● Normal	Completos
#3135547		Geral - Avaria Consola da storz para sistema AIDA (20046020) da sala 6 não funciona.	2022-02-15 09:29	2022-02-15 12:29	● Normal	Completos
#3008956		Geral - Avaria lente não aperta.	2022-01-10 10:18	2022-01-10 11:36	● Normal	Completos
#3273699		Geral - Avaria Foco da sala 2 não consegue focar a luz.	2022-03-23 09:10	2022-03-24 15:09	● Normal	Completos
#3173254		Geral - Avaria Marquesa avariada, não carrega.	2022-02-25 10:50	2022-02-25 11:58	● Normal	Completos
#3213723		Geral - Avaria Garrote com fuga.	2022-03-08 11:15	2022-03-09 12:26	● Normal	Completos
#3173272		Geral - Avaria Rampa vácuo da circulante da sala 1 não tem pressão suficiente.	2022-02-25 10:54	2022-02-28 14:12	● Normal	Completos
#3189027		Geral - Avaria Pedal do equipamento Celon avariado.	2022-03-02 10:41	2022-03-02 12:44	● Normal	Completos
#3242314		Geral - Avaria As rodas do microscópio estão bastante presas e desgastadas o que não permite o posicionamento correto do mesmo para a realização de cirurgia ORL.	2022-03-15 09:07	2022-03-24 15:08	● Normal	Completos

Centro Cirurgico 1 (CENTRO CIRURGICO 1)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3175259		Geral - Avaria Incidente nº 2379338 Logger avariado.	2022-02-25 16:27	2022-02-25 16:55	● Normal	Completos
#3073335		Geral - Avaria Incidente nº 2365891 Sensor temperatura - Informação não rececionada	2022-01-27 16:01	2022-02-02 17:07	● Normal	Completos
#3093736		Geral - Avaria Incidente nº 2367877 Aparelho de tensões Avariado	2022-02-02 16:34	2022-02-02 16:36	● Normal	Completos

Esterilização (ESTERILIZAÇÃO)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3026960		Geral - Avaria Incidente nº 2360387 Autoclave 3 - Com um barulho estranho	2022-01-14 11:39	2022-01-14 11:41	● Normal	Completos
#2982239		Geral - Avaria Incidente nº 2345531 autoclave - não avança os ciclos de esterilização, apresenta erro 78 e 80	2022-01-03 15:44	2022-01-03 15:45	● Normal	Completos
#2982256		Geral - Avaria Incidente nº 2345227 Autoclave 2 - Falha de vácuo no 1º ciclo de aquecimento do dia	2022-01-03 15:46	2022-01-03 15:47	● Normal	Completos
#2982272		Geral - Avaria Incidente nº 2354362 O autoclave 3 (esterilização piso 4) não concluiu o ciclo com erro "falta de água".	2022-01-03 15:49	2022-01-03 15:50	● Normal	Completos
#3008993		Geral - Avaria Incidente nº 2357200 Autoclave 3 falha de água	2022-01-10 10:23	2022-01-10 10:23	● Normal	Completos
#3008965		Geral - Avaria Incidente nº 2357368 Autoclave 1 - Faz barulho forte quando inicia os pulsados	2022-01-10 10:21	2022-01-10 10:22	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3041117		Geral - Avaria Incidente nº 2362104 A máquina de lavar nº2 (esterilização piso 4) está a fazer um ruído estranho tanto em funcionamento como parada.	2022-01-18 14:45	2022-01-20 10:05	● Normal	Completos
#3073341		Geral - Avaria Incidente nº 2366581 Autoclave com problemas de secagem	2022-01-27 16:03	2022-02-15 12:35	● Normal	Completos
#3136419		Geral - Avaria Incidente nº 2362104 Máquina de lavar 2 com ruído.	2022-02-15 12:11	2022-02-15 12:33	● Normal	Completos
#3096170		Geral - Avaria Incidente nº 2369018 Máquinas de lavar da esterilização, ferros a sair escurecidos	2022-02-03 12:08	2022-02-15 12:37	● Normal	Completos
#3136331		Geral - Avaria Incidente nº 2374303 Máquina lavar 2 fecho da porta partiu.	2022-02-15 11:56	2022-02-15 12:31	● Normal	Completos
#3158085		Geral - Avaria Incidente nº 2376985 Autoclave 1, não passou no teste de fugas.	2022-02-21 14:40	2022-02-21 16:53	● Normal	Completos
#3195281		Geral - Avaria Incidente nº 2381687 a máquina de lavar nº2 (esterilização piso 4) tem uma das hélices partidas que necessita substituição	2022-03-03 16:06	2022-03-07 15:14	● Normal	Completos
#3237893		Geral - Avaria Incidente nº 2385893 Não passou no teste de fugas.	2022-03-14 09:15	2022-03-29 15:40	● Normal	Completos
#3244326		Geral - Avaria Incidente nº 2385943 tina ultrasonica não liga	2022-03-15 14:54	2022-03-17 09:36	● Normal	Completos
#3242299		Geral - Avaria Incidente nº 2386339 A impressora da máquina de lavar nº2 (esterilização) não está a imprimir corretamente os registos de ciclos	2022-03-15 09:03	2022-03-15 14:51	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3243314		Geral - Avaria Incidente nº 2386761 A impressora da maquina de lavar nº1 miele 7826 encontra-se avariada, não permitindo a leitura do gráfico de lavagem	2022-03-15 12:08	2022-03-15 14:50	● Normal	Completos
#3296376		Geral - Avaria Incidente nº 2392960 Autoclave 1 avariado.	2022-03-29 10:25	2022-03-29 15:36	● Normal	Completos

