



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

---

# **Desenvolvimento de uma Aplicação de Gestão de Manutenção de Equipamentos Hospitalares**

Relatório de Projecto para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Electrotécnica

Autor

**David João Santos Saraiva**

Orientador

**Prof. Doutor Inácio de Sousa Adelino da Fonseca**

Coimbra, junho de 2019





Departamento  
de Engenharia Electrotécnica

---

# **Desenvolvimento de uma Aplicação de Gestão de Manutenção de Equipamentos Hospitalares**

Relatório de Projecto apresentado para a obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Electrotécnica

Autor

**David João Santos Saraiva**

Orientadores

**Prof. Doutor Inácio de Sousa Adelino da Fonseca**

Instituição

**Instituto Superior de Engenharia de Coimbra**



## Resumo

O sector da saúde é um organismo de elevada complexidade onde é fulcral a relação quase simbiótica e codependente de diversos sistemas. De facto, não é suficiente um Hospital ser dotado de bons médicos e profissionais de saúde, porque uma prestação de serviços de saúde defeituosa pode não ser meramente consequente de uma negligência ou imperícia humana. É imprescindível que estes profissionais tenham ao seu dispor ferramentas de operação e de diagnóstico fidedignas e fiáveis, sendo, como tal, necessário que a condição desses recursos tecnológicos não seja colocada em segundo plano.

No seguimento desta premissa temos cada vez mais a Engenharia Biomédica a trabalhar na penumbra dos Hospitais, garantindo a segurança de quem opera os diversos equipamentos hospitalares. A respectiva manutenção preventiva para além de garantir o prolongamento do período de vida útil dos equipamentos intervencionados, visa também garantir as suas normais condições de funcionamento através de verificações e testes funcionais específicos para cada tipo de equipamento.

Como tal os responsáveis pela manutenção também necessitam de ter os seus instrumentos de trabalho, como ferramentas de reparação, simuladores de sinais e parâmetros, aparelhos de calibração, entre outros. Com o evoluir da engenharia médica os equipamentos de electromedicina tendem cada vez mais a ser intervencionados como se de pacientes se tratassem, e, assim como os médicos necessitam do histórico clínico dos pacientes, os engenheiros biomédicos também precisam do histórico de reparações e intervenções dos equipamentos hospitalares. É aqui que entra a engenharia de *software*, criando programas de gestão e planeamento de manutenção.

O paradigma actual apresentado motivou o autor deste relatório a criar um *software* capaz de suprimir algumas necessidades dos técnicos da empresa PromeiCentro, entre as quais: ter uma base de dados de equipamentos dos vários clientes, pôr em comum entre os vários colaboradores as ordens de trabalho, gestão documental, pedidos de material ao armazém, fácil acesso a relatórios e planificações, entre outros.

Para a criação deste projecto foi feita uma pesquisa de mercado das inúmeras ofertas de produtos similares. Porém a criação deste *software* ficará sempre condicionada às rotinas da empresa em questão, sendo que a premissa primordial é que o *software* será feito à imagem da empresa e não será a empresa a adaptar-se ao *software*, o que torna o projecto distinto e ambicioso.

**Palavras-chave:** Manutenção, Equipamentos Hospitalares, Gestão da Manutenção Assistida por Computador



## Abstract

The health field is a highly complex organism where the symbiotic and codependent relationship of several systems is vital. In fact, it is not enough to a hospital to be endowed with good doctors and health professionals, because the provision of defective health services may not be merely resulting from a human negligence or malpractice. It is imperative that these professionals have reliable and consistent operating and diagnostic tools, and as such it is necessary that the condition of these technological resources is not placed in the background.

Following this premise, we have more and more the Biomedical Engineer working in the shadows of the Hospitals, ensuring the safety of those who operate the many hospital equipment. The respective preventive maintenance, in addition of guaranteeing an extension of the useful life of the equipment, also aims to guarantee its normal operating conditions through specific functional tests for each type of equipment.

As such, those in charge of maintenance also need to have their instruments of work, such as repair tools, signal and parameter simulators, calibration devices, among others. With the evolution of medical engineering, electromedicine equipment increasingly tends to be treated as if it were human patients, and just as doctors need the patients' medical history, biomedical engineers also need the history of hospital equipment repairs and interventions. This is where software engineering comes in, creating management and maintenance planning software.

The current paradigm presented motivated the author of this report to create a software capable of suppressing some needs of the PromeiCentro's technicians, among which: to have a database of equipment of the various clients, to put in common among the various collaborators, the work orders, document management, material requests to the warehouse, easy access to reports and planning, among others.

For the creation of this project, a market research of the numerous offers of similar products was made. However, the creation of this software will always be conditioned to the routines of the company, and the main premise is that the software will be made to the needs of the company and will not be the company to adapt to the software, which makes the project distinct and ambitious.

**Key-words:** Maintenance, Hospital Equipment, Computerized Maintenance Management System



## Índice

Resumo .....	i
Abstract .....	iii
Índice .....	v
Índice de figuras .....	vii
Índice de tabelas .....	ix
Simbologia e abreviaturas .....	xi
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e objectivos.....	1
1.2 Caracterização da entidade em parceria .....	2
1.2.1 Área Comercial.....	2
1.2.2 Engenharia Hospitalar .....	2
1.2.3 Gestão e Manutenção hospitalar .....	3
1.3 Estruturação do Relatório.....	3
2 Manutenção.....	5
2.1 Definição e conceito .....	5
2.2 História da Manutenção .....	7
2.3 Tipos de Manutenção .....	8
2.3.1 Manutenção Correctiva .....	9
2.3.2 Manutenção Preventiva.....	10
2.4 Custos de Manutenção .....	12
2.5 Gestão da Manutenção .....	14
2.5.1 <i>Software</i> de Gestão de Manutenção.....	14
2.5.2 Indicadores de desempenho da manutenção .....	19
3 Manutenção Hospitalar .....	25
3.1 Equipamentos de apoio à manutenção.....	27
3.1.1 Testes de Segurança Eléctrica .....	27
3.1.2 Teste de Monitores de Sinais Vitais .....	32
3.1.3 Teste de Aparelhos de Electrocirurgia .....	37
3.1.4 Teste de Ventiladores Respiratórios .....	41
3.1.5 Teste de Desfibrilhadores .....	44
3.1.6 Teste de Aparelhos de Infusão .....	48
4 Descrição da Aplicação de Gestão de Manutenção .....	53
4.1 Escolha da Arquitectura .....	53
4.2 Requisitos funcionais .....	55

---

4.3	Cronologia.....	58
4.4	Tecnologias/Ferramentas utilizadas .....	59
4.4.1	HTML .....	60
4.4.2	PHP.....	60
4.4.3	CSS.....	61
4.4.4	Bootstrap.....	61
4.4.5	Javascript.....	62
4.4.6	MySQL .....	63
4.5	Descrição do desenvolvimento.....	63
4.5.1	Base de Dados .....	64
4.5.2	Desenvolvimento do <i>layout</i> .....	67
4.5.3	Formulários .....	68
4.5.4	Autenticação .....	69
4.5.5	Página de Início .....	70
4.5.6	Inserir cliente.....	71
4.5.7	Inserir equipamento .....	72
4.5.8	Abrir ordens de trabalho .....	73
4.5.9	Preenchimento de folhas de obra .....	74
4.5.10	Folhas de obra concluídas.....	78
4.5.11	Requisições de material ao armazém .....	79
4.5.12	Área de Cliente .....	81
4.6	Considerações finais .....	84
5	Conclusão .....	85
5.1	Objectivos cumpridos .....	85
5.2	Dificuldades encontradas .....	86
5.3	Melhorias futuras .....	86
6	Referências bibliográficas.....	89

## Índice de figuras

Figura 1 - Importância da Manutenção .....	7
Figura 2 - Tipos de Manutenção .....	9
Figura 3 - Rácio manutenções preventivas vs correctivas .....	13
Figura 4 - Criação de Ordem de Trabalho no software ManWinWin .....	16
Figura 5 - Ordens de Trabalho no software Valuekeep .....	18
Figura 6 - Gráfico de caracterização de falhas ("Curva da Banheira") .....	22
Figura 7 - Efeitos de diferentes intensidades de corrente corpo humano .....	28
Figura 8 - Simbologia dos equipamentos de electromedicina .....	29
Figura 9 - Funcionamento da protecção terra .....	30
Figura 10 - Teste de correntes de fuga pelo método directo .....	31
Figura 11 - Teste de correntes de fuga pelo método alternativo .....	31
Figura 12 - Equipamento de teste de segurança eléctrica Fluke ESA612 .....	32
Figura 13 - Rigel UNI-SIM .....	33
Figura 14 - Funcionamento de um equipamento de teste de oximetria .....	35
Figura 15 - Curva de ECG .....	36
Figura 16 - Formas de onda características de modos de funcionamento de Electrobisturis .....	38
Figura 17 - Placa de dispersão de folha dupla (Split Pad) .....	39
Figura 18 - Rigel Uni-Therm .....	40
Figura 19 - Equipamento de teste TSI Certifier Flow Analyzer Plus Ventilator Test System 4080 .....	43
Figura 20 - Pulmão de teste para ventiladores .....	43
Figura 21 - Circuito simplificado de um desfibrilador .....	45
Figura 22 - Onda Monofásica vs Onda Bifásica .....	45
Figura 23 - Equipamento de teste de desfibriladores SPL DP-300 .....	47
Figura 24 - Gráfico Tensão (V) em função do Tempo (ms) de uma descarga obtido pelo SPL DP-300 .....	47
Figura 25 - Componentes constituintes de uma bomba de perfusão .....	48
Figura 26 - Mecanismo peristáltico linear vs rotativo .....	49
Figura 27 - Equipamento de teste de bombas de infusão <i>Rigel Multi-Flo</i> .....	50
Figura 28 - Metodologia web em 3 camadas .....	54
Figura 29 - Modelo de Folha de Obra em papel .....	56
Figura 30 - Modelo de requisição interna ao armazém .....	56
Figura 31 - Mapa de planeamento de manutenções preventivas .....	57
Figura 32 - Cronologia do desenvolvimento da aplicação .....	58
Figura 33 - Exemplo de implementação de CSS .....	61
Figura 34 - Modelo físico de dados, obtido através do software MySQL Workbench .....	66
Figura 35 - Base de Dados no phpMyAdmin .....	67

Figura 36 - Código do ficheiro conf.php .....	67
Figura 37 - Exemplo de Formulário com método POST .....	69
Figura 38 - Página de <i>Login</i> .....	69
Figura 39 - Fluxograma de funcionamento da página login .....	70
Figura 40 - 1ª Aba da página inicial (técnicos) .....	71
Figura 41 - 2ª Aba da página inicial (administradores) .....	71
Figura 42 - Inserir novo cliente .....	72
Figura 43 - Mensagem de erro (não preenchimento do número de cliente).....	72
Figura 44 - Inserir novo equipamento.....	73
Figura 45 - Abrir nova folha de obra .....	74
Figura 46 - Cabeçalho exemplo de uma folha de obra .....	75
Figura 47 - Exemplo de listagem de equipamentos no preenchimento de uma folha de obra.....	75
Figura 48 - Aba "Finalizar" da página de preenchimento de Folhas de Obra .....	76
Figura 49 - Exemplo de folha de obra com manutenção preventiva a um equipamento.....	76
Figura 50 - Material aplicado e informações de deslocação do técnico .....	77
Figura 51 - Sistema de recolha de assinaturas digitais.....	77
Figura 52 - Listagem de folhas de obra concluídas .....	78
Figura 53 - Exemplo de folha de obra concluída.....	79
Figura 54 - Modelo de emissão de requisições ao armazém.....	80
Figura 55 - Gestão de requisições internas ao armazém .....	80
Figura 56 - Área de cliente (secção de selecção) .....	81
Figura 57 - Exemplo de listagem de equipamentos relativos a um cliente .....	82
Figura 58 - Exemplo de uma aba "Equipamento" .....	83

---

**Índice de tabelas**

Tabela 1 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para pressões arteriais .....	34
Tabela 2 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para oximetria .....	35
Tabela 3 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para ECG .....	36
Tabela 4 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para Temperatura .....	37
Tabela 5 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Therm .....	40
Tabela 6 - Especificações técnicas do Rigel Multi-Flo .....	51



## Simbologia e abreviaturas

AED - *Automated External Defibrillator*

AFNOR - *Association Française de Normalisation*

API - *Application Programming Interface*

BPM - Batimentos Por Minuto

CDI – *Cardiodesfibrilador Implantável*

CMMS – *Computerized Maintenance Management System*

CO2 – Dióxido de Carbono

CSS - *Cascading Style Sheets*

DEA - Desfibrilador Externo Automático

DOM – *Document Object Model*

ECG - Eletrocardiograma

ERP - *Enterprise Resource Planning*

FC – Frequência Cardíaca

GMAC – *Gestão de Manutenção Assistida por Computador*

HD - Horas Disponíveis para operação

HIM - Horas de Indisponibilidade do equipamento

HMC - Horas de Manutenção Correctiva

HMP - Horas de Manutenção Preventiva

HTML - *Hyper Text Markup Language*

HTTP - *Hypertext Transfer Protocol*

IBP – *Invasive Blood Pressure*

IEC - *International Electrotechnical Commission*

IPQ - Instituto Português da Qualidade

ISEC - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

ISO - *International Organization for Standardization*

KPI - *Key Performance Indicators*

LCD - *Liquid Crystal Display*

LED - *Light-Emitting Diode*

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time To Repair*

MTW - *Mean Time Waiting*

NCUT - Número de Ciclos de Utilização Totais

NESSY - *Neutral Electrode Safety System*

NIBP - *Non-Invasive Blood Pressure*

NMCT - Número de Manutenções Correctivas Totais

NP - Norma Portuguesa

PA - Pressão Arterial

PANI - Pressão Arterial Não Invasiva

PC - *Personal Computer*

PDF - *Portable Document Format*

PEEP - *Positive End-Expiratory Pressure*

PHP - *Hypertext Preprocessor*

REM - *Return Electrode Monitoring*

RMM - Recursos de Monitorização e Medida

RMS - *Root Mean Square*

RWD - *Responsive Web Design*

SEE - Serviço de Equipamentos e Eletromedicina

SGBD - Sistemas de Gestão de Base de Dados

SIE - Serviço de Instalações e Equipamentos

SIMV - *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation*

SPO2 – Saturação Periférica de Oxigénio

SQL - *Structured Query Language*

TE - Tempo de Espera pela intervenção

TOPT - Tempo de Operação Total

URL - *Uniform Resource Locator*

VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia

XML - *eXtensible Markup Language*

# 1 Introdução

O presente relatório foi resultado do Trabalho de Projecto de Mestrado em Engenharia Electrotécnica, área de especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, no âmbito da Unidade Curricular de Projecto/Estágio. O projecto foi também fruto da colaboração entre o Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e a empresa PromeiCentro.

Neste capítulo será feita uma nota introdutória ao trabalho desenvolvido, descrevendo-se o enquadramento e objectivos inicialmente propostos, será abordada a empresa de acolhimento segundo uma breve apresentação e exposição das respectivas áreas de acção, concluindo com a estruturação e organização do relatório.

## 1.1 Enquadramento e objectivos

Na conjuntura empresarial actual deparamo-nos com um crescente lidar com volumes de dados e informações, visto que cada vez mais são necessárias evidências e relatórios das actividades das empresas. Neste paradigma, as entidades são impelidas a otimizar os seus processos, com propósitos organizacionais, de modo a se conceber um fácil e ininterrupto acesso às informações cruciais pela parte de todos os colaboradores. A forma de gerir informação é então um elemento chave no negócio pois tem um impacto nos benefícios que essas informações podem vir a oferecer no seio de uma empresa, bem como nos procedimentos e rentabilidades da mesma. Nisto, temos o desenvolvimento das tecnologias de informação a exponenciar os processos de gestão empresarial, com *softwares* cada vez mais capazes e com cada vez mais operacionalidades.

Na área da manutenção hospitalar, dada a sua relevância, é evidente a carência organizacional das entidades que prestam esses serviços. Porém as soluções disponíveis, para além de serem recursos deveras dispendiosos, costumam ter funcionalidades demasiado generalistas de modo a abarcar diversos ramos de negócios, o que por vezes as torna inadequadas aos procedimentos de algumas empresas.

Neste seguimento, foi proposto aos responsáveis da PromeiCentro a elaboração de uma aplicação de gestão de manutenção de equipamentos hospitalares, com o intuito de substituir os procedimentos obsoletos implementados na empresa, tornar acedível a todos os colaboradores os diversos dados essenciais para a prática das suas actividades, automatizar processos e potenciar os níveis de organização e gestão perante os clientes.

## 1.2 Caracterização da entidade em parceria

A PromeiCentro é uma empresa que desenvolve a sua actividade no sector da saúde, enquanto fornecedor de soluções e serviços. Tendo iniciado a sua actividade como distribuidor de equipamentos médicos, presta igualmente serviços de assistência técnica e de reparação.

Desde há alguns anos, a PromeiCentro tem feito uma aposta não só nas soluções que comercializa e prestação do serviço de assistência técnica, mas também na evolução ao nível organizacional. A certificação ISO 9001:2015 é o reflexo do rigor e profissionalismo que a PromeiCentro tem vindo a desenvolver neste período recente.

A nível de estrutura organizacional, a PromeiCentro, divide as suas áreas de negócio na área comercial, engenharia hospitalar e gestão e manutenção hospitalar.

### 1.2.1 Área Comercial

É comercializada uma vasta lista de produtos e equipamentos em diversas áreas do domínio hospitalar, que se encontram devidamente certificados, nomeadamente: mobiliário hospitalar, instrumentação cirúrgica, instrumentos de diagnóstico clínico, monitorização de sinais vitais, equipamento de electrocirurgia, material operatório, gases e oxigenoterapia, e todo o equipamento para esterilização, cardiologia, fisioterapia e reabilitação, e diversos tipos de consumíveis.

Com o crescimento do mercado, nomeadamente com uma maior integração de tecnologia nos dispositivos médicos, a PromeiCentro evoluiu no sentido de oferecer soluções integradas e inovadoras às unidades de saúde. Desenvolveu parcerias com fabricantes mundiais, no sentido de, em conjunto, desenvolver soluções à medida dos clientes e do mercado, tendo como principais premissas, a integração de tecnologia em dispositivos médicos com custos controlados.

### 1.2.2 Engenharia Hospitalar

Relativamente à área da engenharia hospitalar, e tendo em consideração as necessidades tecnológicas, é realizada a projecção, desenvolvimento e implementação de soluções à medida de todas as exigências. A implementação de sistemas de telemedicina, rastreabilidade e soluções *wireless* para bloco operatório, cardiologia e centrais de esterilização, são já uma realidade.

Existe um gabinete, dotado de técnicos de diferentes especializações, criado para o desenvolvimento de soluções integradas tipo chave-na-mão, permitindo a planificação de projectos integrais de unidades de saúde, com todas as suas especialidades, até à sua implementação ou construção. O âmbito dos serviços foi sendo alargado, podendo hoje dar-se resposta em quase todas as áreas da engenharia hospitalar, nomeadamente no diagnóstico de necessidades e estudos económicos, coordenação de diversos projectos de especialidades, apoio na fiscalização da obra, consultoria técnica especializada em equipamentos e soluções hospitalares, pareceres técnicos, fornecimento e implementação de soluções. A empresa foi já responsável pelo projecto, implementação e apoio a

algumas das mais recentes clínicas e hospitais privados, não só da região centro, mas também nas zonas da Grande Lisboa e Grande Porto.

### 1.2.3 Gestão e Manutenção hospitalar

A área mais relevante acaba por ser a gestão e manutenção hospitalar. Neste sentido são fornecidos serviços relativos aos vários tipos de manutenção, com particular incidência na realização de inspeções e verificações técnicas nos dispositivos médicos.

De facto, uma das principais actividades deste departamento visa a manutenção *on-site* dos diferentes dispositivos médicos das unidades de saúde. Os serviços prestados, para fazer face às necessidades dos clientes, passam por programas de contratos de manutenção devidamente organizada e previamente planeada, incluindo serviços de manutenção periódica e meios técnicos disponíveis para intervenções de urgência.

Este serviço é normalmente prestado ao abrigo de contratos de manutenção preventiva com as unidades de saúde, permitindo num só contrato de manutenção abranger todas as áreas de manutenção hospitalar. São enviados relatórios periódicos das actividades de manutenção com indicadores de desempenho e custos de manutenção por equipamento, solução esta desenvolvida à medida das exigências de cada cliente.

As instalações da Promeicentro, dispõem de um laboratório dotado de recursos para reparação dos diversos equipamentos hospitalares, tendo sido feito nos últimos anos um considerável investimento em equipamentos de diagnóstico específicos para cada dispositivo médico. Os meios de diagnóstico, permitem identificar mais rapidamente as avarias, bem como verificar o correcto funcionamento após a reparação.

Relativamente à organização e gestão dos serviços de manutenção disponibilizados aos clientes, a empresa não dispõe de qualquer recurso informático. As folhas de obra que discriminam e relatam todas as tarefas realizadas pelos técnicos são preenchidas manualmente, sendo posteriormente arquivadas em dossiês alusivos a cada cliente. Os relatórios individuais de verificação e os planos anuais de manutenção são realizados recorrendo ao Excel, sendo necessária a sua reformulação ao fim de cada ano.

## 1.3 Estruturação do Relatório

Este relatório está dividido, segundo uma sequência lógica, em cinco capítulos. Nestes capítulos foram abordados os temas chaves e fulcrais ao redor do protótipo desenvolvido. A prossecução da escrita teve uma desenvoltura coerente, de modo a envolver o leitor no ambiente para o qual a aplicação foi criada, facilitando assim a compreensão.

No capítulo 1 temos a introdução, onde é feita uma breve contextualização, a exposição dos objectivos propostos, apresentação da empresa para a qual o software foi desenvolvido e é descrita ainda a organização do relatório.

