

isec
Engenharia

MESTRADO EM INSTRUMENTAÇÃO
BIOMÉDICA

**Manutenção de Equipamentos de
Fisioterapia: Estágio na Empresa
S4MED – Medical Devices**

Autor

Inês Filipa Pedrosa Ramos

Orientador

Professor Frederico Miguel do Céu Marques Santos

Professor Victor Daniel Neto dos Santos

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, dezembro de 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Manutenção de Equipamentos de Fisioterapia: Estágio na Empresa S4MED – Medical Devices

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

Autor

Inês Filipa Pedrosa Ramos

Orientador

Professor Frederico Miguel do Céu Marques dos Santos

Professor Victor Daniel Neto dos Santos

Supervisor na empresa S4MED – Medical Devices

Sérgio Miguel Pereira dos Santos

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, dezembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a toda a minha família por todo o apoio durante esta jornada, principalmente aos meus pais, Cristina e Célio, por toda a paciência e incentivo ao longo destes anos.

Aos meus orientadores, Doutor Frederico Miguel do Céu Marques dos Santos e o Doutor Victor Daniel Neto dos Santos por toda a orientação e apoio prestado ao longo deste estágio e elaboração do relatório.

A todos os colaboradores da empresa S4MED – Medical Devices, por todo o carinho e crescimento pessoal e profissional, principalmente ao técnico de manutenção, Luís Esperança, com quem passei a maior parte do tempo de estágio agradeço todos os esclarecimentos e ensinamentos que me transmitiu.

A todos os meus amigos e colegas que de certa forma passaram pela minha vida académica, mas principalmente à minha colega de casa e de estudo, Rita Couto, por todo o apoio, motivação e encorajamento durante todos estes anos.

A todas estas pessoas um grande obrigado!

RESUMO

Os equipamentos médicos assumem um papel crucial no diagnóstico, na monitorização e no tratamento de pacientes. Com o decorrer dos anos, o desenvolvimento tecnológico no mundo hospitalar tem crescido exponencialmente e, por esse motivo, torna-se necessário dar especial atenção à manutenção desses equipamentos hospitalares.

Este relatório dedica-se à documentação das manutenções realizadas numa das áreas de tratamentos da saúde – a fisioterapia – as quais foram exercidas durante seis meses de estágio na empresa S4MED – Medical Devices. Através deste, será possível conhecer alguns dos equipamentos usados nos tratamentos de fisioterapia com os quais a empresa se relacionava.

Numa primeira fase, foi realizada um estudo sobre o tema das manutenções, preventivas e corretivas, que compreendeu também uma análise das normas internacionais aplicáveis aos equipamentos de fisioterapia. Foi dada especial atenção à norma IEC 60601, que diz respeito à regulação de aspetos da segurança elétrica e mecânica de equipamentos elétricos médicos, e à norma IEC 62353, a qual define os requisitos para a realização de testes de segurança elétrica dos equipamentos elétrico médicos durante e após manutenções. Através da análise das mesmas foi possível fazer um levantamento de equipamentos de teste que ajudam a obter melhores diagnósticos sobre o funcionamento dos equipamentos de fisioterapia, e que estejam em conformidade com as referidas normas.

Neste documento são também descritas algumas das manutenções realizadas ao longo do estágio, quer preventivas ou corretivas, como são exemplo as avarias mais frequentes nos equipamentos médicos.

Palavras-chave: Equipamentos de Fisioterapia; Manutenção Preventiva; Manutenção Corretiva; Normas de Manutenção.

ABSTRACT

Medical equipment plays a crucial role in the diagnosis, monitoring and treatment of patients. Over the years, technological development in the hospital world has grown exponentially and, for this reason, it is necessary to pay special attention to the maintenance of this medical equipment's.

This report is dedicated to documenting the maintenance performed in one of the health treatment areas - physiotherapy - which was carried out during a six-month internship at S4MED – Medical Devices. Through this, it will be possible to know some of the equipment used in physiotherapy treatments with which the company was related.

In a first phase, a study was conducted about maintenance, preventive and corrective, which also included an analysis of the international standards applicable to physiotherapy equipment. Special attention was given to the IEC 60601 standard, which concerns the regulation of electrical and mechanical safety aspects of medical electrical equipment, and to the IEC 62353 standard, which defines the requirements for conducting electrical safety tests of medical electrical equipment during and after maintenance. Through their analysis, it was possible to make a survey of test equipment that helps to obtain better diagnoses of the operation of physiotherapy equipment, and that conforms to these standards.

This document also describes some of the maintenance interventions performed during the internship, either preventive or corrective, such as the most frequent faults detected in medical equipment.

Keywords: Physiotherapy Equipment; Preventive Maintenance; Corrective Maintenance; Maintenance Standards.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Motivação	1
1.2	Entidade de acolhimento	1
1.3	Objetivos	3
1.4	Súmula das principais atividades realizadas	3
1.5	Estrutura do relatório.....	4
2	MEDICINA FÍSICA E DE REABILITAÇÃO	5
2.1	Termoterapia	5
2.1.1	Hidrocoletor.....	6
2.1.2	Tina de parafina.....	9
2.2	Ultrassonoterapia.....	10
2.2.1	Equipamento de ultrassom	12
2.3	Ondas de choque	15
2.3.1	Ondas de choque focais	17
2.3.2	Ondas de choque radiais.....	19
2.4	Ginásio de fisioterapia.....	20
2.4.1	Bicicleta estática.....	20
2.4.2	Bicicleta elíptica	21
2.4.3	Pedaleiras.....	22
2.4.4	Passadeira	23
2.5	Conclusão do capítulo	24
3	MANUTENÇÃO.....	25
3.1	Tipos de manutenção.....	25
3.1.1	Manutenção preventiva	26
3.1.2	Manutenção corretiva	27
3.2	Normas aplicáveis aos equipamentos de fisioterapia	27
3.2.1	Norma IEC 60601.....	27
3.2.1.1	Classificação dos equipamentos médicos.....	29
3.2.1.2	Testes de segurança elétrica	31
3.2.2	Norma IEC 62353.....	35
3.2.2.1	Teste de fuga do equipamento.....	37
3.2.2.2	Teste de fuga de partes aplicadas	40
3.3	Ciclo de vida do equipamento	43
3.4	Conclusão do capítulo	45
4	APARELHOS DE TESTES.....	47

4.1	Equipamento de teste de segurança elétrica	47
4.2	Analisador de potência de ultrassom	50
4.3	Caneta de detecção de resistência de elétrodos	50
4.4	Multímetro	51
4.5	Osciloscópio.....	52
4.6	Conclusão do capítulo.....	53
5	INTERVENÇÕES REALIZADAS	55
5.1	Manutenções preventivas.....	55
5.1.1	Equipamentos de eletroterapia.....	55
5.1.2	Equipamento de ultrassom.....	58
5.1.3	Equipamentos de pressoterapia.....	59
5.2	Manutenções corretivas	59
5.2.1	Equipamento de acupuntura.....	60
5.2.2	Hidrocoletor Chattanooga M2	60
5.2.3	Bicicleta estática	63
5.3	Conclusão do capítulo.....	64
6	CONCLUSÕES.....	65
6.1	Propostas de melhoria	65
7	REFERÊNCIAS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Logotipo da empresa Medicineto.....	1
Figura 2 – Logotipo da empresa S4MED – Medical Devices.....	2
Figura 3 – Novas instalações da empresa S4MED – Medical Devices.....	2
Figura 4 – Diagrama de Gantt	3
Figura 5 – Compressas para hidrocoletor [3]	7
Figura 6 – Aquecimento da pele e tecidos subcutâneos após colocação da compressa [5]	8
Figura 7 – Hidrocoletor de 24 compressas [3]	8
Figura 8 – Mão após ser mergulhada em parafina.....	9
Figura 9 – Ultrassom de onda contínua (a) e ultrassom de onda pulsada (b).....	11
Figura 10 – Cavitação estável e instável	11
Figura 11 – Equipamento de ultrassom Physiomed Physioson-Expert.....	12
Figura 12 – Feixe de ultrassons	13
Figura 13 – Tratamento com equipamento de ultrassom com auxílio de gel.....	14
Figura 14 – Ondas de choque focais (esquerda) e ondas de choque radiais (direita) [9]	15
Figura 15 – Profundidades das ondas de choque focais e radiais [9]	16
Figura 16 – Diferentes sistemas de geradores de ondas de choque [9]	16
Figura 17 – Forma de uma onda de choque focal [10].....	17
Figura 18 – Eléctrodo onde passa a alta tensão.....	18
Figura 19 – Equipamento de ondas de choque eletro-hidráulico	18
Figura 20 – Equipamento de ondas de choque radiais	19
Figura 21 – Bicicleta estática.....	20
Figura 22 – Bicicleta elíptica.....	21
Figura 23 – Utente com mobilidade reduzida a usar a pedaleira para ambos os membros.....	22
Figura 24 – Pedaleira sem painel de controlo.....	23
Figura 25 – Passadeira eléctrica	23
Figura 26 – Tipos de manutenção.....	25
Figura 27 – Símbolos para a classe I [20]	29
Figura 28 – Símbolo para a Classe II [20].....	30
Figura 29 – Esquema da corrente de fuga à terra [23].....	31
Figura 30 – Esquema de teste para corrente de fuga do compartimento [23]	32
Figura 31 – Esquema de teste para corrente de fuga do paciente [23]	33
Figura 32 – Esquema de teste para corrente de fuga do paciente – tipo F [23].....	34
Figura 33 – Esquema de teste para corrente auxiliar ao paciente [23]	34
Figura 34 – Measuring Device	36
Figura 35 – Campos magnéticos opostos com fio energizado	36
Figura 36 – Exemplo de um limitador de corrente da fonte de alimentação através do método alternativo	37
Figura 37 – Esquema de teste de ligação terra	37
Figura 38 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método directo – Classe I [24].....	38

Figura 39 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método direto – Classe II [24]	38
Figura 40 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método diferencial – Classe I [24]...	39
Figura 41 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método diferencial – Classe II [24] .	39
Figura 42 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método alternativo – Classe I [24]...	40
Figura 43 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método alternativo – Classe II [24] .	40
Figura 44 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método direto – Classe I [24]	41
Figura 45 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método direto – Classe II [24]	41
Figura 46 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método alternativo – Classe II [24]	42
Figura 47 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método alternativo – Classe II [24]	43
Figura 48 – Etapas de segurança [26]	44
Figura 49 – Equipamento de teste de segurança elétrica - Rigel 288+	48
Figura 50 – Equipamento de teste de segurança elétrica - Rigel SafeTest 60	49
Figura 51 – Equipamento de teste de segurança elétrica – Fluke ESA609.....	49
Figura 52 – Medidor de potência de ultrassom – Modelo SECULIFE UP.....	50
Figura 53 – Caneta de detecção de resistência de elétrodos	51
Figura 54 – Fluxograma do processo de manutenção corretiva (baseado [16])	56
Figura 55 – Demonstração do estado do eletrodo em bom estado (esquerda), eletrodo razoável (meio) e eletrodo em mau estado (direita)	57
Figura 56 – Filtro novo (esquerda) e filtro substituído (direita)	59
Figura 57 – Equipamento de acupuntura	60
Figura 58 – Placa após reparação.....	61
Figura 59 – Painel desmontado.....	61
Figura 60 – Esquema da reparação	62
Figura 61 – Painel antes da substituição (esquerda) e painel após aplicação dos botões pulsados (direita).....	63
Figura 62 – Resultado após reparação	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de agentes terapêuticos e forma de transmissão (adaptado de [2] e [3])	6
Tabela 2 – Tipos de equipamentos EM	31
Tabela 3 – Valores limite da corrente de fuga dos equipamentos (método direto e diferencial) [25]	38
Tabela 4 – Valores limite da corrente de fuga dos equipamentos (método alternativo) [25]...	40
Tabela 5 – Valores limite da corrente de fuga das partes aplicadas (método direto) [25]	42
Tabela 6 – Valores limite da corrente de fuga dos equipamentos (método alternativo) [25]...	43
Tabela 7 – Resumo de multímetros	51
Tabela 8 – Diferentes tipos de osciloscópios.....	52

ABREVIATURAS

AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
EM	Elétrico Médico
EN	<i>European Norm / Standard</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MD	<i>Measuring Device</i>
MFR	Medicina Física e de Reabilitação
MIB	Mestrado em Instrumentação Biomédica
NP	Norma Portuguesa
TENS	<i>Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation</i>
TRP	Tensão Reduzida de Proteção
TRS	Tensão Reduzida de Segurança
UEMS	<i>Union Européenne des Médecins Spécialistes</i>
UST	Ultrassom Terapêutico

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

O presente relatório descreve as atividades realizadas durante o estágio curricular o qual foi realizado na empresa S4MED – Medical Devices, no âmbito da unidade curricular de Estágio / Projeto do Mestrado de Instrumentação Biomédica (MIB) ministrado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O estágio proposto incluiu atividades de manutenção preventiva e corretiva de equipamentos de fisioterapia, presentes nos clientes da empresa, usualmente localizados nos serviços de Medicina Física e de Reabilitação de diversas clínicas e hospitais.

As manutenções preventivas realizadas pela empresa são efetuadas maioritariamente em clínicas que tenham contratos com a empresa. As manutenções corretivas são realizadas de uma forma mais abrangente, em unidades hospitalares e/ou clínicas que desenvolvam atividades na área da Medicina Física e de Reabilitação. Contudo, por vezes, é solicitado à empresa a reparação de equipamentos de outras áreas, tais como, autoclaves.

Com este estágio foi possível adquirir novos conhecimentos sobre os equipamentos de fisioterapia, e consolidar e aplicar alguns conhecimentos obtidos ao longo da formação académica. Para além disso, o estágio permitiu o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais, benéficas para uma futura inserção profissional na área da manutenção.

1.2 Entidade de acolhimento

A S4MED, anteriormente designada de Medicineto, é atualmente uma empresa que comercializa e realiza manutenções em equipamentos hospitalares e dispositivos médicos. A empresa Medicineto foi fundada a 1976 por José Neto que, inicialmente, procedia à reparação e montagem de equipamentos eletrónicos, nomeadamente, televisões, rádios e antenas. A partir de 1979, surgiu oportunidade de ingressar no mercado da área de saúde, centrado no ramo da fisioterapia. Na Figura 1 é apresentado o logotipo da empresa Medicineto.



Figura 1 – Logotipo da empresa Medicineto

Desde a sua fundação até meados de 2014, a empresa localizava-se ao lado da habitação do seu fundador, sendo após nesse ano transferida para novas instalações, Estrada Nacional 1, Rua das Oficinas N°1633 B, 2400-504. Alto Vieiro, Azoia, Leiria.

Em 2019, a empresa mudou de gerência, continuando com os mesmos ideais, no entanto, no final do ano passado o logotipo e o nome da empresa modernizou passando de Medicineto para S4MED – Medical Devices. Na Figura 2 é apresentado o atual logotipo da empresa.



Figura 2 – Logotipo da empresa S4MED – Medical Devices

Em meados de abril de 2022, a empresa efetuou uma mudança de instalações, estando atualmente localizada na Estrada de Fátima, nº 56, Casal do Quinta, Batalha. Na Figura 3 encontra-se uma foto das novas instalações da S4MED.



Figura 3 – Novas instalações da empresa S4MED – Medical Devices

A missão da empresa abrange o fornecimento de equipamentos e dispositivos médicos de elevada qualidade, a sua instalação, e a manutenção das suas características através da prestação de serviços de manutenção corretiva e preventiva de elevada qualidade, garantido dessa forma a satisfação dos seus clientes. A empresa presta igualmente serviços de consultoria para aquisição de dispositivos médicos e assessoria na abertura de clínicas. A empresa desenvolve atividade de norte a sul do país.

A empresa S4MED é representante de várias marcas de referência, reconhecidas pela elevada qualidade, fiabilidade e durabilidade dos seus produtos, sendo essas a MTS, *Schwa*, *Rowo* e *Physiomed* entre outras. Em relação à marca *Physiomed*, a empresa é representante exclusivo a nível nacional e conseqüentemente o seu representante mais antigo.

1.3 Objetivos

Pretende-se com este estágio:

- Obter conhecimentos sobre vários equipamentos médicos, nomeadamente equipamentos usados na área da fisioterapia;
- Obter conhecimento aprofundado na área da manutenção corretiva e preventiva de equipamentos médicos;
- Auxiliar a empresa no levantamento de equipamentos de testes que permitirão uma melhor prestação de serviço nas manutenções realizadas.

1.4 Súmula das principais atividades realizadas

O estágio curricular objeto deste relatório teve início a 17 de janeiro de 2022 e termo a 29 julho de 2022. Na Figura 4 estão representadas, usando um diagrama de Gantt, as atividades realizadas no estágio, incluindo a escrita do relatório.

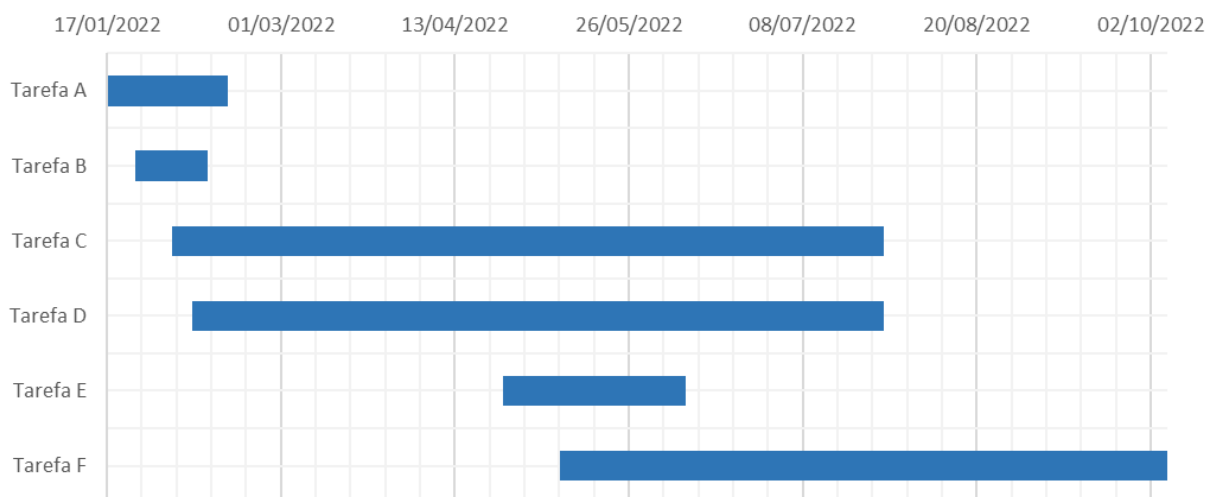


Figura 4 – Diagrama de Gantt

A tarefa ‘A’ refere-se à adaptação às atividades da empresa S4MED, à sua organização e conhecimento dos diversos equipamentos e trabalhos realizados dentro da instituição.