Estomatologia ([REDACTED] ESTOMATOLOGIA)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3175232		Geral - Avaria Incidente nº 2379309 Cadeira faz barulho.	2022-02-25 16:22	2022-02-28 16:52	● Normal	Completos
#2984408		Geral - Avaria Incidente nº 2354797 a cadeira do consultório 202 deixou de funcionar.	2022-01-04 10:24	2022-01-12 10:12	● Normal	Completos
#3273686		Geral - Avaria Incidente nº 2389868 Turbina avariada.	2022-03-23 09:06	2022-03-24 15:07	● Normal	Completos
#3040177		Geral - Avaria Incidente nº 2361984 Pedimos a reparação do aspirador de saliva do consultório 203, desenhaixa facilmente.	2022-01-18 11:55	2022-01-20 08:50	● Normal	Completos
#3041144		Geral - Avaria Incidente nº 2361984 Aspirador de Saliva - Desenhaixa facilmente	2022-01-18 14:49	2022-01-18 14:51	● Normal	Completos
#3040208		Geral - Avaria Incidente nº 2361577 o autoclave do serviço de medicina dentária está avariado	2022-01-18 11:57	2022-01-18 14:43	● Normal	Completos
#3036801		Geral - Avaria Incidente nº 2360556 Tubo de aspiração da sala 213 necessita de reparação	2022-01-17 14:24	2022-01-17 15:29	● Normal	Completos
#3059357		Geral - Avaria turbina marca: kawo modelo: 650b n.s.: 107298	2022-01-24 08:59	2022-01-24 09:00	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3059372		Geral - Avaria cabeça de motor de endodontia não prende as limas. marca: dendiplay modelo: s smart plus n.s.: 00148854	2022-01-24 09:02		● Normal	Pausado
#3073352		Geral - Avaria Incidente nº 2366393 Bom dia, o autoclave está avariado, erro A74	2022-01-27 16:06	2022-02-02 17:08	● Normal	Completos
#3071203		Geral - Avaria Incidente nº 2365807 peça para verificarem a aspiração da cadeira de dentária do consultório 200	2022-01-27 08:55	2022-01-27 09:01	● Normal	Completos
#3093778		Geral - Avaria Incidente nº 2368117 Sensor do raio-x de dentária encontra-se avariado	2022-02-02 16:45	2022-02-02 16:53	● Normal	Completos
#3133565		Geral - Avaria Incidente nº 2373634 Candeeiro da cadeira do consultório avariada.	2022-02-14 15:55	2022-02-14 16:11	● Normal	Completos
#3280108		Geral - Avaria Incidente nº 2391402 Cadeira Consultório tem a mola do destartarizador partida.	2022-03-24 14:58	2022-03-24 15:10	● Normal	Completos
#3133533		Geral - Avaria Incidente nº 2372920 Equipamento de RX tem o cabo do Botão de Disparo rasgado.	2022-02-14 15:49	2022-02-16 14:26	● Normal	Completos
#3133542		Geral - Avaria Incidente nº 2372867 Cadeira do consultório avariada.	2022-02-14 15:50	2022-02-14 16:09	● Normal	Completos
#3136370		Geral - Avaria Incidente nº 2365807 Cadeira de dentária, solicita verificação da aspiração.	2022-02-15 12:03	2022-02-15 12:31	● Normal	Completos
#3136343		Geral - Avaria Incidente nº 2369576 Turbina Kavo avariada, cabeça saltou.	2022-02-15 11:58	2022-02-15 12:26	● Normal	Completos
#3282686		Geral - Avaria Incidente nº 2391684 temos uma turbina avariada, pedimos reparação urgente.	2022-03-25 09:51	2022-03-25 10:09	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3147406		Geral - Avaria Incidente nº 2376001 Seringa da cadeira não funciona a água.	2022-02-18 09:16	2022-02-18 10:29	● Normal	Completos
#3147408		Geral - Avaria Incidente nº 2376004 Botão do Rx não funciona.	2022-02-18 09:17	2022-02-18 10:32	● Normal	Completos
#3218115		Geral - Avaria Incidente nº 2382394 Ponta de Destartarizador necessita de substituição.	2022-03-09 12:28	2022-03-09 16:46	● Normal	Completos
#3188443		Geral - Avaria Incidente nº 2380675 Destartarizador não funciona.	2022-03-02 09:03	2022-03-02 09:32	● Normal	Completos
#3189036		Geral - Avaria Autoclave está a perder água.	2022-03-02 10:42	2022-03-02 12:45	● Normal	Completos
#3244338		Geral - Avaria Incidente nº 2386196 turbina do consultório 201 não funciona	2022-03-15 14:56	2022-03-15 15:04	● Normal	Completos

Extra Contrato (████████.EXTRA CONTRATO)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3189046		Geral - Avaria Máquina de lavar está a perder água.	2022-03-02 10:43	2022-03-09 16:52	● Normal	Completos

Gastroenterologia (████████.GASTROENTEROLOGIA)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3118808		Geral - Avaria Incidente nº 2370518 sala exames 2 bomba CO2 com fluxo intermitente - luz de gas flow pisca	2022-02-10 09:09	2022-02-10 13:45	● Normal	Completos
#3118844		Geral - Avaria O Incidente nº 2370519 videoprocessador sala 1. fonte de luz - indicador amarelo - tempo de utilização necessário trocar lampada	2022-02-10 09:20	2022-02-10 13:45	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3135569		Geral - Avaria Incidente nº 2371898 Bomba CO 2 avariada.	2022-02-15 09:33	2022-02-15 15:26	● Normal	Completos
#3135666		Geral - Avaria Incidente nº 2370519 Videoprocessador com lâmpada a precisar de ser trocada.	2022-02-15 09:55	2022-02-15 12:24	● Normal	Completos
#3135594		Geral - Avaria Incidente nº 2370650 Videoprocessador precisa que se troque a lâmpada do videoprocessador, atingiu o limite de hora.	2022-02-15 09:40	2022-02-15 12:30	● Normal	Completos
#3133556		Geral - Avaria Incidente nº 2373600 Equipamento de CO2 com fuga.	2022-02-14 15:53	2022-02-15 12:15	● Normal	Completos
#3118867		Geral - Avaria Incidente nº 2371898 Bomba CO 2 - salas 1 e 2 - cortes no fornecimento de CO2 - funcionamento intermitente - luz do "Gas Flow" intermitente	2022-02-10 09:27	2022-02-17 16:52	● Normal	Completos

Geral - Arrábida ([REDACTED].GERAL - [REDACTED])

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3226780		Geral - Avaria Incidente nº 2384573 Máquina de lavar faz disparar o disjuntor.	2022-03-10 15:40	2022-03-10 16:23	● Normal	Completos

Ginecologia ([REDACTED].GINECOLOGIA)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3175213		Geral - Avaria Incidente nº 2337288 Cabo colposcópico necessita de reparação.	2022-02-25 16:20	2022-02-25 16:29	● Normal	Completos

INTERNAMENTO P8 ([REDACTED].INTERNAMENTO P8)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
------------	-----------	------------------	--------------	------------	------------	--------

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3064856		Geral - Avaria Incidente nº 2363981 Desfibrilhador medic 6 - Falha de bateria na tentativa de utilização	2022-01-25 13:44	2022-01-26 09:34	● Normal	Completos
#3093827		Geral - Avaria Incidente nº 2368076 KIMO da temperatura do frigorífico avariado	2022-02-02 16:55	2022-02-02 16:55	● Normal	Completos
#3133550		Geral - Avaria Incidente nº 2372766 Desfibrilhador com uma anomalia, dispara o alarme BX HR.	2022-02-14 15:52	2022-02-14 16:10	● Normal	Completos
#3147452		Geral - Avaria Incidente nº 2376030 O KIMO não está a fazer o registo da temperatura.	2022-02-18 09:27	2022-02-18 12:00	● Normal	Completos

Maternidade (■■■■.MATERNIDADE)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3257921		Geral - Avaria Incidente nº 2388624 Desfibrilhador não efetua registo do teste em suporte papel.	2022-03-18 16:58		● Normal	Pausado
#3189865		Geral - Avaria Incidente nº 2380912 A sonda do cardiotocógrafa não funciona.	2022-03-02 13:15	2022-03-24 14:51	● Normal	Completos
#3189859		Geral - Avaria Incidente nº 2380903 Cardiotocógrafa não apresenta valores no monitor.	2022-03-02 13:13	2022-03-02 15:14	● Normal	Completos