O capítulo 2 compreende toda a temática “manutenção”. São expostos os conceitos e definições dos diferentes tipos de manutenção geral, um enquadramento histórico, a racionalização dos equipamentos relativamente aos custos e conclui-se o capítulo com a apresentação de algumas aplicações de gestão de manutenção.

No capítulo 3 particulariza-se a manutenção hospitalar, relatando-se o paradigma actual da mesma em Portugal. Também se abordam aparelhos de teste (ou recursos de monitorização e medida) usados para a verificação de equipamentos de electromedicina, explicando-se também os procedimentos de manutenção preventiva aplicados aos mesmos.

O capítulo 4 centraliza todos os aspectos relacionados com concepção do protótipo. Neste capítulo foi dada primazia a uma sequência cronológica o mais fidedigna possível com as tarefas realizadas no desenvolvimento do software. São expostos os motivos para a escolha de arquitectura implementada, os requisitos funcionais desejados, a cronologia e sucessão temporal dos eventos que levaram à origem do programa e as ferramentas utilizadas. Por fim é exibido parte do protótipo e breve discussão das funcionalidades implementadas.

No capítulo 5 temos o encerramento do projecto, com as conclusões e considerações finais. São abordados os objectivos alcançados, as dificuldades encontradas e as melhorias a implementar futuramente.

## 2 Manutenção

### 2.1 Definição e conceito

A manutenção apresenta-se como todo o conjunto de processos e intervenções que permitem manter o funcionamento original de um equipamento, ou melhorar o estado e desempenho actual, tendo sempre em vista a gestão económica e optimização do seu ciclo de vida [1].

Citando a AFNOR NF X 60-010:

*“Uma boa Manutenção é o conjunto de acções que permite manter, ou restabelecer, um bem num estado específico, em condições de assegurar um determinado serviço.”* [2]

Posteriormente à referida norma foi consciencializada a necessidade de introduzir um parâmetro fulcral na definição da manutenção, o aspecto económico. Como tal foi criada uma nova norma, a AFNOR NF X 60-000, que evidencia que *“boa manutenção é assegurar essas operações a um custo global optimizado”*. [3]

Como tal, um responsável pela manutenção de um determinado bem tem o preceito de:

- Vigilância permanente ou periódica;
- Acções paliativas e reparações pontuais;
- Acções preventivas;
- Planeamento estratégico.

Porém, a respectiva manutenção advém e está estritamente dependente do momento da concepção do equipamento/bem, pois é aqui que será determinada a manutibilidade (capacidade de ser mantido), fiabilidade (capacidade de estar operacional) e durabilidade (duração até à sua depreciação total). Dependendo então da análise do custo do equipamento, dos materiais que o constituem e das respectivas degradações, da importância e consequências da falha do equipamento para o processo/indústria, o ritmo de produção e outros factores, será possível elaborar um plano de manutenção característico, adequado e diferenciado.

As normas AFNOR definem 5 níveis de manutenção caracterizados da seguinte forma:

#### 1º Nível

Tarefas executadas pelo respectivo cliente:

- Afições simples previstas pelo construtor, sem desmontagem do equipamento;
- Substituição de elementos acessíveis, com toda a segurança;

#### 2º Nível

Tarefas executadas pelo Técnico qualificado e, em algumas situações pelo próprio cliente:

- Reparação através de substituição de elementos *standard* previstos para este efeito;
- Operações menores de manutenção preventiva.

### 3º Nível

#### Tarefas executadas pelo Técnico qualificado no local ou pela Equipa de Manutenção:

- Identificação e diagnóstico das avarias;
- Reparação por substituição de componentes funcionais;
- Reparações mecânicas menores;

### 4º Nível

#### Tarefas executadas pela Equipa de Manutenção:

- Trabalhos importantes de manutenção curativa, correctiva ou preventiva;

### 5º Nível

#### Tarefas executadas pela Equipa de Manutenção polivalente:

- Trabalhos de renovação, de construção;
- Reparações importantes numa oficina central ou por sub-contratação.

Temos associados vários factores que elevam cada vez mais a importância da manutenção e o seu desenvolvimento. Dentro destes temos factores de cariz económico, social e legal (figura 1).

Em termos económicos as empresas pretendem o máximo rendimento dos investimentos feitos em instalações e equipamentos, como tal o prolongamento das suas vidas úteis e a contínua disponibilidade de operação são fulcrais. Mantendo um maior período de operação dos equipamentos temos uma consequente melhoria do aproveitamento dos recursos humanos, conduzindo a uma melhor eficiência em todo o sistema. No âmbito económico temos ainda a redução dos desperdícios, atrasos e interrupções da produção, produtos defeituosos, derivando uma consequente diminuição de reclamações de produtos.

Os grupos sociais responsáveis pela operação dos equipamentos ou instalações, ou até mesmo grupos afectados indirectamente, exigem a sua valorização e para tal a crescente melhoria da qualidade dos equipamentos é uma imposição válida. Se por um lado a adequada manutenção promove a valorização e estima dos operários, esta também promove a imagem da empresa perante os seus clientes.

A manutenção reduz substancialmente a probabilidade de erros ou anomalias no funcionamento dos equipamentos, com isto vemos também o risco de acidentes de trabalho reduzido.

Cada vez existem mais entidades reguladores incumbidas de inspeccionar o cumprimento das legislações por parte das empresas, legislações estas relacionadas com factores de segurança, poluição ambiental (provocada por emissões gasosas e descargas de resíduos industriais), sociais (ruído, fumos, cheiros) ou até de insalubridade (condições de trabalho que exponham os empregados a agentes nocivos à sanidade, acima dos limites de tolerância fixados).

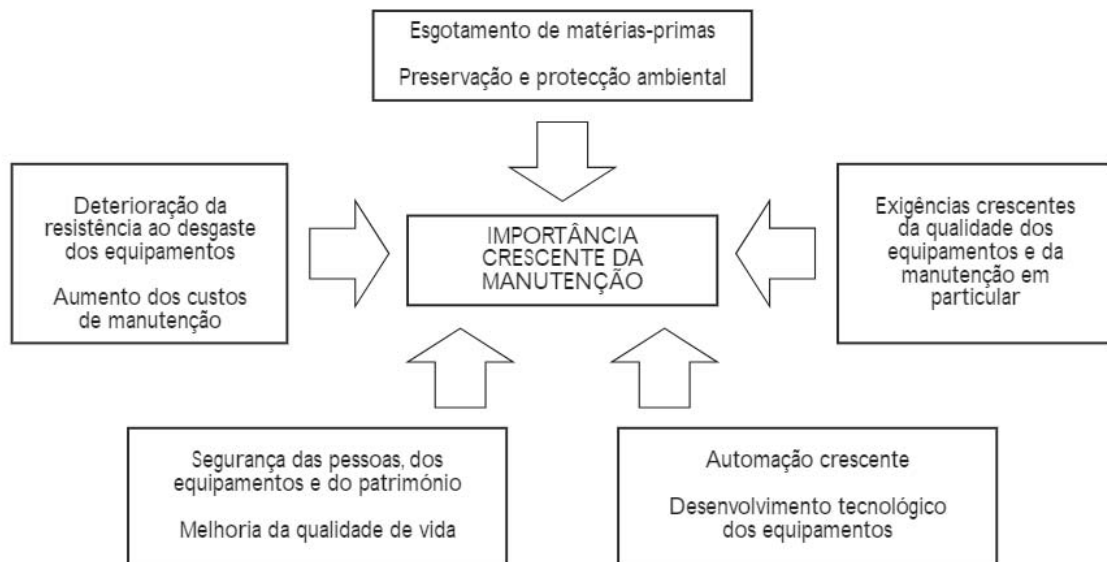


Figura 1 - Importância da Manutenção [1]

Podemos dividir todas as tarefas relacionadas com a manutenção em duas vertentes: as funções primárias e funções secundárias.

Dentro das funções primárias temos as tarefas relacionadas com as acções de quotidiano dos responsáveis da manutenção, ou seja, os serviços prestados de manutenção preventiva ou correctiva a um determinado equipamento ou infra-estrutura, bem como todo o planeamento e gestão dessas tarefas.

Já as funções secundárias, também executadas pela equipa de manutenção, podem ser consideradas tarefas complementares, porém não deverão ser negligenciadas. Dentro destas temos a gestão do armazenamento de peças, a protecção e segurança das instalações, a eliminação das fontes de poluição (ou atenuação para níveis aceitáveis que cumpram as respectivas normas), a higiene e segurança no trabalho, entre outros.

Para além de garantir o funcionamento do objecto alvo de manutenção, também é da responsabilidade da manutenção ditar quando este está obsoleto e a respectiva depreciação de valor torna inviável a continuidade de acções preventivas e correctivas. Quando se perfaz então o ciclo de vida do equipamento, é também encargo da manutenção a sugestão de um novo. [4]

## 2.2 História da Manutenção

O conceito de Manutenção surge a partir de 1930, após a 1ª Guerra Mundial. Inicialmente este conceito contemplava meramente a reparação de equipamentos de unidades militares após a sua avaria. Apesar da utilização de ferramentas específicas a manutenção não era considerada como uma ciência nem objecto de estudo, limitando-se apenas a reparações através da substituição de peças danificadas sem qualquer tipo de predição.

A partir dos anos cinquenta, com o aparecimento das linhas de produção, a Manutenção Industrial passou a ser encarada de outra forma, pois uma avaria numa máquina poderia comprometer o total funcionamento de uma Indústria e tal teria um grande impacto económico. As empresas começaram a reconhecer a importância da manutenção de equipamentos como uma acção autónoma. A Indústria da aviação comercial também despoletou o desenvolvimento da manutenção, porque nessa área as avarias necessitam de ser previstas e antecipadas para garantia de segurança. Nasce então a Engenharia de Manutenção que vai criar processos científicos de manutenção preventiva, em que a preocupação dominante é a disponibilidade dos equipamentos.

Na década de sessenta a globalização de mercado e o acentuado aumento de concorrência tornou necessário que as empresas fossem cada vez mais produtivas, fazendo com que a disponibilidade dos equipamentos se tornasse imprescindível. A manutenção é obrigada então a definir estratégias para garantir que as máquinas trabalhem dentro de um determinado padrão cada vez mais exigente de eficiência. A manutenção segue uma linha mais orientada para o controlo do que para a intervenção.

Na década de setenta surgem mecanismos de gestão de manutenção com vista a otimizar ao máximo os custos do ciclo de vida de cada equipamento. A relação entre a Gestão e Engenharia colmata uma necessidade intemporal, fazendo com que as intervenções sigam um critério económico, conduzindo a uma crescente evolução do conceito de conservação dos equipamentos através de planos e estratégias específicas. [5]

## **2.3 Tipos de Manutenção**

Podemos classificar a Manutenção em dois ramos, manutenção planeada e manutenção não planeada.

A manutenção planeada é aquela que surge da necessidade de uma melhoria antecipada ou de prevenção com o intuito de precaver a ocorrência de anomalias. Logo esta designa-se por preventiva podendo ser sistemática ou condicionada.

A manutenção que ocorre de modo não programado é proveniente de um ou vários problemas que impedem o funcionamento normal do equipamento. Este tipo de manutenção denomina-se correctiva e consiste exclusivamente em reparar materiais, ou seja, constitui acções após a ocorrência de falhas ou desempenhos comprometidos. Neste tipo de avaria, impõe-se a paragem do equipamento o que se traduz em problemas económicos mais drásticos do que os associados à manutenção preventiva, pois esta sendo agendada tende sempre a compatibilizar os horários e programas de funcionamento dos equipamentos em questão.

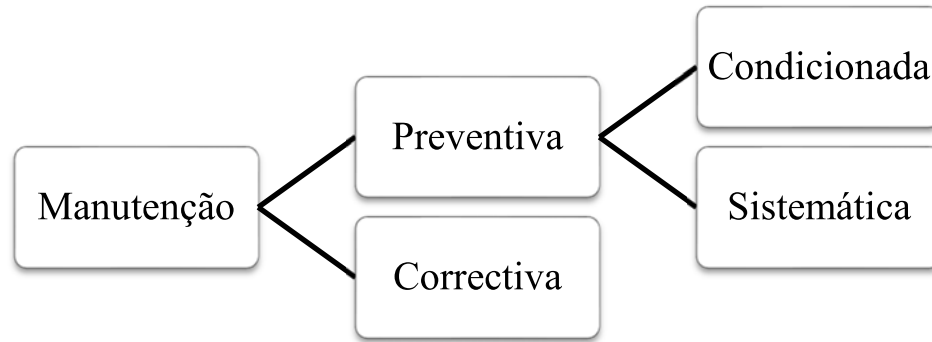


Figura 2 - Tipos de Manutenção

Como podemos observar na figura 2, temos dois tipos de manutenção, correctiva e preventiva, sendo que esta última terá outras duas subcategorias, preventiva condicionada e sistemática.

### 2.3.1 Manutenção Correctiva

Como já referido anteriormente a manutenção correctiva é uma reparação de uma anomalia, ou seja, uma intervenção após a ocorrência de um determinado problema. Como tal pode-se considerar uma manutenção de emergência e não planeada. Todas as etapas relacionadas com esta reparação (desde a análise e estudo da anomalia, orçamentação, pedido de peças/material e execução da reparação) devem ser o mais céleres possíveis pois normalmente implica a paragem do equipamento para se conseguir o restabelecimento das suas funcionalidades ditas normais.

Sendo esta uma acção de recurso estão a ela associada algumas desvantagens:

- Inutilização temporária do equipamento em questão;
- Custos associados à paragem do equipamento;
- Desaproveitamento de recursos humanos dada a inactividade do equipamento;
- Custos de reparação elevados;
- Redução do tempo de vida-útil do equipamento;
- As circunstâncias que ditam a necessidade de uma manutenção correctiva podem conduzir a acidentes de trabalho;
- Implica que a equipa de manutenção tenha um stock de peças capaz de cobrir diversas eventualidades relacionadas com o equipamento.

Como tal, devido a todas as desvantagens descritas é necessário que sejam realizadas boas práticas de manutenção planeada para tentar minorar a probabilidade de ocorrência de avarias. Contudo a necessidade de manutenções correctivas nunca poderá ser completamente suprimida porque é impossível a predição de todas as anomalias que podem ocorrer num equipamento e este poderá estar sempre sujeito a acidentes e anomalias imprevisíveis.

Quando finalizado todo o processo de reparação podemos ainda dividir este tipo de manutenção em outros dois tipos. Se forem restabelecidas todas as condições de funcionamento originais do equipamento esta reparação denomina-se curativa. Se por outro lado a reparação for provisória deixando o equipamento funcional de forma condicionada, normalmente com o intuito estratégico de precaver gastos enquanto se estuda e planeia a reparação definitiva, esta denomina-se por paliativa. [1] [6] [7]

### **2.3.2 Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva consiste em realizar as acções e intervenções antes que as avarias ocorram, tendo o propósito de as precaver. Normalmente, esta manutenção é efectuada conforme um determinado plano com diferentes periodicidades, dependendo estas dos diferentes tipos de equipamentos e das suas necessidades. Este plano é elaborado tendo sempre por base as recomendações do fabricante, estudos estatísticos de ocorrências e a experiência do técnico.

Desta forma, através de intervenções estratégicas e planeadas, para além de prevenir possíveis danos expectáveis, permite-se também compatibilizar as intervenções de manutenção com o plano de serviço do equipamento, evitando ou minimizando o período de paragem do mesmo. Embora os custos associados a este tipo de manutenção sejam à partida mais elevados, como segue um plano fundamentado segundo uma análise financeira e de fiabilidade, permitem a médio-longo prazo a optimização dos recursos e da vida do equipamento, garantindo um processo benéfico e rentável.

Podemos ainda diferenciar a Manutenção Preventiva em outros dois tipos: Sistemática e Condicionada.

#### **2.3.2.1 Manutenção Preventiva Sistemática**

À manutenção preventiva sistemática está associada a um conjunto de tarefas, verificações e aferições de acordo com um plano de manutenção, realizados de forma periódica ou conforme as horas de funcionamento e número de ciclos do equipamento. Dentro destas tarefas podemos incluir substituições de peças e materiais gastos, regulações e calibrações, testes funcionais e controlo de máquinas.

Dado serem actividades constantes e cíclicas, os custos a ela associados são elevados, contudo como são previamente estipuladas e planeadas permitem uma gestão financeira facilmente controlada, porque os encargos são também eles pré-definidos.

#### **2.3.2.2 Manutenção Preventiva Condicionada**

Já a manutenção preventiva condicionada, também denominada como manutenção preditiva, é um tipo de manutenção estritamente relacionado com parâmetros aferidos segundo análises técnicas e testes específicos. Após os referidos testes e verificações consegue-se avaliar o estado e desgaste dos diversos componentes. Portanto, a necessidade de substituição de peças está sustentada pelo conhecimento do seu estado de degradação obtido através dos testes técnicos.

Os parâmetros estudados requerem aparelhos de medida complexos com custos elevados, sendo que as adjacentes substituições de materiais também tornam o processo dispendioso porque muitas vezes as peças são substituídas quando não atingiram o seu potencial de vida. Também são necessários técnicos e engenheiros de manutenção devidamente especializados e com valências capazes de executar tais processos, e mão-de-obra especializada também encarece este tipo de manutenção. Como vantagens temos o evidente aumento de longevidade e fiabilidade dos equipamentos, bem como o aumento da periodicidade das actividades de manutenção, aumentando conseqüentemente a sua disponibilidade.

Temos como exemplos de tarefas referentes a este tipo de manutenção a análise de vibrações e ruídos, análise térmica (utilizam-se instrumentos capazes de detectar temperaturas anormais, usualmente por infravermelhos, podendo-se detectar avarias em motores eléctricos, transformadores e outros equipamentos eléctricos em sobrecarga ou curto-circuito), análise de óleos e lubrificações, entre outros.

### **2.3.2.3 Calibração e Aferição**

No processo de manutenção para além das diversas tarefas enunciadas de substituições de peças, *kits* e consumíveis, também é necessário fazer verificações de valores dos equipamentos, principalmente aparelhos de monitorização (como por exemplo dispositivos médicos que evidenciem determinado parâmetro vital de um paciente a um profissional de saúde). Sendo este projecto inserido num ambiente hospitalar, os equipamentos alvos de manutenção, e as informações de suporte de vida por eles concedidas, vão estar directamente responsáveis por todo o diagnóstico ou procedimento terapêutico. Como tal uma imprecisão de um recurso tecnológico pode conduzir a um mau diagnóstico ou erro médico, podendo comprometer a sanidade de um paciente. Para minimizar a probabilidade de ocorrência desse cenário os equipamentos críticos deverão ser alvos de calibrações e aferições periódicas.

A calibração e aferição são usualmente enunciados como se de sinónimos se tratassem embora estes sejam distintos e de certa forma complementares. Os respectivos conceitos geram alguma confusão no público leigo, sendo que ambos sofreram alterações nas suas definições ao longo dos últimos anos.

Até ao ano de 1995, aferição considerava-se a comparação entre os valores obtidos por um determinado dispositivo em análise em relação a um valor padrão de referência. Por outro lado, calibração era todo o conjunto de procedimentos que permitiam o equipamento alvo voltar a avaliar e medir dentro dos padrões considerados aceitáveis pelo fabricante ou por entidades certificadas. Após o procedimento de calibração, e como medida complementar, seria realizada uma nova aferição para comprovar e validar todo o processo.

Actualmente estes termos técnicos sofreram uma mudança segundo a terminologia internacional VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia).

Nesta nova concepção técnica a palavra aferição deixou de ser utilizada, e por sua vez a palavra calibração mudou de certa forma o seu significado.

Ou seja, actualmente quando proferimos o acto de comparar um equipamento com outro dispositivo que tem uma conformidade conhecida com um padrão certificado estamos a falar de calibração. Ou seja, é todo o conjunto de intervenções, em ambiente controlado e dentro das devidas condições, que permitem classificar o equipamento como aprovado, aprovado condicionado ou não aprovado, dependendo se os valores obtidos experimentalmente estão dentro das normas certificadas ou se estão equiparáveis aos valores obtidos por outro equipamento de medida devidamente e previamente calibrado. Esta comparação de valores estará constantemente acompanhada por erros relativos e desvios expectáveis, sendo que estes são antecipadamente estipulados.

Se um equipamento após a respectiva calibração for considerado como aprovado condicionado ou não aprovado terá de ser feito um ajuste, entrando-se assim no ramo da manutenção correctiva. Ajuste corresponde ao conjunto de operações efectuadas num sistema de medição ou equipamento, de modo a que ele forneça indicações prescritas correspondentes a determinados valores padrão expectáveis de uma grandeza. Dentro destas operações podemos incluir diversos tipos de ajuste como a regulação de zero de um sensor/transdutor, a regulação do *offset* e a regulação de amplitude ou ganho, por exemplo.

No prisma actual ainda podemos incluir outro procedimento similar aos enunciados anteriormente, sendo que este pode ser praticado tanto por um responsável de manutenção ou simplesmente pelo utilizador, a verificação. A verificação do equipamento carece de um cariz de formalidade e de certificação, podendo ser considerada uma manutenção de segundo nível. Pode englobar um mero autoteste, comparação com equipamento similar, testes de interface Homem-Máquina, testes de fugas, entre outros ensaios facultados pelo próprio equipamento.

Resumidamente então, e segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia, podemos resumir a nomenclatura actual em:

- Calibração: comparação com padrão;
- Ajuste;
- Verificação. [8] [9]

## 2.4 Custos de Manutenção

A manutenção tem sempre nos seus critérios a actual conjuntura económico-financeira das empresas, sendo o objectivo primordial a optimização da rentabilidade dos equipamentos. Porém os custos associados às intervenções de manutenção são elevados, e os retornos não são imediatos nem palpáveis, como tal as empresas tendem a fazer cortes. A ausência de manutenção, porém, provoca a deterioração dos equipamentos, comprometendo a produtividade da instituição, ou seja, pode incitar a

necessidade de horas extra e perda de clientes. As empresas têm então uma decisão na disputa do rácio entre os custos inerentes à manutenção em prol da operacionalidade do equipamento.