A tarefa ‘B’ refere-se ao levantamento de informação técnica, designadamente manuais de serviços dos equipamentos de fisioterapia aos quais a empresa S4MED usualmente presta serviços de manutenção.

A tarefa ‘C’ descreve as manutenções preventivas efetuadas nas saídas aos clientes.

A tarefa ‘D’ descreve a participação nas intervenções realizadas em manutenções corretivas e preventivas realizavas nas instalações da empresa.

A tarefa ‘E’ descreve o resultado da pesquisa de equipamentos disponíveis no mercado que podem auxiliar nas manutenções realizadas.

A tarefa 'F' diz respeito à escrita do relatório de estágio suportada por pesquisas mais aprofundadas sobre o tema deste trabalho.

1.5 Estrutura do relatório

Este relatório, no qual são retratados aspectos relacionados com as várias fases do trabalho desenvolvido neste estágio, está dividido em seis capítulos.

No capítulo 1 é realizada uma apresentação da empresa de acolhimento bem como da motivação e objetivos para o presente estágio.

No capítulo 2, denominado como Medicina Física e Reabilitação, é realizada uma breve introdução ao tema, onde são descritas as características de alguns equipamentos médicos que são utilizados para tratamento / recuperação relacionados com a área da fisioterapia.

O capítulo 3 apresenta uma contextualização à área da manutenção, sendo também abordadas as normas internacionais relacionadas com os equipamentos médicos. As normas mencionadas relacionam-se com aspectos de segurança e eficiência dos equipamentos médicos através da norma geral IEC 60601 e suas subnormas e a da norma IEC 62353.

No capítulo 4 estão descritas as características dos equipamentos de teste que podem ser utilizados nas manutenções, efetuado uma caracterização e descrevendo os seus testes.

O capítulo 5 descreve alguns processos realizados nas manutenções, preventivas e corretivas efetuadas, sendo descritos os procedimentos de recuperação do bom funcionamento do equipamento dos equipamentos e testes efetuados pela empresa.

Por fim, o capítulo 6, apresenta as conclusões deste trabalho, descrevendo as dificuldades encontradas ao longo deste estágio, tal como algumas sugestões de melhoria.

2 MEDICINA FÍSICA E DE REABILITAÇÃO

Segundo a *Union Européenne des Médecins Spécialistes* (UEMS) a Medicina Física e de Reabilitação (MFR) é uma especialidade médica que permite reabilitar funcionalidades físicas e cognitivas, nas atividades do dia-a-dia do ser humano. Esta é responsável pela prevenção, diagnóstico e tratamento de pacientes com patologias de certa forma incapacitantes para todos os grupos etários [1].

Os especialistas desta área intervêm em diversas unidades de saúde, nomeadamente clínicas, hospitais, instituições associadas à União das Misericórdias Portuguesas, onde prestam serviços a pacientes com patologias agudas e crónicas, designadamente perturbações músculo-esqueléticas, disfunção pélvica, insuficiência cardiorrespiratória entre outras [1]. Para realizarem os tratamentos necessários ao indivíduo, após o diagnóstico, é realizado um conjunto de intervenções farmacológicas, físicas e técnicas que permitem um melhor tratamento ao utente, recorrendo a vários equipamentos específicos desta área.

Este capítulo apresenta os aspetos fisiológicos, terapêuticos e tecnológicos relativos aos equipamentos de fisioterapia mais significativos, de entre os que foram estudados e intervencionados durante o estágio. Particular detalhe será dado aos dispositivos de termoterapia, ultrassonoterapia, onda de choque e equipamentos de ginásio.

2.1 Termoterapia

A termoterapia é uma modalidade terapêutica baseada na transferência de calor entre dois ou mais objetos, permitindo um aumento da vibração molecular e da taxa molecular celular [2].

Esta terapia pode ser classificada de acordo com a profundidade do tratamento (superficial ou profunda), e com o mecanismo de transmissão de calor usado (por condução, convecção ou conversão). Um equipamento é classificado como agente terapêutico superficial caso atinja temperaturas no intervalo entre os 40 °C e os 45 °C em contacto com a pele, limitando-se a profundidades inferiores a 2 cm [2]. Caso atinja profundidades superiores, é considerado um agente terapêutico profundo.

No que toca aos mecanismos de transferência de energia, a condução consiste no contacto direto entre dois corpos a diferentes temperaturas, sendo a transferência de calor proporcional à diferença de temperatura dos dois corpos e dependente da condutividade térmica destes [3]. Essa transferência/troca de calor ocorre por meio da colisão de moléculas, sendo a energia transferida do objeto com a temperatura mais elevada para o objeto de menor temperatura [2]. Na convecção, o calor é transferido utilizando um meio intermediário que realiza a transferência de energia entre dois corpos, por exemplo usando a água ou ar. Na conversão, como a palavra indica, existe uma transformação de um tipo energia noutra, por exemplo conversão de energia radiante em calor [3].

A Tabela 1, apresenta a classificação de alguns equipamentos desta modalidade no que concerne, aos agentes terapêuticos e à forma de transmissão de energia utilizada.

Tabela 1 – Classificação de agentes terapêuticos e forma de transmissão (adaptado de [2] e [3])

Equipamento	Agente terapêutico	Forma de transmissão
Hidrocoletor	Calor Superficial	Condução
Tina de Parafina	Calor Superficial	Condução
Panela de Parafango	Calor Superficial	Condução
Lâmpadas Infravermelhas	Calor Superficial	Conversão
Microondas	Calor Profundo	Conversão
Ultrassom	Calor Profundo	Conversão

Nos equipamentos mencionados acima, o calor gerado é obtido da transformação de uma forma energia noutra, sendo o calor resultante direcionado para os tecidos biológicos [4]. Mesmo que estes funcionam em modo térmico, ou seja, a funcionalidade do equipamento seja aumentar ou diminuir a temperatura corporal, estes usam formas de energia completamente diferentes para esse mesmo efeito térmico, designadamente a utilização da energia eletromagnética e energia mecânica na forma de ondas de ultrassom.

2.1.1 Hidrocoletor

O hidrocoletor é um equipamento de termoterapia que tem como função o aquecimento de compressas que se encontram dentro de um reservatório que contém água. Esse aquecimento é realizado usando uma resistência elétrica, alimentada a 230 V corrente alternada (CA), cujo funcionamento é controlado por um termóstato. Essas compressas são normalmente revestidas com tecido de algodão e compostas por sílica gel¹ ou uma substância semelhante que tenha capacidade de absorver grande número de moléculas de água [2]. As compressas podem ser retiradas do hidrocoletor com temperaturas que podem chegar aos 42 °C quando em contacto com a pele. A Figura 5 representa as compressas que são normalmente utilizadas nos hidrocoletores.

¹ Sílica gel – Composto por dióxido de silício, que tem como característica absorver e reter uma grande capacidade de água [3]



Figura 5 – Compressas para hidrocoletor [3]

Quando as compressas são aplicadas na pele, o gradiente de temperatura faz com que o calor se dissipe para a zona do corpo onde a compressa é colocada, a qual ganha calor. Ocorre assim um aquecimento superficial dessa zona, sendo o calor transferido para o paciente por meio de condução [4]. Para que as compressas mantenham o seu calor por mais tempo, estas são normalmente embrulhadas em toalhas, com o intuito de reter o calor durante cerca de 10 minutos, aumentando o isolamento térmico, das mesmas. Para além disso, a compressa não fica diretamente em contacto com a pele, evitando assim queimaduras. Quando aplicado sobre a pele, o calor húmido vai ser absorvido e pode atingir profundidades de cerca de 2 a 3 cm [2] [5], como representado na Figura 6.

A aplicação de calores húmidos é indicada nas seguintes situações [2]:

- Inflamações;
- Redução da dor;
- Espasmos muscular;
- Resolução de hematomas;
- Redução das contraturas articulares;

e contraindicada nas seguintes:

- Défices neurovasculares;
- Membros com tromboflebite;
- Feridas abertas;
- Artrite avançada;
- Gravidez.

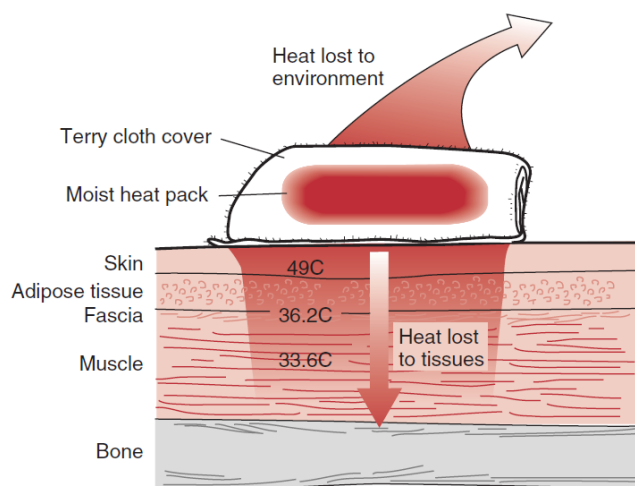


Figura 6 – Aquecimento da pele e tecidos subcutâneos após colocação da compressa [5]

Dado que existem vários tamanhos de compressas e conseqüentemente vários tamanhos de hidrocoletores, cada unidade hospital adquire o mais adequado para as suas instalações, de acordo com as suas necessidades. Estes equipamentos devem aquecer as compressas para valores de temperatura entre os 71,1 °C e 76,6 °C [2].

O funcionamento dos hidrocoletores é regulado por meio de um termóstato o qual está ligado a uma sonda de temperatura, colocada nas proximidades da resistência elétrica, de forma a medir o valor da temperatura da água. Desse modo, se a temperatura medida pela sonda apresentar valores superiores aos recomendados, o termóstato irá interromper a passagem de corrente para resistência elétrica, sendo que esta só volta a ter corrente quando a temperatura baixar para o valor adequado, entre os 71,1 °C e 76,6 °C. Caso a temperatura atinja a temperatura máxima do termóstato ou o termóstato apresentar anomalias, é ativado o termóstato de segurança, no entanto, nem todos os hidrocoletores têm incorporado o termóstato de segurança. A Figura 7 apresenta um hidrocoletor com rodas com capacidade para 24 compressas.



Figura 7 – Hidrocoletor de 24 compressas [3]

2.1.2 Tina de parafina

A tina de parafina é um reservatório de aço inoxidável, que contém uma caixa metálica que permite liquidificar a parafina que é inserida no estado sólido. O aquecimento para liquidificação da parafina pode ser realizado através de água dentro do reservatório, ou seja, em banho-maria, através de uma resistência elétrica ou unicamente com a resistência elétrica colada no exterior da caixa metálica.

A parafina é uma substância branca, sólida, derivada do petróleo com aparência de cera [6]. Para a parafina ser considerada como recurso terapêutico deve ser aquecida a uma temperatura acima do seu ponto de fusão (cerca de 50 °C), temperatura essa que é controlada por um termóstato. Através desse termóstato é possível ajustar a temperatura de funcionamento do dispositivo, para além disso, pode ser adicionado óleo mineral para cada dez partes de parafina com o intuito de diminuir o seu ponto de fusão [6].

Esta terapia é realizada em mãos e pés. Tal como nas compressas do hidrocoletor, quando o membro é colocado dentro da tina de parafina este irá ganhar calor, ocorrendo um aquecimento superficial do membro, sendo o calor transferido para o paciente por meio de condução, no entanto, estes diferem nas suas utilizações terapêuticas, uma vez que as compressas do hidrocoletor podem ser utilizadas em qualquer parte do corpo, enquanto, a parafina é usada exclusivamente para tratamento em mãos e pés.

Para realizar tratamentos com a parafina o paciente deve inserir o membro múltiplas vezes na tina de parafina, até se formar uma película grossa de parafina em seu redor. Após esse processo é utilizado um saco ou luva como forma de isolamento do calor. Na Figura 8, está representada uma mão com parafina, após realização do procedimento descrito.



Figura 8 – Mão após ser mergulhada em parafina

A parafina pode fornecer aproximadamente seis vezes mais calor do que água, no entanto, a parafina é sentida mais fria e mais tolerável do que a água à mesma temperatura. Esse efeito acontece tendo em conta o valor do calor específico da parafina, tipicamente igual a 2,72 kJ/kg/°C quando comparado com o da água que é igual 4,2 kJ/kg/°C. Ainda é possível diminuir o valor do calor específico da parafina acrescentando óleo mineral [2].

A aplicação de parafina é indicada nas seguintes situações [6]:

- Redução da dor;
- Má circulação;
- Rigidez articular;
- Contraturas articulares;

e contraindicada nas seguintes:

- Inflamações;
- Infecções;
- Áreas com alterações de sensibilidade;
- Insuficiência vascular;
- Doenças dermatológicas;
- Feridas abertas.

Por norma, o tratamento é realizado aplicando a parafina no membro durante 20 a 30 minutos. Os banhos de parafina podem ser realizados diariamente para problemas subagudos e com uma menor periodicidade em problemas crônicos. O tratamento com a parafina além de ser terapêutico também é bastante hidratante.

2.2 Ultrassonoterapia

O ultrassom terapêutico (UST) é uma das modalidades mais antigas na fisioterapia, sendo utilizado há mais de 60 anos. Inicialmente a aplicação do ultrassom tinha como finalidade promover o aquecimento de tecidos profundos, principalmente em lesões em tecidos moles. Em comparação com outros métodos de tratamento em fisioterapia, o ultrassom não faz parte do espectro eletromagnético. O UST é um sinal sonoro que não é audível pelo ouvido humano, uma vez que, este apresenta frequências superiores a 20 kHz. O tratamento através de ultrassom é utilizado em diversas patologias, que vão desde as lesões desportivas ao aceleração do processo de cicatrização de feridas [7].

Existem três propriedades para as ondas sonoras: comprimento de onda, frequência e amplitude. O comprimento de onda e a frequência estão inversamente relacionadas. Cada tratamento é efetuado consoante a frequência e o comprimento de onda, uma vez que, quanto menor for a frequência maior será a profundidade das ondas sonoras. Assim, para um tratamento de aquecimento de tecidos profundos deve ser utilizado UST com intensidades compreendidas entre 1 W/cm² e os 3 W/cm², enquanto para destruição decidual são utilizadas intensidades compreendidas entre 0,2 a 100 W/cm² [5].

O UST pode ser usado tendo por base dois efeitos de utilização distintos: térmico e não térmico. O efeito térmico é produzido por ondas contínuas de ultrassom resultando no aumento da temperatura, no local onde está a ser aplicado. Em contrapartida, o efeito não térmico consiste no método de ondas pulsadas, com intervalos de emissão que resultam num

efeito mecânico [8] que proporcionam o aumento da temperatura. Esses intervalos podem diferir consoante a programação do equipamento em questão e assim causar alteração nos tecidos através de: fluxo acústico, cavitação ou microfluxo.

Na Figura 9, estão representadas as duas formas de ondas que um dispositivo de UTS pode emitir.

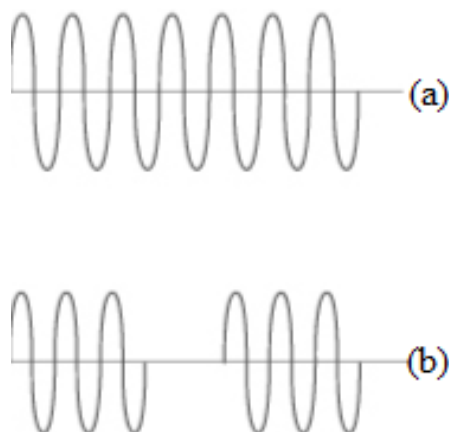


Figura 9 – Ultrassom de onda contínua (a) e ultrassom de onda pulsada (b)

A cavitação ocorre quando existe uma mudança de pressão criada através da onda ultrassónica que deforma os tecidos microscópios. A cavitação divide-se em dois tipos distintos: estável e instável. A cavitação estável é resultante de pulsos no espectro do ultrassom provocados por bolhas. Essas bolhas são formadas através de picos e vales de ultrassom causando a retenção de gás nos tecidos. A cavitação instável, também conhecida por cavitação transiente, envolve a compressão da bolha durante o pico de alta pressão, acabando por rebentar muito rapidamente e destruir tecidos locais através da libertação de energia [5]. Na Figura 10 estão representados os fenómenos da cavitação estável e instável.

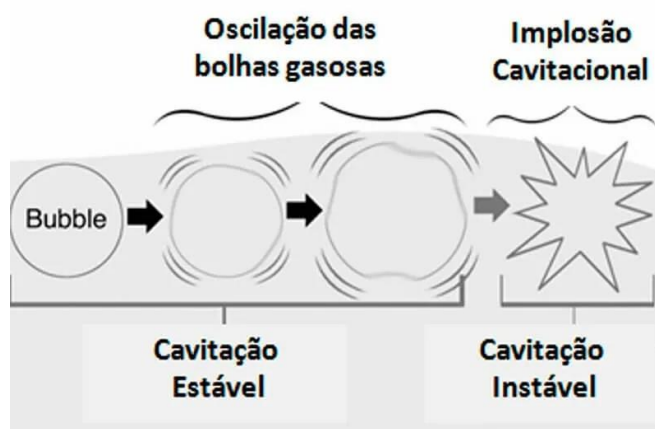


Figura 10 – Cavitação estável e instável

A cavitação e a transmissão acústica permitem criar uma microtransmissão. Essa transmissão acústica é composta por fluídos unidirecionais que percorrem as bolhas de gás. Esse fluxo acústico provocará alterações na permeabilidade e taxa de difusão das membranas celulares [5].