Oftalmologia (■■■■.OFTALMOLOGIA)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3118882		Geral - Avaria Incidente nº 2371900 avaria de projector TAKAGI CP-30 SN. 0401215	2022-02-10 09:31	2022-02-10 13:46	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3135562		Geral - Avaria Incidente nº 2371900 Projector TAKAGI CP-30 avariado.	2022-02-15 09:32	2022-02-15 12:30	● Normal	Completos
#3135574		Geral - Avaria Incidente nº 2371251 Equipamento de oftalmoscópio BETA 200S HEIN) não dá luz.	2022-02-15 09:35	2022-02-15 12:38	● Normal	Completos
#3162824		Geral - Avaria Incidente nº 2377528 Armação de Prova necessita de substituição.	2022-02-22 16:06	2022-02-22 16:14	● Normal	Completos
#3162844		Geral - Avaria Incidente nº 2377526 OFTALMOSCOPIO sem luz	2022-02-22 16:11	2022-03-24 14:53	● Normal	Completos
#3162853		Geral - Avaria Incidente nº 2377583 Topografo não liga	2022-02-22 16:12	2022-02-22 16:34	● Normal	Completos
#3162860		Geral - Avaria Incidente nº 2377583 Orbscan não liga.	2022-02-22 16:13	2022-02-22 16:34	● Normal	Completos
#3118859		Geral - Avaria Incidente nº 2371251 Equipamento de oftalmoscópio BETA 200S HEIN) - Não dá luz	2022-02-10 09:24	2022-02-18 15:26	● Normal	Completos
#3173240		Geral - Avaria Incidente nº 2378230 Otoscópio Portatil está danificado.	2022-02-25 10:48	2022-02-25 10:57	● Normal	Completos
#3238602		Geral - Avaria Comando do projetor não funciona.	2022-03-14 11:24	2022-03-14 16:51	● Alta	Completos
#3298331		Geral - Avaria Incidente nº 2393285 Biometro de contacto ecrã não funciona.	2022-03-29 16:13	2022-03-29 16:14	● Normal	Completos

Otorrino ([REDACTED] .OTORRINO)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3045260		Geral - Avaria Incidente nº 2362484 Tubo de aspiração) - reparar	2022-01-19 15:30	2022-01-19 15:33	● Normal	Completos

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3192982		Geral - Avaria Incidente nº 2381271 Câmara da VNG está com instabilidade/mau funcionamento.	2022-03-03 09:35	2022-03-03 16:33	● Normal	Completos
#3218108		Geral - Avaria Incidente nº 2383944 Lâmpada fundida.	2022-03-09 12:27		● Normal	Pausado

Pediatria (■■■■.PEDIATRIA)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3190756		Geral - Avaria Incidente nº 2380875 Balança avariada.	2022-03-02 15:43	2022-03-02 16:05	● Normal	Completos

UCI (■■■■.UCI)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3067316		Geral - Avaria bateria sem autonomia	2022-01-26 09:24	2022-02-17 16:51	● Normal	Completos

Urologia (■■■■.UROLOGIA)

N.º Avaria	Avaliação	Descrição avaria	Reportada em	Fechada em	Prioridade	Estado
#3175248		Geral - Avaria Incidente nº 2379370 Urofluxómetro não liga.	2022-02-25 16:25	2022-02-25 16:30	● Normal	Completos
#3093843		Geral - Avaria Incidente nº 2368581 Cistoscópio não está a passar a imagem para o pc.	2022-02-02 16:57	2022-02-02 16:59	● Normal	Completos
#3135528		Geral - Avaria Incidente nº 2372603 Cistoscópio é necessário trocar lâmpada.	2022-02-15 09:27	2022-02-15 12:38	● Normal	Completos

Trabalhos agendados

Nome do trabalho	Agendado	Iniciado	Fechado	Estado
PMP Fontes de Luz - Ginecologia [REDACTED] (759600.32454889) Fontes de Luz - CHK Fonte de luz	2022-01-01 09:00	2022-02-28 11:05 César Mota	2022-03-04 12:28 César Mota	Completo (100 %)
PMP Monitores Telepack - Otorrino [REDACTED] (759658.32455200) Monitores - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-01-31 16:53 César Mota	2022-02-23 13:59 César Mota	Completo (100 %)
PMP Impressoras - Ginecologia [REDACTED] (759602.32454895) Impressoras - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-02-28 11:15 César Mota	2022-03-04 12:45 César Mota	Completo (100 %)
PMP Sistema Laringoscopia- Otorrino [REDACTED] (759663.32455263) Sistemas de Laringoscopia - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-02-23 11:23 César Mota	2022-02-23 11:25 César Mota	Completo (100 %)
PMP Processadores de Vídeo - Ginecologia [REDACTED] (759604.32454899) Processadores de Video - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-02-28 11:16 César Mota	2022-03-04 12:26 César Mota	Completo (100 %)
PMP Cadeiras de Ginecologia - [REDACTED] (760485.32483498) Cadeiras Ginecológica - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-02-28 11:22 César Mota	2022-03-04 12:46 César Mota	Completo (100 %)
PMP Marquesa Ginecologica - [REDACTED] (760487.32483515) Marquesas Ginecológicas - CHK Marquesa	2022-01-01 09:00	2022-02-28 11:48 César Mota	2022-02-28 11:50 César Mota	Completo (100 %)
PMP Colposcópios - Ginecologia [REDACTED] (759596.32454860) Colposcópios - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-02-28 11:06 César Mota	2022-03-08 14:56 César Mota	Completo (100 %)
PMP Processadores de Vídeo - Bloco Operatório [REDACTED] (760493.32483585) Processadores de Video - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-01-24 11:29 César Mota		Pausado (86 %)
PMP Fontes de Luz - Otorrino [REDACTED] (759607.32454905) Fontes de Luz - CHK Fonte de luz	2022-01-01 09:00	2022-01-31 16:59 César Mota	2022-02-23 14:10 César Mota	Completo (100 %)
PMP Esterilizadores - Esterilização [REDACTED] (756573.32272607) Esterilizadores - CHK Esterilizador	2022-01-01 09:00	2022-02-16 14:52 César Mota	2022-02-16 14:56 César Mota	Completo (100 %)
PMP Processador de Vídeo - Otorrino [REDACTED] (759662.32455257) Processadores de Video - CHK Seg. Eléctrica	2022-01-01 09:00	2022-02-23 13:48 César Mota	2022-02-23 13:49 César Mota	Completo (100 %)
PMP Fontes de Luz - Bloco Operatório - [REDACTED] (760491.32483563) Fontes de Luz - CHK Fonte de luz	2022-01-01 09:00	2022-01-24 12:19 César Mota		Pausado (81 %)
PMP Cardiotocografos - Ginecologia [REDACTED] (759592.32454853) Cardiotocografos - SMH_058	2022-01-01 09:00	2022-03-02 15:13 César Mota	2022-03-02 15:36 César Mota	Completo (100 %)
PMP Autoclave de Bancada - Estomatologia - [REDACTED] (762511.32618638) Autoclaves de Bancada - CHK Autoclave de Bancada	2022-02-01 09:00	2022-02-22 10:29 César Mota	2022-02-22 10:33 César Mota	Completo (100 %)