Enumerando os custos associados a um determinado equipamento temos as despesas da assistência técnica (contratos, mão-de-obra especializada, custos de deslocação, matéria prima para substituição de peças anómalas), custos inerentes à instalação (montagem, acções de formação de funcionamento e treinamento para os operários), aquisição de consumíveis e materiais de uso descartável, bem como custos extra aplicados ao equipamento (licenças, taxas, seguros, etc).

Como já referido anteriormente, uma forma de otimizar os processos de manutenção é controlando o balanço entre as intervenções preventivas e correctivas, ou seja, encontrando um ponto intermédio entre as duas de modo a que o custo-benefício seja ideal. No gráfico da figura 3 podemos observar, como seria de esperar, que quanto maior forem os gastos com manutenções preventivas menores serão os custos relacionados com avarias e correctivas.

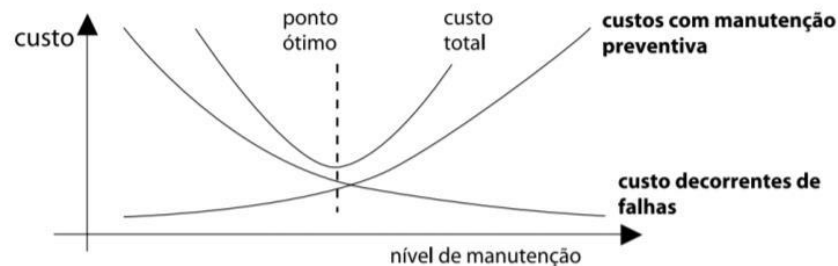


Figura 3 - Rácio manutenções preventivas vs correctivas<sup>1</sup>

Como podemos verificar no gráfico apresentado quanto maior for o investimento relacionado com as intervenções preditivas, menores serão as avarias e conseqüentemente menores os encargos com as manutenções correctivas. Porém a partir de um determinado ponto podemos apurar que o custo total com a manutenção aumenta, ou seja uma manutenção preventiva excessiva acaba por não ser economicamente benéfica.

Como tal o rácio dos custos com os diferentes tipos de manutenção que reflecte uma melhor optimização dos equipamentos situar-se-á num ponto intermédio (denominado no gráfico por “ponto ótimo”). A análise destas estatísticas e planificação de estratégias de processos de modo a rentabilizar os recursos está ao encargo dos gestores, abrindo-se assim um novo tópico: a gestão da manutenção.

<sup>1</sup> Mirshawka, V. e Olmedo, N.C. (1993). Manutenção – combate aos custos na não eficácia – a vez do Brasil. Editora McGraw-Hill Ltda., São Paulo.

## 2.5 Gestão da Manutenção

Actualmente, as empresas e instituições estão inseridas num ambiente economicamente competitivo, e como tal a racionalização de bens, ou seja, a valorização de uma determinada actividade usando o mínimo de recursos, está cada vez mais presente e é cada vez mais um marco fulcral na vitalidade da empresa/instituição. Como tal é essencial a gestão dos equipamentos e bens desde o momento da sua aquisição até ao término da sua vida.

Proveniente desta necessidade surge a motivação de programar e organizar, com antecedência e de forma coerente, a manutenção a aplicar em cada equipamento. Aqui deparamo-nos com a gestão da manutenção, sendo que os responsáveis são incumbidos de criar planos e programas rotineiros, constituídos por conjuntos de tarefas por eles estipuladas de forma a obter o conhecimento actualizado do estado do equipamento em causa, tendo sempre em vista o ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo, que maximize o contributo positivo da Manutenção para a rentabilidade geral da empresa. [10]

Um Gestor de Manutenção está responsável então por:

- Levantamento de inventário de equipamentos;
- Planificação das periodicidades de manutenção;
- Planificação das tarefas para cada tipo de equipamento;
- Gestão de *stocks* e recursos materiais;
- Deliberação e controlo de custos;
- Gestão de Recursos Humanos;
- Ordens de trabalho, como por exemplo manutenções correctivas;
- Avaliação de amortizações e desvalorizações dos equipamentos;
- Análise de procedimentos e criação de estratégias de melhorias.

Dadas todas as responsabilidades que estão incumbidas a um responsável de manutenção (ou gestor) existem ferramentas que ajudam na articulação, administração, organização de fluxos de trabalho e relatórios, e até gestão de tempo de trabalho. É aqui que entram os *softwares* de gestão de manutenção. [11]

### 2.5.1 Software de Gestão de Manutenção

A engenharia de *software* de gestão tem tido uma evolução constante ao longo dos tempos, e com ela um crescente benefício tecnológico para o segmento industrial, mais concretamente para a área da manutenção. É usual depararmo-nos com a abreviação GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por Computador) ou CMMS (do Inglês *Computerized Maintenance Management System*).

Num momento em que a competitividade empresarial e económica está cada vez maior, é nos pormenores que as empresas se destacam. Os programas GMAC são investimentos que usualmente as empresas descartam devido aos elevados encargos a eles associados, porém existem inúmeras vantagens que os tornam apelativos e elevam os processos organizacionais das empresas ou instituições que têm a possibilidade de os adquirir.

O *software* de gestão da manutenção para além de ser uma ferramenta útil para ajudar o gestor de manutenção na planificação de ordens de trabalho também auxilia o quotidiano de um técnico, fazendo com que este tenha à sua disposição diversas informações essenciais para realizar com conformidade as tarefas a ele incumbidas.

Quando uma empresa adquire um *software* de gestão de manutenção mais importante que o próprio *software* são os dados que se guardam no sistema, e esta informação está inteiramente subordinada e relacionada com a empresa. Como tal a entidade terá de escolher o sistema informatizado de gestão com as características mais apropriadas para o propósito pretendido e para o tipo de dados que se pretendem alocar. Diversas necessidades de mercado fazem com que as ofertas de produtos do tipo sejam também variadas e distintas. De seguida será evidenciada uma pequena lista com algumas alternativas no mercado, bem como uma breve descrição de cada.

#### **2.5.1.1 ManWinWin**

A *Navaltik Management*, empresa Certificada ISO 9001:2008 pelo *Lloyd's Register Quality Assurance* nos domínios da Consultoria de gestão da manutenção, é a proprietária do *software* integrado de gestão da manutenção *ManWinWin Software*. [12]

Este programa contempla quatro frentes de gestão: a da manutenção, de materiais, de encomendas/armazém e de custos associados à manutenção. Ao adquirir a licença pode-se optar por diversos tipos de funcionalidades e diferentes versões dependendo do propósito que se pretende, podendo ainda posteriormente ser adquiridos *plugins*.

Com ele poderá fazer-se inventariado e registo detalhado de equipamentos, criação de ordens de trabalho tanto correctivas como planeamento de preventivas (com controlo do estado actual do trabalho, ou seja permite visualizar se uma determinada tarefa está concluída, se está pendente ou se já excedeu o prazo limite de execução), permite ainda verificar custos associados a peças/reparações bem como o cálculo de indicadores de desempenho.

Na ilustração 4 poderemos ver um exemplo de uma criação de nova ordem de trabalho no *software ManWinWin*, podendo ainda ver a listagem de tarefas já criadas bem como o respectivo estado.

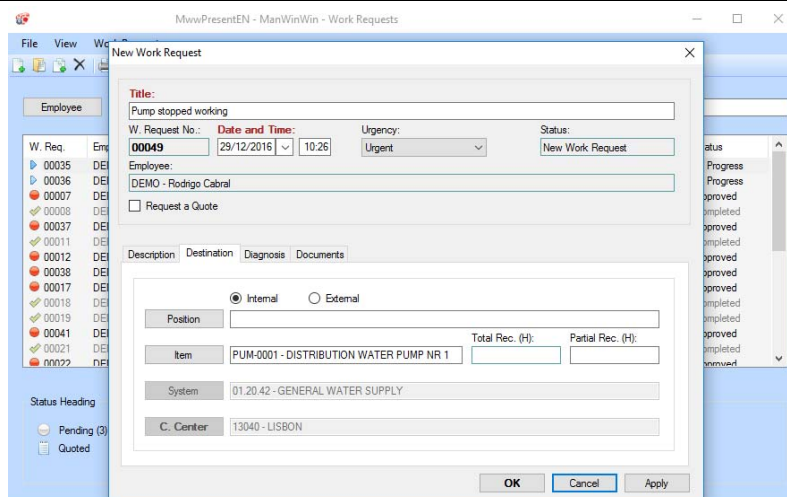


Figura 4 - Criação de Ordem de Trabalho no software ManWinWin<sup>2</sup>

### 2.5.1.2 PHC Software - Gestão de Manutenção Manufactor

A empresa PHC disponibiliza inúmeras soluções para potenciar e aumentar a rentabilidade das empresas nas suas diferentes áreas. Dedicar-se ao desenvolvimento de ferramentas informatizadas de gestão. As soluções oferecidas têm essencialmente o intuito de planificar, programar, executar e monitorizar todos os processos de diversos tipos de indústrias ou empresas de prestação de serviços. Das suas funcionalidades destacam-se o registo da aquisição das matérias-primas, a gestão de subcontratação de partes do processo de produção, o controlo de custos e a possibilidade de escolha entre fabrico por encomenda ou modo contínuo. Para além das funcionalidades mais usuais, é também disponibilizada a possibilidade de adquirir diferentes extensões ou versões de *software* distintas (denominadas de “módulos”).

Um dos diversos módulos disponíveis é o *PHC Software - Gestão de Manutenção Manufactor*. Este módulo permite a definição dos diversos componentes que constituem os seus centros de trabalho e que estão sujeitos a determinados procedimentos de manutenção, que deverão ser incluídos no seu planeamento de produção.

O *software PHC CS Manufactor* oferece ainda um sistema de monitorização de pedidos de manutenção, para que o gestor de manutenção os possa receber, analisar e posteriormente criar ordens de trabalho.

Este sistema informatizado de gestão constitui um conjunto de funcionalidades, entre as quais:

- Definição de procedimentos de manutenção;
- Registo de histórico de avarias ou trabalhos preventivos e seus procedimentos;

<sup>2</sup> [https://manwinwin.com/wp-content/uploads/2016/12/EN\\_work-request.png](https://manwinwin.com/wp-content/uploads/2016/12/EN_work-request.png)

- Associação de componentes (e suas avarias e trabalhos preventivos) a centros de trabalho;
- Gestão de pedidos de manutenção;
- Ordens de operação de manutenção;
- Integração no planeamento de produção;
- Indicadores de desempenho; [13]

### 2.5.1.3 *CentralGest*

A empresa *CentralGest - Produção de Software*, S.A., fundada em 1987, trabalha no ramo das tecnologias de informação, sendo que está focalizada principalmente na produção de Software ERP, bem como na investigação e implementação de soluções de sistemas de gestão empresarial, oferecendo uma plataforma abrangente e abarcando a generalidade das actividades empresariais.

Esta empresa também tem uma forte aposta na gestão da manutenção. A *CentralGest* afirma que a sua principal missão é aumentar a competitividade das Médias e Grandes Empresas deste ramo, trazendo os seguintes benefícios:

- Gestão das Manutenções preventivas ou planeadas;
- Intervenção nas acções correctivas (avarias) e correntes (diárias);
- Plano de manutenções ao longo do ciclo de vida dos recursos e equipamentos;
- Alertas associadas à execução do plano de manutenção, por listagem e *email*;
- Monitorização das manutenções em atraso e as revisões que ainda faltam realizar;
- Realização de encomendas internas e externas;
- Facturação associada aos gastos da manutenção;
- Fichas de identificação ajustadas a cada tipo de equipamento. [14]

### 2.5.1.4 *Primavera – Valuekeep*

A empresa *Primavera Software Solutions* é uma empresa de nível internacional, que se dedica ao desenvolvimento e comercialização de soluções de gestão e plataformas para integração de processos empresariais num mercado global, disponibilizando soluções para as Pequenas, Médias, Grandes Organizações e Administração Pública.

A *Primavera Solutions* também disponibiliza uma alternativa na área da gestão de manutenção. Este GMAC, denominado de *Valuekeep*, é um *software* de gestão de manutenção *cloud-based* e *cloud-private* que simplifica o planeamento, agiliza a execução e aumenta o controlo das operações de manutenção realizadas quer pelas equipas internas, quer pelos técnicos subcontratados (ou equipas externas). A base de funcionamento deste programa é através de uma aplicação móvel denominada de *Valuekeep Mobile*, exigindo esta uma ligação à internet para acesso à plataforma. [15]

O *Valuekeep* é uma solução aberta e amplamente extensível, oferecendo uma diversidade de funcionalidades:

- Gestão de Activos, recursos e inventário;

- Gestão de pedidos de manutenção;
- Mobilidade (permitindo o acesso à plataforma através de aplicação móvel);
- Gestão de ordens de trabalho (vista de calendário, atribuição e execução de ordens de trabalho, notificações de e-mail, relatório de tarefas e relatório de custos, como podemos ver na figura 5);
- Gestão de contratos;
- Elaboração de relatórios personalizáveis;
- Customização de ecrãs (dando liberdade ao utilizador para criar campos e tabelas personalizadas);
- Integrações customizadas (é possível integrá-lo com qualquer ERP, solução de gestão ou aplicação informática). [16]

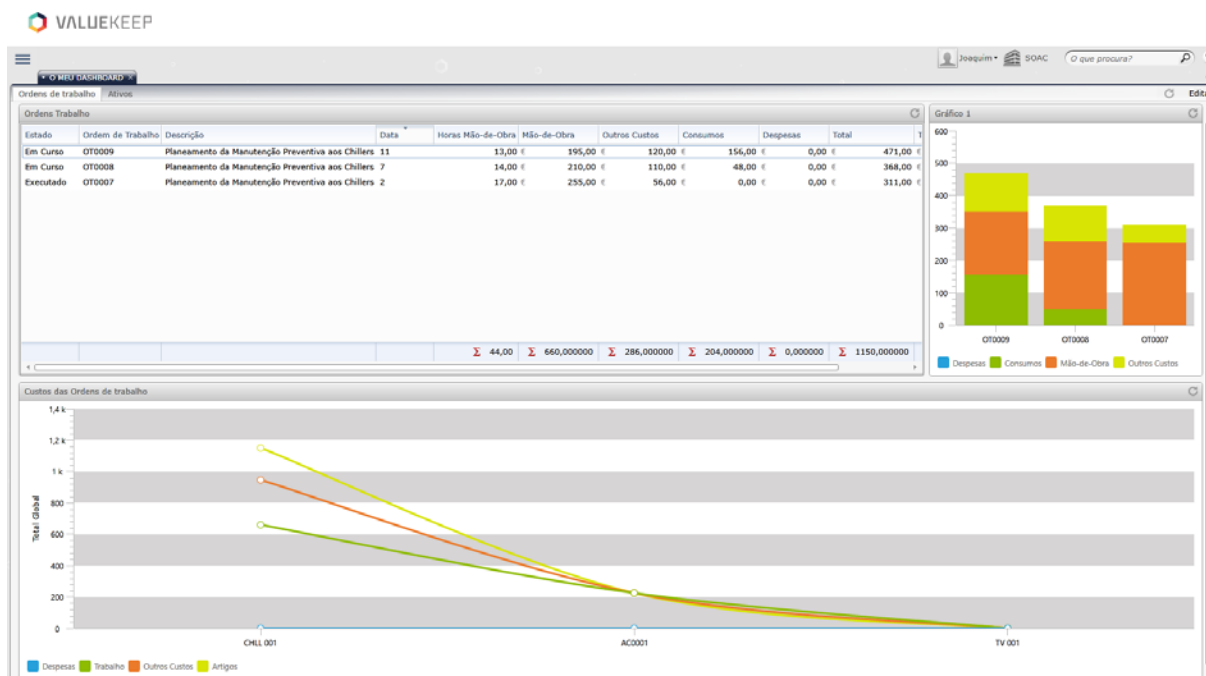


Figura 5 - Ordens de Trabalho no software Valuekeep<sup>3</sup>

### 2.5.1.5 Conclusões

Com o auxílio de sistemas de informação conseguimos ter acesso a dados úteis que permitem melhores desempenhos de gestão. Ou seja, tendo um histórico de intervenções, tanto correctivas como preventivas, bem como os custos e períodos a elas associados, consegue-se fazer uma análise estatística proveitosa. Estes estudos quantitativos, denominados indicadores de desempenho da

<sup>3</sup> <https://pt.primaverabss.com/pt/software/solucoes-especializadas/manutencao/cmms/valuekeep/>

manutenção, permitem garantir alguma previsibilidade em processos futuros, fazendo com que o gestor transponha alguma estabilidade de métodos e procedimentos aos técnicos e engenheiros de manutenção. Esta forma de planeamento poderá resultar em melhores práticas, elevando o desenvolvimento da manutenção.

### 2.5.2 Indicadores de desempenho da manutenção

Indicadores de desempenho (KPI, do Inglês *Key Performance Indicators*) são estudos analíticos quantitativos para avaliar o desempenho de uma actividade económica, permitindo a identificação de possíveis melhorias nos processos actuais com vista a elevar as metas futuras.

Peter Drucker era defensor que não é possível gerir o que não se pode controlar e não se pode controlar o que não se pode medir. Como tal para haver aperfeiçoamentos nos processos de manutenção é preciso medir analiticamente os desempenhos actuais com vista à consciencialização do cumprimento dos objectivos previstos. Através destes indicadores, o gestor poderá visualizar as tendências e normais ocorrências dos equipamentos, sendo assim capaz de elaborar planificações preditivas com ajustes em relação às anteriores.

Existem inúmeras variáveis indicadoras do desempenho de um sistema ou actividade, no caso da manutenção o gestor terá que perceber as necessidades e condições do meio onde está com vista a escolher e analisar os indicadores mais adequados. De seguida serão abordados alguns indicadores de desempenho da manutenção que serão do interesse para todos os colaboradores do meio. [17] [18]

A **taxa de avarias** indica-nos o número de falhas do equipamento durante uma referência de tempo durante o qual o equipamento esteve em operação ou durante certo número/ciclos de utilizações. A fórmula de cálculo deste indicador varia conforme o tipo de equipamento, mas normalmente, de modo a evitar valores muito reduzidos, será o número de manutenções correctivas do equipamento por cada 1000 horas de funcionamento ou 1000 ciclos de utilização.

$$\lambda = \frac{NMCT}{TOPT} \times 1000 \text{ horas} \quad \text{ou} \quad \lambda = \frac{NMCT}{NCUT} \times 1000 \text{ ciclos} \quad [19]$$

NMCT = Número de manutenções correctivas totais

TOPT = Tempo de operação total

NCUT = Número de ciclos de utilização totais

O **índice de manutenção preventiva** indica a percentagem de horas de manutenção que foram dedicadas a intervenções preventivas.

$$IP = \frac{HMP}{HMC + HMP} \times 100 \% \quad [15]$$

HMP = Horas de manutenção preventiva

HMC = Horas de manutenção correctiva

O **índice de manutenção correctiva** indica a percentagem de horas de manutenção que foram dedicadas a intervenções correctivas.

$$IC = \frac{HMC}{HMC + HMP} \times 100 \% \quad [15]$$

HMP = Horas de manutenção preventiva

HMC = Horas de manutenção correctiva

O **tempo médio entre falhas** (MTBF, do Inglês *Mean Time Between Failures*) é um indicador de fiabilidade, e quanto maior o seu valor maior poderemos considerar a qualidade do equipamento e de todo o processo de manutenção a que este foi sujeito.

É então definido como a razão entre as horas em que o equipamento esteve disponível para operação e o número de intervenções correctivas nesse mesmo aparelho até ao instante actual.

$$MTBF = \frac{HD}{NMCT} \quad [15]$$

HD = Horas disponíveis para operação

NMCT = Número de manutenções correctivas totais

O **tempo médio de reparação** (MTTR, do inglês *Mean Time to Repair*) corresponde a um indicador de manutenibilidade (capacidade e probabilidade de uma intervenção de manutenção ser concluída num prazo aceitável), sendo que quanto menor for o tempo médio de reparação melhor foi o processo de manutenção.

É definido como a divisão das horas em que o equipamento esteve indisponível para operação devido a intervenções de manutenção pelo número de intervenções correctivas neste equipamento até ao instante actual.

$$MTTR = \frac{HIM}{NMCT} \quad [15]$$

HIM = Horas de indisponibilidade do equipamento

NMCT = Número de manutenções correctivas totais

O **tempo médio de espera** (MTW, do Inglês *Mean Time Waiting*) corresponde, como o próprio nome indica, ao tempo médio entre a avaria/falha e a chegada da equipa de manutenção para intervir. Este exprime a eficiência de resposta de um departamento às solicitações de reparações, estando ainda implícitos actos de aprovisionamento e administrativos, compra de peças, entre outros.

$$MTW = \frac{\sum TE}{NMCT} \quad [15]$$

TE= Tempo de espera pela intervenção

NMCT = Número de manutenções correctivas totais

A **disponibilidade** corresponde à percentagem de tempo em que um equipamento ou sistema esteve a operar nas suas normais condições de funcionamento. Calcula-se através da razão entre as horas em que o equipamento esteve disponível e o seu tempo de vida até ao instante actual. Quanto maior melhor será o binómio qualidade do equipamento e qualidade do serviço de manutenção.

$$D = \frac{HD}{HD + MTBF + MTTR + MWT} \quad [15]$$

HD = Horas disponíveis para operação

MTBF = Tempo médio entre avarias

MTTR = Tempo médio de reparação

MWT = Tempo médio de espera de intervenção [19]

Estes estudos analíticos traduzem dados que conseguem provar uma relativa consistência na taxa de falhas dos equipamentos. A figura 6 demonstra a curva de tendências da taxa de falhas de um sistema ou equipamento em função do seu tempo de vida.