2.2.1 Equipamento de ultrassom

O equipamento de ultrassom, representado na Figura 11, é composto por pelo menos um transdutor e pelo chassi onde se encontra toda a parte eletrônica, que permite a definição dos parâmetros do tratamento, tais como, a duração, a intensidade e o tipo de emissão (contínua ou pulsada).



Figura 11 – Equipamento de ultrassom Physiomed Physioson-Expert

A emissão em modo contínuo corresponde à produção ininterrupta de um sinal de ultrassom pelo transdutor. Tendo em conta a natureza contínua deste tipo de transmissão é necessário que o transdutor seja movimentado lentamente sobre a pele em várias direções, de forma que energia seja distribuída uniformemente na zona em tratamento e deste modo evitar aquecimento. No modo pulsado, o ultrassom é transmitido em forma de pulsos, sendo que o equipamento dispõe de diversos programas, com diferentes intervalos de tempo, que permitem ao terapeuta selecionar o programa mais adequado ao tratamento. Esses intervalos estão relacionados com o tempo de emissão de ultrassom e tempo de pausa, sendo o padrão de transmissão do sinal repetido durante o tratamento. Refira-se que durante a interrupção de emissão de ultrassom os tecidos podem arrefecer.

Os equipamentos de ultrassom para realizarem os seus tratamentos utilizam um cristal piezoelétrico² que se encontra localizado na cabeça do transdutor, o qual é alimentado por um sinal sinusoidal com um valor de frequência igual à do sinal do ultrassom terapêutico pretendido. Assim, a onda sonora do UST é obtida a partir da vibração do cristal, sendo a

² O efeito piezoelétrico consiste na capacidade que alguns cristais têm de produzirem uma corrente elétrica por resposta a uma pressão mecânica. Nos equipamentos das ultrassons utiliza-se o efeito piezoelétrico inverso.

energia mecânica desse sinal obtida a partir da energia elétrica do sinal que alimenta o transdutor [3], formando assim o feixe de ultrassom desejado.

O feixe do ultrassom pode ser considerado em duas zonas: proximal e distal. A zona proximal é caracterizada por fenómenos interferenciais que levam à existência de picos de intensidade no equipamento em relação aos valores de intensidade definidos. A zona distal é caracterizada pela ausência de fenómenos interferenciais, sendo um feixe divergente, que apresenta uma área maior e uma intensidade menor à medida que se aumenta a distância ao transdutor [3]. Na Figura 12 estão representadas as duas zonas do feixe de ultrassons.

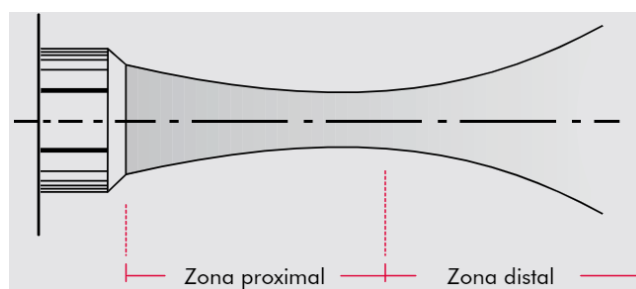


Figura 12 – Feixe de ultrassons

Na realização de tratamentos em fisioterapia são utilizados sinais de ultrassom com valores de frequência iguais a 1 e 3 MHz. Quando é utilizado uma frequência de 1 MHz a energia transmitida pode atingir profundidades de 5 cm nos tecidos, enquanto, que os sinais de frequência de 3 MHz atingem uma menor profundidade, cerca de 2 cm. A intensidade e a duração do tratamento dependem do calor necessário consoante o estado da inflamação da lesão a ser tratada [2].

Tendo em conta o elevado valor de frequência do ultrassom, este não é capaz de se propagar através do ar, sendo necessário incluir um meio adicional para realizar o contacto entre o transdutor e o tecido a ser tratado, para o efeito utiliza-se gel. Esse gel deve ser suficientemente fluído para percorrer a zona que se pretende tratar, deve igualmente ser suficientemente viscoso para que este permaneça nessa mesma zona, de forma a permitir a transmissão de energia com a mínima absorção, atenuação ou perturbação. Para um efeito terapêutico correto é necessário que exista absorção da energia aplicada. Essa absorção depende da qualidade do gel aplicado na pele, para fazer contacto com o transdutor, e com a capacidade de absorção dos tecidos. Tecidos com elevado teor de proteína absorvem mais energia, tecidos com elevado teor de água absorvem pouca energia do ultrassom [8]. A Figura 13 apresenta a realização do tratamento com o apoio do gel.



Figura 13 – Tratamento com equipamento de ultrassom com auxílio de gel

Quando a zona a tratamento é uma zona irregular, como se verifica nas extremidades distais, é usada água para realizar o tratamento, para que a administração do ultrassom seja uniforme em toda à zona de tratamento.

A utilização deste tipo de tratamento é indicada nas seguintes situações [2]:

- Contraturas articulares;
- Espasmos musculares;
- Tecidos cicatricial;
- Tendinites de supra espinhoso;
- Traumas agudos do tecido mole;
- Regulação do fluxo sanguíneo;
- Cicatrização de feridas,

sendo contraindicada em:

- Grávidas;
- Zonas com tendência a hemorragia;
- Áreas anestesiadas;
- Locais de fraturas por tensão;
- Sobre zonas cancerígenas.

Aquando da utilização deste equipamento o terapeuta deve ter em atenção que o manuseio do transdutor pode provocar danos na pele do paciente, ou seja, deve movimentar suavemente e lentamente o aplicador de ultrassom, com mudanças de direção muito subtis.

2.3 Ondas de choque

As ondas de choque são ondas acústicas/mecânicas que se propagam no meio onde são aplicadas. Estas são definidas como oscilações de pressão que se propagam em três dimensões, que provocam um grande aumento de pressão em um curto espaço de tempo [9].

Desde a década de 1980 a terapia através de ondas de choque tem vindo a ser utilizada, evoluindo ao longo dos tempos até aos dias de hoje. Com a evolução deste tratamento foram surgindo novos tipos de onda, inicialmente existiam ondas de choque focais, que eram utilizadas para problemas renais, hoje em dia é utilizado mais um tipo, as ondas de choque radiais. Assim sendo, as ondas de choque têm vindo a ser utilizadas nas diversas áreas, tais como, na fisioterapia e conseqüentemente têm demonstrado bons resultados no tratamento de reabilitação.

Ambas as ondas são mecânicas diferenciando-se tanto no formato de onda como na profundidade do tratamento, como demonstrado na Figura 14. No entanto, realizam o mesmo efeito terapêutico para a maioria das patologias clínicas, nomeadamente no tratamento de transtornos dos tecidos moles [9].

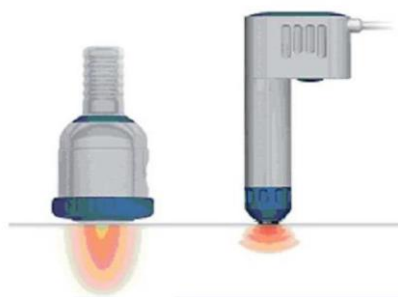


Figura 14 – Ondas de choque focais (esquerda) e ondas de choque radiais (direita) [9]

A profundidade de penetração das ondas de choque está relacionada com a frequência e energia aplicadas. Quanto maior for o valor da frequência utilizada, neste tipo de tratamentos, menor será a penetração da onda, logo, ondas de baixa frequência terão uma maior profundidade do tratamento, como se verifica na utilização do ultrassom. No caso da relação com a energia é diretamente proporcional, assim quanto maior for a energia mais profundo será o tratamento.

Na Figura 15 pode-se observar a dispersão da energia das ondas focais a qual atinge profundidades superiores em relação às ondas radiais.



Figura 15 – Profundidades das ondas de choque focais e radiais [9]

As ondas de choque são geradas por diferentes sistemas e tecnologias. As ondas de choque focais podem ser geradas através de sistemas: electro-hidráulicos, eletromagnéticos ou piezoelétricos, sendo as ondas radiais geradas por sistemas balísticos/pneumáticos.

Na Figura 16 estão representados os diferentes tipos de geradores usados para obtenção das ondas mencionadas, com os respectivos feixes de emissão.

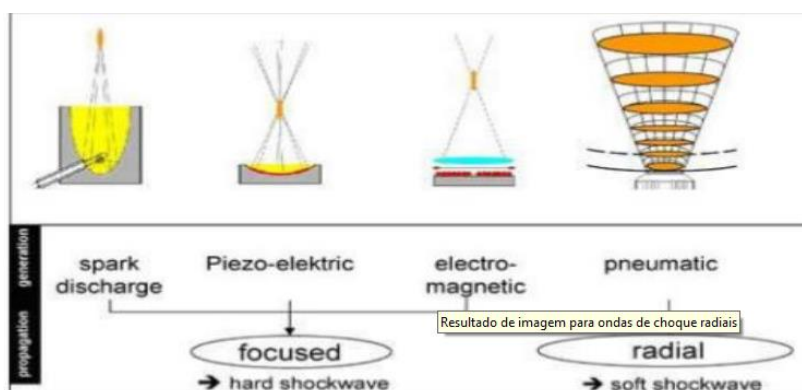


Figura 16 – Diferentes sistemas de geradores de ondas de choque [9]

O tratamento através de equipamentos de ondas de choque é utilizado quando os tratamentos convencionais existentes em fisioterapia não obtêm resultados satisfatórios, no entanto, as ondas de choque podem ser usadas como apoio ao tratamento da reabilitação [9]. Para facilitar o manuseamento do aplicador é utilizado um gel igual ao que é usado na aplicação de ultrassons.

A aplicação de ondas de choque é indicada nas seguintes situações [3] e [9]:

- Calcificação;
- Tendinite no tendão rotuliano;
- Tendinite no tendão de Aquiles;
- Esporão de calcâneo;
- Trocanterite;
- Epicondilite;

e contraindicada em:

- Implantes metálicos;
- Inflamação agudas;
- Distúrbios de coagulação;
- Lesões na pele;
- Distúrbios hemorrágicos.

2.3.1 Ondas de choque focais

As ondas focais são ondas acústicas de alta energia que se comportam como quaisquer outras ondas sonoras. A energia das ondas de choque é libertada, neste tipo de equipamentos, através de impulsos de pressão mecânica que se acumulam rapidamente, nas extremidades, na parte positiva e na parte negativa do eletrodo. Este processo é de curta duração, no máximo pode chegar aos 10 μ s, atingindo o seu pico máximo de energia e pressão em 10 ns [10]. A Figura 17 apresenta a forma de uma onda de choque focal gerada num impulso representando a variação do valor de pressão em função do tempo.

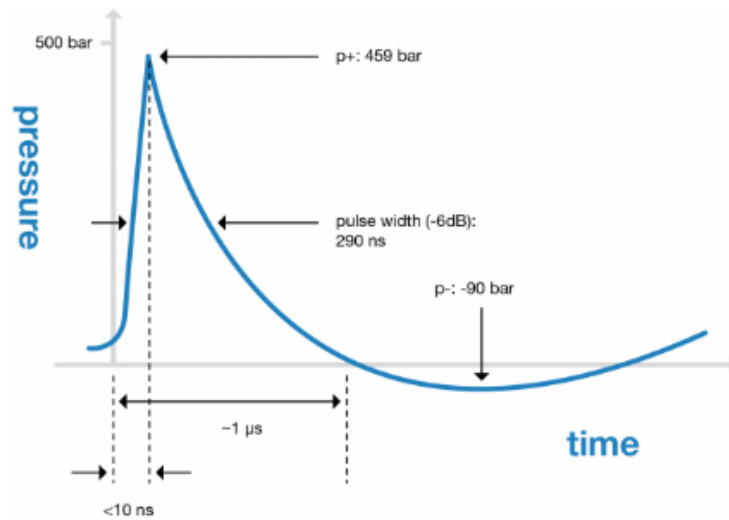


Figura 17 – Forma de uma onda de choque focal [10]

Como referido anteriormente as ondas focais são geradas por três tipos de sistemas: electro-hidráulicos, eletromagnéticos ou piezoelétricos.

Em sistema de geradores electro-hidráulicos, são geradas ondas de choque com o auxílio de água. Para obtenção de ondas através deste gerador é usado um eletrodo, presente na Figura 18, no primeiro ponto focal de um semi-elipsóide e através deste eletrodo passa uma corrente de alta tensão.



Figura 18 – Eléctrodo onde passa a alta tensão

Nas extremidades do eléctrodo a tensão é descarregada, causando uma igualdade de tensão nas pontas do eléctrodo, criando uma bolha de plasma [10], essa tensão é produzida por um *thyatron*. Essa descarga leva à vaporização da água, uma vez que, a bolha explode em várias direções e comprime a água ao seu redor. A onda de choque é refletida por um metal elipsoide e focada no segundo ponto focal [3].

Na Figura 19 está representado um equipamento a ondas de choque que utiliza a geração electro-hidráulica da marca MTS.



Figura 19 – Equipamento de ondas de choque eletro-hidráulico

Nos geradores de sistema eletromagnético é usada uma bobina eletromagnética com uma membrana metálica sobreposta. A bobina é atravessada por uma corrente de alta intensidade que cria um campo magnético, que provoca um outro campo magnético na membrana metálica. Este efeito multiplica-se mutuamente criando ondas acústicas de baixa pressão [3].

Por fim, os geradores por sistema piezoelétricos são constituídos por vários cristais piezoelétricos colocados em duas camadas sobre a superfície côncava de uma semiesfera. Através dos cristais passa uma corrente de alta tensão, que provoca a contração e expansão dos cristais produzindo, assim, uma onda de baixa pressão no meio envolvente. A pressão geral passa pela segunda camada e nesse instante é ativado um outro impulso de alta tensão. A onda de pressão acumulada é emitida através da água e este sistema é auto-focável pela forma geométrica da esfera [3].

A utilização de ondas de choque focais é essencialmente empregue em patologias mais profundas, nomeadamente alterações ósseas, em virtude de atingirem maiores profundidades que as ondas de choque radiais.

2.3.2 Ondas de choque radiais

Neste tipo de ondas de choque o sistema normalmente utilizado emprega energia pneumática / balística para a produção de ondas de choque. Dentro do cabo existe um projétil que é submetido a uma aceleração para atingir uma alta velocidade e produzir um impulso de ar comprimido. Quando o projétil entra em contato com o aplicador situado no cabo ocorre uma conversão de energia cinética em energia mecânica [3], formando a onda de choque que será aplicada nos tecidos corporais. Ao contrário das ondas focais esta tem um crescimento de pressão lento, sendo absorvida pelos tecidos a uma profundidade de cerca de 3 cm com uma densidade energética de $0,16 \text{ mJ/mm}^2$, formando um feixe tipicamente disperso [11].

O aplicador deve ser colocado perpendicularmente na zona a tratar com movimentos circulares. Na Figura 20 é demonstrada a aplicação da pistola usando ondas de choque radiais.



Figura 20 – Equipamento de ondas de choque radiais

2.4 Ginásio de fisioterapia

O ginásio de fisioterapia é um espaço em que se encontra um conjunto de equipamentos que possibilitam aos pacientes retomar a atividade física, com o objetivo de reabilitar os membros superiores e inferiores. É um espaço onde é praticado exercício físico, que é uma subcategoria da atividade física com o intuito de realizar melhorias ou manutenção de movimentos dos membros, ou seja, manter a aptidão física em termos de força, resistência muscular, capacidade aeróbia, flexibilidade, agilidade e coordenação. Neste espaço podem ser encontrados vários dispositivos incluindo pesos, passadeiras, bicicletas estáticas, bicicletas elípticas, pedaleiras como elásticos de resistência.

2.4.1 Bicicleta estática

As bicicletas estáticas permitem reabilitar e / ou reforçar os movimentos dos membros inferiores com o intuito de fortalecer as articulações e os músculos. Este equipamento é quase sempre composto por dois pedais com fivelas, um selim, um guidador, um regulador de esforço/sistema de travagem e um painel de controlo interativo que pode ser alimentado por pilhas ou através da rede elétrica.

Algumas destas bicicletas apresentam também sensores de medição de batimentos cardíacos incorporados no guidador. No painel de controlo é ainda possível verificar o nível de esforço do utilizador baseado nos batimentos cardíacos, bem como a duração e a distância percorrida durante o exercício. Na Figura 21 está representado um modelo de bicicleta tipicamente utilizado em fisioterapia.



Figura 21 – Bicicleta estática

As bicicletas estáticas possuem um sistema de travagem, também conhecido como sistema de resistência ou de freio, que pode ser de um de dois tipos existentes: sistema manual ou sistema motorizado. No sistema manual de travagem magnética, é o próprio utilizador a aumentar/diminuir o nível de resistência através de um botão existente no corpo da bicicleta,

que efetua o aumento ou diminuição do nível dos ímanes existentes próximos do volante que se vão aproximando ou afastando, proporcionando assim um maior ou menor esforço na utilização do equipamento.

O sistema motorizado de travagem magnético funciona praticamente como o anterior diferenciando-se do anterior apenas pelo modo como se efetua o aumento ou diminuição do esforço, enquanto no anterior é realizado manualmente neste é efetuado através de uma consola. Este tipo de equipamentos é contraindicado para utilizadores que sejam portadores de pacemakers.

2.4.2 Bicicleta elíptica

As bicicletas elípticas tal como as bicicletas estáticas permitem a reabilitação/reforço dos movimentos dos membros. Para além de exercitarem os membros inferiores este tipo de bicicletas permite trabalhar em simultâneo os membros superiores. Na Figura 22 está representado um exemplo destas mesmas bicicletas.



Figura 22 – Bicicleta elíptica

Estas bicicletas têm incorporado um painel de controlo, dois pedais grandes ligados a barras que se movimentam juntamente com os pedais, esse movimento é realizado através de uma série de roldanas e rolamentos que ajudam a evitar o impacto durante o exercício. Tal como o equipamento anterior o painel de controlo permite verificar a distância percorrida, a duração, seleccionar programas, permitindo a avaliação do valor da pressão arterial.

Na realização do exercício o utilizador pode optar por não trabalhar os membros superiores, uma vez que, este equipamento tem apoios estáticos para as mãos.