Nome do trabalho	Agendado	Iniciado	Fechado	Estado
PMP Lâmpadas de Fenda - Oftalmologia - [REDACTED] (762509.32618632) Lâmpadas de Fenda - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-22 12:02 César Mota	2022-03-18 10:16 César Mota	Completo (100 %)
PMP Aspiradores - UCI - [REDACTED] (762495.32618606) Aspiradores - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-22 16:26 César Mota	2022-03-08 11:45 César Mota	Completo (100 %)
PMP Autorefractómetros - Oftalmologia - [REDACTED] (762505.32618622) Autorefractómetros - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-22 11:49 César Mota	2022-03-18 10:15 César Mota	Completo (100 %)
PMP Aspirador de Fumos - Bloco Operatório - [REDACTED] (762501.32618611) Aspirador de Fumos - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-21 16:54 César Mota	2022-02-21 17:03 César Mota	Completo (100 %)
PMP Equipes de Oftalmologia - Oftalmologia - [REDACTED] (762508.32618629) Equipes Oftalmologia - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-22 12:29 César Mota	2022-03-18 10:18 César Mota	Completo (100 %)
PMP Focômetros - Oftalmologia - [REDACTED] (762504.32618619) Focômetros - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-22 12:23 César Mota	2022-03-18 10:02 César Mota	Completo (100 %)
PMP Projectores de Optótipos- Oftalmologia - [REDACTED] (762510.32618635) Projectores de Optótipos - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-22 12:10 César Mota	2022-03-08 13:54 César Mota	Completo (100 %)
PMP Aquecedor de Doentes - UCI - [REDACTED] (761586.32601692) Aquecedores doentes - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-16 15:15 César Mota	2022-02-17 14:54 César Mota	Completo (100 %)
PMP Lipoaspiradores - Bloco Operatório - [REDACTED] (762502.32618614) Lipoaspiradores - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-21 16:47 César Mota	2022-02-21 17:03 César Mota	Completo (100 %)
PMP Aquecedor de Doentes - Bloco Operatório [REDACTED] (761577.32597238) Aquecedores doentes - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-16 15:30 César Mota	2022-02-17 15:02 César Mota	Completo (100 %)
PMP Aquecedor de Doentes - Maternidade - [REDACTED] (761587.32601695) Aquecedores doentes - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-02-16 15:58 César Mota	2022-02-16 16:00 César Mota	Completo (100 %)
PMP Carregadores - Oftalmologia [REDACTED] (762507.32618626) Carregadores - CHK Seg. Eléctrica	2022-02-01 09:00	2022-03-02 09:51 César Mota	2022-03-02 09:54 César Mota	Completo (100 %)
PMP Ventilador [REDACTED] (794970.34928971) Ventiladores - CHK Ventilador de anestesia	2022-03-01 09:00	2022-03-25 11:45 César Mota	2022-03-25 12:16 César Mota	Completo (100 %)
PMP Esterilizadores - Esterilização [REDACTED] (756573.32272608) Esterilizadores - CHK Esterilizador	2022-03-01 09:00	2022-03-08 10:47 César Mota	2022-03-08 10:50 César Mota	Completo (100 %)
PMP Unidade Hiper-Hipotermia - [REDACTED] (799569.35295699) Unidades Aquecimento / Arrefecimento - Serviços Externos	2022-03-01 09:00			Agendado (0 %)

Nome do trabalho	Agendado	Iniciado	Fechado	Estado
PMP Cadeiras Estomatologia - [REDACTED] (794933.34926688) Cadeiras Dentárias - CHK Cadeira Dentária	2022-03-01 09:00	2022-03-28 14:13 César Mota		Pausado (50 %)
PMP Seringas Perfusoras - Bloco Operatório - [REDACTED] (794940.34926708) Seringas Perfusoras - CHK Seringa Perfusora	2022-03-01 09:00	2022-03-28 14:13 César Mota		Pausado (0 %)
PMP Balão Intra-Aortico [REDACTED] (799568.35143686) Balão Intra-aortico - Serviços Externos	2022-03-01 09:00			Agendado (0 %)
PMP Máquina de Circulação Extra Corporal [REDACTED] (799570.35143693) Máquinas de Circulação Extra Corporal - Serviços Externos	2022-03-01 09:00			Agendado (0 %)
PMP Balanças - [REDACTED] (796326.34987518) Balanças - CHK Balança	2022-03-01 09:00	2022-03-02 16:14 César Mota	2022-03-25 09:09 César Mota	Completo (100 %)
PMP Máquina de Selar - Estomatologia - [REDACTED] (794979.34928983) Máquinas de Selar - CHK Máquina de selar	2022-03-01 09:00	2022-03-04 10:44 César Mota	2022-03-04 10:50 César Mota	Completo (100 %)
PMP Frigoríficos- [REDACTED] (796327.34987524) Frigoríficos - SMH_050	2022-03-01 09:00	2022-03-18 11:48 César Mota	2022-03-31 10:57 César Mota	Completo (100 %)
PMP Elevador de Pacientes [REDACTED] (794935.34926696) Elevadores de pacientes - CHK Seg. Eléctrica	2022-03-01 09:00	2022-03-08 09:43 César Mota	2022-03-08 09:44 César Mota	Completo (100 %)

Anexo 3 - Artigo Científico

Neste anexo é apresentado o artigo científico realizado no âmbito do estágio e apresentado no 1º Congresso Nacional de Engenharia e Gestão de Ativos:

F. Coutinho, A. Morais, I. Lopes and L. Pinto, “O papel dos equipamentos de teste no ciclo de vida dos equipamentos médicos,” in Fundamentos e Perspetivas de Inovação na Gestão de Ativos - Coleção Ativos de Engenharia, N. M. d. Almeida, J. T. Farinha, H. Raposo, D. Gaspar and E. Pais, Eds., Coimbra, Ponte Editora, 2022, p. 56.

O Papel dos Equipamentos de Teste no Ciclo de Vida dos Equipamentos Médicos

Fernanda Coutinho^{1,2}, Ana Morais¹, Isabel Lopes¹, Livia Pinto¹

¹ Politécnico de Coimbra – ISEC, 3000-199 Coimbra, Portugal; fermaco:a21230238;a21270390;a21270537}@isec.pt

² Instituto de Sistemas e Robótica, Universidade de Coimbra, 3030-290 Coimbra, Portugal; fermaco@isr.uc.pt

Resumo

Os equipamentos médicos são ativos físicos que podem assumir um papel especialmente relevante e delicado na vida dos cidadãos na medida em que são, muitas vezes, parte integrante e fundamental das fases de diagnóstico e de tratamento de patologias. Os gestores desses equipamentos têm, por isso, o dever de zelar pelo seu bom funcionamento, não apenas para garantir a disponibilidade dos mesmos, mas, sobretudo, porque estes podem fazer a diferença na qualidade de vida dos pacientes e no desempenho dos profissionais de saúde. Para se conseguir que um equipamento tenha um desempenho fiel às suas especificações ao longo do seu ciclo de vida, é importante o envolvimento de profissionais especializados na realização de procedimentos de manutenção e de confirmação metrológica. Para coadjuvar estas atividades, utilizam-se, habitualmente, equipamentos de teste, que constituem elementos com importância incontornável no processo de aferir o desempenho de um equipamento médico. Atendendo ao exposto, este artigo é dedicado à apresentação de alguns dos principais equipamentos de teste, designadamente qual o princípio de funcionamento e de utilização, bem como a informação normativa aplicável. Alguns dos equipamentos de teste abordados são o analisador de segurança elétrica, o analisador de desfibriladores, o analisador de eletrobisturis, o analisador do fluxo de gás dos ventiladores, o analisador de raio-X e o simulador de sinais vitais.

Abstract

Medical equipment is a class of physical assets that can play an especially relevant and delicate role in the lives of citizens, as they are often an integral and fundamental part of the diagnosis and treatment of pathologies. The managers of these assets have, therefore, a duty to ensure they are in proper operation conditions, not only to ensure their availability, but mostly because they can make a difference in the life quality of patients and in the performance of healthcare professionals. In order to ensure that equipment performs faithfully to its specifications throughout its life cycle, it is important to involve specialized professionals in carrying out maintenance and metrological confirmation procedures. Test equipment is often used to support these activities, being fundamental for assessing the performance of medical equipment. Having this in mind, this paper is dedicated to the presentation of some of the main test equipment, discussing the principle of operation and use, as well as the applicable normative information. Some of the test equipment considered are the electrical safety analyzer, the defibrillator analyzer, the electric scalpel analyzer, the ventilator gas flow analyzer, the X-ray analyzer, and the vital signs simulator.