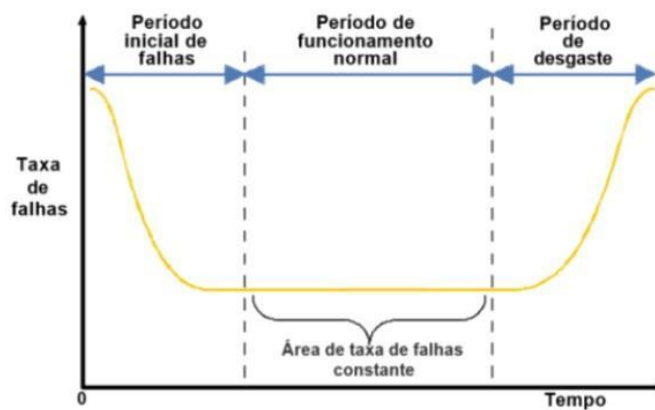


Figura 6 - Gráfico de caracterização de falhas ("Curva da Banheira")<sup>4</sup>

Através da análise do gráfico conseguimos delinear três fases, correspondentes a três tipos básicos de falha:

- Falhas precoces (Período inicial);
- Falhas casuais (Período de vida útil);
- Falhas por desgaste (Período de fim de vida).

Analisando o gráfico deparamo-nos com uma elevada taxa de anomalias na fase inicial da vida do equipamento, mas decrescendo ao longo do tempo e à medida que vão sendo executadas intervenções correctivas. Estas falhas são denominadas precoces e podem ser diminuídas tanto quanto melhor for o controlo na fabricação e nos testes funcionais antes do envio do produto para o cliente/consumidor. As principais causas neste período são essencialmente devido a problemas na instalação, defeitos no projecto ou fabricação, componentes inadequados, imperícia humana na operação ou sobrecarga do equipamento.

Após o declínio da taxa de falhas observamos uma zona denominada período de vida útil, caracterizada por ter falhas esporádicas, aleatórias e de forma inesperada. Estas avarias pontuais são imprevisíveis, podendo ser reduzidas com um planeamento correcto de acções preventivas. As principais causas de avarias no período normal de funcionamento de um aparelho são uso/operação inadequada, problemas não detectados nas manutenções preventivas, uso excessivo e sobrecarga, sendo que grande parte das vezes não se consegue explicar as causas das anomalias.

Por fim, na fase final do ciclo de vida do equipamento, existe uma variação exponencial da taxa de avarias com as avarias a sucederem-se de forma cada vez mais frequente. Tal acontece devido ao equipamento estar cada vez mais obsoleto e as peças e materiais que o constituem apresentarem

<sup>4</sup> <http://engjosevilmar.blogspot.com/2015/06/quebra-zero-em-manutencao.html>

desgaste ou mesmo degeneração. Quanto melhor for o processo de intervenções preditivas mais tarde o período paliativo aparecerá. [19] [20] [21]

Tanto a manutenção preventiva como correctiva aparecem simultaneamente nos três períodos descritos, sendo que na última fase predomina a manutenção correctiva paliativa.



### 3 Manutenção Hospitalar

Praticamente todos os equipamentos necessitam de cuidados de manutenção, porém diferentes tipos de equipamentos têm diferentes níveis de criticidade, e os cuidados prestados estão estritamente dependentes desses mesmos níveis. Para planejar e organizar trabalhos no âmbito da manutenção teremos então de considerar como factor primordial, até mais que o factor financeiro, o nível de criticidade do equipamento bem como o seu propósito,

Nos tempos modernos deparamo-nos com um desenvolvimento tecnológico acentuado, desenvolvimento este que fomenta o progresso de todos os tipos de actividades, sendo que a área da medicina usufrui consideravelmente de todo este processo evolutivo. Os hospitais como utilizadores naturais de equipamentos tecnológicos constituem um ambiente onde não há lugar para erros ou ambiguidades, como tal é necessária uma supervisão contínua com o intuito de assegurar o controlo de qualidade e processos com a devida segurança.

*“Quando a manutenção tosse, todo o hospital se constipa” [22]*

Os profissionais de saúde recorrem cada vez mais a recursos tecnológicos, e muitas vezes são obrigados a basearem cegamente as suas intervenções nesses mesmos recursos. Nesta dependência se o equipamento não se apresentar como uma solução confiável todo o sistema sai comprometido. Ou seja, equipamentos anómalos podem levar a erros médicos, erros médicos comprometem a saúde do paciente, levando por consequência a problemas legais e indemnizações para a entidade (neste caso o hospital).

Em cada hospital existe um departamento responsável pela gestão de todos os equipamentos e infra-estruturas, normalmente denominado por SIE (Serviço de Instalações e Equipamentos) ou SEE (Serviço de Equipamentos de Electromedicina). Fica então ao encargo deste departamento a decisão de como se irão proceder as intervenções de manutenção nessa instituição. Poderão optar por três alternativas:

- Técnicos contratados pelo próprio hospital;
- Contratos de manutenção com as diferentes marcas (ou com representantes);
- Contratos com empresas de prestação de serviços de manutenção multimarca.

A contratação de técnicos próprios numa primeira instância poderá parecer a opção menos dispendiosa, porém a aquisição de matéria de trabalho, ferramentas e aparelhos de teste pelo hospital para os diversos equipamentos do hospital revoga esta alternativa. Em instituições de menor dimensão esta alternativa poderá ser praticável, não o sendo em hospitais acreditados.

Em instituições de maior dimensão (acreditadas ou não) normalmente são contratualizadas entidades certificadas, com as devidas condições e valências para prestar os serviços de manutenção adequados. Recorrendo às marcas e respectivos representantes tem-se o inconveniente de ter tantas empresas contratadas quantas marcas de equipamentos existentes no hospital, o que conseqüentemente

irá elevar os custos gerais associados. Como tal, no âmbito de assegurar a manutenção hospitalar, o serviço de instalações e equipamentos normalmente opta por contratar empresas de prestação de serviços desta natureza. Estas empresas (como é o caso da Promeicentro) são dotadas de mão-de-obra especializada e ferramentas de teste capazes de cobrir e assegurar grande parte das necessidades do hospital, e dada a multiplicidade de empresas deste cariz, a competitividade económica faz com que se consiga contratos a preços acessíveis, tornando-se assim a alternativa mais viável e cómoda. Estes contratos de manutenção incumbem a empresa de todos os serviços de manutenção, tanto preventiva como correctiva, podendo ter duas particularidades distintas: o hospital pode ficar responsável pelos encargos relativos a peças e kits necessários para as intervenções ou estes podem estar incluídos no acordo em vigor sendo então responsabilidade da empresa de manutenção.

Inicialmente será feito um levantamento de inventário, organizando-se os dados relativos a todos os equipamentos de electromedicina conforme os procedimentos habituais da empresa responsável (preferencialmente através de GMAC). Após agrupada toda a informação relativa aos equipamentos dentro do acordo em vigor, será feito um estudo independente para averiguar as necessidades de manutenção de cada equipamento de modo a elaborar um plano de verificações. Nesta planificação terá que se ter em conta sempre a operacionalidade do hospital, ou seja, serão marcadas datas de modo a interferir o mínimo possível com os serviços. Concluída a planificação anual pelo gestor, o técnico terá que seguir as directrizes e apresentar-se no hospital nas datas previstas providenciado das ferramentas, equipamentos de teste e *kits* de manutenção essenciais para as intervenções preventivas estipuladas.

No caso da necessidade de uma manutenção correctiva, quer seja por anomalia detectada na manutenção preventiva quer seja por uma requisição do SIE, o técnico terá que analisar e terá o poder de decisão sobre o local onde a intervenção irá ser feita. Numa perspectiva ideal as reparações seriam realizadas no hospital de modo a agilizar todo o processo e de modo reduzir o tempo que o equipamento está inutilizável, mas tal só é possível se a avaria for facilmente diagnosticável e se necessitar de poucos recursos. Se por outro lado a avaria for mais complexa o equipamento terá que ir para os laboratórios da empresa de manutenção. Esta circunstância irá acarretar custos de deslocação e por norma irá tornar o processo mais demorado, o que por vezes é um inconveniente para o normal funcionamento do hospital. Como tal, e sempre que possível, a empresa de manutenção poderá deixar um equipamento similar de empréstimo enquanto se procede à reparação.

Relativamente a documentação, o técnico terá a responsabilidade de após cada intervenção deixar um relatório (folha de obra) ao responsável pelo SIE que evidencie cada tarefa realizada bem como o estado em que ficaram os equipamentos verificados. Estes relatórios deverão estar devidamente assinados pelo enfermeiro ou médico responsável pelo serviço a que os equipamentos pertencem, bem como pelo responsável do SIE. Fica ao encargo do responsável do SIE a administração e gestão de toda a documentação. De modo a cumprir as normas, essencialmente se se

tratar de uma instituição de saúde acreditada, o responsável do SIE terá que ter em sua posse, e devidamente organizados, a seguinte documentação:

- Fichas técnicas dos equipamentos;
- Planos de manutenção com as devidas datas;
- Registos de tarefas preventivas;
- Histórico de reparações;
- Orçamentos;
- Requisições de manutenção;
- Certificados de calibração dos equipamentos de teste.

### 3.1 Equipamentos de apoio à manutenção

Nas intervenções preventivas, mais propriamente nos processos de calibração dos equipamentos de electromedicina, são usados equipamentos de teste. Cada um destes equipamentos, também denominados RMM (recursos de monitorização e medida), tem características próprias, especificadas segundo as normas internacionais, capazes de proceder à validação de parâmetros de qualidade de diversos equipamentos.

Como foi dito anteriormente, estes equipamentos foram desenvolvidos com o desígnio de calibrar aparelhos biomédicos, mas estes por sua vez também são alvo de um controlo periódico. Ou seja, habitualmente uma vez por ano estes RMM têm de ir para uma terceira identidade, devidamente acreditada pelo IPQ (Instituto Português da Qualidade) pela norma NP EN ISO/IEC 17025, para serem também eles calibrados. Associada a esta calibração terá que ser fornecido um certificado de calibração devidamente rastreável.

Existem diversos tipos de RMM, cada um com o seu propósito, desde simuladores de sinais, analisadores de potências, monitores de fluxos, pressões entre outros. De seguida abordam-se os mais usuais em ambiente hospitalar:

- Equipamentos de testes de Segurança Eléctrica;
- Equipamentos de teste de Monitores de Sinais Vitais;
- Equipamentos de teste de Aparelhos de Electrocirurgia;
- Equipamentos de teste de Ventiladores Respiratórios;
- Equipamentos de teste de Desfibriladores;
- Equipamentos de teste de Aparelhos de Infusão;
- Multímetro.

#### 3.1.1 Testes de Segurança Eléctrica

Um dos procedimentos mais comuns e mais relevantes nos processos de manutenção são os testes de segurança eléctrica, principalmente nos equipamentos que se encontram em contacto directo,

de forma invasiva ou não, com o doente. Como pode existir contacto directo entre o equipamento e o paciente (ou indirecto através de uma terceira pessoa que sirva de ponte condutora), há o risco de existir uma fuga de corrente, e dado que o tecido humano é sensível à corrente eléctrica e componentes como os músculos e sangue apresentam baixa resistência eléctrica, tal pode resultar em lesões ou até mesmo morte. Diferentes intensidades de corrente têm diferentes comportamentos no corpo humano, como podemos ver na figura 7 poderá causar efeitos desde pequenas sensibilidades até queimaduras graves. [23]

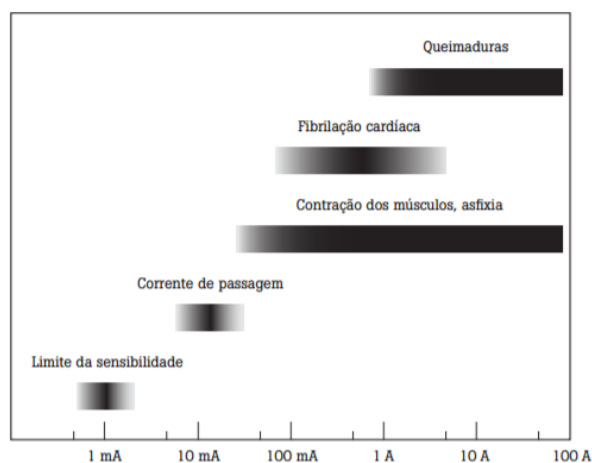


Figura 7 - Efeitos de diferentes intensidades de corrente corpo humano<sup>5</sup>

Antes de se proceder aos testes eléctricos teremos que classificar o equipamento alvo relativamente à sua classe e tipo.

Os equipamentos de Classe I são constituídos por um isolamento básico e uma ligação à terra através de um condutor (normalmente identificado pela cor verde e amarela). Os equipamentos de Classe II são característicos por terem um isolamento duplo ou reforçado. Como possuem no mínimo, duas camadas de material isolante não necessitam de uma ligação à terra, visto que as fugas não deverão ser transmitidas pelo isolamento reforçado.

Relativamente ao tipo das partes aplicadas no corpo do paciente podemos dividir em três tipos: B, BF e CF. Partes do tipo B têm requisitos de menor grau de segurança para protecção contra choques eléctricos, sendo que as partes em contacto com o paciente não apresentam condutibilidade. Normalmente estão ligadas à protecção terra. As partes aplicadas do tipo BF apresentam sistemas de isolamento eléctrico (flutuante), ou seja, estão isoladas de qualquer contacto com a rede eléctrica e componentes aterrados. Os dois tipos enunciados, B e BF, não são adequados para aplicação cardíaca directa. Já as partes aplicadas no paciente do tipo CF têm um sistema de isolamento reforçado,

<sup>5</sup> [http://support.fluke.com/Biomedical/Download/Asset/9460538\\_ENG\\_A\\_W.PDF](http://support.fluke.com/Biomedical/Download/Asset/9460538_ENG_A_W.PDF)

podendo assim ser aplicadas em cuidados de contacto cardíaco directo. Este tipo é o que fornece maior grau de segurança.

A norma IEC 60601.1, referente aos requisitos gerais para protecção contra os perigos dos choques eléctricos nos equipamentos médicos, divide os dispositivos nas classes e tipos anteriormente definidos, sendo que estes terão que estar devidamente representados pelos respectivos símbolos como enunciado na figura 8. [24]

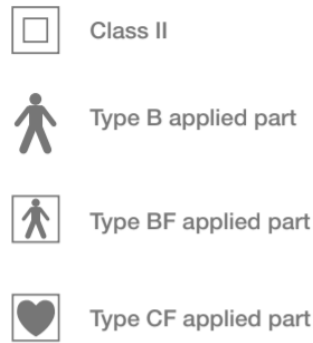


Figura 8 - Simbologia dos equipamentos de electromedicina<sup>6</sup>

Estes testes eléctricos regem-se pelas normas IEC 60601.1 e IEC 62353, sendo que esta última requer quatro tipos de ensaios:

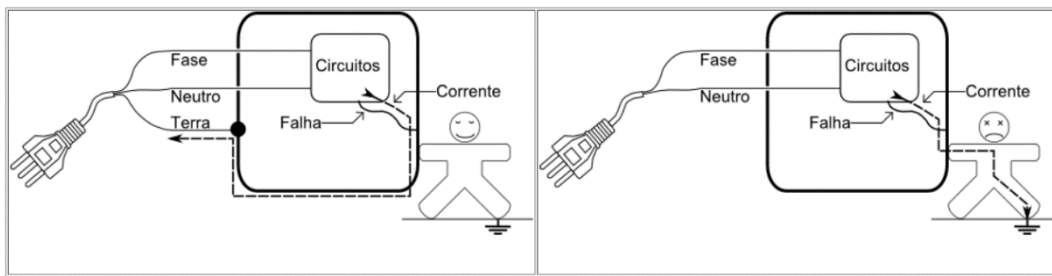
- Resistência Terra;
- Correntes de fuga;
- Resistência de isolamento;
- Resistência funcional.

#### 3.1.1.1 Resistência Terra

Quando se diz que um equipamento está ligado à terra significa que existe um condutor que obriga as partes acessíveis do equipamento a terem um potencial eléctrico de 0V. Mantendo as partes acessíveis do equipamento no potencial terra não existe diferença de potencial entre o equipamento e o paciente, impedindo assim a corrente de fluir e causar choques caso haja contacto. Se existir uma falha no equipamento relacionada com o isolamento interno a protecção terra irá desviar a corrente de fuga para a terra em vez de a transmitir à pessoa, como podemos ver na seguinte figura 9. [25]

---

<sup>6</sup>[http://a360-wp-uploads.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/x7mag/2015/12/5551-Rigel-IEC62353-Booklet-2015-USA\\_WEB.pdf](http://a360-wp-uploads.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/x7mag/2015/12/5551-Rigel-IEC62353-Booklet-2015-USA_WEB.pdf)

Figura 9 - Funcionamento da protecção terra<sup>7</sup>

Dado que a corrente eléctrica percorre sempre o percurso que lhe oferece menos resistência, para este sistema de protecção funcionar teremos que ter resistência mínima entre a terra e as partes metálicas acessíveis do equipamento. Para tal o teste de resistência à terra é fulcral para a segurança dos profissionais de saúde e pacientes. Neste procedimento o equipamento de teste aplica uma corrente não menor que 200mA entre o pino de terra da ficha de alimentação e qualquer parte metálica do equipamento, medindo a resistência entre estes. Conforme a norma IEC 62353 os equipamentos com cabo de alimentação separável terão que ter uma resistência inferior a 100mΩ, com cabo agregado inferior a 300mΩ e um sistema médico com múltiplas tomadas resistência inferior a 500mΩ. [23] [26]

### 3.1.1.2 Correntes de fuga

Num circuito para a corrente eléctrica fluir é necessário existir diferença de potencial nos seus terminais, e entre esses terminais deverá existir um percurso fechado. A corrente irá então circular do pólo positivo até ao pólo negativo através do percurso que oferecer menor resistência à sua passagem. Se a corrente encontrar um percurso com menor resistência em relação ao circuito expectável poderá considerar-se assim uma corrente de fuga. Esta corrente indesejada circula por um caminho anormal de baixa resistência normalmente provocada por um isolamento impróprio e acaba fluindo para o sistema de protecção terra e/ou invólucro do equipamento. Se o equipamento não tiver uma protecção de terra nas devidas conformidades a corrente de fuga poderá passar pelo utilizador em caso de contacto com o equipamento ou pelo paciente pelas partes aplicadas, provocando um choque eléctrico. [27]

Com vista a verificar a existência e intensidade das referidas correntes de fugas poderão ser usados, com o auxílio do equipamento de teste, dois métodos distintos: directo e alternativo.

No método directo mede-se a corrente de fuga que flui desde qualquer parte metálica acessível do equipamento (ou parte aplicada no paciente) até ao terminal terra. A figura 10 mostra a montagem

<sup>7</sup> <http://www.segurancaeletrica.org/lgi2000/lgi2000.html>

para verificação de correntes de fuga através do método directo tanto para o equipamento como para partes aplicadas.

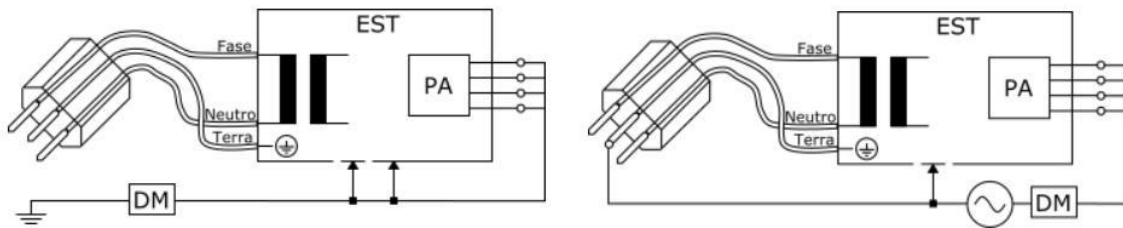


Figura 10 - Teste de correntes de fuga pelo método directo<sup>8</sup>

No método alternativo mede-se a corrente de fuga que flui desde qualquer parte metálica acessível do equipamento (ou parte aplicada no paciente) até à rede eléctrica. A figura 11 mostra a montagem para verificação de correntes de fuga através do método alternativo tanto para o equipamento como para partes aplicadas.

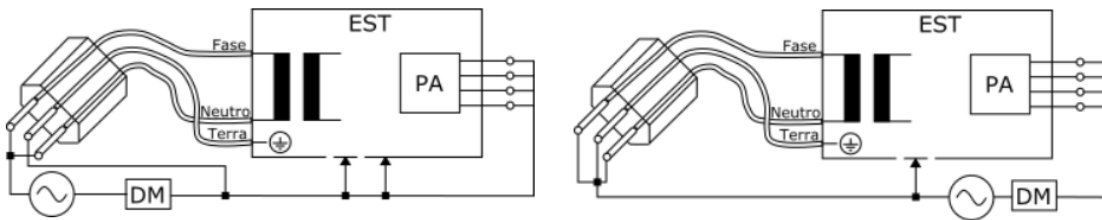


Figura 11 - Teste de correntes de fuga pelo método alternativo<sup>8</sup>

### 3.1.1.3 Resistência de isolamento

Os equipamentos necessitam de ter um invólucro ou caixa com material que isole as placas electrónicas internas de qualquer contacto externo, sendo que em termos ideais este isolamento deveria ter resistência infinita. Um isolante em boas condições necessita de ter uma resistência grande o suficiente para impedir a passagem de corrente da parte eléctrica do equipamento para quem possa tocar no mesmo. Como tal a integridade do material isolante deverá ser alvo de testes, para garantia de segurança eléctrica.

Segundo a norma IEC 62353 estes testes implicam a aplicação de 500V de corrente continua entre:

- Fase e neutro e sistema de protecção terra;
- Fase e neutro e partes aplicadas;
- Partes aplicadas e sistema de protecção terra. [23] [25]

<sup>8</sup> <http://www.segurancaeletrica.org/lgi2000/lgi2000.html>

#### 3.1.1.4 Resistência funcional

Também terão que ser feitos testes relacionados com a segurança eléctrica estipulados pelo fabricante do equipamento alvo, sendo que estes testes diferem de equipamento para equipamento, não existindo assim um modelo padrão de procedimentos. [25]

Por exemplo poderão ser testadas potências de partes funcionais de um determinado equipamento, e posteriormente comparadas com as directrizes explícitas nas recomendações do fabricante.