2.4.3 Pedaleiras

As pedaleiras servem o mesmo propósito que os equipamentos anteriores tendo incorporado praticamente os mesmos acessórios. No entanto, este equipamento permite que utilizadores com mobilidade mais reduzida ou utilizadores que necessitam de uma reabilitação mais específica aos membros superiores ou inferiores, os possam trabalhar para a sua reabilitação.

Existem pedaleiras unicamente para os membros superiores ou inferiores e pedaleiras que trabalham ambos os membros aos mesmo tempo. A Figura 23 mostra um utilizador com mobilidade reduzida a usar uma pedaleira que permite reabilitar ambos os membros, sendo a regulação do esforço realizada pelo utilizador ou terapeuta através de um “botão” que se encontra ligado a um motor hidráulico.



Figura 23 – Utente com mobilidade reduzida a usar a pedaleira para ambos os membros

Alguns destes equipamentos têm um comando que permite aos utilizadores com muito baixa mobilidade um sistema de auxílio no movimento, ou seja, existe no interior da pedaleira um motor que efetua o movimento que o utente deve realizar, sendo estas as mais dinâmicas. Contudo, existem pedaleiras mais simples que apenas possuem um regulador de esforço e os pedais com fivelas, sendo estas usadas por pessoas que têm alguma força nos membros. Na Figura 24 encontra-se representado um exemplo deste tipo de pedaleiras.



Figura 24 – Pedaleira sem painel de controlo

2.4.4 Passadeira

A passadeira é um dos equipamentos não médicos utilizados na fisioterapia. Este aparelho é usado para a prática de caminhada ou corrida proporcionando exercitação cardiovascular e muscular. Para a prática de exercício através da passadeira os utilizadores devem ter alguma capacidade física, uma vez que, o equipamento é composto por um tapete que se movimenta com o auxílio de um motor que se encontra incorporado no equipamento.

Na Figura 25 está representada uma passadeira utilizada em fisioterapia com o intuito de melhorar o equilíbrio, a postura e reabilitar a capacidade de caminhar e de correr.



Figura 25 – Passadeira elétrica

As passadeiras usadas em fisioterapia são equipamentos ativos, pelo que necessitam estar ligados à energia elétrica. Tal como as bicicletas apresentadas nas secções 2.4.1 e 2.4.2, as passadeiras têm uma consola que permite a variação da velocidade do tapete e da sua inclinação. Para além disso, dispõe de um *display* que mostra a distância percorrida, a velocidade, a inclinação, o valor das calorias queimadas e o valor da frequência cardíaca. Uma vez que a utilização deste equipamento pode ser perigosa para utilizadores que têm défice de mobilidade, a passadeira tem incorporada uma pinça que está ligada ao

equipamento, para que o utilizador coloque na sua roupa como forma de prevenção de quedas e acidentes durante a utilização do equipamento.

2.5 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram apresentados alguns equipamentos com que a empresa trabalha e que são usados na área da fisioterapia. Foram apresentadas as tecnologias e os efeitos fisiológicos da aplicação dos tratamentos, sendo esta informação relevante para compreender o funcionamento dos equipamentos.

O capítulo seguinte apresenta as principais normas que regulam as intervenções de manutenção a equipamentos elétricos de fisioterapia.

3 MANUTENÇÃO

As instituições de saúde, principalmente hospitais e clínicas, têm usado cada vez mais tecnologias com o intuito de melhorar os serviços prestados aos clientes, nomeadamente nos equipamentos médicos. Essas tecnologias permitem organizar os vários trabalhos que devem ser efetuados nos equipamentos, de modo a realizar uma gestão dos materiais tal como os serviços necessários a realizar aos equipamentos.

Segundo a norma portuguesa NP EN 13306:2007 [12], a manutenção é definida como “a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”. Assim, todos os equipamentos em funcionamento necessitam de qualquer tipo de manutenção desde a limpeza e lubrificação das suas peças até à substituição e/ou reparação dos seus componentes.

As manutenções na área da saúde revestem-se de grande complexidade e importância, uma vez que os equipamentos médicos (EM) se encontram em contacto com os utentes sendo deste modo necessária uma coordenação entre os gestores de serviços/equipamentos e os seus utilizadores para garantir um serviço de qualidade quer nas instalações como nos equipamentos [13].

Neste capítulo serão abordados os diferentes tipos de manutenção existentes e as normas principais que devem ser seguidas durante as ações de manutenção, tal como a classificação dos equipamentos médicos.

3.1 Tipos de manutenção

A manutenção é muito importante para garantir o bom funcionamento e segurança dos equipamentos durante a vida útil dos mesmos. Assim, existem diversos tipos de manutenção que são prestados aos equipamentos ao longo do seu período de vida, sendo que alguns tipos de manutenção podem ser preponderantes em determinados períodos [13]. A Figura 26 apresenta os diferentes tipos de manutenção principais apresentados ao longo deste trabalho.

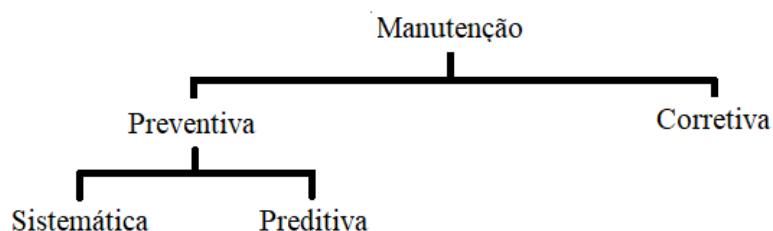


Figura 26 – Tipos de manutenção

As manutenções podem ser planeadas ou não planeadas. As manutenções planeadas correspondem à manutenção preventiva na qual é programada a data em que serão realizadas as intervenções no equipamento, enquanto, as manutenções não planeadas correspondem às manutenções corretivas em que existiu uma avaria que não era prevista no momento, ou seja, ocorreu uma falha inesperada no equipamento.

3.1.1 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva pode ser definida como um conjunto de ações e intervenções realizadas com data prevista, com o intuito de minimizar possíveis avarias ou a degradação de material que possa ocorrer, ajudando assim a diminuir o tempo de inatividade do equipamento, aumentando a produtividade e consequentemente reduzindo os custos a longo prazo [14]. As manutenções são realizadas com o equipamento operacional de forma planeada, ou seja, são efetuadas as manutenções periodicamente, dependendo das necessidades e do tipo de equipamento.

Na realização de uma manutenção são utilizados alguns métodos para verificar o funcionamento do equipamento, permitindo assim, prolongar o tempo de vida útil do mesmo. Esses métodos são os seguintes [14]:

- Inspeção visual;
- Verificação do funcionamento do equipamento;
- Substituição de peças/acessórios cujo ciclo de vida tenha terminado ou prestes a terminar;
- Lubrificação;
- Limpeza;
- Calibração do equipamento.

No entanto, não se pode afirmar a 100% que com estas verificações o equipamento não irá mais tarde desenvolver problemas nas suas funcionalidades. Com isto, a manutenção preventiva pode ser diferenciada em dois tipos: sistemática e preditiva.

Nas manutenções preventivas sistemáticas são realizadas visitas/inspeções planeadas em pontos críticos do equipamento originando intervenções quando a inspeção o revele necessário. Essas intervenções são referentes à substituição ou reparação de componentes que aparentemente estão em bom estado. Essas intervenções são realizadas com periodicidade fixa, podendo a mesma ser semanal, mensal ou anual [15].

A manutenção preventiva preditiva, também conhecida como manutenção condicionada é efetuada em função do estado do equipamento. A verificação neste modo de manutenção é realizada em modo contínuo ou em verificações periódicas através da análise do valor de certas variáveis como sejam: as vibrações, a temperatura e o estado do óleo, prevenindo assim a ocorrência de eventuais avarias [15].

3.1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva tem como objetivo determinar e resolver avarias existentes num equipamento, sendo também conhecida como manutenção curativa [16]. Esta manutenção ocorre de uma forma não planeada, sendo o procedimento efetuado após a ocorrência de uma falha com o objetivo de estabelecer a normalidade do funcionamento do equipamento.

Em comparação com a manutenção anterior, na manutenção corretiva não existe acompanhamento ou inspeções periódicas aos equipamentos, as peças só são substituídas quando estas chegam ao fim do seu ciclo de vida e assim, os equipamentos podem sofrer paragens inconvenientes e muitas das vezes demoradas.

3.2 Normas aplicáveis aos equipamentos de fisioterapia

As normas existentes para os equipamentos médicos permitem garantir a segurança do equipamento do terapeuta e do paciente. Caso o equipamento se encontre em conformidade com uma determinada norma, o utilizador terá a certeza que o produto é seguro e confiável.

As normas são elaboradas por organizações competente, tais como a *International Electrotechnical Commission* (IEC) e a *International Organization for Standardization* (ISO). Estas organizações foram as grandes impulsionadoras na introdução de uma série de padrões para a segurança e eficácia dos equipamentos elétricos médicos, nomeadamente a norma IEC 60601. No entanto, com a aplicação desta norma, os especialistas detetaram que os padrões desta norma ignoravam a necessidade de testes contínuos a equipamentos depois deste voltar ao ativo. Assim, foi introduzida a norma IEC 62353 que permitiu complementar a norma IEC 60601 nos padrões de segurança elétrica que de certa forma eram ignorados [17].

3.2.1 Norma IEC 60601

A norma “IEC 60601: Equipamento elétrico para medicina – requisitos gerais de segurança” determina os aspetos de segurança elétrica e mecânica de equipamentos EM e sistemas EM. Esta norma foi inserida em 1977 e demonstrou um conjunto de requisitos que os fabricantes de equipamentos médicos deveriam seguir, com o objetivo de detetar e eliminar quaisquer potenciais riscos elétricos [17], permitindo regulamentar a segurança básica e de desempenho essencial de equipamento EM.

A norma estabelece todos os critérios para o desenvolvimento dos equipamentos EM para que estes sejam mecanicamente seguros, permitindo reduzir o risco elétrico perante o paciente ou qualquer outra pessoa na utilização do equipamento em termos de exposição ao mesmo. Os testes relacionados com a segurança elétrica podem ser caracterizados por dois meios: meios de proteção do operador ou meios de proteção do paciente [18].

Como complemento desta norma, esta é subdividida em duas partes denominadas como normas colaterais e particulares, respetivamente. As normas colaterais têm como base a norma geral convertendo-se em uma combinação de quatro normas caracterizadas por IEC 60601-1-X (X traduz um número de 1 a 4). No caso das normas particulares, são normas mais específicas referentes a vários equipamentos e conseqüentemente tem mais variáveis, sendo caracterizada como IEC 60601-2-Y, onde Y traduz um número de 1 a 55. As normas particulares têm prioridade sobre a normas gerais, pois têm como função esclarecer e/ou modificar essas normas gerais na aplicação a um equipamento específico [19].

Algumas dessas normas, colaterais e particulares, estão associadas a dispositivos utilizados na fisioterapia, designadamente a:

- IEC 60601-1-1: Equipamento elétrico para medicina – Parte 1-1: Requisitos gerais de segurança – Norma colateral: Requisitos de segurança para sistemas elétricos de medicina;
- IEC 60601-1-2: Equipamento elétrico para medicina – Parte 1-2: Requisitos gerais de segurança – Norma colateral: Compatibilidade eletromagnética – Requisitos e ensaios;
- IEC 60601-1-4: Equipamento elétrico para medicina – Parte 1-4: Requisitos gerais de segurança – Norma colateral: Requisitos para sistemas médicos elétricos programáveis;
- IEC 60601-2-3: Equipamento elétrico para medicina – Requisitos particulares para a segurança do equipamento terapêutico por ondas curtas;
- IEC 60601-2-5: Equipamento elétrico para medicina – Requisitos particulares para a segurança do equipamento terapêutico por ultrassom para fisioterapia;
- IEC 60601-2-6: Equipamento elétrico para medicina – Requisitos particulares para a segurança do equipamento terapêutico por microondas;
- IEC 60601-2-10: Equipamento elétrico para medicina – Requisitos particulares para a segurança de estimuladores nervosos e musculares;
- IEC 60601-2-22: Equipamento elétrico para medicina – Requisitos particulares para a segurança do equipamento terapêutico e de diagnóstico laser;

Através desta norma são seguidos vários aspetos que irão apoiar de certa forma as subnormas anteriores referidas, como:

- Classificação do equipamento EM de acordo com a proteção a choques elétricos;
- Classificação das partes aplicadas dos equipamentos EM;
- Identificação/etiquetagem dos equipamentos EM;
- Requisitos gerais para testagem de equipamentos EM.

3.2.1.1 Classificação dos equipamentos médicos

Através da norma IEC 60601 os equipamentos EM podem ser classificados de acordo com a proteção contra a choque elétricos, em quatro classes (Classe 0, I, II e III). Esta classificação é atribuída a equipamentos com fonte de alimentação externa, sendo especificada pelo fabricante de acordo com o tipo de isolamento que o equipamento apresenta.

A Classe 0 é atribuída a equipamentos em que a proteção contra a choque elétrico é obtida unicamente através do isolamento principal do equipamento.

A Classe I é atribuída aos equipamentos que têm ligações das partes acessíveis a um condutor de proteção ligado à terra, sendo essa, uma medida de segurança complementar em relação à classe anterior. Caso ocorra uma falha que provoque uma passagem de corrente numa parte condutora, o equipamento desta classe irá entrar em proteção, geralmente através de um fusível que desconectará o equipamento da alimentação. Esses fusíveis devem encontrar-se nas extremidades do equipamento onde se encontra a conexão com o cabo de alimentação, para permitir que a proteção complementar seja ativada quando ocorra uma determinada falha [20].

Na Figura 27 encontra-se representados os símbolos que podem ser encontrados em equipamentos EM de classe I, no entanto, os símbolos nem mesmo a indicação da classe são aspetos obrigatórios a indicar no equipamento.



Figura 27 – Símbolos para a classe I [20]

A Classe II é atribuída a equipamentos que tenham um meio adicional de proteção, não só baseado no isolamento básico, ou seja, são equipamentos com isolamento duplo ou isolamento reforçado. Esse isolamento duplo permite que caso exista uma falha, em relação à passagem de corrente no isolamento básico, na primeira camada de isolamento, que não seja detetada, a proteção suplementar (segunda camada de isolamento) entra em ação, evitando assim a passagem da corrente. Tal como a classe anterior, os equipamentos que tenham atribuída esta classe devem ter nas suas extremidades fusíveis próximo da conexão com o cabo de alimentação em qualquer condutor de rede [20].

Neste caso, existe um único símbolo para identificar a classe II como se pode verificar na Figura 28.



Figura 28 – Símbolo para a Classe II [20]

A Classe III é atribuída a equipamentos que são alimentados por um sistema de alimentação de baixa tensão, no qual a proteção contra os choques elétricos é garantida através de uma alimentação de Tensão Reduzida de Segurança (TRS) ou Tensão Reduzida de Proteção (TRP), onde a tensão de alimentação não seja superior a 25 VAC [20].

Equipamentos desta classe são alimentados por baterias ou transformadores, no entanto, se estes elementos se encontrarem conectados com a rede elétrica, o equipamento deve ser testado conforme um equipamento com classe I ou II [20].

Contudo, as normas IEC relativas à segurança elétrica não reconhecem os equipamentos desta classe, uma vez que a limitação de tensão não é considerada suficiente para permitir a total segurança do paciente na utilização do equipamento.

Para além, da classificação anteriormente descrita para os equipamentos elétricos médicos usando classes, as partes aplicadas também são classificadas em função do seu tipo, ou seja, usa-se uma classificação em relação ao contacto entre o equipamento e o paciente, sendo essa classificação dividida em três tipos: B, BF e CF.




Os equipamentos classificados como parte aplicada tipo B são as partes que geralmente estão referenciadas à terra, com relação às correntes de fuga permitidas e na segurança da conexão da proteção terra [20]. Este tipo fornece o menor grau de proteção contra choques elétricos, que não apresentam qualquer sistema de isolamento elétrico entre as partes aplicadas e a rede elétrica, não sendo apropriado para aplicação cardíacas diretas [21].

A classificação a partes aplicadas tipo BF é um equipamento de tipo B, no entanto, com partes aplicadas isoladas da rede elétrica ou outras partes aplicadas isoladas ou flutuantes, tipo F, como partes aterradas ou acessíveis do equipamento [20]. Tal como o tipo anterior esta classificação não é apropriada para aplicações cardíacas.

Por fim, a classificação com tipo CF é atribuída a equipamentos que necessitem de um maior grau de proteção contra choques elétricos em relação aos que são classificados com tipo BF, devido ao alto nível de isolamento das partes acessíveis ou aterradas do equipamento, sendo esta apropriada para aplicações cardíacas diretas [21].

Na Tabela 2 encontra-se os símbolos de cada tipo de classificação dos equipamentos EM, que devem ser marcados pelos fabricantes.

Tabela 2 – Tipos de equipamentos EM

Tipo	Símbolo
B	
BF	
CF	

3.2.1.2 Testes de segurança elétrica

A norma IEC 60601 também descreve alguns procedimentos de testes aos equipamentos elétricos médicos, sendo os testes realizados referentes à ligação terra, medição da corrente de fuga para: a terra, o chassi ou para as partes aplicadas (paciente).

Teste de fuga à Terra

O teste de fuga à terra consiste na medição da corrente que flui através do isolamento do dispositivo para o condutor de terra de proteção. Uma vez que, a impedância à terra do compartimento é menor em comparação à impedância do indivíduo, este quando é exposto a uma grande corrente de fuga à terra não sofre qualquer dano, mesmo que entre em contacto com o compartimento metálico que efetua a ligação terra e outro objeto do mesmo efeito [22]. Por outro lado, se a ligação à terra se encontrar em circuito aberto pode ocorrer um choque elétrico, visto que a corrente pode passar pelo indivíduo.

A Figura 29 apresenta o esquema de medição da corrente de fuga à terra incluindo os relés que operam em condições de falha única.