Palavras-Chave

Equipamento de teste; Equipamento médico; Manutenção; Calibração.

1. Introdução

Os equipamentos médicos são ativos físicos especialmente importantes e relevantes, e cujo (mau) funcionamento se pode refletir em exames de diagnóstico (in)corretos o que pode levar à (ausência de) prescrição de tratamentos adequados. É, pois, necessário garantir que estes desempenham corretamente, ao longo do seu ciclo de vida, com a necessária qualidade e exatidão, todas as funcionalidades para as quais foram projetados. Para o cumprimento deste objetivo há vários intervenientes com responsabilidades diretas e indiretas designadamente os fabricantes, os profissionais especializados em metrologia e em manutenção (Ferreira & Carvalho, 2017), os gestores dos equipamentos e as entidades nacionais responsáveis pela normalização, qualificação (certificação e acreditação) e metrologia.

50 Com a exceção de três casos, os equipamentos médicos que incluam funções de
51 medição (e as respetivas grandezas físicas envolvidas) não estão sob a alçada da
52 metrologia legal (Ferreira & Carvalho, 2017) (Wireman, 1998). Ou seja, por um lado, a
53 realização dos procedimentos inerentes à confirmação metrológica (que envolvem a
54 calibração e a verificação metrológica) não são obrigatórios, e, por outro, os critérios de
55 aceitação (erros máximos admissíveis) não estão definidos por Lei, sendo estipulados
56 pelo gestor do equipamento.

57 Não obstante, nos dias de hoje, os gestores dos equipamentos médicos (e.g.,
58 gestores/diretores hospitalares) evidenciam uma significativa sensibilidade e iniciativa
59 para assegurar a qualidade de funcionamento dos seus equipamentos, o que se traduz,
60 sobretudo, pela aplicação generalizada de procedimentos (regulares) de manutenção
61 preventiva (Farinha, 1997) e, numa escala muito inferior, de procedimentos de
62 confirmação metrológica (Bucher, 2012).

63 Os equipamentos de teste podem ser utilizados quer em procedimentos de manutenção
64 preventiva quer em calibração. Tratam-se de equipamentos padrão, com qualidade e
65 níveis de exatidão superiores aos equipamentos médicos a serem testados.
66 Tipicamente, com periodicidade anual, os gestores dos equipamentos de teste enviam-
67 nos para calibração (e.g., para laboratórios de metrologia acreditados para as grandezas
68 de interesse), permitindo-lhes assim ficar a conhecer o erro de medição e a respetiva
69 incerteza para diferentes pontos de funcionamento e com a garantia de rastreabilidade
70 metrológica (Mendes, 2020) (Costa, 2021).

71 **2. Equipamentos de teste**

72 Este artigo é dedicado aos equipamentos de teste. A Figura 1 mostra um exemplo de
73 cada um dos tipos de equipamento abordado.

74 *Figura 1 - Equipamentos de teste. (a) Equipamento de teste de segurança elétrica - ESA620 da Fluke*
75 *Biomedical; (b) Equipamento de teste de desfibriladores - Seculife DF Pro da Gossen Metrawatt; (c)*
76 *Equipamento de teste de ventiladores - VenTest 800 Series da Rigel Medical; (d) Equipamento de teste de*
77 *eletrobisturis - Uni Therm da Rigel Medical; (e) Equipamento de teste de raios X - RaySafe ThinX da*
78 *Fluke Biomedical; (f) Equipamento de teste de monitores de sinais vitais – ProSim 8 da Fluke Biomedical.*



79

80 Nesta análise, e tendo por base uma seleção de alguns dos principais equipamentos
81 médicos (ventiladores, desfibriladores, eletrobisturis, equipamentos de raios-X e
82 monitores de sinais vitais), descrevem-se quais as potencialidades e funcionalidades

83 dos equipamentos de teste que podem ser utilizados sobre esses equipamentos,
84 realçando-se também os quais os requisitos normativos com os quais deve existir
85 conformidade (Umbelino, Coutinho, Fonseca, & Monteiro, 2019).

86 Relativamente à informação normativa, é referido, para cada norma, o ano da última
87 publicação bem como os respetivos sites oficiais (da IEC e da ISO) a partir dos quais se
88 pode ter acesso ao documento completo de cada norma.

89 Os equipamentos de teste abordados são: o equipamento de teste de segurança
90 elétrica, o equipamento de teste de ventiladores, o equipamento teste de desfibriladores,
91 o equipamento teste de eletrobisturis, o equipamento de teste para equipamentos de
92 imagiologia de Raios X e o equipamento de teste para monitores de sinais vitais.

93 **2.1. Equipamento de teste de segurança elétrica**

94 Qualquer equipamento de eletromedicina deve ser sujeito a procedimentos de teste que
95 permitam apurar a sua condição ao nível da segurança elétrica, com o objetivo de
96 garantir a proteção e segurança dos seus utilizadores (paciente e profissional de saúde).

97 Existem equipamentos especificamente desenvolvidos para a realização (de forma
98 quase autónoma) de procedimentos de teste de segurança elétrica, designados por
99 “Analisadores de segurança elétrica”. Estes, uma vez ligados adequadamente ao
100 equipamento em estudo, efetuam a medição dos parâmetros de segurança elétrica,
101 nomeadamente a medição da resistência à terra, a medição da corrente de fuga para a
102 terra, a medição da corrente de fuga através do chassis, e a medição da corrente de
103 fuga através do utilizador em corrente alternada e em corrente contínua.

104 Este tipo de equipamento deve apresentar conformidade com os requisitos normativos
105 aplicáveis, dos quais se destacam as normas internacionais que constam na Tabela 1.

106 Por exemplo, a norma IEC 60601 indica quais são os requisitos gerais para a proteção
107 contra risco de choque elétrico; a norma IEC 62353 recomenda que os testes de
108 segurança elétrica sejam efetuados com regularidade, antes de os equipamentos serem
109 utilizados (após a aquisição) e após um procedimento de manutenção corretiva.

110 As normas IEC 60601-1 e IEC 62353 aplicam-se transversalmente a todos os
111 equipamentos elétricos médicos e equipamentos de teste, sendo por esse motivo
112 aplicáveis a todos os equipamentos referidos neste artigo.

113 *Tabela 1 – Requisitos normativos aplicáveis aos equipamentos de teste de segurança elétrica.*

Título	Descrição	Publicação + recente
IEC 60601-1 ¹	<i>Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance</i>	2020
IEC 62353 ²	<i>Medical electrical equipment - Recurrent test and test after repair of medical electrical equipment</i>	2014
IEC 61010-1 ³	<i>Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - Part 1: General requirements</i>	2019

114

¹ <https://webstore.iec.ch/publication/67497>

² <https://webstore.iec.ch/publication/6913>

³ <https://webstore.iec.ch/publication/64670>

115 Exemplos de empresas que comercializam este tipo de equipamento são a Fluke
116 Biomedical, a Rigel Medical e a Gossen Metrawatt. A Figura 1 apresenta três exemplos
117 de equipamentos de teste de segurança elétrica.