Existem diversas marcas que oferecem soluções de RMM na área da segurança eléctrica. Na ilustração 12 temos um exemplo de uma alternativa de uma das marcas mais conceituadas na área dos equipamentos de teste e metrologia.



Figura 12 - Equipamento de teste de segurança eléctrica Fluke ESA612<sup>9</sup>

#### 3.1.2 Teste de Monitores de Sinais Vitais

Para se proceder à verificação de um monitor de sinais vitais será necessário recorrer a um simulador de paciente, simulando os diversos sinais vitais com parâmetros previamente definidos e comparando-os com os fornecidos pelo equipamento alvo de teste.

O equipamento de teste usado pela empresa onde este projecto está inserido é da marca *Rigel* (modelo *UNI-SIM*), e está exibido na figura 13.

---

<sup>9</sup> <https://www.flukebiomedical.com/products/biomedical-test-equipment/electrical-safety-analyzers/esa612-electrical-safety-analyzer>



Figura 13 - Rigel UNI-SIM<sup>10</sup>

No termo “sinais vitais” podemos incluir pressões arteriais invasivas (IBP – *Invasive Blood Pressure*) e não-invasivas (NIBP – *Non-Invasive Blood Pressure*), a temperatura corporal, frequência cardíaca (e ECG), saturação de oxigénio (SpO<sub>2</sub>) e ainda análise de concentração de gases por amostra (oximetria e capnografia).

### 3.1.2.1 Pressão Arterial

As pressões arteriais são definidas pela pressão exercida pelo sangue nas arteriais. Mais concretamente existe a PA sistólica correspondente à pressão máxima exercida pelo sangue nas paredes dos vasos arteriais aquando da contracção dos ventrículos do coração, enquanto a PA diastólica é a pressão mínima do sangue nas artérias, correspondente ao momento em que o ventrículo esquerdo volta a encher-se para retomar todo o processo da circulação.

Existem duas formas de avaliar a pressão arterial: invasiva e não invasivamente.

O método não invasivo é o mais comum nas unidades de saúde. É caracterizado pela utilização de uma braçadeira que insufla exercendo pressão no braço (ou perna em caso de obesos). A PA sistólica e diastólica é calculada através da variação das oscilações de pressão na braçadeira devido ao movimento das paredes arteriais aquando um pulso cardíaco. Este procedimento terá sempre alguns erros relativos associados, provenientes de pasmos musculares, ritmos cardíacos anormais e lapsos na medição (braçadeira mal colocada, tamanho da braçadeira inadequado, movimentos do paciente durante a avaliação). Como tal o método mais preciso é o invasivo. Neste método é utilizado um cateter introduzido directamente na artéria, ligado a um transdutor de pressão que faz então a leitura da pressão arterial. O método invasivo é mais preciso e faz uma monitorização em tempo real, sendo

<sup>10</sup> [http://www.rigelmedical.com/downloads/rigel\\_uni\\_sim\\_datasheet\\_2015\\_rev\\_2\\_v2.pdf](http://www.rigelmedical.com/downloads/rigel_uni_sim_datasheet_2015_rev_2_v2.pdf)

recorrência habitual em casos de administração de drogas vasoativas, cirurgia cardiopulmonar, instabilidades hemodinâmicas, entre outros.

De seguida podemos ver as especificações técnicas relativas a simulação de pressões arteriais do *Rigel Uni-Sim*.

Tabela 1 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para pressões arteriais

Simulação de Pressão Arterial Não Invasiva		Simulação de Pressão Arterial Invasiva	
Forma de onda	Oscilométrica	Canais	2 Canais
Volume de Pulso	High, Medium, Low, Paediatric	Pressão estática	0 to 300mmHg
Frequência Cardíaca	20 - 300BPM	Pressão Dinâmica	0-300mmHg para sistólica e diastólica
Limites de Pressão	0 - 350mmHg configurável pelo utilizador	Exactidão	± 1mmHg
Teste de fugas	0 - 350mmHg configurável pelo utilizador	Tensão	2-16V
Cronómetro	Até 999 segundos	Impedância	350Ω
Manómetro Digital	0 - 410mmHg	Sensibilidade simulada	5μV / V / mmHg
Exactidão	+/- 0.5% FS		
Unidades de Pressão	mmHg, inHg, kg/cm2, cmH2O, mBar,		

### 3.1.2.2 Saturação de Oxigénio

A saturação de oxigénio, também denominada oximetria, corresponde à quantidade de hemoglobina oxigenada existente no corpo do paciente em comparação com a hemoglobina total. É um valor portanto fornecido em percentagem, sendo que os valores normais estarão entre os 95% e 100%. O método de avaliação é não invasivo, com o sensor usualmente aplicado no dedo, podendo ser aplicado no lóbulo da orelha ou no pé (em casos de neonatais).

A medição é realizada a partir de um sensor (oxímetro) constituído por dois emissores feixes de luz (*LED*), um vermelho com comprimento de onda na ordem dos 650nm e um infravermelho com um comprimento de onda de 850nm, e foto-receptor. Os feixes de luz atravessam o dedo cursando o percurso emissor-receptor, no qual o sangue e os tecidos absorvem e reflectem uma percentagem desses mesmos feixes emitidos. [28]

Tendo em conta o princípio que diz que diferentes concentrações de um soluto irão proporcionar efeitos ópticos distintos, conseguimos relacionar a saturação de oxigénio. Ou seja, a quantidade de luz que chegar ao fotodíodo em relação à quantidade emitida, irá ditar a concentração de oxigénio presente na hemoglobina.

Por sua vez, o equipamento de teste deste parâmetro irá também ele ser constituído por um sensor luminoso e um emissor. Dependendo da percentagem de oxigénio que se queira verificar, o sinal e intensidade emitida pelo equipamento de teste será diferente, sendo capaz assim de simular diferentes saturações. Para facilitar a compreensão, o funcionamento está explícito na ilustração 14.

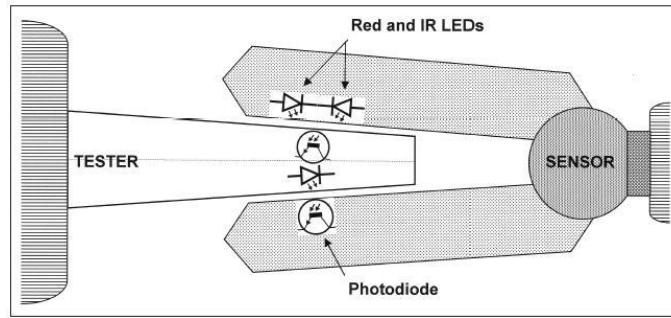


Figura 14 - Funcionamento de um equipamento de teste de oximetria<sup>11</sup>

O simulador Rigel Uni-Sim tem um acessório denominado PULS-R para a verificação do parâmetro de SpO<sub>2</sub>, que apresenta as especificações técnicas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para oximetria

Simulação de Saturação de Oxigénio (PULS-R)	
Alcance	30 a 100%
Exactidão	± 5% entre valores 30-59% SpO <sub>2</sub>
	± 3% entre valores 60-99% SpO <sub>2</sub>
	± 3% entre valores 90-100% SpO <sub>2</sub>
Frequência Cardíaca	30-300BPM
Compatibilidade	Beijing Choice, Criticare, GE Tuffsat, Masimo, Mindray, Nellcor, Nellcor

### 3.1.2.3 Frequência cardíaca

Qualquer contracção do coração, quer seja de um ventrículo ou aurícula, é proveniente de estímulos eléctricos provocados pela “pilha” e “marca-passo” do coração, o nódulo sinoauricular. Também denominado de nó sinusal, é uma das estruturas com mais automatismo do corpo humano, sendo o responsável pelo sincronismo de funcionamento do coração. Se este sincronismo não for alcançado devido a alguma anomalia ou malformação, o coração não conseguirá bombear sangue correctamente, e se tal não acontecer todo o organismo estará comprometido.

A forma de monitorizar e registar estes impulsos eléctricos é através de um electrocardiograma, caracterizado pela medição de potenciais em terminais estratégicos do corpo humano.

Após a avaliação das diferenças de potenciais será disposta uma linha gráfica, contendo um sinal relativamente periódico, com o formato explícito na figura 15.

<sup>11</sup> <http://www.24x7mag.com/2015/01/understanding-spo2-sensor-testing/>

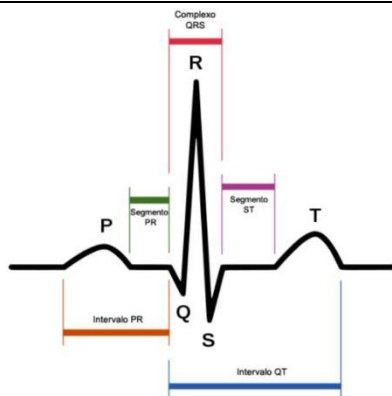


Figura 15 -Curva de ECG

Quando a finalidade do procedimento terapêutico é exclusivamente monitorização, como é o caso de monitores de sinais vitais, usam-se normalmente cabos com três a cinco eléctrodos. Quando o propósito é diagnóstico, são necessárias mais derivações para exames mais complexos, como é o caso de um electrocardiógrafo, onde se usam cabos com 10 eléctrodos para obtenção de 12 derivações.

Através da análise do traçado de ECG, será possível obter dois tipos de informação sobre o funcionamento do coração. Através do estudo temporal e de intervalos de tempo, poderemos ter informações sobre o ritmo e frequência cardíaca, e conseqüentemente o diagnóstico de taquicardias (frequência cardíaca acelerada), bradicardias (frequência cardíaca lenta) e arritmias (falhas no sincronismo do coração). Por outro lado, através da intensidade da corrente eléctrica, recorrendo à amplitude das ondas, poderá se verificar que as diferentes câmaras do coração (aurículas e ventrículos) estão a ser devidamente excitados.

O simulador multiparâmetros usado para testar este sinal vital é capaz de simular vários tipos de onda, desde ondas periódicas triangulares, sinusoidais e quadradas, até sinais de ECG com diferentes condições fisiológicas (ECG normal, taquicardia, fibrilação, arritmia) com diferentes frequências cardíacas e amplitudes.

De seguida, na Tabela 3, estão demonstradas as características técnicas para este parâmetro.

Tabela 3 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para ECG

Simulação de ECG	
Simulação	Simulação de ECG de 5 canais, Elevação ST, Depressão ST, Enfarte Miocárdio
Frequência Cardíaca	30-300BPM
Exactidão	±1BPM
Amplitudes	0.5 / 1 / 1.5 / 2 / 2.5 / 3 / 3.5 / 4 / 4.5 / 5mV (erro ± 2%)

### 3.1.2.4 Temperatura corporal

A temperatura corporal é um dos sinais vitais mais frequentemente avaliados nas instituições de saúde. O aumento da temperatura corporal poderá ser um indício de febre, e a febre é um sistema de defesa do nosso organismo para combater bactérias, vírus ou infecções, ou seja, quando existe um agente patogénico o sistema imunitário é activado. O hipotálamo desencadeia um processo de reacções que eleva a temperatura do corpo para aumentar também o metabolismo, prevenindo assim o crescimento de agentes indesejáveis. Como tal, ao monitorizar-se as variações de temperatura consegue-se prever desenvolvimentos de bactérias e vírus (muito importante em casos pré-operatórios).

A obtenção deste parâmetro é normalmente conseguida através de um termistor. O princípio básico desta medição passa pela resistência variável de um semiconductor com a temperatura, atribuindo-se assim um valor de temperatura para uma determinada resistência. [6]

O equipamento de teste conseguirá simular essa resistência através da adaptação de um cabo, variando a resistência no semiconductor dependendo da temperatura que se pretenda simular. As especificações técnicas do equipamento *Rigel* para este parâmetro estão mostradas na tabela 4.

Tabela 4 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Sim para Temperatura

Simulação de Temperatura	
Simulação	YSI 400 / 700 Static
Temperaturas	25, 33, 37 e 41°C
Exactidão	± 0.1 °C

### 3.1.3 Teste de Aparelhos de Electrocirurgia

Os aparelhos de electrocirurgia, também denominados de electrobisturis, são equipamentos amplamente usados no Bloco Operatório durante cirurgias. O fenómeno da electricidade, bem como a sua inerente capacidade de criar calor, é bastante aproveitado para fins terapêuticos em ambiente cirúrgico. Dependendo do calor infligido nos tecidos do paciente poderá se fazer cortes (incisões) ou coagulações.

Um electrobisturi consiste então num gerador de correntes de alta frequência, correntes estas que chegam ao corpo humano através de um circuito fechado constituído por um eléctrodo activo e um eléctrodo neutro, agindo nos tecidos provocando calor devido à resistência encontrada. Neste circuito trata-se de uma corrente de alta frequência, ou seja, o fluxo de corrente não tem um sentido único. A designação de eléctrodo neutro poderá trazer alguma confusão, mas este não é electricamente neutro, mas sim termicamente neutro devido às suas dimensões. Relacionado com o tipo de sinal, frequência e amplitude teremos um efeito terapêutico distinto, corte ou coagulação. O *duty-cycle* irá então ditar a quantidade de calor criado. Se tivermos um formato de onda constante, com um período de trabalho

elevado (como demonstrado na figura 16 no sinal “*PURE CUT*”) a energia calorífica será também ela elevada. Se por outro lado, a duração em que o sinal está activo for reduzido (como demonstrado na figura 16 no sinal “*COAG*”) irá provocar menos calor. [27] [29]

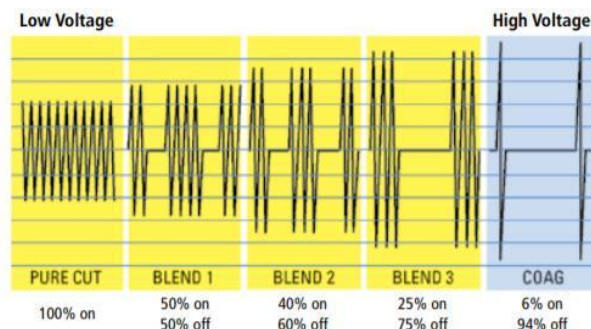


Figura 16 - Formas de onda características de modos de funcionamento de Electrobisturis<sup>12</sup>

Ou seja, será o efeito térmico a definir qual a consequência nos tecidos do paciente. Para relacionarmos a temperatura com a corrente eléctrica é enunciada a Lei de Joule, que define a transformação de energia eléctrica em energia térmica segundo a fórmula:

$$Q = R \times I^2 \times t$$

- Q exprime a quantidade de calor produzido (W),
- R exprime a resistência dos tecidos ( $\Omega$ )
- I exprime a corrente eléctrica (A),
- t exprime a duração (s).

Quando a corrente de alta frequência (de 0,4 a 3 MHz) passa pelo corpo humano, existe uma transferência de electrões pelo citoplasma das células provocando um aumento da temperatura intracelular. Se esta temperatura for entre 70 a 100°C os líquidos intracelulares evaporam-se através das membranas celulares, os tecidos dessecam-se, o volume celular diminui, e com a contracção das células estas soldam-se em bloco provocando a denominada coagulação. Se a transferência de energia provocar temperaturas acima dos 100°C, o líquido intracelular irá evaporar rapidamente e o vapor criado aumentará a pressão nas membranas celulares ao ponto de provocar a sua ruptura. Esta ruptura irá se suceder nas células onde o eléctrodo activo passe, provocando assim uma cratera em cadeia. Este processo é característico do modo de corte.

Dependendo da distância que se encontra o eléctrodo activo do neutro teremos dois modos de operação diferentes, o modo monopolar e bipolar. Quando os eléctrodos estão relativamente distantes temos o modo monopolar, usando-se como eléctrodo activo uma agulha ou ansa e o eléctrodo neutro

<sup>12</sup> [https://www.asit.org/assets/documents/Principals\\_in\\_electrosurgery.pdf](https://www.asit.org/assets/documents/Principals_in_electrosurgery.pdf)

sob a forma de placa. Como se pretende que o efeito terapêutico seja meramente sentido na zona activa, a placa neutro terá que ter uma dimensão grande o suficiente para que o efeito térmico seja nulo. Por outro lado, se a distância dos eléctrodos for reduzida, como é o caso do uso de uma pinça metálica condutora, temos o modo bipolar. O paciente, também neste modo, serve de elemento condutor no circuito de corrente entre os fórceps da pinça (eléctrodos). [6] [27]

Para evitar queimaduras na zona da placa de dispersão (eléctrodo neutro) os aparelhos de electrocirurgia dispõem de um modo de segurança que detecta a qualidade das ligações do equipamento. Basicamente a placa de neutro tem uma folha dupla (exemplificada na ilustração 17), abrindo o circuito, e quando esta estiver aplicada na pele do paciente será medida a impedância da ligação.

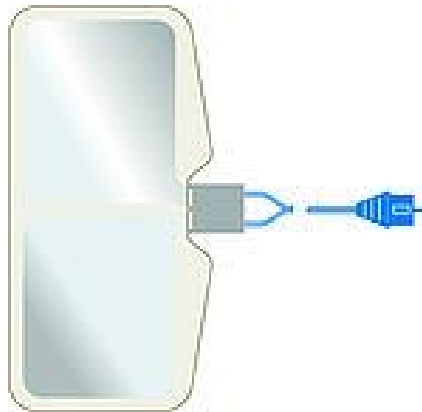


Figura 17 - Placa de dispersão de folha dupla (Split Pad) <sup>13</sup>

Se a placa de dispersão apresentar valores fora da gama de  $5\Omega$  a  $135\Omega$ , ou valores 40% acima do valor inicial, a saída do electrobisturi será cessada e soará um alarme. Este sistema de segurança é denominado de REM (*Return Electrode Monitoring*) ou NESSY (*Neutral Electrode Safety System*). [30]

O equipamento usado para testar os bisturis eléctricos é o *Rigel Uni-Therm*, que se encontra em conformidade com a norma IEC 60601-2-2. Este aparelho de teste é capaz de verificar os vários modos de funcionamento dos aparelhos de electrocirurgia, tendo ligações distintas para cada modo e dispondo a explicação dessas configurações no respectivo menu.

Podemos ver esse mesmo equipamento de teste na figura 18.

<sup>13</sup> <http://multimedia.3m.com/mws/media/3588110/electrosurgical-grounding-pad-brochure.pdf>



Figura 18 - Rigel Uni-Therm<sup>14</sup>

O próprio equipamento de teste irá accionar a saída de potência do electrobisturi e ao mesmo tempo analisar o sinal, aprovando-o ou não. Depois de analisar o sinal será disponibilizado as informações dos diversos parâmetros eléctricos, desde potência, corrente, tensão e factor de crista. Também possui testes de fugas de alta frequência, bem como análise do funcionamento do modo de segurança e qualidade da aplicação do eléctrodo neutro (NESSY). Na Tabela 5 podemos verificar as especificações do equipamento em análise.

Tabela 5 - Especificações técnicas do RMM Rigel Uni-Therm

Rigel Uni-Therm	
Potência	0-500W (RMS)
Exactidão	±(1W + 5%)
Duty-cycle	100% até 60 segundos
Tensão (Pico)	0 - 10kV
Exactidão	±(10% +15v)
Tensão (RMS)	0 - 700V (RMS)
Exactidão	(5V + 10%)
Corrente	0 - 6000mA (RMS)
Exactidão	±(2% +10mA)
Factor de Crista	1.4 - 20 (Vpico / V RMS)
REM (Return Electrode Monitoring)	1- 475Ω (resolução de 1Ω)

<sup>14</sup> [http://www.rigelmedical.com/downloads/uni\\_therm\\_datasheet\\_32\\_v3.2.pdf](http://www.rigelmedical.com/downloads/uni_therm_datasheet_32_v3.2.pdf)

### 3.1.4 Teste de Ventiladores Respiratórios

A respiração pulmonar é a actividade metabólica responsável pela troca de gases no corpo humano, garantindo que todas as células dos tecidos e órgãos disponham de oxigénio necessário à sua vitalidade, expelindo por sua vez o dióxido de carbono (a sua concentração excessiva por longos períodos de tempo é tóxica). No processo de respiração pulmonar, o movimento de respiração propriamente dito, advém da variação de volume no tórax provocado pelos músculos torácicos (principalmente pelo diafragma). Esta variação de volume irá incitar sucessivas diferenças de pressão, ou seja, na inspiração a pressão torácica é inferior à pressão atmosférica o que irá levar o ar a seguir pelas vias aéreas até aos alvéolos pulmonares. Por outro lado, no processo de expiração respiratória a pressão positiva nos pulmões irá levar com que o ar (maioritariamente constituído por CO<sub>2</sub>) seja expelido.

Se por motivos de doença, anomalias congénitas ou anestesia os pulmões e músculos torácicos não conseguirem conceber a respiração pulmonar autonomamente será necessário o auxílio de um equipamento de ventilação mecânica. Este equipamento irá permitir a respiração pulmonar de forma artificial, administrando gases em quantidades necessárias para manutenção da actividade metabólica. Estes gases administrados poderão ser anestésicos (sevoflurano, desflurano e protóxido de azoto) em caso de ventiladores (ou torres) de anestesia, sendo que o oxigénio e ar medicinal completam o sistema de entrada de gases frescos dos equipamentos mais usuais. O ar, oxigénio e protóxido de azoto são fornecidos ao ventilador normalmente pelas garrafas de armazenamento através da rampa de gases comum do Hospital. Já os halogenados são facultados em concentrações definidas e doseadas pelo anestesiológista através dos denominados vaporizadores. [31] [32]

Os gases serão administrados ao paciente por via oral e nasal (através de máscara facial ou endotraqueal) ou por traqueostomia (em casos que assim o obriguem), através de um dos quatro modos de ventilação:

- Ventilação controlada (ventilação mecânica quando o paciente é desprovido de qualquer estímulo e está completamente dependente do equipamento para manter a sua vitalidade. Neste modo o ventilador irá ser responsável por toda a actividade respiratória, fomentando todo o processo de inspirações e expirações mediante valores e configurações definidas pelo médico responsável);
- Ventilação assistida (ventilação mecânica com valores de pressão ou volume definidos pelo médico responsável, sendo que a respectiva frequência respiratória é incitada pelo próprio paciente. Ou seja, os estímulos do paciente serão o *trigger* do ventilador);
- Ventilação combinada (ou SIMV - *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation*, é uma ventilação mecânica que como o próprio nome indica, será um meio-termo em relação à ventilação assistida e à ventilação controlada. Como tal, o ventilador irá ser accionado por estímulos do paciente, mas se for detectada uma frequência respiratória escassa, provocando insuficiências respiratórias, o ventilador irá despoletar ciclos

respiratórios. Este método é usado no desmame ventilatório, ou seja, a transição da ventilação artificial para a espontânea);

- Ventilação manual (este modo, recorrência mais frequente em reanimações ou em alguns casos de procedimentos anestésicos, os gases frescos estão armazenados num balão e irão para o paciente conforme seja aplicada manualmente pressão nesse balão).