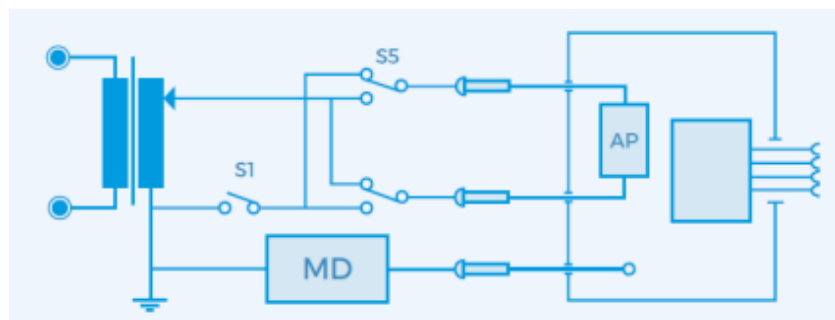


Figura 29 – Esquema da corrente de fuga à terra [23]

As medições através desta norma podem ser realizadas sobre condições normais, operação inversa e em condições de falha, ou seja, com a alimentação aberta. A realização do teste de corrente de fuga através da terra, em condições normais, é realizada com o aparelho de medida com S1 fechado e S5 normal e depois invertido. No caso, do teste com a condição de única falha, alimentação aberta é realizada com o aparelho de medida com S1 aberto e S5 normal e depois invertido.

Este teste pode ser realizado a equipamentos Classe 1 com partes aplicadas do tipo B, BF e CF. A IEC 60601-1 especifica medições realizadas sob operação normal e sob a condição de falha única (circuito aberto neutro).

Teste de fuga do compartimento

Este teste exige a corrente resultante caso uma pessoa entrasse em contato com o compartimento do dispositivo médico ou qualquer parte acessível não destinada ao tratamento [22].

Este teste é realizado em equipamentos de classe I e II com partes aplicadas tipo B, BF e CF. Para a realização deste teste, a sonda de ligação à terra é usada para fazer contato com todas as partes condutoras não aterradas de proteção do equipamento, em equipamentos de classe II, os testes à terra de falha única não são necessários. Na Figura 30 encontra-se um esquema da medição da corrente de fuga à terra com os relés a funcionar nas condições de falha única.

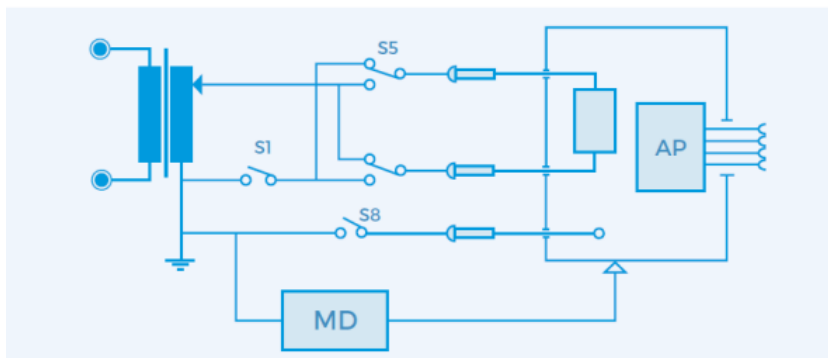


Figura 30 – Esquema de teste para corrente de fuga do compartimento [23]

Para a realização do teste em condições normais, a corrente é medida com o aparelho de medição com S1 e S8 fechados e S5 normal e invertido. No caso do teste através de falha única com a alimentação aberta é medido com S1 aberto, S8 fechado e S5 em condições normais e depois invertido. Por fim, com a terra aberta é medido de forma inversa do teste anterior, S1 fechado, S8 aberto e S5 em condições normais e depois invertido.

Teste da corrente de fuga do paciente

A corrente de fuga do paciente, também conhecida como corrente de fuga às partes aplicadas, é a corrente que flui pelo paciente quando este se encontra conectado com as partes aplicadas do equipamento. A corrente pode circular pelas partes aplicadas do equipamento para o paciente e do paciente para a terra ou pode surgir de uma fonte externa para o paciente e deste para as partes aplicadas do equipamento e por fim, para a terra protetora do equipamento. Na Figura 31 encontra-se o esquema do teste dessa corrente de fuga.

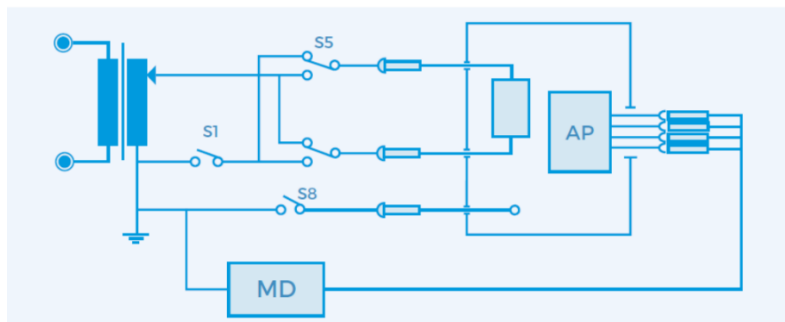


Figura 31 – Esquema de teste para corrente de fuga do paciente [23]

Em suma, este teste realiza as seguintes medições:

- Mede corrente de fuga ao paciente em condições normais, onde o aparelho de medição é colocado com S1 e S8 fechado e S5 normal e invertido;
- Mede corrente de fuga ao paciente com uma única condição de falha (alimentação aberta), onde S1 aberto, S8 fechado e S5 em condições normais e depois invertido;
- Mede a corrente de fuga do paciente com uma única condição de falha (terra aberta), onde S1 fechado, S8 aberto e S5 nas mesmas condições da medição anterior.

Este teste é realizado a equipamentos classe I e II com partes aplicadas tipos B, BF e CF. No entanto, em equipamento de classe 2 não é necessário realizar o teste à corrente de fuga do paciente com uma única condição de falha (terra aberta), uma vez que, os equipamentos desta classe têm duplo isolamento.

Teste de fuga do paciente – Tipo F

O teste de fuga do paciente para partes aplicadas de tipo F, também conhecido como teste de rede em partes aplicadas, exhibe a corrente que derivaria da rede elétrica, aplicada à peça aplicada que está conectada ao paciente, ou seja, uma única condição de falha. Este teste é aplicado apenas em equipamentos de classe I e II com parte aplicada tipo BF e/ou CF e são medidos sob condições de alimentação normal. A Figura 32 apresenta o esquema da medição de teste de fuga do paciente tipo F, com condições de falha única.

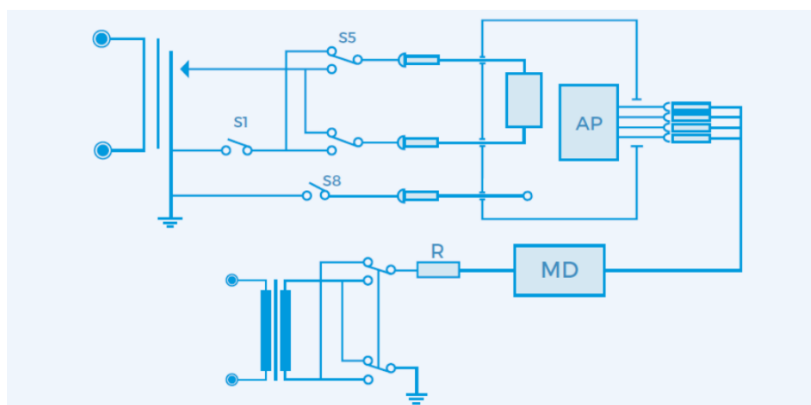


Figura 32 – Esquema de teste para corrente de fuga do paciente – tipo F [23]

A corrente é medida através do aparelho de medição com S1 e S8 fechado e S5 e S9 são trocadas entre normal e invertido.

Com as exigências da norma IEC 60601-1, o teste não pode exceder os 5 mA em condições de curto-circuito. Este teste, pode provocar risco ao técnico que realiza a medição, desta forma, é necessário ter algumas precauções durante a realização do teste sendo limitada a corrente através de uma resistência limitadora em série com o circuito de medição.

Teste da corrente auxiliar do paciente

A corrente auxiliar ao paciente exhibe a corrente de fuga que fluiria entre as partes aplicadas em condições normais e em condições de falha única. Este teste deve ser repetido até que todas as condições tenham sido testadas, também conhecido como parte aplicada a todos. Este teste é válido para equipamentos de classe I e II com partes aplicadas tipo B, BF e CF. Na Figura 33 está representado o esquema para a realização deste teste de corrente.

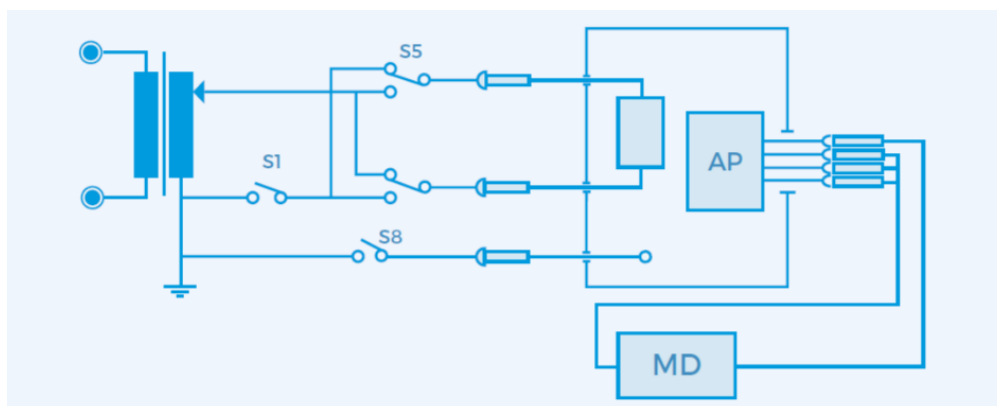


Figura 33 – Esquema de teste para corrente auxiliar ao paciente [23]

Assim, este teste realiza as seguintes medições:

- Mede a corrente de fuga ao paciente em condições normais, onde o aparelho de medição é colocado com S1 e S8 fechado e S5 normal e invertido;
- Mede a corrente de fuga ao paciente com uma única condição de falha (alimentação aberta), com S1 aberto, S8 fechado e S5 em condições normais e depois invertido;
- Mede a corrente de fuga do paciente como a única condição de falha (aterramento aberto), com S1 fechado, S8 aberto e S5 nas mesmas condições da medição anterior.

3.2.2 Norma IEC 62353

Uma vez que, a norma anterior impossibilitava a realização de testes a equipamentos quando estes estavam em operação, foi implementada a norma “IEC 62353: Equipamento elétrico para medicina; ensaios recorrentes e ensaios após reparação do equipamento elétrico para medicina” definindo assim, requisitos para testes de segurança elétrica de equipamentos e sistemas, no início da utilização do equipamento, periodicamente e após uma reparação. Esta norma foi projetada para equipamentos de teste de campo, sendo assim, mais prática, eficaz e segura do que a norma IEC 60601 em situações específicas [17].

A norma define dois tipos diferentes de testes às correntes de fuga: teste de corrente fuga do equipamento e teste de corrente fuga da parte aplicada. Dentro destes testes ainda podem se dividir em três métodos/modos:

- Método direto;
- Método diferencial;
- Método alternativo.

O método direto é usado para medir correntes de fuga colocando um dispositivo de medição *Measuring Device* (MD) diretamente no local da passagem de corrente, simulando o corpo humano. Este método é idêntico ao que é usado na norma IEC 60601. Na utilização deste método deve-se colocar o MD, sendo este constituído por uma resistência de 1 k Ω em paralelo com uma resistência de 10 k Ω e em série com um condensador de 15 nF, como se pode verificar na Figura 34. Através disso, é representado o pior das condições, simbolizando assim um potencial de risco que atravessa um corpo humano no caso de um equipamento defeituoso. A utilização deste método tem os seus benefícios tais como efetuar medições em correntes de fuga AC e DC e têm maior precisão em comparação com os outros métodos [24].

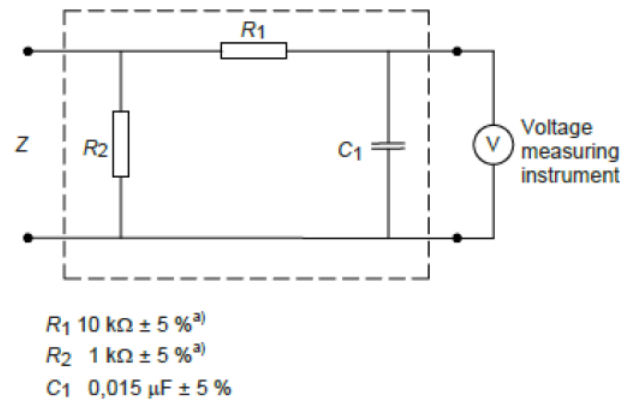


Figura 34 – Measuring Device

O método diferencial consiste na medição da corrente de fuga com o desequilíbrio da corrente entre o condutor fase e o condutor neutro. As correntes que atravessam o fio energizado têm correntes opostas, a nível do condutor neutro e condutor fase. Cada uma produz um campo magnético em direções opostas e assim é diretamente proporcional à intensidade da força, como se pode verificar na Figura 35.

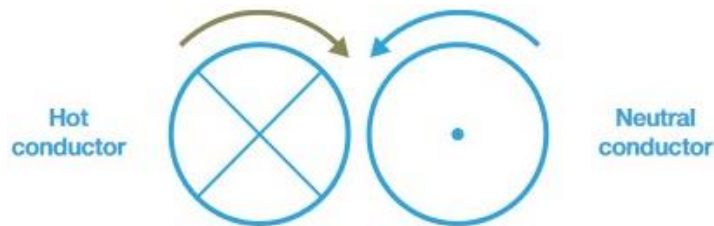


Figura 35 – Campos magnéticos opostos com fio energizado

A corrente a circular no condutor fase transporta a corrente funcional e a corrente de fuga, enquanto, na corrente o condutor neutro contém apenas a corrente funcional. Ao realizar a subtração de ambas as correntes, obtém-se a corrente de fuga. Em comparação com o método anterior este é mais seguro, uma vez que o dispositivo de medição não se encontra em série com o condutor terra proporcionando uma ligação terra de proteção de baixa resistência [24].

Por fim, o modo alternativo consiste na medição da corrente que flui através do paciente para a terra quer a partir da parte aplicada, aplicando assim, uma tensão não intencional de uma fonte externa [24]. Essa medição ocorre com a corrente de fuga em curto-circuito entre as entradas de fase e neutro, para que isto aconteça é limitada a corrente através de uma resistência limitadora (RL) de corrente como se pode verificar na Figura 36.

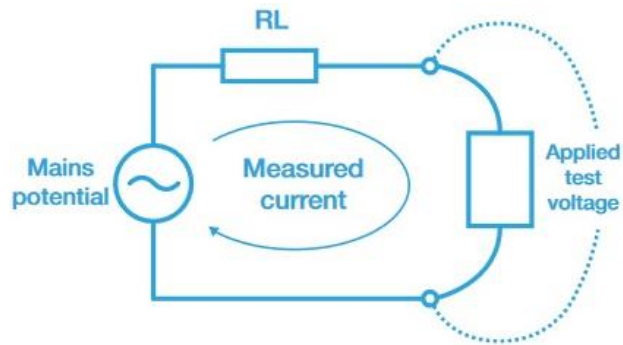


Figura 36 – Exemplo de um limitador de corrente da fonte de alimentação através do método alternativo

Teste de continuidade Terra

Também conhecido como teste de ligação à terra, analisa a integridade da conexão de baixa resistência entre o condutor terra e quaisquer partes metálicas condutoras, que apresentem passagem de corrente à terra, indicando assim falha em equipamentos de classe I.

A realização deste teste é efetuada entre o pino terra da tomada do cabo de alimentação e qualquer parte metálica acessível do equipamento, por meio de um cabo de teste. Na Figura 37 está o esquema para o teste de ligação à terra para equipamentos de classe I.

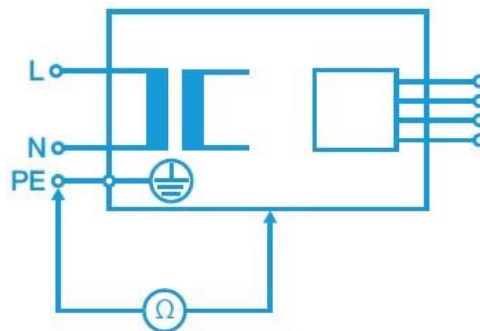


Figura 37 – Esquema de teste de ligação terra

3.2.2.1 Teste de fuga do equipamento

O teste de fuga do equipamento mede a corrente de fuga total relacionada com as partes aplicadas, compartimento e peças da rede combinadas com a terra real. Este teste é aplicável em equipamentos de Classe I e II e partes aplicadas dos tipos B, BF e CF.

O teste é realizado com conexão à terra de proteção interrompida para garantir que as medições sejam realizadas nas piores condições. Assim, qualquer corrente de fuga à terra será medida como parte da fuga do compartimento ou ao toque.

Este teste pode ser realizado através de três métodos: método direto, diferencial ou alternativo.

Método direto

O método direto realizado através da norma IEC 62353 é idêntico a norma IEC 60601. No teste de fuga do equipamento pelo método direto é medida toda a corrente vinda da fonte de alimentação para a terra através de um dispositivo de medição MD, que simula a resistência do corpo humano, de todas as partes aplicadas e de compartimentos de classe I e II. Na Figura 38 e Figura 39 estão representadas as medições através do método direto em equipamentos de classe I e II.

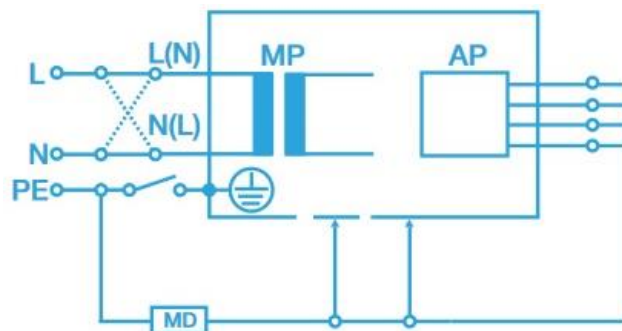


Figura 38 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método direto – Classe I [24]

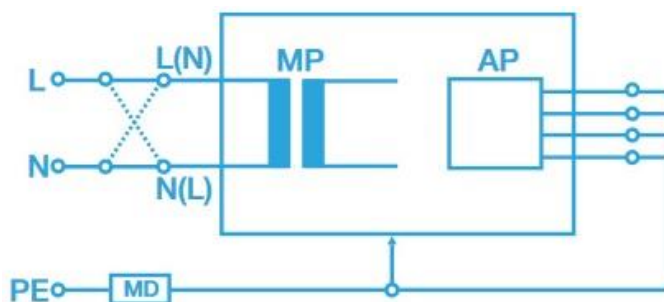


Figura 39 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método direto – Classe II [24]

Este método não pode ser usado em equipamento de testes, se este não puder ser isolado da terra. Na Tabela 3 estão demonstrados os valores máximos de corrente de fuga num equipamento, em função da classe e do tipo de parte aplicada.