118 **2.2. Equipamento de teste de desfibriladores**

119 Os desfibriladores são equipamentos médicos de suporte de vida, utilizados em quadros
120 clínicos onde existe arritmia ou paragem cardíaca, e que permitem a aplicação de
121 descargas elétricas controladas na parede torácica ou nas fibras musculares do coração
122 do paciente. Podem apresentar-se como desfibriladores externos, manuais ou
123 automáticos (com saídas monofásicas, bifásicas e bifásicas pulsadas).

124 Este tipo de equipamento deve apresentar conformidade com os requisitos normativos
125 aplicáveis as normas internacionais que constam na Tabela 2.

126 *Tabela 2 – Requisitos normativos aplicáveis aos desfibriladores.*

Título	Descrição	Publicação + recente
IEC 60601-2-4 ⁴	<i>Medical electrical equipment - Part 2-4: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators</i>	2018
IEC 60601-1-2 ⁵	<i>Medical electrical equipment - Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Electromagnetic disturbances - Requirements and tests</i>	2020

127

128 Existem equipamentos especificamente desenvolvidos para auxiliar a realização de
129 procedimentos de teste a desfibriladores designados por “Analisadores de
130 desfibriladores”. Tipicamente, efetuam procedimentos de descarga induzida, com a
131 correspondente medição do valor da energia que está a ser descarregada pelas pás e
132 a respetiva duração. Para além disso, também aferem o comportamento do
133 equipamento, designado por sincronismo, que consiste em simular um sinal de
134 eletrocardiograma e aferir se o equipamento sob teste responde adequadamente no que
135 diz respeito ao momento da aplicação da descarga elétrica.

136 Exemplos de empresas que comercializam este tipo de equipamento são a Fluke, a
137 Gossen Metrawatt, a Rigel Medical, a Datrend e a BCMarketplace.

138 **2.3. Equipamento de teste de ventiladores**

139 Os ventiladores pulmonares são equipamentos médicos de suporte de vida, utilizados
140 em quadros clínicos onde existe deficiência respiratória, e que asseguram a necessária
141 ventilação e a monitorização dos parâmetros respiratórios do paciente. Podem
142 apresentar-se como dispositivos portáteis, ou estar incorporados em estações de
143 anestesia, podendo a ventilação ser controlada por volume ou por pressão.

144 Este tipo de equipamento deve apresentar conformidade com os requisitos normativos
145 aplicáveis, dos quais se destacam, as normas internacionais apresentadas na Tabela 3.

146

147

⁴ <https://webstore.iec.ch/publication/2654>

⁵ <https://webstore.iec.ch/publication/2590>

Título	Descrição	Publicação + recente
ISO 80601-2-12 ⁶	<i>Medical electrical equipment — Part 2-12: Particular requirements for basic safety and essential performance of critical care ventilators</i>	2020
ISO 80601-2-13 ⁷	<i>Medical electrical equipment — Part 2-13: Particular requirements for basic safety and essential performance of an anaesthetic workstation</i>	2022
ISO 80601-2-70 ⁸	<i>Medical electrical equipment — Part 2-70: Particular requirements for the basic safety and essential performance of sleep apnoea breathing therapy equipment</i>	2020
ISO 80601-2-72 ⁹	<i>Medical electrical equipment — Part 2-72: Particular requirements for basic safety and essential performance of home healthcare environment ventilators for ventilator-dependent patients</i>	2015
ISO 80601-2-80 ¹⁰	<i>Medical electrical equipment — Part 2-80: Particular requirements for basic safety and essential performance of ventilatory support equipment for ventilatory insufficiency</i>	2018
ISO 80601-2-84 ¹¹	<i>Medical electrical equipment — Part 2-84: Particular requirements for the basic safety and essential performance of ventilators for the emergency medical services environment</i>	2020
ISO 80601-2-87 ¹²	<i>Medical electrical equipment — Part 2-87: Particular requirements for basic safety and essential performance of high-frequency ventilators</i>	2021

149

150 Existem equipamentos de teste, designados por “Analisadores de pressão e fluxo de
 151 gás médico”, que permitem avaliar o desempenho funcional dos ventiladores.
 152 Tipicamente, os procedimentos de teste incluem a medição da temperatura, da
 153 humidade, da concentração de oxigénio, da pressão (diferencial e barométrica), do
 154 volume e do fluxo bidirecional.

155 Exemplos de empresas que comercializam este tipo de equipamento são a Fluke
 156 Biomedical, a Rigel Medical, a Datrend Systems Inc. e a Magnamed. A Figura 2
 157 apresenta três exemplos de equipamentos de teste de ventiladores.

158 **2.4. Equipamento de teste de eletrobisturis**

159 Os eletrobisturis são equipamentos médicos, utilizados em diversos procedimentos
 160 cirúrgicos (e.g., cirurgias endoscópicas, cardíacas, dentárias e estéticas), que utilizam
 161 corrente elétrica de frequência elevada (tipicamente acima de 200 kHz) para corte e
 162 coagulação de tecidos moles. Dado que o seu funcionamento induz a passagem de
 163 corrente elétrica (elevada) pelo corpo humano, é um equipamento potencialmente
 164 perigoso pelo que é imperativo garantir que são respeitados os limites tolerados pelo
 165 paciente o que pode ser conseguido com uma adequada monitorização preventiva que,
 166 segundo recomendação dos fabricantes, deve ocorrer com uma periodicidade situada
 167 entre 3 e 6 meses.

168 Este tipo de equipamento deve apresentar conformidade com os requisitos normativos
 169 aplicáveis, dos quais se destacam as normas internacionais que constam na Tabela 4.

⁶ <https://www.iso.org/standard/72069.html>

⁷ <https://www.iso.org/standard/76679.html>

⁸ <https://www.iso.org/standard/75947.html>

⁹ <https://www.iso.org/standard/61389.html>

¹⁰ <https://www.iso.org/standard/68844.html>

¹¹ <https://www.iso.org/standard/72441.html>

¹² <https://www.iso.org/standard/74486.html>

Título	Descrição	Publicação + recente
IEC 60601-2-2 ¹³	<i>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</i>	2017
IEC 61326-1 ¹⁴	<i>Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements - Part 1: General requirements</i>	2020

171

172 Existem equipamentos de teste, designados por “Analisadores de eletrobisturis”, que
 173 permitem efetuar testes de desempenho de eletrobisturis, designadamente, o teste de
 174 segurança elétrica para frequências baixas (até 1 kHz), teste de corrente de fuga para
 175 frequências elevadas, a medição de potência para os diferentes modos de operação do
 176 eletrobisturi e os testes de monitorização da qualidade de contacto (MCQ).

177 Exemplos de empresas que comercializam este tipo de equipamento são a Fluke
 178 Biomedical, a Gossen Metrawatt, a Rigel Medical, a Datrend e a BCMarketplace.

179 **2.5. Equipamento de teste de equipamentos de raios X**

180 Os equipamentos de Raios X são utilizados em exames de diagnóstico de imagiologia,
 181 não invasivos, que utilizam radiação para identificar alterações na estrutura de ossos e
 182 de órgãos. Dado tratar-se de um equipamento que envolve a utilização de radiação
 183 ionizante é potencialmente perigoso (risco de exposição) pelo que é necessário
 184 assegurar a proteção radiológica do paciente, do profissional de saúde que manipula o
 185 equipamento e de terceiros. Para tal, o gestor do equipamento deve providenciar a
 186 realização de procedimentos de manutenção preventiva, cuja periodicidade
 187 recomendada pelos fabricantes é semestral.