De modo a que as funções vitais do paciente se mantenham é necessário a disponibilização de quantidades correctas quer de gases anestésicos (caso seja aplicável) quer de oxigénio. Esta administração está ao encargo do anestesiológista, e são dependentes das necessidades do paciente, podendo ser escolhida uma administração por volume (em que é calculado um volume teórico tendo em consideração algumas particularidades relativas ao paciente, desde estado clínico, procedimento, peso, idade, altura, entre outros) ou por pressão (o rácio inspiração/expiração é calculado dependendo do alcance de uma pressão alvo nos pulmões do paciente).

Os vários parâmetros configuráveis estão enunciados de seguida:

- Volume corrente: Volume que se pretende que seja administrado ao paciente. Para uma pessoa adulta saudável o valor ronda os 5 l/min por respiração. Valor dado em litros por minuto (l/min);
- Pressão inspiratória: Pressão alvo, o ventilador irá fornecer um fluxo até se atingir esta pressão nos pulmões do paciente. Para uma pessoa adulta saudável este valor ronda os 25 cmH<sub>2</sub>O. Valor dado em centímetros de água (cmH<sub>2</sub>O);
- Frequência respiratória;
- I:E: Rácio ou relação de tempo entre a inspiração e expiração;
- Sensibilidade: Parâmetro usado na ventilação assistida e combinada. Valor, definido tanto em pressão como fluxo, que o paciente terá que atingir para accionar um ciclo respiratório;
- PEEP (*Positive end-expiratory pressure*): Pressão positiva ao fim de cada expiração, ou seja, pressão residual mínima que será mantida nos pulmões do paciente. Valor dado em centímetros de água (cmH<sub>2</sub>O).

Sendo um equipamento crítico, pois muitas vezes o paciente está completamente passivo e dependente dele, o ventilador deverá estar devidamente calibrado, pois mesmo que o médico proceda correctamente, uma anomalia neste poderá provocar hipoxemia (baixa concentração de oxigénio), hipercapnia (aumento do nível de dióxido de carbono), hiperóxia (excesso de níveis de oxigénio), entre outras condições médicas.

O equipamento de teste usado na Promeicentro para verificação da funcionalidade e viabilidade dos diversos parâmetros acima enunciados é o *TSI Certifier Flow Analyzer Plus Ventilator Test System 4080* (figura 19).



Figura 19 - Equipamento de teste TSI Certifier Flow Analyzer Plus Ventilator Test System 4080<sup>15</sup>

Para se proceder ao processo de verificação e ensaio dos ventiladores será necessário um pulmão de teste (mostrado na ilustração 20) colocado na extremidade da traqueia, que irá simular a pressão exercida pela caixa torácica de forma a ser feito um teste com a maior correspondência possível com as circunstâncias de funcionamento real.



Figura 20 - Pulmão de teste para ventiladores<sup>16</sup>

O equipamento de teste *TSI Certifier FA Plus* é colocado entre o pulmão de teste e a traqueia, na junção da peça em Y, avaliando os diversos parâmetros, nomeadamente fluxos, frequência respiratória, volumes (correntes, inspiratórios e expiratórios), pressões, tempo inspiratório (e respectivo rácio I:E), concentração de oxigénio, entre outros. De modo a confirmar a operacionalidade do equipamento deverá se comparar os valores definidos no ventilador com os valores lidos pelo equipamento de teste.

De salientar a importância de colocar um filtro respiratório antes do RMM pois este está em contacto directo com vários ventiladores, e o filtro previne assim a contaminação microbiana.

---

<sup>15</sup> <https://tsi.com/certifierfaplus/>

<sup>16</sup> <https://www.imtanalytics.com/Testlung/Details>

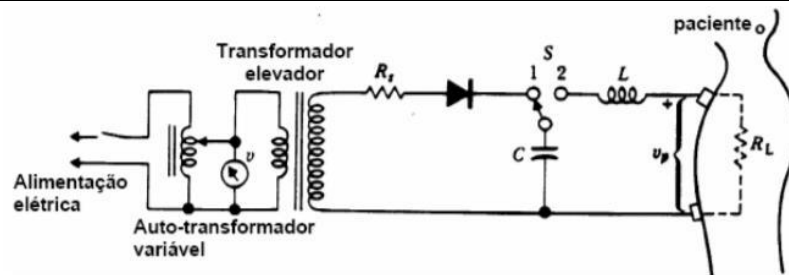
### 3.1.5 Teste de Desfibriladores

Como já abordado anteriormente, o coração é um órgão essencialmente muscular, em que as suas células têm a particularidade de ser altamente excitáveis electricamente. As células do miocárdio (músculo cardíaco) apresentam três propriedades fisiológicas particulares, auto-ritmicidade, condutibilidade e contractilidade, e como tal a estimulação eléctrica destas de forma sincronizada conduz a contracções ventriculares e auriculares sequenciais, permitindo assim o bombeamento do sangue de forma eficiente. Alterações na actividade eléctrica cardíaca levam a contracções desorganizadas, e esse assincronismo compromete gravemente a capacidade bombeadora do coração. Desordens que perturbam o padrão da actividade eléctrica cardíaca são a principal causa de arritmias, sendo que a arritmia que apresenta maior risco é a fibrilação ventricular. [33] [34]

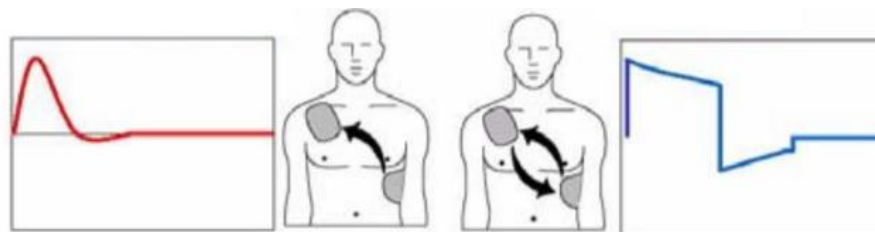
A morte súbita originada por arritmias cardíacas, mais concretamente a fibrilação ventricular, é uma das causas de morte mais frequentes no mundo, mas tal, em alguns casos, pode ser reversível através do uso de um equipamento de desfibrilação.

A desfibrilação é o processo de reverter arritmias cardíacas através de uma emissão de energia eléctrica directamente para a caixa torácica (de forma a passar pelo coração). Esta corrente ao passar pelo tórax irá despolarizar todas as fibras cardíacas (tanto as que se encontravam polarizadas como as despolarizadas), interrompendo assim a emissão de potenciais de acção que se sucediam de forma aleatória. Com isto o coração irá permanecer parado por breves instantes e retornará o seu funcionamento quando existir a restituição dos estímulos pelo nódulo sinusal (se a desfibrilação ocorrer com êxito estes estímulos serão síncronos, gerando um ECG característico). Podemos entender o processo de desfibrilação como um “reset” ao coração, a descarga obriga a contracção do máximo número de fibras de forma simultânea para que, quando atingirem o estado de repouso, restabeçam o normal funcionamento. [35]

O princípio de funcionamento deste equipamento consiste em suma num condensador que é carregado conforme uma determinada energia pré-seleccionada. Este condensador será carregado a partir de um transformador AC e de uma rectificação (ou por uma bateria e um conversor DC/DC), sendo que a descarga é feita após o comando de disparo pelo operador. O referido disparo acciona um comutador (referenciado pela letra S na figura 21, e passando da posição 1 para a posição 2) que fomenta a passagem da energia do condensador para uma indutância interna e para o paciente. No caso de o desfibrilador estar no modo de sincronismo (cardioversão síncrona) o que acciona a descarga é um circuito de sincronismo (constituído por um filtro passa-banda centrado em 17Hz, um sistema de detecção de picos e um circuito de atraso de 30ms) que irá detectar o pico R do complexo QRS através de um sistema de monitorização cardíaco, e será nessa onda R que o comutador irá promover a passagem de energia para o paciente.

Figura 21 - Circuito simplificado de um desfibrilador<sup>17</sup>

A potência seleccionada na desfibrilação está dependente do paciente (atributos como a idade, peso, altura, entre outros influenciam directamente a impedância corporal), se este apresentar uma impedância torácica elevada a energia seleccionada para que o coração seja atravessado por corrente suficiente também terá que ser elevada. Com este aumento de energia temos uma redução dos níveis de segurança do procedimento, de forma inversamente proporcional, pois elevadas correntes podem ser agressivos para as células musculares e provocar danos irreversíveis nos tecidos corporais. Uma forma de diminuir a energia mantendo o efeito cardíaco pretendido é utilizando uma forma de onda bifásica em detrimento da onda monofásica. Na forma de onda monofásica, como o próprio nome indica temos uma descarga de potência num único estágio, sendo esta propagada num sentido de uma pá de desfibrilação para outra. A potência máxima dos desfibriladores de onda monofásica é usualmente de 360J. Já as ondas bifásicas dividem a libertação de energia em dois períodos. Numa primeira fase a corrente percorre o coração a partir de um eléctrodo para o outro tal como na onda monofásica, sendo que posteriormente dá-se a inversão do sentido da corrente. Tal método requer menores níveis de energia para um mesmo efeito de desfibrilação, o que promove menor risco de disfunções do miocárdio bem como o de queimaduras. Na figura 22 podemos observar a diferença das ondas monofásicas e bifásicas.

Figura 22 - Onda Monofásica vs Onda Bifásica<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Webster, John. (1995). *Design of Cardiac Pacemakers*. 6

<sup>18</sup> <https://pdfs.semanticscholar.org/c271/01825699032ee4fcd320d84272911583c6f6.pdf>

Os desfibriladores podem ser divididos em quatro tipos:

- Desfibrilador Externo Manual: Equipamento de descarga manual. Poderá ter monitorização de sinais vitais ou não, mas será sempre o operador a accionar a descarga e decidir qual a potência adequada para cada ocorrência. Normalmente está alocado num carro de emergência, que contém vários instrumentos e medicações para agir em conformidade num caso de emergência, mais usualmente em casos de emergência cardíaca. Este deverá ser operado meramente por médicos ou enfermeiros devidamente instruídos.
- Desfibrilador Externo Automático (DEA): Os DEA (AED do Inglês *Automated External Defibrillator*) são equipamentos que operam de forma quase independente. Após a colocação dos eléctrodos no paciente o próprio equipamento irá avaliar a necessidade de desfibrilação, e em caso positivo também determinará a energia apropriada para cada situação. Como é um equipamento com algum automatismo pode ser utilizado por qualquer pessoa treinada, como tal a disseminação deste equipamento por locais públicos e de risco (centros comerciais, ginásios, hotéis, instituições de ensino) é cada vez mais imperativo.
- Desfibrilador Interno: Este tipo de desfibrilador (também denominado CDI – Cardiodesfibrilador Implantável) tem um funcionamento similar ao DEA na medida que monitoriza os ritmos cardíacos e ao detectar uma arritmia age através de estímulos ou choques. Este aparelho é implantável, ou seja, é inserido directamente no peito do paciente com recurso a cirurgia.
- Cardioversor: Os cardioversores apresentam todas as características de um desfibrilador normal, tendo a particularidade de possuírem um circuito capaz de se sincronizar com o ritmo cardíaco do paciente. É utilizado em casos de arritmias específicas, mais propriamente em arritmias menos severas e fibrilações atriais, em que a descarga terá de ser sincronizada com o complexo QRS, ou seja no pico R ou período refractário. [36] [37] [38]

Na empresa em que este projecto se encontra inserido é utilizado um equipamento de teste de desfibriladores da marca *SPL* e modelo *DP-300* (figura 23), que permite testes aos diversos tipos de desfibriladores (tanto com formas de onda monofásica como bifásica, e modo síncrono e assíncrono), *pacemakers* externos e equipamentos com monitorização de ECG.



Figura 23 - Equipamento de teste de desfibriladores SPL DP-300<sup>19</sup>

Para medir os valores de potência é feita uma descarga para o analisador, que mede os diferentes parâmetros nos terminais de uma resistência de  $50\Omega$  (resistência similar à resistência torácica). Os valores serão então comparados com os seleccionados no desfibrilador de modo a comprovar a operacionalidade do mesmo. Também poderão ser passados os registos para o PC através de um *software* que irá dispor todos os ensaios e devidos parâmetros, bem como gráficos das descargas.

Na ilustração 24 podemos ver o exemplo de um gráfico, obtido através do equipamento de teste enunciado, de uma descarga de 360J por um desfibrilador *Primedic HeartSave AED-M*, com onda bifásica.

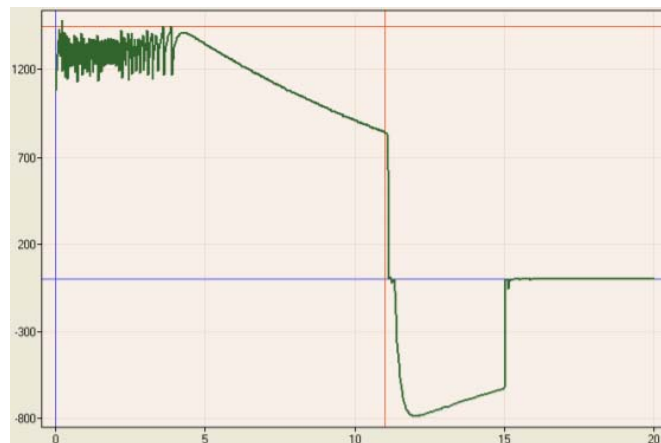


Figura 24 - Gráfico Tensão (V) em função do Tempo (ms) de uma descarga obtido pelo SPL DP-300

<sup>19</sup> <http://www.spl-elektronik.com/index.php/en/function-tester/dp-300>

### 3.1.6 Teste de Aparelhos de Infusão

O sistema circulatório conduz o sangue para as várias células do corpo humano, com o objectivo de, entre outros, fornecer nutrientes necessários à sua vitalidade. Aproveitando este princípio, são administrados em pacientes soluções intravenosas com fármacos e nutrição enteral. Para tal são necessários equipamentos que produzam pressões positivas nos sistemas de infusão em relação à pressão sanguínea que permitam a circulação dos fluidos com o devido controlo de volumes, pressões e fluxos/caudais. A estes aparelhos é atribuída a designação, conforme a norma internacional IEC 60601-2-24, de bombas de perfusão volumétricas (também designados por bombas infusoras) no ou bombas de perfusão com seringa (habitualmente designadas por seringas perfusoras). [39]

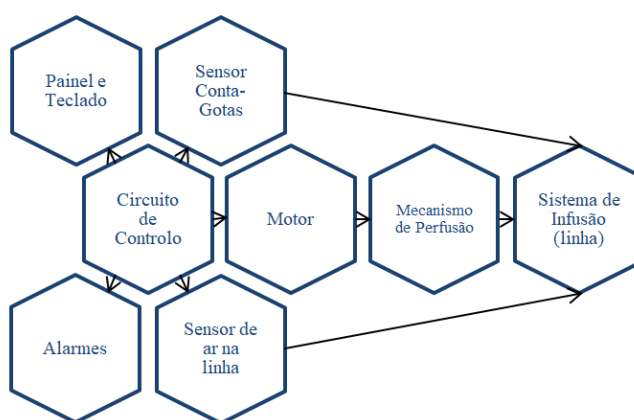


Figura 25 - Componentes constituintes de uma bomba de perfusão

Independentemente do tipo de bombas de perfusão, estas são constituídas basicamente pelos componentes enunciados na figura 25, nomeadamente:

- Alarmes: O equipamento está provido de diversos tipos de alarmes, tanto meramente informativos como de protecção para o paciente. Desde emitir um sinal sonoro sempre que se dá por finalizada uma infusão, quando existe uma bolha de ar na linha, se a porta se encontrar indevidamente fechada, alarme de oclusão quando é detectada pressão anómala, caudal livre e bateria fraca;
- Circuito de controlo: Sistema incumbido do controlo de todos os processos, desde accionamento de alarmes conforme interpretação de sinais de sensores, comando dos mecanismos de infusão bem como de toda a informação programável;
- Sistemas de infusão: Conjunto de todos os acessórios descartáveis utilizados para levar o fluido/fármaco desde o reservatório, passando pela bomba de perfusão e cateter, até ao sistema circulatório do paciente. No caso de bombas de infusão volumétricas temos um sistema (ou linha) de infusão intravenoso constituído por um tubo, preferencialmente de silicone, um controlador de abertura manual e câmara de gotejo. No caso de seringas perfusoras temos uma seringa com o respectivo medicamento acoplada numa linha de infusão.

- Painel e teclado: O painel é normalmente constituído por um LCD que dispõe todos os menus e informações relativas à infusão em tempo real. Já o teclado constitui a *interface* homem-máquina com todos os comandos necessários;
- Motor: São utilizados motores de passo com vista a se obter uma maior precisão de rotação. Estes são constituídos por uma bobine que tem a capacidade de gerar pulsos em intervalos de tempo constantes;
- Sensor de ar na linha: Este tipo de sensores previne a administração de bolhas de ar para o paciente, pois se um determinado volume (segundo a norma IEC 60601-2-24, volumes de ar superiores a 0,05ml não podem ser infundidos) for aplicado em bolus no paciente, pode representar risco de embolia gasosa.
- Sensor conta-gotas: Sensor óptico responsável por realizar uma contagem fotoelétrica das gotas bem como a identificação da presença ou falta de fluido que infunde na câmara de gotejo do sistema de infusão intravenosa;
- Mecanismos de infusão: Os mecanismos de infusão diferem de equipamento para equipamento. No caso de seringas perfusoras o motor irá movimentar com uma determinada velocidade (conforme o fluxo pretendido) um dispositivo mecânico, vulgarmente designado por braço. Este braço por sua vez irá empurrar o êmbolo da seringa de forma a expulsar o fluido da seringa para a linha de infusão. Já as bombas infusoras volumétricas podem ter dois mecanismos peristálticos: linear e rotativo. O mecanismo peristáltico linear é baseado na alternância de compressões e descompressões, em movimentos ondulatórios e direccionais, do sistema de infusão contra a porta do equipamento através de um sistema de lagartas. Por sua vez o mecanismo peristáltico rotativo consiste numa pequena porção do tubo que é comprimido contra roletes montados em rotor, que quando giram pressionam o tubo e levam o fármaco dos reservatórios ao paciente. Na figura 26 está ilustrado o modo de funcionamento dos dois tipos de mecanismo de infusão peristáltico. [37] [39]

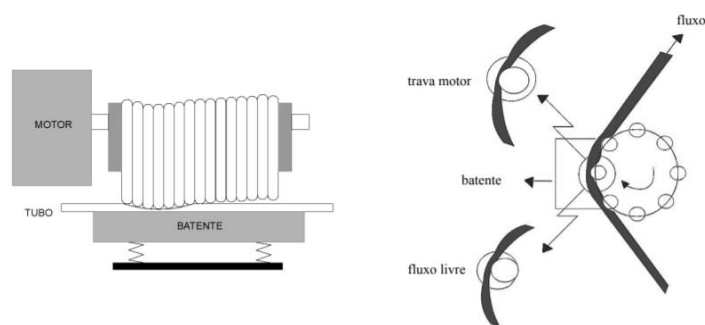


Figura 26 - Mecanismo peristáltico linear vs rotativo<sup>20</sup>

<sup>20</sup> AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Manual de Tecnovigilância: abordagens de vigilância sanitária de produtos para a saúde comercializados no Brasil. Brasília, Brasil, 2010.

De forma a determinar o erro e a incerteza associado a cada equipamento de infusão, é necessário efectuar procedimentos de verificação. Para avaliação de débitos e caudais podemos usar o método gravimétrico ou através de um RMM específico.

O método gravimétrico é o método mais básico utilizado na determinação de caudal e que consiste simplesmente na determinação da massa de fluido escoada da bomba de infusão em função do tempo. Para tal será apenas necessário um copo volumétrico devidamente calibrado e um cronómetro, sendo os valores obtidos posteriormente convertidos em volume/tempo para comparação do fluxo. Para o teste do sistema de segurança de oclusão deverá utilizar-se um manómetro para verificar e comprovar a pressão de oclusão.