Tabela 3 – Valores limite da corrente de fuga dos equipamentos (método direto e diferencial) [25]

Classe do equipamento	Tipo de Parte Aplicada		
	B	BF	CF
Classe I	500 μ A	500 μ A	500 μ A
Classe II	100 μ A	100 μ A	100 μ A

Método diferencial

Neste método todas as partes aplicadas, o terminal de terra do compartimento e partes condutoras e não condutoras acessíveis são agrupadas e conectadas à terra permitindo assim, que o circuito diferencial meça a corrente total de fuga [25]. Nas Figura 40 e Figura 41 estão representados os esquemas para a realização deste teste através do método diferencial.

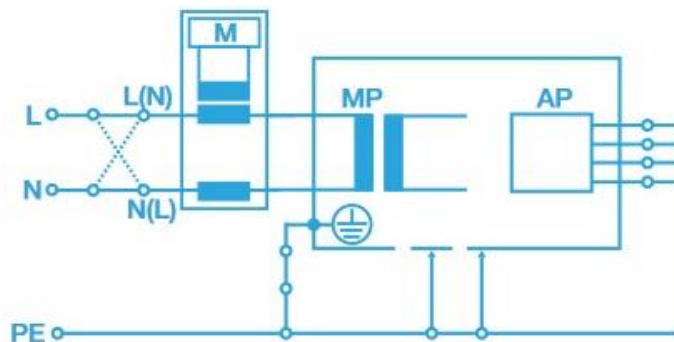


Figura 40 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método diferencial – Classe I [24]

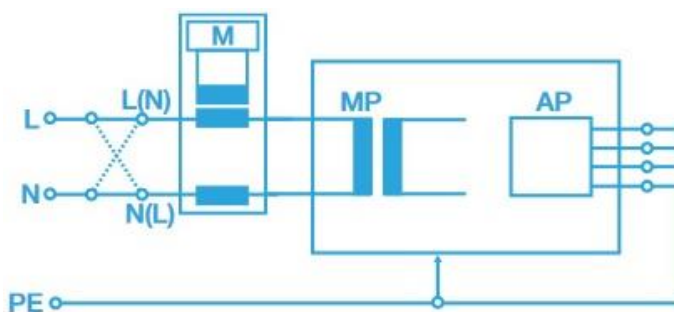


Figura 41 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método diferencial – Classe II [24]

Ao contrário do método anterior, este não mede o condutor de terra através do modelo da norma IEC 60601. O dispositivo de medição fará a medição da corrente diferencial entre a fase e neutro, com a conexão à proteção terra fechada para proteger o técnico. Através deste método é difícil medir correntes baixas, correntes inferiores a $75 \mu\text{A}$, assim o teste de fuga do equipamento diferencial não é adequado para medir partes aplicadas não aterradas e correntes de fuga baixas [24] [25]. Os valores limite de corrente de fuga dos equipamentos através do método diferencial são iguais ao método direto (Tabela 3).

Método alternativo

O método alternativo é idêntico a um teste dielétrico entre as partes principais e todas as partes acessíveis, quer condutoras e não condutoras, incluído as partes aplicadas conectadas entre si. Na Figura 42 e Figura 43 estão demonstrados os esquemas elétricos para medição da corrente de fuga através do método alternativo.

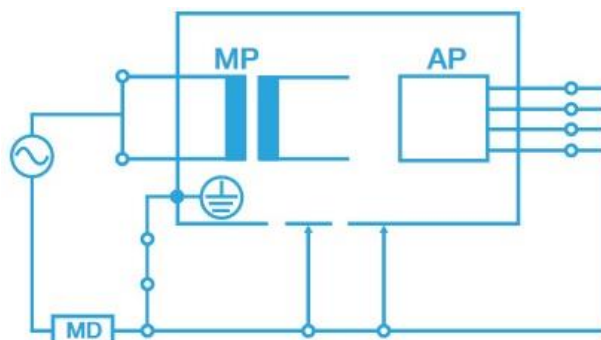


Figura 42 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método alternativo – Classe I [24]

No teste realizado através deste método é utilizado um sinal sinusoidal de 50 Hz com um valor de corrente limitada a 3,5 mA [25]. Os condutores fase e neutro são encurtados, e o equipamento fica sujeito a teste sem entrar em contacto direto com a rede elétrica. Deste modo, o retorno da rede não é aplicável ao equipamento a teste, e assim não necessita de estar isolado a terra.

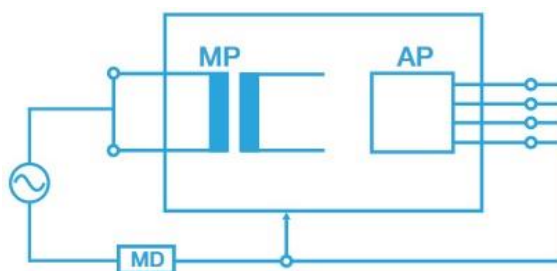


Figura 43 – Esquema de teste de fuga ao equipamento, método alternativo – Classe II [24]

Na Tabela 4 estão demonstrados os valores máximos de corrente de fuga num equipamento, esses valores vão de acordo com a classe e a parte aplicada.

Tabela 4 – Valores limite da corrente de fuga dos equipamentos (método alternativo) [25]

Classe do equipamento	Tipo de Parte Aplicada		
	B	BF	CF
Classe I	1000 μ A	1000 μ A	1000 μ A
Classe II	500 μ A	500 μ A	500 μ A

3.2.2.2 Teste de fuga de partes aplicadas

Este teste mede a fuga total correspondente às conexões do paciente combinadas dentro de uma parte aplicada à terra e quaisquer partes condutoras ou não condutoras no compartimento sob condições de falha na rede nas partes aplicadas. A realização deste teste só é aplicável em equipamentos de classe I ou II e em apenas partes aplicadas do tipo F, ou seja,

partes aplicáveis tipo BF e CF, uma vez que este tipo de partes aplicadas têm um maior isolamento à rede elétrica. a imposição do tipo F, surge pelo facto de tais partes aplicadas apenas darem para fazer medições com as partes aplicadas tipo BF e CF conectadas em conjunto ou separadas. O teste é realizado aplicando um sinal sinusoidal de 50 Hz de potencial de rede limitado por uma corrente de 3,5 mA entre a parte aplicada e o compartimento do equipamento e a conexão à terra do equipamento de teste que se encontra ligado à terra real [25].

Os testes realizados podem ser realizados por dois métodos: método direto o alternativo.

Método direto

Para a realização dos testes pelo método direto, o dispositivo de medição MD equivalente ao usado na norma IEC 60601 é posicionado no caminho de retorno de fuga à terra entre a parte aplicada e a fonte de alimentação. O teste é realizado com a conexão de proteção à terra “interrompida” de forma a prevenir qualquer perigo ao utilizador. Na Figura 44 e Figura 45 estão demonstrados os esquemas elétricos para a medição da corrente de fuga das partes aplicadas, quer para equipamentos de classe I como de classe II.

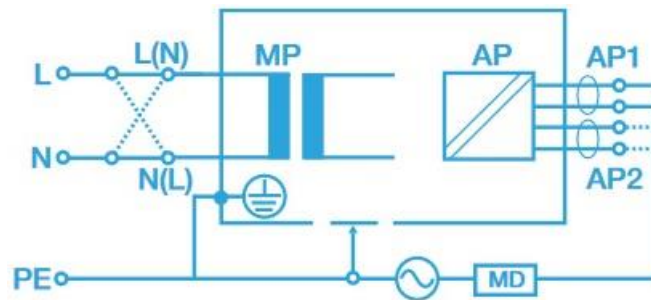


Figura 44 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método direto – Classe I [24]

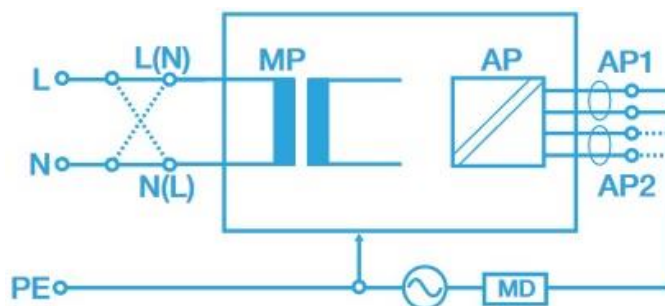


Figura 45 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método direto – Classe II [24]

O equipamento a teste deve ser posicionado numa condição flutuante, ou seja, isolado da terra, para que não ocorram conexões secundárias à terra que possam influenciar no processo de medição. Cada parte aplicada, BF e CF, é medida de forma individual e agrupadas com todas as partes condutoras acessíveis, no caso dos equipamentos de classe I e

as partes acessíveis não condutivas, nos equipamentos de classe II e assim são conectadas à terra através do dispositivo de medição [24].

Este teste é semelhante ao teste de fuga tipo F de acordo com a norma IEC 60601, onde é usado uma fonte de tensão limitada de corrente para produzir a rede elétrica. Assim, ambas as fontes dependem de uma resistência limitadora de corrente que possa provocar uma queda de tensão significativa [25].

Na Tabela 5 encontra-se os limites tabelados pela norma IEC 62353 referentes à medição da corrente de fuga pelo método direto.

Tabela 5 – Valores limite da corrente de fuga das partes aplicadas (método direto) [25]

Classe do equipamento	Tipo de Parte Aplicada	
	BF	CF
Classe I	5000 μA	50 μA
Classe II	5000 μA	50 μA

Método alternativo

Neste método, o condutor da fase e do neutro são encurtados e o equipamento a teste não é conectado diretamente à rede elétrica. Tal como o método anterior, o dispositivo de medição MD, equivalente ao usado na norma IEC 60601, é posicionado entre a parte aplicada e a fonte de alimentação. O teste é realizado com a conexão de proteção à terra “interrompida” de forma a proteger o utilizador [25].

Na Figura 46 e Figura 47 estão demonstrados os esquemas elétricos para a medição da corrente de fuga das partes aplicadas, quer para equipamentos de classe I como de classe II.

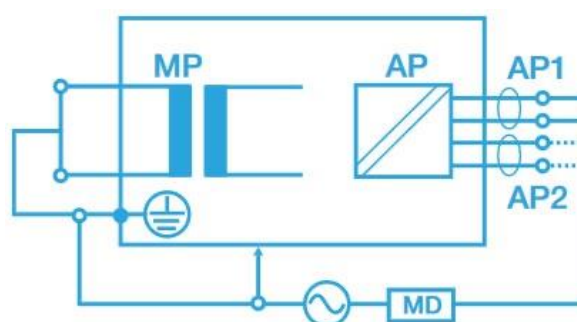


Figura 46 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método alternativo – Classe II [24]

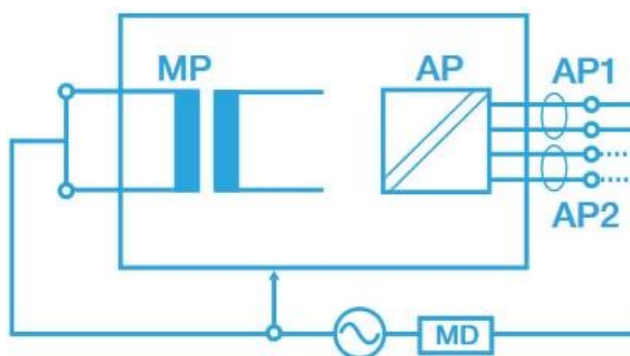


Figura 47 – Esquema de teste de fuga de peça aplicada, método alternativo – Classe II [24]

Para a realização de teste através deste método todas as conexões ao paciente derivadas de uma parte aplicada e de partes acessíveis, aterradas em equipamentos de classe I e não aterradas em equipamentos de classe II, estão agrupadas e ligadas à fonte de alimentação através do equipamento de teste, que possui uma resistência de 1 k Ω [24].

Na Tabela 6 encontra-se os limites tabelados pela norma IEC 62353 referentes à medição da corrente de fuga pelo método alternativo.

Tabela 6 – Valores limite da corrente de fuga dos equipamentos (método alternativo) [25]

Classe do equipamento	Tipo de Parte Aplicada	
	BF	CF
Classe I	5000 μ A	50 μ A
Classe II	5000 μ A	50 μ A

3.3 Ciclo de vida do equipamento

Os equipamentos EM estão sujeitos a vários processos de aprovação, desde os testes de segurança até aos testes clínicos, para garantir que estes se encontram em conformidade antes de saírem da fábrica. Contudo, mesmo com estas verificações e testes antes do equipamento ser comercializado, os fabricantes recomendam que os equipamentos sejam verificados regularmente em relação à segurança elétrica e desempenho, para que estes não sejam um risco quer para o paciente quer para o terapeuta aquando do funcionamento [26]. Na Figura 48, estão representadas as diferentes etapas que o equipamento passa para garantir a segurança do mesmo ao longo do seu ciclo de vida.



Figura 48 – Etapas de segurança [26]

A fase do *design* consiste no projeto/protótipo do equipamento, onde o equipamento é sujeito a vários ensaios iniciais e clínicos, de modo analisar possíveis falhas de concepção. No caso dos equipamentos médicos, estes têm de possuir um projeto eletrônico e um projeto mecânico que devem estar em conformidade com a norma IEC 60601, dentro dos parâmetros de classificação dos equipamentos como referido anteriormente.

Na fase seguinte, o equipamento já deve ter concluído todos os ensaios clínicos e testes e assim pronto para a sua comercialização. O *hardware* e o *software* do equipamento são verificadas em relação aos padrões de projeto e quando é obtida a certificação, este pode ser comercializado.

Após concluída a etapa anterior com sucesso, o equipamento é fabricado, testado e inspecionado para entrar no mercado e assim chegar ao consumidor final. Quando chega ao consumidor, o equipamento passa pela fase de aceitação onde é verificado se o equipamento é entregue nas devidas condições, com todos os seus acessórios e sem defeitos.

Quando o equipamento está em operação este pode passar por duas fases de manutenção que compreendem a manutenção preventiva ou corretiva. A manutenção preventiva consiste numa inspeção às funcionalidades do equipamento de forma periódica, sendo conhecida como manutenção pró-ativa. No entanto, na manutenção corretiva o equipamento é intervencionado quando ocorre uma falha ou uma atualização nas suas funcionalidades, passando por inspeções e testes adicionais comparativamente à fase anterior.

A última fase do ciclo de vida, consiste na desativação das funcionalidades do equipamento. Esta fase ocorre quando o equipamento apresenta perigo ou ocorre uma avaria para a qual não é economicamente viável a sua reparação. No entanto, o equipamento pode ser disponibilizado a outras organizações, que num segundo ciclo de vida podem voltar a utilizar o referido equipamento após nova fase de aceitação.

3.4 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram apresentados e analisados diversos aspetos relativos às manutenções, assim como os processos, regras e parâmetros mais importantes que devem ser verificados durante as intervenções realizadas cumprindo as normas de manutenção em vigor para a área da medicina / fisioterapia.

O capítulo seguinte descreve os dispositivos utilizados na empresa S4MED que auxiliam a realização das atividades de manutenção de equipamentos, em conformidade com as normas anteriormente apresentadas.

4 APARELHOS DE TESTES

Com o intuito de melhorar a qualidade das intervenções de manutenção, quer preventiva quer corretiva, foram analisados diversos aparelhos de medida necessários à realização dos testes anteriores mencionados, de suporte às ações de manutenção dos equipamentos médicos de fisioterapia que a empresa fornece assistência. Neste capítulo, serão mencionados os seguintes equipamentos:

- Equipamento de teste de segurança elétrica;
- Analisador de potência de ultrassom;
- Caneta de deteção de resistência de elétrodos;
- Multímetro;
- Osciloscópio.

Estes aparelhos têm como função auxiliar os técnicos a avaliar se as funcionalidades desempenhadas pelos equipamentos estão a funcionar corretamente e dentro dos valores estabelecidos com recurso à monitorização de um conjunto de parâmetros. Diversos equipamentos médicos tais como os equipamentos de ECG e desfibrilhadores necessitam de equipamentos de teste mais específicos tendo em conta os parâmetros em análise como sejam o valor de energia fornecida. Contudo, existem outros dispositivos que necessitam apenas de equipamento de teste de segurança elétrica podendo as medidas no limite serem realizadas com um simples multímetro.

Por norma, todos os aparelhos de teste devem ser certificados e anualmente serem calibrados pelo seu próprio fabricante ou por uma entidade competente, para permitir um melhor funcionamento do aparelho e assim garantir melhores diagnósticos.

4.1 Equipamento de teste de segurança elétrica

O equipamento de teste de segurança elétrica consiste num analisador de segurança elétrica utilizado nos procedimentos de testes de segurança elétrica aquando das intervenções de manutenção. De entre os testes realizados nos equipamentos EM, refira-se a medição das correntes de fuga, da resistência à terra podendo ainda simular sinais de ECG.

Este equipamento de teste é utilizado normalmente em quase todos os equipamentos médicos, durante o processo de manutenção preventiva que necessitem de estar ligados à corrente elétrica. Este equipamento é de elevada importância nas manutenções, uma vez que pode existir uma passagem de corrente de fuga para o paciente ou até mesmo para o profissional de saúde na utilização do equipamento médico, podendo provocar um choque elétrico, causando lesões graves, como queimaduras ou no limite podendo levar a morte por eletrocussão.

Rigel 288+

O Rigel 288+ é um analisador de segurança elétrica que oferece uma solução precisa e rápida para atender aos padrões de segurança internacionais, oferecendo um conjunto de testes completos sem necessidade de estar ligado à rede elétrica. Esse facto, permite ao equipamento deslocar-se com grande facilidade nas instalações onde são realizadas as manutenções. A Figura 49, demonstra o equipamento em questão.