188 Este tipo de equipamento deve apresentar conformidade com os requisitos normativos
 189 aplicáveis, dos quais se destacam as normas internacionais que constam na Tabela 5.

190 Existem equipamentos de teste, designados por “Analisadores de raios X”, que auxiliam
 191 a realização de procedimentos de teste a este tipo de equipamento. Os principais
 192 procedimentos envolvem a verificação dos valores da dose de radiação dada ao
 193 paciente, a realização dos testes para a medição da exatidão e reprodutibilidade do
 194 indicador de tensão do tubo de raios X, a medição do tempo de exposição, o
 195 alinhamento do raio central do feixe de raios X, a verificação do rendimento do tubo e
 196 do tamanho do ponto focal, a realização de testes de repetibilidade e a medição da
 197 linearidade da taxa de *kerma* no ar. Adicionalmente, os equipamentos de teste possuem,
 198 tipicamente, sensores adicionais para equipamentos específicos de raios X utilizados
 199 por exemplo para mamografia, fluoroscopia e odontologia.

200 Exemplos de empresas que comercializam este tipo de equipamento são a Raysafe, a
 201 Fluke Biomedical e a Fisher.

202

203

¹³ <https://webstore.iec.ch/publication/28118>

¹⁴ <https://webstore.iec.ch/publication/62793>

Título	Descrição	Publicação + recente
IEC 60846-1 ¹⁵	<i>Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitor</i>	2009
IEC 60846-2 ¹⁶	<i>Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 2: High range beta and photon dose and dose rate portable instruments for emergency radiation protection purposes</i>	2015
IEC 60601-2-44 ¹⁷	<i>Medical electrical equipment - Part 2-44: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for computed tomography</i>	2016
IEC 60601-1-3 ¹⁸	<i>Medical electrical equipment - Part 1-3: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Radiation protection in diagnostic X-ray equipment</i>	2021

205

206 2.6. Equipamento de teste de monitores de sinais vitais

207 Um monitor de sinais vitais é um equipamento médico de suporte de vida que permite
 208 fazer a medição, monitorização e visualização dos sinais vitais de um paciente,
 209 nomeadamente do nível de saturação periférica de oxigénio, do sinal de
 210 eletrocardiograma, da pressão arterial invasiva, da pressão arterial não invasiva, da
 211 temperatura corporal e da frequência cardíaca. É um equipamento muito importante na
 212 monitorização da condição de um paciente pelo que importa garantir que o seu
 213 funcionamento se encontre nas melhores condições. Segundo recomendação dos
 214 fabricantes, este tipo de equipamento deve ser alvo de procedimentos de manutenção
 215 preventiva com uma periodicidade semestral.

216 Este tipo de equipamento deve apresentar conformidade com os requisitos normativos
 217 aplicáveis, dos quais se destacam as normas internacionais que constam na Tabela 6.

218

Tabela 6 – Requisitos normativos aplicáveis a monitores de sinais vitais.

Título	Descrição	Publicação + recente
IEC 60601-2-4 ¹⁹	<i>Medical electrical equipment - Part 2-4: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators</i>	2018
IEC 60601-2-25 ²⁰	<i>Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographs</i>	2011
EN 1060-3 ²¹	<i>Non-invasive sphygmomanometers - Part 3: Supplementary requirements for electro-mechanical blood pressure measuring systems</i>	2009
ISO 80601-2-61 ²²	<i>Medical electrical equipment — Part 2-61: Particular requirements for basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment</i>	2018

219

¹⁵ <https://webstore.iec.ch/publication/3682>

¹⁶ <https://webstore.iec.ch/publication/23941>

¹⁷ <https://webstore.iec.ch/publication/2661>

¹⁸ <https://webstore.iec.ch/publication/68449>

¹⁹ <https://webstore.iec.ch/publication/2654>

²⁰ <https://webstore.iec.ch/publication/2636>

²¹ <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/>

²² <https://www.iso.org/standard/67963.html>

220 Existem equipamentos de teste designados de “Simuladores de sinais vitais” que, tal
221 como o nome indica, simulam os sinais vitais de paciente e, dessa forma, permitem
222 calibrar o equipamento médico utilizando o equipamento de teste como padrão. Os
223 equipamentos de teste, tipicamente, possuem suporte para o sinal de eletrocardiograma
224 para conexões de derivações, testes de linearidade de pressão estática, simulação de
225 pressão não invasiva com teste de repetibilidade de pressão dinâmica, entre outras
226 funcionalidades.

227 Exemplos de empresas que comercializam este tipo de equipamento são a Fluke
228 Biomedical, a Rigel Medical, a Metron e a ArkMeds.

229 **3. Conclusões**

230 Os equipamentos de teste de equipamentos médicos constituem padrões de trabalho
231 com qualidade e exatidão mais elevada do que os equipamentos médicos a testar e, por
232 conseguinte, devem ser calibrados com padrões de referência desejavelmente por
233 laboratórios acreditados. Os equipamentos de teste podem ser usados pelas equipas
234 responsáveis pelos procedimentos de manutenção preventiva (para a realização de
235 testes funcionais e respetiva análise quantitativa) como também pelos metrólogos
236 responsáveis pelos procedimentos de calibração (para o cálculo dos erros e respetivas
237 incertezas). O seu papel no ciclo de vida de um equipamento médico assume, por isso,
238 um papel muito presente e de importância incontornável. Este artigo apresenta uma
239 súmula de alguns dos principais equipamentos de teste utilizados na área médica, bem
240 como os principais fabricantes e a informação normativa que deve ser atendida.

241 **Referências**

- 242 Bucher, J. (2012). *The Metrology Handbook* (2nd ed.). Quality Press.
- 243 Costa, N. R. (2021). Manutenção: Erros, Incerteza, Controlo e Calibração. *Revista*
244 *Manutenção*, 149.
- 245 Farinha, J. M. (1997). *Manutenção das instalações e equipamentos hospitalares*.
246 Minerva.
- 247 Ferreira, M. d., & Carvalho, D. (fevereiro de 2017). A metrologia na manutenção
248 hospitalar. *Revista Tecnohospital*.
- 249 Mendes, A. R. (2020). *Metrologia e Incerteza de Medição - Conceitos e Aplicações*. LTC.
- 250 Umbelino, V., Coutinho, F., Fonseca, I., & Monteiro, I. (2019). Standards about Medical
251 Equipment Maintenance – A Survey. *IEEE 6th Portuguese Meeting on Bioengineering*
252 *(ENBENG)*. Lisboa. doi:10.1109/ENBENG.2019.8692460
- 253 Wireman, T. (1998). *Developing performance indicators in managing maintenance*.
254 Industrial Press.