Para uma verificação mais complementar e autónoma podemos utilizar um equipamento de teste de bombas infusoras. Neste procedimento de verificação teremos apenas de acoplar os dois equipamentos (aparelho de teste e aparelho alvo de teste) através de uma linha e proceder a várias infusões comparando os valores pré-definidos com os lidos no RMM, verificando se se encontram dentro dos parâmetros aceitáveis estipulados pelo fabricante. Como exemplo deste tipo de equipamentos de teste temos o *RIGEL Multi-Flo* (ilustração 27 e respectivas especificações técnicas na tabela 6), capaz de verificar fluxos/caudais, volumes de bolus e pressão de oclusão. [37]



Figura 27 - Equipamento de teste de bombas de infusão *Rigel Multi-Flo*<sup>21</sup>

<sup>21</sup> [http://www.rigelmedical.com/downloads/multi\\_flo\\_datasheet\\_row\\_rev2\\_1\\_v2.1.pdf](http://www.rigelmedical.com/downloads/multi_flo_datasheet_row_rev2_1_v2.1.pdf)

Tabela 6 - Especificações técnicas do Rigel Multi-Flo

Especificações de fluxos		Especificações de Oclusão	
<b>Alcance</b>	0.010 a 1500ml/h	<b>Alcance de pressões</b>	-500 a 2500mmHg
<b>Resolução</b>	10µl/h	<b>Unidades de Pressão</b>	mmHg, PSI, Bar, kPa
<b>Exactidão</b>	1% do valor lido	<b>Exactidão</b>	-500 a 1000mmHg: ± 10mmHg 1000 a 2500mmHg: ±1% do valor lido
<b>Volume</b>	0.001 a 9999ml	<b>Resolução</b>	1mmHg
<b>Exactidão</b>	1% do valor lido		
<b>Taxa de actualização de fluxo</b>	1HZ		



## 4 Descrição da Aplicação de Gestão de Manutenção

Neste capítulo são abordados todos os procedimentos para o desenvolvimento da aplicação de gestão de equipamentos hospitalares em questão.

No primeiro capítulo evidencia-se a escolha da arquitectura do sistema, bem como os motivos que levaram a optar pelo modelo escolhido, vantagens e desvantagens. No capítulo 4.2 serão abordadas as funcionalidades pretendidas no *software*, bem como as mudanças que essas funcionalidades irão incitar nos procedimentos da empresa em questão. No capítulo 4.3 será demonstrado a cronologia das tarefas executadas na concepção da aplicação, desde o *brainstorming* até aos testes funcionais. De seguida serão expostas todas as ferramentas, tecnologias e linguagens que foram necessárias. E por fim no subcapítulo 4.5 será abordado todo o processo e consequentemente os resultados obtidos, apresentando assim a aplicação no seu estado final.

### 4.1 Escolha da Arquitectura

Esta solução de sistema de gestão de manutenção assistida por computador tem a finalidade de ser aplicada na empresa PromeiCentro, sendo o intuito primordial a potencialização da respectiva empresa através da melhoria de processos rotineiros.

Quando a ideia foi sugerida aos responsáveis da PromeiCentro foi facilmente abraçada, pois iria melhorar os procedimentos adoptados até à data. Como tal os responsáveis não impuseram qualquer limitação ou requisito quanto às ferramentas utilizadas, bem como à escolha da arquitectura do sistema, ficando então a decisão inteiramente da responsabilidade do autor deste relatório. Então, de modo a que a aplicação se ajustasse às necessidades da empresa e respectivos clientes, começou a ser projectado uma solução que transpusesse as rotinas em vigor para uma solução mais automatizada, pois pretendia-se que a aplicação fosse desenhada de modo a se adaptar à empresa e não o contrário.

O sistema idealizado necessita de ser alocado num servidor de modo a ser actualizável em tempo real, com vista às alterações na base de dados serem acessíveis a todos os utilizadores e para existir troca de informações no momento entre os utilizadores como ordens de trabalho, lembretes, requisições de material, entre outros. Deste modo, poderia ter-se optado por uma solução *desktop* ou *web*.

A solução *desktop* implicaria a escolha de um tipo de sistema operativo específico para o qual a aplicação seria desenvolvida. No caso prático os utilizadores acederiam através de dispositivos móveis (*tablets*), sendo a opção mais óbvia a plataforma *Android*. Porém esta alternativa iria restringir o acesso e funcionamento meramente a um sistema operativo, o que limitaria a sua funcionalidade em contexto real. De modo a aumentar o nível de acessibilidade estudou-se a alternativa *web*, pois esta é aplicável a todos os dispositivos dotados de um *browser*, sendo este um *software* integrante de todos

os sistemas operativos. Como tal esta segunda solução tem as seguintes vantagens em relação à primeira:

- **Acessibilidade:** Como já foi referenciado anteriormente, sendo um recurso acedível através de um *browser*, temos a vantagem de multi-plataforma. É de enorme relevância a capacidade de trabalhar num cliente através de um dispositivo móvel (*tablet* ou telemóvel) e poder também trabalhar através do gabinete num dispositivo fixo (computador);
- **Recursos:** Esta solução não consome recursos locais, ou seja, não necessita de um dispositivo com requisitos mínimos muito elevados (qualquer dispositivo relativamente recente proporciona uma boa experiência de navegação *web*), pelo que será necessário apenas investir num bom recurso remoto (servidor);
- **Manutenibilidade:** Como não necessita de ser instalado num dispositivo, apenas de ser alocado num servidor, sempre que há necessidade de alteração ou actualização a versão mais recente ficará automaticamente disponibilizada para todos os utilizadores.

O sistema *web* usa uma arquitectura baseada na comunicação entre cliente, servidor e base de dados, utilizando o protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) para essa mesma comunicação. Nessa ligação de rede o cliente executa um pedido através do *browser* (usando um endereço URL), o servidor remoto ao receber o pedido devolve o ficheiro solicitado, sendo que quem está incumbido de atender esses pedidos nesta arquitectura é o *Apache HTTP Server*. O ficheiro é então recebido pelo cliente, normalmente codificado na linguagem HTML (*HyperText Markup Language*) de modo a que o *browser* o possa interpretar.

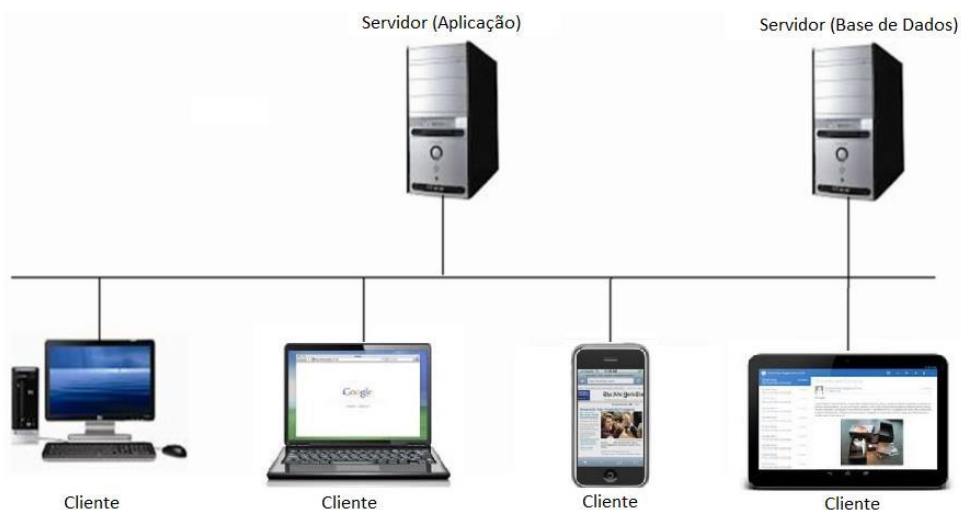


Figura 28 - Metodologia web em 3 camadas

Como podemos verificar na figura 28, temos então uma aplicação com arquitectura de três camadas: de apresentação, da aplicação e da base de dados.

A camada de apresentação é a que dispõe a informação ao utilizador. Esta está provida de uma *interface* com formulários *web* responsáveis pela interacção do usuário com a respectiva camada da aplicação. A camada da aplicação é onde se encontra toda a lógica do programa. Permite a ligação da

camada de apresentação com a camada de base de dados, ou seja, possibilita a consulta e registo de informações no servidor através de formulários *web* originados pelo utilizador.

A base de dados, como o próprio nome denuncia, é onde está toda a informação relevante que se pretende guardar, relativa à aplicação em questão. Para manipular esta camada normalmente usa-se a linguagem *SQL*. [40]

Mais à frente será abordado de forma mais aprofundada as linguagens, tecnologias e ferramentas usadas para a implementação da aplicação *web*.

## 4.2 Requisitos funcionais

Visto que o autor da aplicação também é técnico de electromedicina na empresa em que este projecto está associado, o *brainstorming* relacionado com as funcionalidades e capacidades do *software* foi executado de maneira fluída e imediata, inteiramente proveniente da familiarização do mesmo com os procedimentos e quotidianos da empresa.

Como tal o objectivo relacionado com as funcionalidades primordiais da aplicação passou principalmente por transpor as rotinas da empresa (em que as folhas de obra, requisições e relatórios eram feitos exclusivamente em papel) para um processo computadorizado e mais automatizado.

Na empresa, sempre que existia uma ordem de trabalho, era entregue ao técnico uma folha de obra onde este iria preencher conforme o trabalho realizado, quer este fosse relativo a uma manutenção preventiva, correctiva, deslocação para orçamentação, reparação ao abrigo da garantia ou montagem/instalação de um equipamento vendido.

Neste prisma o gestor da manutenção recebe as requisições dos clientes referentes a avarias (entre outras solicitações) e juntamente com os contratos em vigor de manutenções preventivas gere os recursos humanos, fazendo um plano semanal e distribuindo as diversas tarefas e clientes pelos técnicos. Para tal abre folhas de obra em formato de papel com um determinado número identificador e com as devidas indicações de trabalho.

Podemos verificar o modelo de folhas de obra usado na ilustração 29.





- Base de dados de folhas de obra;
- Sistema de requisições de material ao armazém (pedidos e gestão dos mesmos);
- Administrador com a capacidade de criar ordens de trabalho (e atribuí-las a determinados técnicos);
- Administrador com a capacidade de inserir novos clientes e equipamentos no sistema;
- Técnico com a capacidade de preencher folha de obra de forma mais intuitiva (manutenção preventiva com preenchimento automático);
- Sistema de recolha de assinaturas;
- Envio de folhas de obra por correio electrónico para o cliente;
- Sistema de verificação de equipamentos passo-a-passo (registos elaborados com as diferentes tarefas a realizar por equipamento);

Estas funcionalidades serão expostas segundo imagens exemplificativas, sendo abordadas e explicadas de maneira mais aprofundada na secção 4.5.

### 4.3 Cronologia

Relativamente à ordem temporal do processo de desenvolvimento da aplicação podemos ver na ilustração 32 a sequência das tarefas executadas. Inicialmente foi deliberada a arquitectura a implementar, fazendo-se um estudo aprofundado das vantagens e desvantagens relativas às aplicações *web* e *desktop*. Depois de se ter a arquitectura escolhida, analisou-se as linguagens necessárias para concretizar todas as funcionalidades pretendidas. Inicialmente fez-se um levantamento das mesmas e uma pesquisa bibliográfica sobre cada uma das linguagens necessárias de modo a se inteirar das diferentes especificidades e modos de implementação.

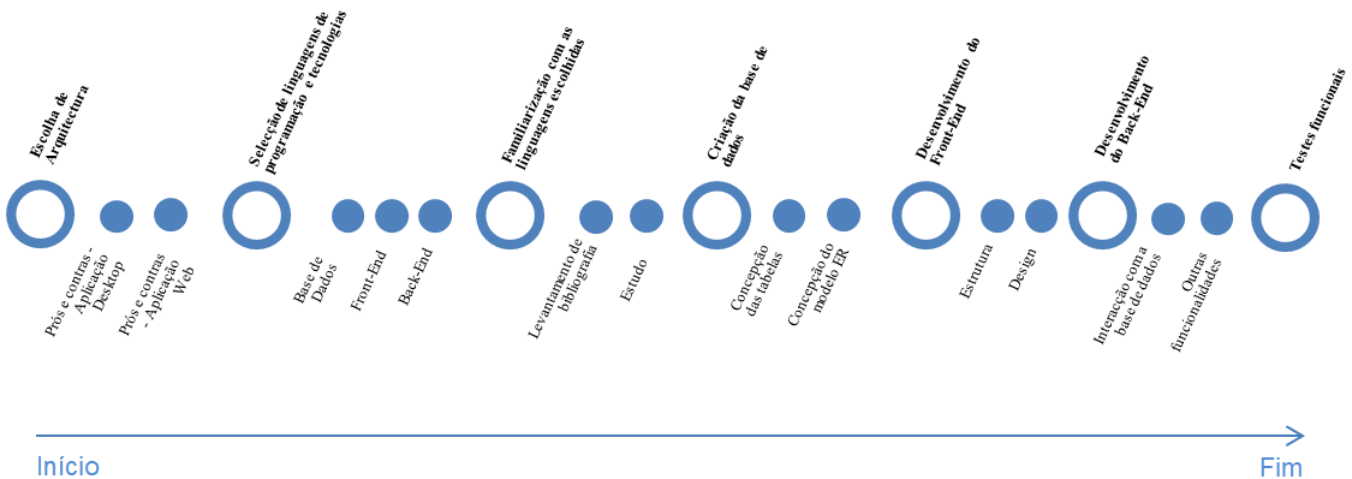


Figura 32 - Cronologia do desenvolvimento da aplicação

Após as peças estarem reunidas deu-se o início do desenvolvimento propriamente dito. O primeiro passo foi então a concepção da base de dados, desde o esboço das tabelas necessárias com os respectivos atributos, até ao modelo E-R (diagrama entidade-relacionamento). A criação da base de

dados estará explicada mais exhaustivamente na secção 4.5.1. De seguida concebeu-se a parte da aplicação que interage directamente com o utilizador, ou seja, o *front-end*, desde a respectiva estrutura, *design* e navegação visual. De modo a tornar a camada gráfica funcional procedeu-se à programação do *back-end*, associando-se então a base de dados criada à *interface*. Findada a criação do *back-end* obtemos uma aplicação operacional. Aquando da escrita deste relatório a aplicação encontra-se em estágio de testes funcionais.

Nem todas as etapas foram respeitadas conforme descrito na cronologia, visto que muitas vezes foi sentida a necessidade de mudar peças já feitas anteriormente e reformular ideias de modo a atingir um produto o mais ideal possível. Por exemplo, já na fase de desenvolvimento do *back-end* foi sentida a necessidade de reformular a base de dados, acrescentando-se tabelas e atributos que numa primeira fase ficaram esquecidos.

De salientar que as etapas mais demorosas foram o relacionamento com as linguagens usadas, visto que muitas delas nunca tinham sido abordadas o que obrigou a algum estudo e familiarização, e consequentemente o desenvolvimento da aplicação propriamente dita excedeu os prazos inicialmente estipulados.

#### 4.4 Tecnologias/Ferramentas utilizadas

Aquando do início do projecto deparámo-nos com uma panóplia de alternativas relativas a linguagens de programação, ferramentas e tecnologias, porém à medida que se foi escolhendo a arquitectura e a metodologia foi-se filtrando essas alternativas.

Optou-se então por PHP e HTML como linguagens principais de programação, tendo sido também recorridas as capacidades do Javascript, Ajax, CSS, jQuery, Bootstrap e MySQL.

Como ferramenta de desenvolvimento da base de dados foi usado o programa *MySQL Workbench*, caracterizado por ser uma *interface* gráfica para a criação de bases de dados e diagramas ER. Através dele pode-se definir as tabelas da base de dados, seus atributos, relacionamentos, bem como definir as chaves primárias e estrangeiras. Após a concepção dos diagramas entidade-relacionamento, é possível a exportação do respectivo código.

Para a criação de todo o código referente às diversas páginas criadas foi usado o *Notepad++*, tendo sido também usado o *Webflow* como ferramenta auxiliar na estruturação do *design*.

Durante o desenvolvimento da aplicação, para se puder testar os progressos da mesma sem a alocar num servidor pago, foi usado um servidor *web* livre denominado XAMPP. A ferramenta *Excel* também foi utilizada na elaboração dos modelos de relatórios de verificação de equipamentos e fichas com as respectivas tarefas preventivas.

De seguida serão abordadas e explicadas de forma sucinta as linguagens e ferramentas necessárias para o desenvolvimento do projecto.

### 4.4.1 HTML

A linguagem HTML (*Hyper Text Markup Language*) devido ao seu baixo nível de complexidade de utilização tornou-se a linguagem de marcação mais comum no desenvolvimento de páginas *web*. Esta linguagem utiliza *tags* para definir diferentes elementos e secções (desde texto, imagens, formulários, etc) de modo a posteriormente serem decifradas pelos *browsers* e apresentarem toda a respectiva informação ao utilizador sob a forma gráfica e devidamente organizada. [41]

Actualmente esta linguagem encontra-se na sua quinta versão, a qual permite maior flexibilidade na utilização de conteúdo multimédia. Ou seja, o HTML5 veio permitir a inclusão e manipulação de conteúdos multimédia na *web*, permitindo assim um suporte nativo de reprodução de áudio e vídeo no próprio *browser* sem que seja necessário o utilizador recorrer a *plugins* e *APIs* (aplicações) de terceiros para esse mesmo efeito, como por exemplo *Adobe Flash*, *Microsoft Silverlight*, *Apple Quicktime*. Está também presente a inclusão da *tag canvas*, bastante útil no desenvolvimento deste projecto, pois permite a criação de uma área de desenho 2D [42] [43]. Essa *tag* foi empregada na concepção do sistema de recolha de assinaturas.

Embora esta seja a linguagem mais usada nas páginas *web* ela apresenta limitações. A primeira limitação mais notória é a incapacidade de criar uma ligação à base de dados, para tal será necessário o auxílio de outras linguagens. Outra limitação é que as páginas criadas exclusivamente com esta linguagem têm uma apresentação estática, ou seja, o HTML não tem um mecanismo que suporte a modificação da página após esta ter sido carregada ou renderizada [44]. Para existir uma alteração na página, mesmo sendo apenas a acção de um formulário, terá que existir sempre uma ligação ao servidor para então ser carregada uma nova página com essas mesmas alterações.

### 4.4.2 PHP

O PHP, anteriormente denominado *Personal Home Page* e agora conhecido por *PHP Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem baseada em C e Java amplamente recorrida para a concepção de scripts do lado do servidor, tendo sido projectada especificamente para aplicações *web*.

Esta linguagem tem inúmeras vantagens a ela associadas, enunciam-se as mais significativas:

- *Open source*: É uma linguagem de código aberto, ou seja, é gratuita para todos os utilizadores. Para além disso o código-fonte também pode sofrer melhorias pelos próprios programadores mais experientes;
- *Multi-plataforma*: Esta linguagem permite o suporte nativo à grande maioria dos navegadores *web* (*Chrome*, *Safari*, *Edge*, *Firefox*, *Opera*, entre outros) nos mais diversos sistemas operativos (*Windows*, *Mac*, *Linux*, etc);
- *Base de dados*: Possibilita a compatibilidade com grande parte dos tipos de bases de dados, como MySQL, Oracle, SQLite, DB2, entre outras.

Ainda pode ser embutido em ficheiros/código HTML, interagindo com o utilizador através de formulários, *links* e parâmetros URL, tornando as páginas *web* mais dinâmicas. Esta característica foi

amplamente utilizada neste projecto de modo a metamorfosear a página consoante condições e interações do utilizador. [45]

#### 4.4.3 CSS

A linguagem CSS (*Cascading Style Sheets*) trabalha em simbiose com linguagens de marcação (neste projecto com HTML) ditando como as páginas se apresentarão em termos de formatação, *layout* e estilo visual. Ou seja, é uma linguagem de estilização desenvolvida para definir a aparência de todos os elementos da página HTML, desde cor, tamanho, tipo de letra, decorações, *backgrounds*, formatações, entre outros. [46]

Estas definições de aparência são enunciadas num ficheiro CSS próprio, sendo que os parâmetros são chamados através de uma *tag* na página HTML, mais concretamente no conteúdo que se quer associar esse mesmo parâmetro. Ora como todas as definições de layout estão contidas num único ficheiro, obtemos rentabilização de espaço (o que permite o carregamento de páginas de uma forma mais rápida) e de tempo de programação (estando definido um layout este pode ser recorrido para vários elementos da página, evitando assim replicação de código).

Na implementação desta linguagem o ficheiro CSS é disposto em cascata, existindo diversos blocos identificados pelo respectivo *id* (que define o *tag* de chamada), e dentro deste existe uma sequência de propriedades com o respectivo valor ou atributo. Podemos ver um exemplo de implementação na figura 33.



Figura 33 - Exemplo de implementação de CSS

Para além de se conseguir manter a correspondência de *layouts* de diferentes páginas de um projecto, também se consegue uniformizar as configurações de estilo em diferentes navegadores e dispositivos.

#### 4.4.4 Bootstrap

O Bootstrap foi inicialmente concebido pelos engenheiros do *Twitter* com o intuito de resolver incompatibilidades e otimizar a plataforma social através da adopção de uma estrutura única. Porém, como esta ferramenta teve tão bons resultados, foi lançada no GitHub como um *framework* de código aberto e livre.

Esta é uma *framework* para desenvolvimento de *front-end* de HTML, CSS e Javascript, sendo a mais usada na criação de aplicações *web* responsivas. Entende-se por aplicações responsivas as que têm a capacidade de se ajustar a diferentes dispositivos com ecrãs de diferentes dimensões, desde computadores, tablets e telemóveis. Esta funcionalidade responsiva é alcançada devido ao seu sistema de grelhas (existem 12 colunas individuais que são rearranjadas de acordo com o tamanho do ecrã do

dispositivo utilizado), seguindo então o método RWD. A abordagem RWD (*Responsive Web Design*) permite uma experiência de visualização e navegação otimizada, ou seja, os elementos que o compõem adaptam-se automaticamente à largura de tela do dispositivo. A metodologia usa as seguintes estratégias:

- *Layout* fluido: Usando a unidade de medida das diferentes secções e elementos em percentagem, de modo a que se ajustem aos diferentes tamanhos de visor do dispositivo;
- *Media queries*: Solicita as folhas de estilo de acordo com as capacidades do dispositivo (tendo em conta tamanho, resolução, formato e profundidade de cor);
- Imagens fluidas: Definindo as imagens para ocupar, no máximo, a largura máxima da tela.

Uma variação do *Responsive Web Design* é o *Adaptive Web Design* (uma versão um pouco simplificada da primeira) em que o *layout* se adapta meramente para três ou quatro larguras de tela específicas em vez de se adaptar pixel a pixel.