Figura 49 – Equipamento de teste de segurança elétrica - Rigel 288+

Neste equipamento é possível realizar testes de forma manual ou automática. No modo manual é possível realizar testes individuais de ligação à terra, isolamento, correntes de fugas pelos vários métodos, de acordo com a norma IEC 62353 e pela norma IEC 60601-1, fugas pelo chassis como a fuga ao paciente. No caso dos testes em modo automático, existe uma sequência de testes para detetar fugas segundo as normas internacionais IEC 60601-1, IEC 62353 e IEC 61010, sendo ainda possível programar novas sequências de teste.

Rigel SafeTest 60

O Rigel SafeTest 60, é um equipamento ideal para a realização de testes a grande diversidade de equipamentos, quer médicos quer de laboratório. Este equipamento possui uma interface interativa, permitindo uma maior facilidade na seleção do teste, tornando assim o processo de teste rápido e fiável. Na Figura 50, encontra-se representado o equipamento teste referido podendo-se verificar que em relação ao equipamento anterior este é mais interativo, uma vez que, que possui botões que levam diretamente ao teste que o técnico pretende.



Figura 50 – Equipamento de teste de segurança elétrica - Rigel SafeTest 60

Tal como o equipamento anterior este equipamento têm um conjunto de testes em conformidade com as normas internacionais, IEC 60601 em relação aos testes de fuga, IEC 62353 em relação aos testes de isolamento e teste de ligação à terra, sendo esta última também em conformidade com a norma IEC 61010.

Fluke ESA609

O equipamento de teste de segurança elétrica, Fluke ESA609, é um analisador portátil e compacto que permite testar equipamentos médicos. Este equipamento é muito idêntico ao equipamento anterior, permite realizar testes segundo as normas IEC 60601 e IEC 62353. O referido analisador é de utilização intuitiva, uma vez que possui botões que permitem ao técnico de manutenção selecionar diretamente o teste pretendido. Na Figura 51 encontra-se representado o equipamento referido.



Figura 51 – Equipamento de teste de segurança elétrica – Fluke ESA609

A diferença entre os dois últimos equipamentos reside no seu *design*, peso e tamanho. Da análise realizada conclui-se que os analisadores Rigel SafeTest 60 e Fluke ESA609 são os equipamentos mais adequados para efetuar as manutenções realizadas pela empresa S4MED,

uma vez que permitem realizar o conjunto de testes descritos nas normas apresentadas anteriormente.

4.2 Analisador de potência de ultrassom

A medição dos níveis de potência dos equipamentos de diagnóstico e terapêuticos de ultrassom é cada vez mais importantes para determinar os níveis concretos de emissão de ultrassom e dessa forma evitar potenciais riscos para o paciente.

O analisador de potência de ultrassom SECULIFE UP (Figura 52) é um medidor de potência emitida pelo transdutor de diagnóstico ou terapêutico de ultrassons até 30 W.



Figura 52 – Medidor de potência de ultrassom – Modelo SECULIFE UP

Este equipamento utiliza o método da força radiante para determinar a potência emitida pelo objeto. Este equipamento tem um gancho onde será colocado o transdutor e este será submerso em água destilada, uma vez que, que a propagação de ultrassons na água é idêntica à nos tecidos. O SECULIFE UP faz medições de emissões de potência pulsada e contínua e apresenta uma leitura em watts ou gramas, sendo a sua utilização uma mais-valia para os testes nos equipamentos de ultrassom usados na fisioterapia.

O equipamento referido, do mesmo modo que os equipamentos de segurança elétrica, segue normas internacionais, neste caso, a norma IEC 61010-1.

4.3 Caneta de detecção de resistência de elétrodos

A caneta de detecção de resistência de elétrodos desenvolvida pela *Physiomed*, a qual se encontra representada na Figura 53, permite verificar o estado dos elétrodos aferindo se estes ainda apresentam uma resistência baixa, em forma de semáforo.



Figura 53 – Caneta de deteção de resistência de eléttodos

Como se pode verificar a caneta apresenta três zonas nas quais estão inseridos LEDs de cor verde, amarela e vermelha. O LED verde acende caso o eléttodo se encontre em bom estado, caso o eléttodo tenha alguma resistência acende uma luz amarela e caso se encontre em mau estado acende o LED vermelho. Este equipamento de teste é utilizado unicamente em equipamentos de eletroterapia que usem eléttodos de carbono.

4.4 Multímetro

O multímetro é um elemento essencial em todo o tipo de manutenções, uma vez que permite medir as seguintes grandezas elétricas: intensidade de corrente elétrica (A), resistência elétrica (Ω) e tensão elétrica (V). Este aparelho pode incluir funções adicionais que permitem a medição de temperaturas de líquidos, por meio de uma sonda de temperatura ($^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$). Através da pesquisa realizada foi encontrado um multímetro que para além das funções anteriormente mencionadas ainda tem função de osciloscópio de um canal. Na Tabela 7 encontra-se quatro equipamentos que seriam úteis para a empresa.

Tabela 7 – Resumo de multímetros



Unit-T
UT890C



Uni-T UT161D



Fluke 179 True-
RMS



Uni-T UT161D

Tensão DC/AC	1000/750 V	1000 V	1000 V	1000/750 V
Corrente AC/DC	20 A	20 A	10 A	10 A
Resistência	60 M Ω	60 M Ω	50 M Ω	40 M Ω
Temperatura	1000 $^{\circ}\text{C}$	1000 $^{\circ}\text{C}$	260 $^{\circ}\text{C}$	--
Continuidade	✓	✓	✓	✓
Osciloscópio	--	--	--	1 canal

Qualquer equipamento mencionado nesta secção poderia ser adquirido pela empresa para substituição do equipamento existente nas instalações.

4.5 Osciloscópio

O osciloscópio é um instrumento de medida que representa graficamente sinais de tensão no domínio temporal. Esse instrumento pode mostrar mais do que um sinal simultaneamente, permitindo uma análise mais profunda de algum componente, que não possa ser realizada pelo multímetro.

Existem dois tipos de osciloscópios: portáteis e bancada. Os osciloscópios portáteis, são equipamentos de menor volume, que podem ser utilizados nas intervenções de manutenção preventivas realizadas para despistar possíveis avarias que possam existir nos equipamentos, podendo também ser utilizados no laboratório em reparações. Por outro lado, os osciloscópios de bancada, são equipamentos de maiores dimensões, logo necessitam de uma maior superfície para serem fixados e / ou utilizados. De seguida, encontra-se a Tabela 8 na qual se apresentam as características dos osciloscópios analisados auxiliando a empresa no processo de aquisição dos mesmos.

Tabela 8 – Diferentes tipos de osciloscópios



Tipo	Portátil	Bancada	Bancada	Portátil
Largura de Banda	200 kHz	25 MHz	50 MHz	8 MHz
Taxa de amostragem	1MS/s	250 MS/s	500 MS/s	40 MS/s
Nº canais	1	2	2	1
Sensibilidade	20 mV/10 V/Div	1 mV..10 V/Div	1 mV..20 V/Div	100 ns..500 V/Div

4.6 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram apresentados os principais dispositivos que são tipicamente utilizados no apoio às manutenções preventivas e / ou corretivas.

O capítulo seguinte descreve as principais intervenções de manutenção realizadas durante o estágio.

5 INTERVENÇÕES REALIZADAS

Durante todo o tempo de estágio foram efetuadas diversas intervenções quer a nível de manutenções preventivas quer a nível de manutenções corretivas. Neste capítulo serão descritas várias intervenções realizadas aos equipamentos, nomeadamente aos equipamentos da marca *Physiomed*, marca que a empresa S4MED representa em Portugal.

5.1 Manutenções preventivas

Numa fase inicial do estágio os relatórios dos serviços de manutenção preventiva eram realizados em papel. A posterior utilização da aplicação “*OutSmart*” permitiu simplificar o processo de geração dos relatórios, tornando a empresa mais eficiente. Refira-se que através dessa aplicação é possível ainda gerir os serviços e as ordens de trabalho a realizar.

Na aplicação foram realizados relatórios para os diversos equipamentos que a empresa realiza manutenções preventivas, nomeadamente aos equipamentos envolventes na área da fisioterapia (equipamento de correntes, *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS)*), ultrassons, ondas de choque, tinas de parafina, misturadoras/panelas de parafango, entre outros). Nestes relatórios serão analisados os aspetos visuais como aspetos funcionais de cada equipamento a ser verificado.

Na Figura 54 encontra-se descrito o fluxograma do procedimento utilizado durante as manutenções realizadas a cada um dos equipamentos analisados. Caso o equipamento não esteja nas devidas condições ou não seja possível ser reparado no local, este é levado para as instalações da empresa e aí é efetuado o preenchimento de um documento em papel com os dados sobre o problema detetado, tais como cabos partidos ou fichas danificadas.

5.1.1 Equipamentos de eletroterapia

Os TENS e os equipamentos de corrente fazem parte dos equipamentos de eletroterapia no mundo da fisioterapia, diferem apenas na sua dimensão e nos programas disponibilizados por esses equipamentos. As manutenções preventivas realizadas em ambos os equipamentos, são muito similares, dado que eles não diferem muito, uma vez que a finalidade de tratamento é a mesma.

Os dispositivos de TENS são equipamentos de pequeno porte e portáteis, o que facilita a sua deslocação nas instalações dos serviços de saúde permitindo a sua utilização para tratamentos ao domicílio. Dadas as especificidades apresentadas estes, têm maior probabilidade de sofrerem quedas, causadoras de avarias e / ou danos internos ou externos podendo estes afetar o bom funcionamento dos referidos equipamentos.

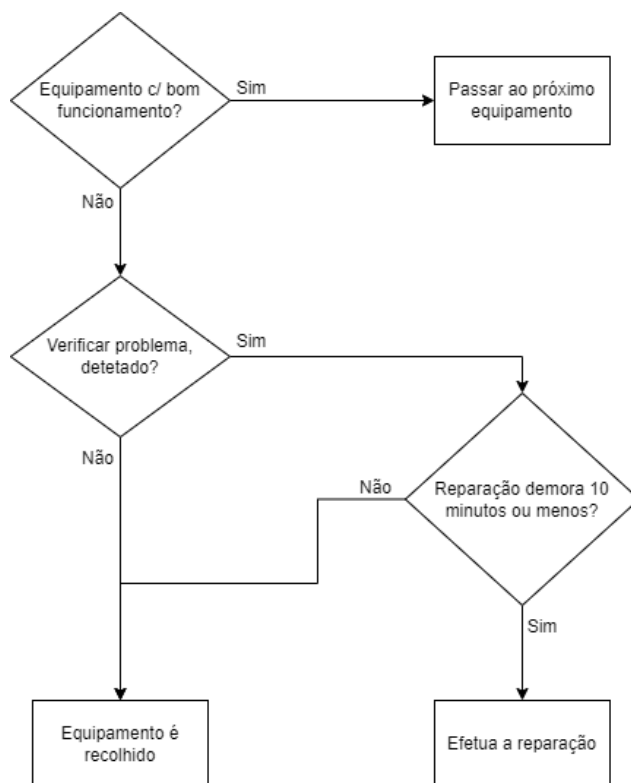


Figura 54 – Fluxograma do processo de manutenção corretiva (baseado [16])

Nos dispositivos de TENS o relatório definido contém os seguintes parâmetros a serem analisados:

- Danos exteriores;
- Teclado;
- Display/visor;
- Cabos paciente;
- Estado dos elétrodos;
- Canais;
- Emissão de correntes;
- Cabo de alimentação/transformador;
- Observações.

Os equipamentos de correntes são tipicamente equipamentos de maior porte em relação aos TENS, estando usualmente localizados numa bancada fixa ou móvel. Neste caso o relatório tem os seguintes parâmetros:

- Ligação terra;
- Danos exteriores;
- Teclado;
- Display/visor;
- Seletor principal;
- Cabo alimentação;

- Cabos paciente;
- Estado dos eléttodos;
- Funcionamento dos canais;
- Emissão geral de correntes;
- Emissão de correntes galvânicas;
- Cabo de alimentação/transformador;
- Observações.

Estes equipamentos podem utilizar eléttodos autocolante ou eléttodos de carbono. Os eléttodos autocolantes só podem ser avaliados pelo seu estado, ou seja, o estado da cola, no caso dos eléttodos de carbono, é usada a caneta de deteção de resistência descrita. Na Figura 55, está uma representação dos testes realizados a eléttodos nos diferentes estados.

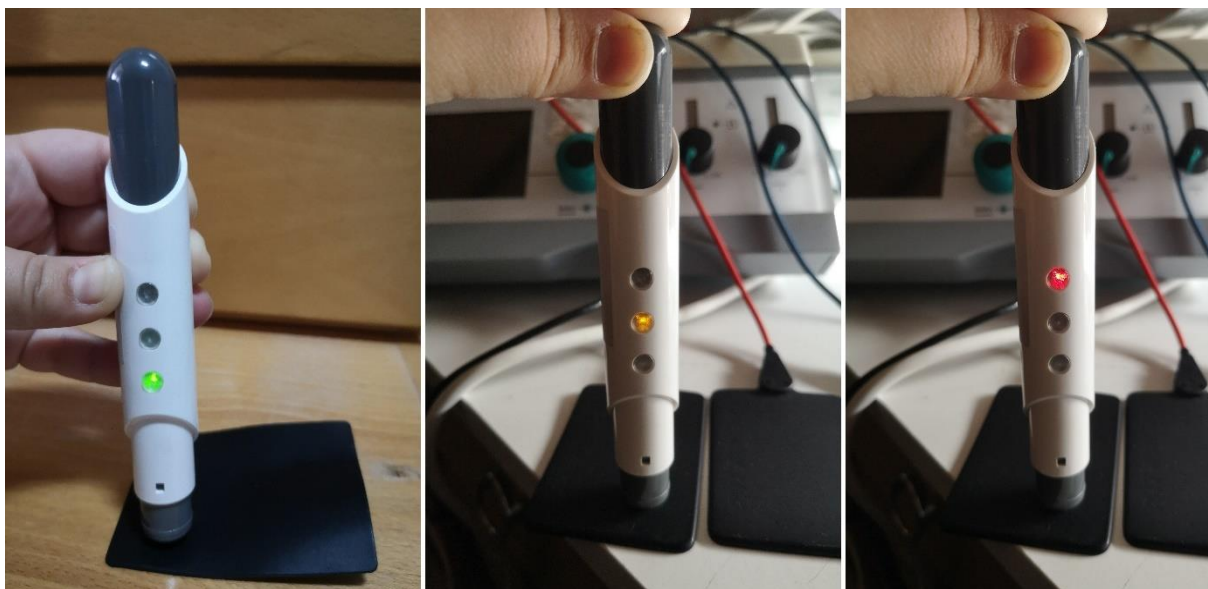


Figura 55 – Demonstração do estado do eléttodo em bom estado (esquerda), eléttodo razoável (meio) e eléttodo em mau estado (direita)

Nas manutenções preventivas é usado um multímetro para verificação do estado dos cabos e do funcionamento do transformador e cabo de alimentação. Para além destes testes no equipamento de correntes é verificado se o seletor principal efetua o movimento rotativo com facilidade para a seleção do tratamento e se os potenciômetros aumentam a intensidade sem ocorrer oscilações. Caso estes componentes se encontrem com alguma dificuldade nas suas funções é possível, através de lubrificação, recuperar as suas funcionalidades. No entanto, por vezes não é possível recuperar as funcionalidades através desse método e assim recorre-se à substituição de alguns componentes. Para além dos testes funcionais, é realizada uma inspeção visual, em termos de desgaste do teclado ou o equipamento constar-se partido, como os cabos, pois estes com o uso começam a descarnar ou partir (normalmente junto a ficha macho que liga ao eléttodo).

Refira-se que em alguns dos equipamentos analisados não é possível verificar a ligação terra através do multímetro uma vez que, esses equipamentos não têm ligação das partes acessíveis a um condutor de proteção ligação terra por serem revestido com material plástico.

5.1.2 Equipamento de ultrassom

Para os equipamentos de ultrassom o relatório definido consiste nos seguintes parâmetros:

- Ligação terra;
- Danos exteriores;
- Teclado;
- Display/visor;
- Seletor principal;
- Cabo de alimentação/transformador;
- N° série da cabeça;
- Cabeça ultrassom;
- LED;
- Emissão de ultrassom;
- Observações.

Tal como o equipamento anterior nas manutenções realizadas são efetuadas verificações e inspeções visuais e funcionais. Em termos da inspeção visual é verificado o estado dos cabos, do display/visor e identificar possíveis danos exteriores. Neste tipo de equipamentos é normal encontrar danos exteriores, uma vez que, este equipamento possui um tabuleiro por cima do equipamento, que por norma se encontra partido e no caso da cabeça de ultrassom os LEDs encontrarem-se partidos. No caso dos testes funcionais é usado o multímetro para a verificação da ligação terra, verificação essa entre o ponto de massa do equipamento e o terminal de terra, tal como a continuidade do cabo da cabeça do ultrassom. Para a verificação da emissão do ultrassom, fator mais importante para o bom funcionamento do equipamento, é usado álcool, no entanto, de forma a obter valores e verificações de funcionamento concretos, num futuro próximo será utilizado um equipamento de medição a adquirir, mencionado no subcapítulo 4.2.

Antes da verificação da emissão do ultrassom é verificado o funcionamento dos botões, seletor principal e potenciômetros. Essa verificação e reparação é efetuada da mesma forma que a realizada para os equipamentos de correntes. Verifica-se se o seletor principal, efetua a seleção dos programas e se o potenciômetro efetua o aumento e diminuição da intensidade sem oscilações.

5.1.3 Equipamentos de pressoterapia

Este equipamento efetua a drenagem linfática dos membros superiores e inferiores, através do enchimento de botas ou manga com ar e assim, exercendo pressão nos membros. De igual forma ao efetuado para os equipamentos anteriores, existe um relatório definido com os seguintes parâmetros:

- Ligação terra;
- Danos exteriores;
- Teclado;
- Display/visor;
- Cabo de alimentação;
- Filtro bacteriológico;
- Ficha de saída;
- Braço;
- Botas;
- Fluxo de enchimento.