255

Bibliografia

- [1] Infarmed. Infarmed - Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de saúde, I.P. <https://www.infarmed.pt/>, 2016. [Online; Acedido 13-maio-2022].
- [2] Infarmed. Autoridade de designação. https://www.infarmed.pt/web/infarmed/alertas-de-seguranca/-/journal_content/56_INSTANCE_0000/15786/18562?p_p_state=pop_up&_56_INSTANCE_0000_page=1&_56_INSTANCE_0000_viewMode=print. [Online; Acedido 12-outubro-2022].
- [3] Helena Vilaça. Regulamento (ue) 2017/745 do parlamento europeu e do conselho relativo aos dispositivos médicos – análise da implementação em portugal sob a ótica dos distribuidores. Master’s thesis, Escola Nacional de Saúde Pública - Universidade Nova de Lisboa, <https://run.unl.pt/bitstream/10362/91958/1/RUN>, 2019. [Online; Acedido 12-outubro-2022].
- [4] Parlamento Europeu e o Conselho Da União Europeia. Regulamento (ue) 2017/745 do parlamento europeu e do conselho. *Jornal Oficial da União Europeia*, 2017.
- [5] Carla Mouta. Getão da manutenção. Master’s thesis, Universidade da Beira Interior, <https://ubibliorum.ubi.pt>, 2011. [Online; Acedido 13-maio-2022].
- [6] Márcia Pedro. Manutenção de dispositivos médicos e plataformas de gestão – estágio na promeicentro. Master’s thesis, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2021.
- [7] Cristian Carvalheiro. Avaliacao da gestao da manutencao de equipamentos hospitalares. Master’s thesis, Instituto Politécnico de Bragança, <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/14074>, 2016. [Online; Acedido 27-maio-2022].
- [8] Vanda Umbelino. Manutenção de equipamentos de eletromedicina e hospitalares – estágio no chuc. Master’s thesis, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/22887>, 2017. [Online; Acedido 27-maio-2022].

-
- [9] David Silva. Engenharia clínica - manutenção de equipamentos de eletromedicina. Master's thesis, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, <https://comun.rcaap.pt/handle/10400.26/11667>, 2015. [Online; Acedido 27-maio-2022].
- [10] IEC. "IEC 60601-1:2005+AMD1:2012+AMD2:2020 CSV Consolidated version". <https://webstore.iec.ch/publication/67497>. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [11] IEC. "IEC 62353:2014". <https://webstore.iec.ch/publication/6913>. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [12] IEC. "IEC 61010-1:2010/AMD1:2016/COR1:2019". <https://webstore.iec.ch/publication/64670>. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [13] Tássia Lais Maganha. "Teste de segurança elétrica (TSE): Check list e análise das normas exigidas". <https://blog.arkmeds.com/2018/04/20/teste-de-seguranca-eletrica/>, 2018. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [14] Aline Aquino. "Desfibrilador: o que é e como salvar vidas com o equipamento?". <https://cmosdrake.com.br/blog/desfibrilador/>, 2017. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [15] FLUKE. "Impulse 6000D/7000DP Desfibrilador/Analisador do Marca-passo Externo". https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/3456964_6150_por_b_w.pdf. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [16] IEC. "IEC 60601-2-4:2010". <https://webstore.iec.ch/publication/2654>. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [17] IEC. "IEC 60601-1-2:2014". <https://webstore.iec.ch/publication/2590>. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [18] Aline Aquino. "Ventilador Pulmonar: Conheça mais sobre esse equipamento". <https://cmosdrake.com.br/blog/ventilador-pulmonar-conheca-mais-sobre-esse-equipamento/>, 2019. [Online; Acedido 28-maio-2022].
- [19] ISO. "ISO 80601-2-12:2020". <https://www.iso.org/standard/72069.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [20] ISO. "ISO 80601-2-13:2022". <https://www.iso.org/standard/76679.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [21] ISO. "ISO 80601-2-70:2020". <https://www.iso.org/standard/75947.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].

- [22] ISO. “ISO 80601-2-72:2015”. <https://www.iso.org/standard/61389.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [23] ISO. “ISO 80601-2-80:2018”. <https://www.iso.org/standard/68844.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [24] ISO. “ISO 80601-2-84:2020”. <https://www.iso.org/standard/72441.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [25] ISO. “ISO 80601-2-87:2021”. <https://www.iso.org/standard/74486.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [26] Medsystem. “Eletrobisturis: procedimentos cirúrgicos”. <https://medsystem.eng.br/eletrobisturis-procedimentos-cirurgicos/>. [Online; Acedido 30-maio-2022].
- [27] IEC. “IEC 60601-2-2:2017”. <https://webstore.iec.ch/publication/28118>. [Online; Acedido 30-maio-2022].
- [28] IEC. “IEC 61326-1:2020”. <https://webstore.iec.ch/publication/62793>. [Online; Acedido 30-maio-2022].
- [29] FLUKE. “Analisador de Eletrocirurgia QA-ES III”. https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/qa-es-3_por_c_w.pdf. [Online; Acedido 30-maio-2022].
- [30] Aline Aquino. “Monitor multiparâmetro de sinais vitais: para que serve e como escolher?”. <https://cmosdrake.com.br/blog/monitor-multiparametro-de-sinais-vitais/>, 2020. [Online; Acedido 3-abril-2022].
- [31] FLUKE. “Analisador de Sinais vitais ProSim 8”. <https://www.safesolucoes.com.br/analizador-de-sinais-vitais-prosim-8>. [Online; Acedido 3-abril-2022].
- [32] IEC. “IEC 60601-2-4:2010”. <https://webstore.iec.ch/publication/2654>. [Online; Acedido 3-abril-2022].
- [33] IEC. “ISO 80601-2-87:2021”. <https://webstore.iec.ch/publication/2636>. [Online; Acedido 3-abril-2022].
- [34] Standarts. “SOURCE FOR STANDARDS, ENGINEERING SPECIFICATIONS, MANUALS AND TECHNICAL PUBLICATIONS”. <https://standards.iteh.ai/>. [Online; Acedido 3-abril-2022].

- [35] ISO. “ISO 80601-2-61:2017”. <https://www.iso.org/standard/67963.html>. [Online; Acedido 29-maio-2022].
- [36] FLUKE. “O que é um multímetro digital?”. <https://www.fluke.com/pt-pt/saber-mais/blog/aplicacoes-eletricas/o-que-e-um-multimetro-digital>. [Online; Acedido 3-abril-2022].
- [37] Talia Anjos. “O multímetro”. <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-multimetro.htm>. [Online; Acedido 13-outubro-2022].
- [38] Henrique Mattede. “Multímetro! O que é? Para que serve?”. <https://www.mundodaeletrica.com.br/multimetro-o-que-e-para-que-serve/>. [Online; Acedido 3-outubro-2022].
- [39] Field Control. Ferramentas de gestão da manutenção: conheça as 6 principais. <https://fieldcontrol.com.br/blog/ferramentas-de-gestao/>. [Online; Acedido 7-maio-2022].
- [40] Ivo Braga. Ferramentas de gestão da manutenção: conheça as 6 principais. https://www.aquaporservicos.pt/uploads/attachments/572/ivo_braga_-_1.pdf. [Online; Acedido 7-maio-2022].
- [41] Infraspak. Gestão de Operações de Manutenção: melhorar com a tecnologia. <https://blog.infraspak.com/pt-pt/gestao-de-operacoes-de-manutencao/>. [Online; Acedido 7-maio-2022].
- [42] Manwinwin. Demonstração gratuita do CMMS ManWinWin Software. <https://www.manwinwin.com/pt/pedido-de-demo/>. [Online; Acedido 8-maio-2022].
- [43] Valuekeep. Software de Manutenção Inteligente. <https://valuekeep.com/>. [Online; Acedido 8-maio-2022].
- [44] Infraspak. Plataforma Inteligente de Gestão de Manutenção. https://pages.infraspak.com/software-gestao-manutencao-pt?utm_feeditemid=&utm_device=c&utm_term=software. [Online; Acedido 8-maio-2022].