A inspeção visual destes equipamentos compreende a verificação do estado dos tubos das botas/mangas e das fichas de saída. Estes elementos são críticos por se partirem com grande facilidade. De seguida procede-se à verificação do estado do filtro bacteriológico, caso as fichas de saída e o filtro não se encontrem em condições serão substituídos. Na Figura 56, encontra-se dois filtros, de forma a comparar um filtro usado em muito mau estado com um filtro novo.



Figura 56 – Filtro novo (esquerda) e filtro substituído (direita)

5.2 Manutenções corretivas

As manutenções corretivas são efetuadas na empresa quando a reparação do equipamento é demasiado complexa para ser efetuada na clínica ou quando nos é solicitado a reparação do equipamento fora das instalações do cliente. O relatório com a listagem dos materiais para proceder à reparação dos equipamentos no laboratório técnico são preenchidos na folha.

5.2.1 Equipamento de acupuntura

Os equipamentos de acupuntura são muito idênticos aos equipamentos de corrente, sendo uma das diferenças a forma como é efetuado a passagem de corrente. Este equipamento foi recolhido durante uma manutenção preventiva realizada neste estágio, devido os botões encontrarem-se com dificuldade de resposta nas suas funções, verificando-se no local da manutenção que o problema se encontrava na placa eletrónica. A Figura 57 apresenta o equipamento de acupuntura em questão.



Figura 57 – Equipamento de acupuntura

Os botões CH1 e CH4 eram os únicos botões que funcionavam corretamente, sendo possível aumentar e diminuir a intensidade. No entanto, os botões CH2, CH5 e *sensitive* não permitiam o aumento da intensidade e consequentemente não sendo possível verificar se a diminuição de intensidade funcionava, no caso dos botões CH3, CH6 e *temp* não era possível diminuir a intensidade. Na oficina o equipamento foi aberto e retirou-se a placa para determinar o problema. Foram analisadas as pistas onde se encontravam os botões, verificando a continuidade das mesmas em diversos pontos. Através desse processo, verificou-se que em dois pontos comuns não existia continuidade, determinado assim que naquele local a pista estaria partida. Para proceder à reparação da pista foi soldado um fio condutor entre os dois pontos como está demonstrado na Figura 58.

5.2.2 Hidrocoletor Chattanooga M2

Os hidrocoletores foram os equipamentos que apresentaram mais avarias sendo necessária a sua reparação. De entre elas refira-se problemas nas suas funcionalidades, devido a degradação das resistências e dos termóstatos. Nesta secção será descrita uma das reparações que foi efetuada a um hidrocoletor a pedido do cliente.

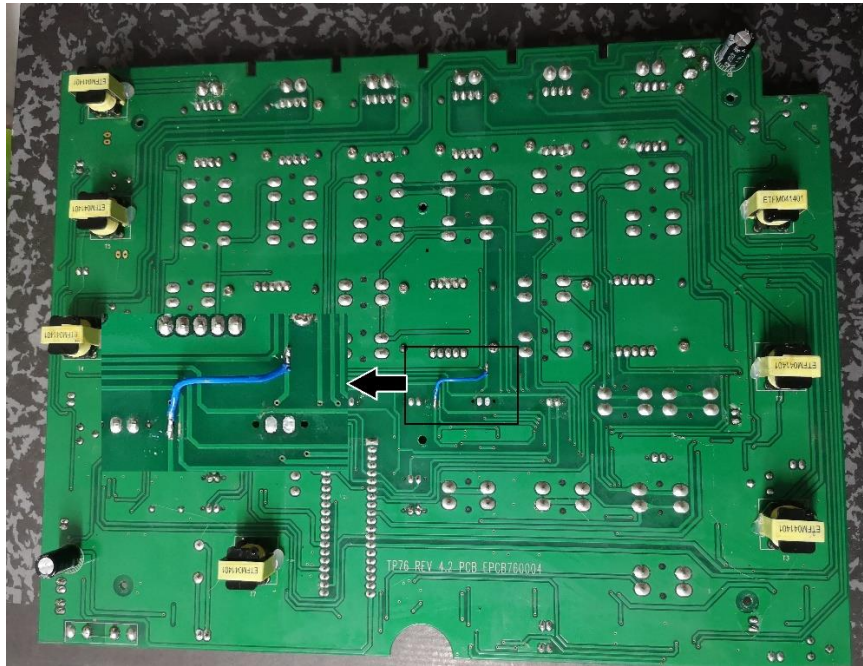


Figura 58 – Placa após reparação

O hidrocoletor demonstrava sinais de abandono pois o seu interior estava com muita ferrugem, designadamente no compartimento onde se encontra o interruptor e os termóstatos. Além da ferrugem existente, o equipamento tinha a resistência partida e não tinha a sonda do termóstato de temperatura, elementos essenciais para o correto funcionamento do referido equipamento. Através desta inspeção visual identificou-se a necessidade de substituir a resistência e o termóstato, bem como realizar uma limpeza ao equipamento.

A Figura 59 demostra o estado do painel desmontado onde se encontrava o termóstato, o interruptor e a ficha DC.

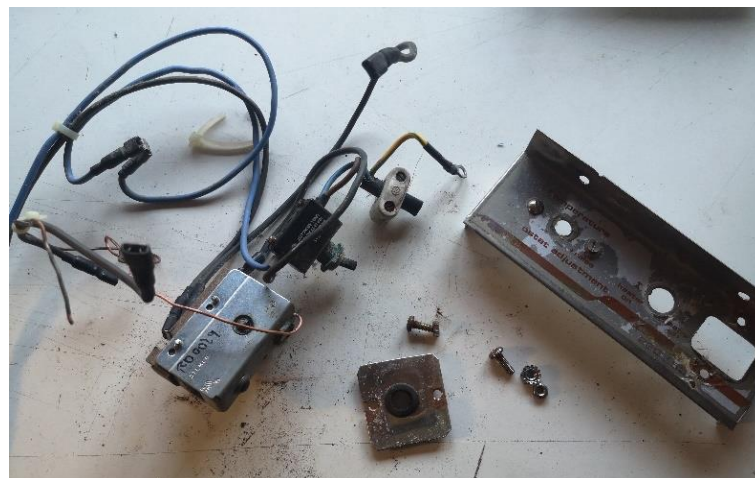


Figura 59 – Painel desmontado

Para além da substituição dos elementos acima referidos, optou-se por substituir o sinalizador, o interruptor, termóstato de segurança e a ficha DC, que neste caso foi substituída por uma ficha macho 220 V. Todos estes componentes demonstravam alguns problemas e sinais de desgaste.

A Figura 60 apresenta as ligações efetuadas na reparação do hidrocoletor.

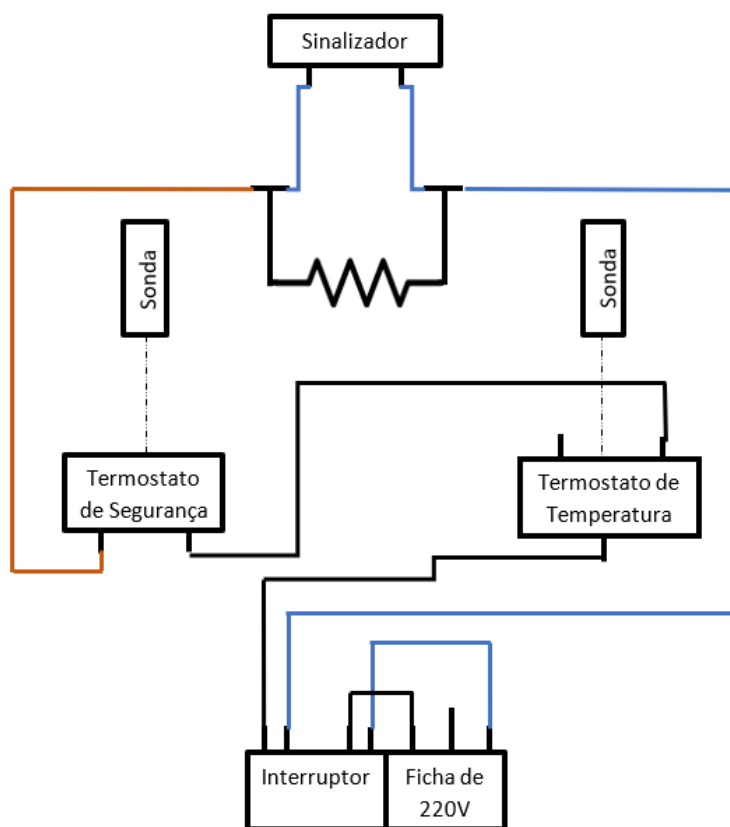


Figura 60 – Esquema da reparação

Após a substituição dos componentes o equipamento ficou a funcionar, da seguinte forma: o sinalizador só liga quando o termóstato está ligado e mantém-se ligado até atingir a temperatura a que se encontra o termóstato, ou seja, se o termóstato se encontrar a 70° o sinalizador mantém-se ligado até o interior do coletor atingir essa temperatura, ao atingir a temperatura o sinalizador apaga até a temperatura voltar a diminuir. Neste caso em concreto, optou-se por ligar também o termóstato de segurança ao sinalizador para que quando este ativar também se encontre aceso para indicação visual.

Após terminar a reparação do hidrocoletor procedeu-se à realização de um conjunto de testes, verificando a funcionalidade do mesmo, aquecimento da água a uma temperatura dentro dos intervalos predefinidos e confirmando que não existe qualquer perigo decorrente da sua utilização.

5.2.3 Bicicleta estática

As bicicletas estáticas, tal como as passadeiras ou elípticas com o passar do tempo começam a apresentar alguns problemas, seja a nível mecânico como funcional. Como estes equipamentos têm um tempo de vida útil elevado por vezes quando ocorre uma falha, não é possível encontrar os componentes para a sua substituição. Assim sendo, existem duas soluções: proceder à substituição do equipamento por um novo ou encontrar uma solução técnica que permita ao equipamento voltar a ter as suas funcionalidades originais. A reparação apresentada nesta secção reflete uma situação em que não era possível encontrar o componente para proceder à sua substituição tendo sido encontrada uma solução que permitisse que a bicicleta estática volta-se a estar operacional.

A bicicleta apresentava um erro no seu display (Erro 5), uma vez que não havia qualquer manual do aparelho, teve-se de procurar o problema passo a passo. Começou-se pela verificação das baterias, verificando se estas recebiam carga, no intuito de descartar a hipótese que o problema era das baterias. Visto que o problema não era das baterias passou-se à medição de continuidades entre as ligações do *keyboard* e a placa eletrónica e assim, verificou-se que existiam pontos entre os dois objetos em que não era possível efetuar medidas, ou seja, existiam pistas partidas no *keyboard*. A reparação do problema envolvia a substituição do *keyboard*, porém como se trata de um aparelho com alguns anos o *keyboard* não se encontrava no mercado. Perante este problema, optou-se substituir o *keyboard* por botões pulsados no local dos sensores de seleção de funções da *keyboard*.

A Figura 61 apresenta o painel antes e após da substituição dos botões pulsados.



Figura 61 – Painel antes da substituição (esquerda) e painel após aplicação dos botões pulsados (direita)

Para unir os sete botões à placa foram necessários oito fios, onde um deles seria comum a todos os botões, como demonstrado na Figura 62.



Figura 62 – Resultado após reparação

5.3 Conclusão do capítulo

As intervenções de manutenção preventiva e corretiva descritas neste capítulo permitem documentar alguns dos processos realizados nos equipamentos de fisioterapia dos clientes ao longo do estágio. O capítulo seguinte apresenta as principais conclusões e algumas recomendações de forma a melhorar alguns aspetos na empresa S4MED.

6 CONCLUSÕES

O presente relatório de estágio documenta todas as tarefas realizadas no âmbito do estágio curricular do mestrado em Instrumentação Biomédica ministrado no ISEC. O referido estágio teve lugar na instituição de acolhimento S4MED tendo início a 17 janeiro de 2022 e término a 29 de julho de 2022.

Como primeiro contato com o mercado do trabalho foi uma boa experiência uma vez que permitiu compreender e conhecer o funcionamento de uma empresa na prestação de serviços de manutenção, nomeadamente aos equipamentos utilizados na fisioterapia. Também foi possível obter uma maior consolidação e aprofundamento de ensinamentos académicos, principalmente aspetos teóricos, com maior relevância aos assuntos das normas que devem ser seguidas quer nas manutenções a realizar como na aquisição dos equipamentos que permitem auxiliar os técnicos nas verificações de funcionamento do equipamento.

Por fim, pode-se afirmar que durante todo o tempo de estágio existiu uma aprendizagem progressiva. Numa primeira fase existiu uma aprendizagem visual observando as intervenções de manutenção realizadas pelos técnicos da empresa aos equipamentos, participando também no preenchimento dos registos e relatórios dos equipamentos durante as várias manutenções. Mais tarde tive um papel mais ativo durante as manutenções, quer a nível da reparação dos equipamentos, quer ao nível da verificação do correto funcionamento dos mesmos, no entanto, sempre com a presença e supervisão do técnico da empresa.

Resumindo o estágio foi uma experiência que permitiu enriquecer as competências adquiridas durante todos os anos de formação, levando a um crescimento profissional e pessoal. Em suma, pode-se verificar que foram cumpridos todos os objetivos delineados neste relatório, nomeadamente o levantamento de um conjunto de equipamentos de testes úteis ao apoio das intervenções a realizar aos equipamentos.

6.1 Propostas de melhoria

Durante o período de estágio foram verificados alguns aspetos que poderiam ser melhorados. Com esse intuito, serão apresentadas algumas propostas de melhoria tais como:

- A utilização da aplicação que é usada nas manutenções preventivas ser utilizada para o registo das manutenções corretivas;
- Uma vez que, a empresa tem adquiridos equipamentos de testes, estes sejam referenciados nos relatórios, como também sejam anexos o resultado dos testes efetuados nos relatórios que são emitidos ao cliente.

7 REFERÊNCIAS

- [1] C. Gutenbrunner, A. B. Ward e M. A. Chamberlain, Edits., Livro Branco de Medicina Física e de Reabilitação na Europa, Centradur - Centro Internacional de Traduções, Lda, 2009.
- [2] C. Starkey, Recursos Terapêuticos em Fisioterapia, Barueri: Manole, 2001.
- [3] P. S. Branco e C. , Temas de Reabilitação - Agentes Físicos, Porto: Medesign - Edições e Design de Comunicação, Lda, 2005.
- [4] W. E. Prentice e B. Blake, “Foundations of Therapeutic Modalities,” pp. 4-14.
- [5] C. Starkey, Therapeutic Modalities, Philadelphia: F.A Davis Company, 2013.
- [6] “Fisioterapia Oeiras.com,” [Online]. Available: https://www.fisioterapiaoeriras.com/servicos/fisioterapia/parafina?fbclid=IwAR2sd94qrW_B3cL7KSc-0Fhr-gxnITCwrVoDzl5LBglasFjB9nl-KrTTvls. [Acedido em 16 maio 2022].
- [7] D. A. Itakura, V. Magas, E. B. Neves e P. Nohama, “Alteração da temperatura nos tecidos biológicos com a aplicação do ultrassom terapêutico: uma revisão,” *Fisioterapia em Movimento*, vol. 25, nº 4, pp. 857-868, out/dez. 2012.
- [8] R. O. d. Araújo e R. F. d. Santos, “Avaliação do funcionamento dos aparelhos de ultrassom terapêutico em serviços publicos e privados da cidade de Manaus,” *Revista de Administração em Saúde*, vol. 19, nº 77, Novembro 2019.
- [9] D. Barnes e M. Santos, Manual Ondas de Choque Piezoelétrica e Ultracavitação, Medical San.
- [10] “MTS,” Copyright, 2022. [Online]. Available: <https://www.mts-medical.com/>. [Acedido em junho 2022].
- [11] J. Monsanto, “Physiohub,” *Tratamento com ondas de choque*, 20 julho 2021.
- [12] Termonologia da manutenção, 2007.
- [13] J. P. T. Carneiro, “Manutenção de Equipamentos Médicos e AVAC em Ambiente Hospitalar,” 2021.
- [14] J. M. D. Manso, “Práticas de Gestão de Equipamentos Médicos no Hospital da Luz,” Lisboa, 2012.

- [15] C. V. Pinto, Organização e Gestão da Manutenção, MONITOR, 1999.
- [16] J. P. S. Cabral, “Organização e Gestão de Manutenção dos conceitos à prática,” Lisboa, LIDEL, 2006, pp. 53-81.
- [17] G. Metrawatt, IEC 62353: Standards for the Safety and Efficacy of Medical Electrical Equipment, USA: Grossen Metrawatt, 2013.
- [18] EBME, “IEC 60601,” 19 novembro 2019. [Online]. Available: <https://www.ebme.co.uk/articles/electrical-safety-testing-in-accordance-with-iec-62353/iec-60601>. [Acedido em Agosto 2022].
- [19] C. S. J. Leitão, “Desenvolvimento de Dispositivos de Eletroterapia para Medicina Física e Reabilitação,” Coimbra, 2010.
- [20] EBME, “Classes and types of medical electrical-equipment,” 2 Agosto 2019. [Online]. Available: <https://www.ebme.co.uk/articles/electrical-safety/classes-and-types-of-medical-electrical-equipment>. [Acedido em Agosto 2022].
- [21] R. Medical, A Practical Guide to IEC 60601-1, Rigel Medical, 2007.
- [22] EBME, “Leakage Currents,” 17 janeiro 2017. [Online]. [Acedido em setembro 2022].
- [23] R. Medical, 288+ USER MANUAL, Copyright, 2021.
- [24] ebme, “IEC 62353 Leakage Measurements,” 18 novembro 2019. [Online]. Available: <https://www.ebme.co.uk/articles/electrical-safety-testing-in-accordance-with-iec-62353/iec-62353-leakage-measurements>. [Acedido em setembro 2022].
- [25] R. Medical, 62353+ USER MANUAL, Copyright, 2021.
- [26] EBME, “Medical Electronic Equipment,” 29 agosto 2019. [Online]. Available: <https://www.ebme.co.uk/articles/electrical-safety-testing-in-accordance-with-iec-62353/medical-electronic-equipment>. [Acedido em setembro 2022].