O Bootstrap também apresenta uma diversidade de componentes em JavaScript (jQuery) que ajudam o programador a implementar uma grande variedade de funcionalidades (como por exemplo, *tooltip*, *menu-dropdown*, *modal*, *carousel*, *slideshow*, entre muitos outros) de maneira simples e intuitiva. [44] [47]

#### 4.4.5 Javascript

JavaScript é uma linguagem de programação do lado do cliente. Esta é utilizada para controlar o HTML e o CSS de modo a manipular os comportamentos da página. Ou seja, irá introduzir dinamismos, controle de multimédia e animações, tornando as páginas mais interactivas.

Para contornar o facto de a linguagem HTML produzir páginas *web* estáticas, recorreu-se à linguagem JavaScript de modo a permitir um maior dinamismo e interacção com o utilizador da aplicação. Neste caso usou-se código JavaScript embutido nos ficheiros HTML (através do uso das *tags* `<script>”código”</script>`) para ler e alterar conteúdo de elementos HTML, bem como mudar os seus estilos, entre outros.

Esta linguagem apresenta diversas bibliotecas com inúmeras funcionalidades que possuem recursos e ferramentas distintos que auxiliam o processo de programação.

jQuery é actualmente a biblioteca mais conhecida do JavaScript, sendo uma biblioteca de funções de código aberto. Graças a ela é possível escrever programas em JavaScript com mais facilidade (sendo o lema, autoproclamado, “escreva menos, faça mais”). Ou seja, possui funcionalidades que resultariam em inúmeras linhas de código se fossem programadas em JavaScript puro, simplificando assim a manipulação e animação de documentos HTML com código simplificado.

A biblioteca jQuery foi desenvolvida para simplificar a navegação em documentos HTML, a selecção de elementos DOM, criar animações, manipular eventos, desenvolver aplicações Ajax e criação de *plugins*. [48]

Também temos a tecnologia Ajax, cuja designação decompõem-se em *Asynchronous JavaScript and XML*, porém, embora tenha XML (eXtensible Markup Language, uma linguagem de marcação à semelhança do HTML) no nome não implica que esta tenha de ser forçosamente usada.

Como o próprio nome indica, as aplicações dotadas da tecnologia Ajax têm a capacidade de comunicar com o servidor, enviando e recebendo dados, de forma assíncrona. Ou seja, pode existir uma comunicação entre o script do servidor e um determinado objecto ou elemento sem que haja necessidade de *reload* da página completa, apenas é actualizado e carregado esse mesmo elemento.

Esta característica da biblioteca Ajax permite dotar as aplicações *web* e *sites* de um nível superior de interactividade, para além das melhorias de usabilidade e velocidade de processamento (pelo facto de não se ter que carregar todos os dados de uma página sempre que se queira efectuar um *form* ou comunicar com o servidor). [49]

#### 4.4.6 MySQL

MySQL consiste num servidor de base de dados (SGBD), que trabalha com a linguagem SQL (“Structured Query Language”, ou Linguagem Estruturada para Pesquisas, a linguagem padrão nas bases de dados de modelo relacional). Como usa a linguagem SQL, a gestão e manuseio das bases de dados é através de instruções características de SQL, como é o exemplo do *insert*, *delete*, *update* e *select*.

Este SGBD por ser um sistema de elevado desempenho, uso gratuito (código aberto), ser multiutilizador, robusto, seguro e compatível com os principais sistemas operativos, é considerado um dos mais populares e usados no mundo, com mais de 100 milhões de cópias distribuídas. [50]

Na administração da base de dados foi usado o *software phpMyAdmin*. Este é um *software open-source*, implementado em PHP, desenvolvido para suportar a maioria dos recursos do MySQL, desde as operações mais utilizadas, como a gestão de base de dados, tabelas, atributos, relações, índices, utilizadores e permissões, tudo a partir da sua *interface*. [40] [51]

### 4.5 Descrição do desenvolvimento

Dado que já foram referidas as motivações para a escolha da arquitectura, as funcionalidades alvo que eram inicialmente pretendidas e as ferramentas/tecnologias usadas, basta relatar o processo de desenvolvimento propriamente dito.

Então, neste subcapítulo é feita a descrição de todas as etapas relativas à concepção da aplicação desenvolvida, seguindo o curso cronológico predefinido anteriormente, desde a primeira etapa até à realização dos últimos acertos.

### 4.5.1 Base de Dados

As bases de dados são peças fulcrais no desenvolvimento e funcionamento de aplicações *web* interactivas. Estas definem-se como um aglomerado de informação disposto em tabelas constituídas por linhas e colunas, em que uma tabela corresponde a uma entidade, as colunas são o conjunto de atributos dessa mesma entidade e uma linha é um registo.

Geralmente os utilizadores de aplicações não têm acesso às bases de dados propriamente ditas, pelo que o acesso a dados, bem como a sua inserção e modificação, está controlado pelo administrador segundo restrições. Os utilizadores têm comunicação com a base de dados através de formulários devidamente protegidos e controlados pelo programador, para evitar que o sistema fique comprometido.

O modelo de organização das bases de dados é fundamental para evitar redundâncias e repetição de dados, e para permitir o bom funcionamento do SGBD (o que permite o manuseio da base de dados). As bases de dados podem então ser definidas conforme diversos tipos organizacionais, entre os quais: relacionais, hierárquicas, orientadas a objectos, orientadas a conceitos, *flat-file* e em rede.

As bases de dados mais usuais são as relacionais, tendo sido estas as elegidas para o presente projecto. Nestas as respectivas tabelas estão interrelacionadas por campos comuns formando uma teia de objectos/tabelas, tal permite evitar redundância de informação e facilita o acesso de dados.

Após o levantamento de todos os objectos necessários para a concepção da base de dados, ou seja, após estarem definidas as tabelas essenciais, será necessário escolher os atributos que as constituem. Dependendo da natureza de cada atributo terá de ser escolhido o respectivo formato, ou seja, o tipo de valores aceites para esse campo, podendo ser números, datas, *strings*, entre muitos outros. O atributo que confere unicidade e que permite a identificação de cada registo é designado por chave primária.

A chave primária está para um registo/linha da base de dados como o número do bilhete de identidade está para um cidadão, sendo que este atributo normalmente corresponde a um id ou código de identificação. Cada tabela só pode ter então uma chave primária, porém em casos especiais em que atributos de registos diferentes possam repetir-se, esta chave pode ser composta, ou seja, constituída por dois ou mais atributos. A chave primária para além de ser um valor único (não repetido nas diferentes linhas da tabela), também não pode ser nula (não pode constituir um campo em branco) nem actualizável (não pode ser alterado).

Já as chaves estrangeiras correspondem a atributos que se referem, e assumem o valor, da chave primária de outra tabela.

As chaves primárias e estrangeiras são peças fulcrais no modelo relacional, pois são os elementos que permitem formar uma correspondência entre informações de tabelas.

Este tipo de correspondência e relação de tabelas pode ser de 3 tipos:

- 1:1 - A um registo de uma determinada entidade corresponde apenas um registo de uma segunda entidade. Ou seja, numa relação entre tabelas A e B, cada registo da tabela A só pode estar associado a um registo da tabela B, e vice-versa;
- 1:N – Um registo de uma determinada entidade pode corresponder a vários registos de uma segunda entidade. Ou seja, numa relação entre tabelas A e B, um registo da tabela A pode estar relacionado com vários registos da tabela B, porém cada registo da tabela B só pode estar associado a um registo da tabela A. Na base de dados criada para a aplicação, foram usadas exclusivamente correspondências deste tipo, como podemos ver na ilustração 34, por exemplo um técnico pode ter várias folhas de obra associadas, mas cada folha de obra só pode estar associada a um técnico;
- N:M - Vários registos de uma tabela podem estar relacionados com vários registos de uma segunda tabela, e vice-versa.

O diagrama entidade-relacionamento (também denominado por diagrama ER) expõe sobre a forma gráfica todas as tabelas correspondentes a entidades bem como a relação entre elas, sendo também explícito o tipo de relação. Associando a este modelo os diversos atributos relativos a todas as tabelas, bem como os respectivos tipos de dados, obtemos o modelo conceptual de dados.

Por fim temos o modelo físico de dados, que culmina a junção de todos os parâmetros e características organizacionais da base de dados. As relações entre tabelas estão reproduzidas segundo linhas, que ligam chaves primárias a chaves estrangeiras.

Todas as etapas enunciadas e os diferentes diagramas foram desenhados e implementados no programa *MySQL Workbench*. Na ilustração 34 podemos ver o diagrama final, obtido através desse mesmo *software*. [52]

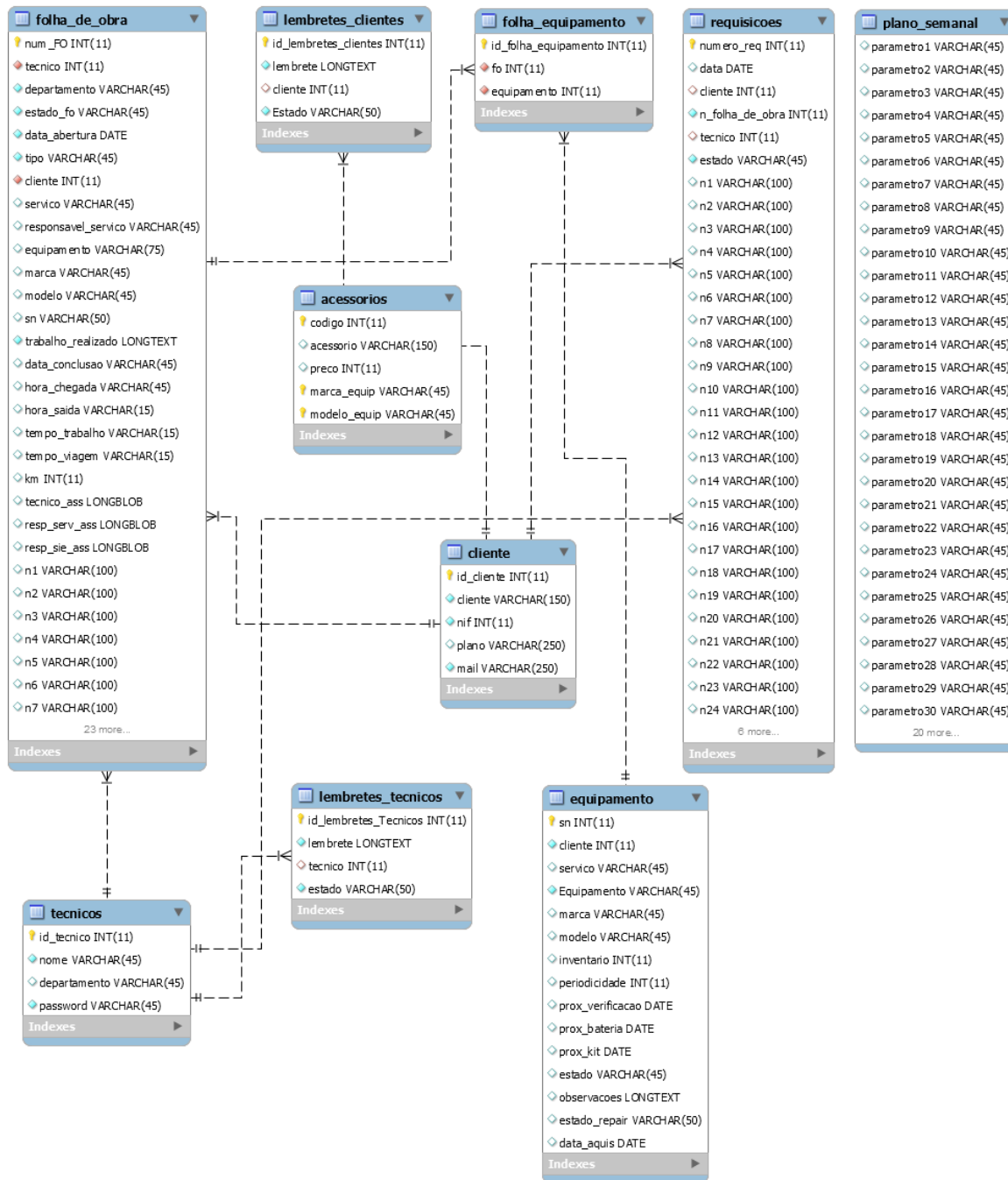


Figura 34 - Modelo físico de dados, obtido através do software MySQL Workbench

No modelo apresentado podemos ver as dez tabelas concebidas, necessárias para a criação de todo o sistema *web*, bem como todos os atributos (com os respectivos tipos de valores), chaves (primárias e estrangeiras) e as relações entre entidades devidamente identificadas com as respectivas referências.

A ferramenta *MySQL Workbench* permite ainda, após a configuração de todos os parâmetros e diagramas, a geração do respectivo código SQL. Este código foi exportado e posteriormente importado para a ferramenta intrínseca do XAMPP, o *phpMyAdmin* (como podemos ver na ilustração 35), de modo a possibilitar a manutenção e usabilidade da base de dados criada.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'tese'. The left sidebar shows the database structure, and the main area displays a table of tables with their respective actions, record counts, types, collations, sizes, and suspension status.

Tabela	Acções	Registos	Tipo	Agrupamento (Collation)	Tamanho	Suspensão
acessorios	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	6	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB	-
cliente	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	13	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB	-
equipamento	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	12	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB	-
folha_de_obra	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	25	InnoDB	latin1_swedish_ci	48 KB	-
folha_equipamento	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	26	InnoDB	latin1_swedish_ci	48 KB	-
lembretes_clientes	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	48	InnoDB	latin1_swedish_ci	32 KB	-
lembretes_tecnicos	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	23	InnoDB	latin1_swedish_ci	32 KB	-
plano_semanal	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	1	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB	-
requisicoes	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	9	InnoDB	latin1_swedish_ci	64 KB	-
tecnicos	Procurar, Estrutura, Pesquisar, Inserir, Limpar, Eliminar	2	InnoDB	latin1_swedish_ci	16 KB	-
<b>10 tabelas</b>	<b>Soma</b>	<b>157</b>	<b>InnoDB</b>	<b>utf8_general_ci</b>	<b>304 KB</b>	<b>0 Bytes</b>

Figura 35 - Base de Dados no phpMyAdmin

De seguida, para haver uma conexão entre a base de dados alocada no phpMyAdmin e a aplicação, será necessária a criação de um ficheiro que defina as variáveis globais essenciais para essa ligação.

O ficheiro de configuração, denominado *conf.php* (figura 36) será chamado em todos os ficheiros relativos a páginas que requeiram uma conexão à base de dados, ou seja, sempre que se faça um formulário (abordado mais à frente) bastará apenas definir-se a instrução SQL, pois as variáveis para a conexão já estão *a priori* estabelecidas.

```
<?php
$mysql_hostname = "localhost";
$mysql_user = "root";
$mysql_password = "";
$mysql_database = "tese";
$dbd = new mysqli($mysql_hostname, $mysql_user
, $mysql_password, $mysql_database) or die ("Unable to connect");
mysqli_query($dbd, "SET NAMES 'utf8'");
?>
```

Figura 36 - Código do ficheiro conf.php

À medida que se foi desenvolvendo o código relativo à *interface* foi necessário fazer alguns ajustes na base de dados, mais concretamente a adição de alguns atributos em algumas tabelas. Estas alterações foram executadas no próprio *software phpMyAdmin*.

Com isto damos por finalizada a concepção da base de dados e está construído todo o sistema para se poder prosseguir para o desenvolvimento da *interface* da aplicação.

#### 4.5.2 Desenvolvimento do layout

Relativamente aos *layouts*, através do auxílio do *webflow* (ferramenta de *web design*) aplicou-se um *template* único a todas as páginas. Este *template* sofreu algumas alterações de modo a se ajustar à ideia pré-concebida da aplicação. Podemos dizer assim que tal foi o ponto de partida para a *interface*, sendo que este *template* sofreu diversas modificações essencialmente recorrendo às linguagens e ferramentas já referidas anteriormente (HTML, CSS, Javascript, entre outras).

Optou-se por uma abordagem estética o mais minimalista possível, dando-se primazia à operacionalidade.

De salientar o esforço que se fez para que toda a *interface* fosse *responsive*, ou seja que se adaptasse a diferentes tipos de dispositivos. No desenho da aplicação e na sua projeção foi dada prioridade a que esta se modelasse a computadores e *tablets*, pois são os equipamentos onde ela irá funcionar maioritariamente (sendo que também funciona em outros aparelhos).

### 4.5.3 Formulários

O uso de formulários HTML é uma forma de interação entre o utilizador e a aplicação *web* do lado do servidor, possibilitando assim a troca de informação entre a base de dados e o lado do cliente. É a partir dos formulários que conseguimos um proveitoso encadeamento entre as linguagens HTML e PHP. Para um formulário funcionar será necessário a delimitação do código HTML referente aos *inputs* pelo elemento característico: *form*.

O elemento *form* recebe dois atributos:

- *Action*: Atributo que define a página alvo, ou seja, o URL para onde os dados recebidos no formulário deverão ser enviados;
- *Method*: Define o método HTTP (*GET* ou *POST*) segundo o qual os dados serão enviados.

O método *GET*, para enviar os dados para o lado do servidor ou para transmitir informação de uma página para outra, usa o próprio URL, ou seja, acrescenta ao URL alvo, e após um ponto de interrogação, um parâmetro e o respectivo valor obtido através do *input*. Este método, como usa o endereço para passar dados, só possibilita o envio de *strings*, estando ainda limitado a apenas 255 caracteres.

Por sua vez, o método *POST* envia os parâmetros no corpo da requisição HTTP. Ou seja, cria uma ligação paralela e os dados serão passados por ela, não os mostrando ao utilizador no URL como no método *GET*. Este método para além de ser mais seguro tem uma maior capacidade, podendo até transmitir ficheiros.

Todos os *inputs* terão que estar devidamente identificados com um parâmetro “*name*”, para poderem ser transmitidos para o *script* PHP.

Para completar o formulário, para além dos campos de texto (*inputs*), teremos que ter no fim um *input* do tipo *submit*, correspondendo ao botão *trigger* do formulário. Podemos ver um exemplo de um formulário implementado na ilustração 37.

```

<form action="index.php" method="POST">
<div class="column-7 w-col w-col-6">
<h4 class="heading">Lembretes</h4>
<div class="w-col w-col-9">
<input type="text" class="w-input" maxlength="256" name="lembreteinput" placeholder="Introduza lembrete" >
</div>
<button type="submit" class="button-12 w-button">Inserir</a></button>
</form>

```

Figura 37 - Exemplo de Formulário com método POST

Os formulários foram amplamente utilizados neste projecto, recorrendo a ambos os métodos *GET* e *POST*, principalmente para enviar informação para a base de dados. Após a submissão dos formulários, através da linguagem PHP, executam-se comando SQL que permitem a inserção, modificação e eliminação de campos e registos na base de dados.

#### 4.5.4 Autenticação

Inicialmente o utilizador depara-se com uma página de *login* (como mostrado na figura 38) em que é solicitada a introdução nos respectivos campos um nome de utilizador e a respectiva palavra-chave. De modo a validar a sessão, esses campos preenchidos serão comparados com os atributos “nome” e “password” da tabela da base de dados “técnicos”. Se existir uma resposta positiva, ou seja, se os dados introduzidos corresponderem a um registo na base de dados, o utilizador terá acesso à aplicação. Se por outro lado os dados não coincidirem será mostrada uma mensagem de erro. Desta forma só pessoas previamente registadas pelo administrador terão acesso à aplicação.

Figura 38 - Página de *Login*

Após a admissão, teremos ainda dois níveis distintos de acesso, técnicos e administradores. Ou seja, utilizadores com diferentes estatutos terão diferentes permissões de navegação na *interface*. Os administradores terão capacidade de abrir folhas de obra com ordens de trabalho para um técnico em específico, poderão adicionar equipamentos na base de dados, bem como novos clientes. Relativamente às requisições de material ao armazém da empresa, enquanto os técnicos têm permissão para criar requisições os administradores recebem-nas e fazem a sua gestão (alterando o seu estado). Na página inicial, os técnicos só conseguirão visualizar as folhas de obra pendentes às quais foram incumbidos, ao passo que os administradores conseguirão ver as folhas de obra relativas a todos os técnicos.

O funcionamento da página de *login* está explicado no fluxograma presente na ilustração 39.

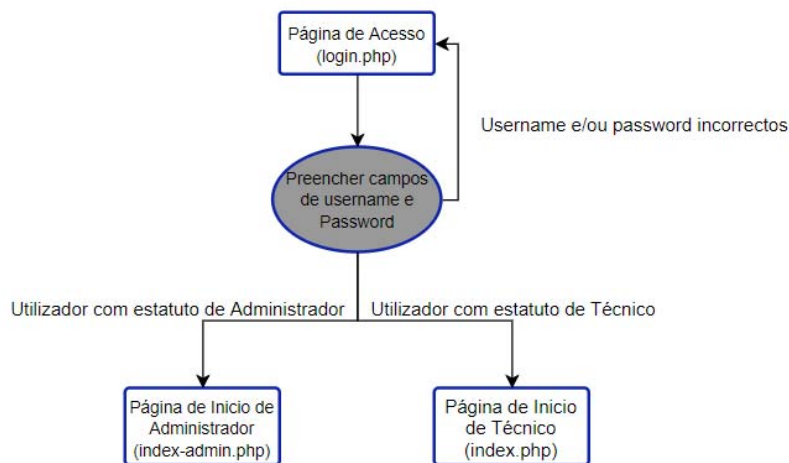


Figura 39 - Fluxograma de funcionamento da página login

De modo a que o utilizador possa ser identificado em todas as páginas de navegação foi usado o método *session*. Neste método, após a sessão iniciada (através da instrução *session\_start*) é atribuído um identificador único ao utilizador, que será propagado através de URL ou através do sistema de *cookies*. Também permite armazenar informações individuais do utilizador ao longo da navegação das diversas páginas, sem recorrer ao método *POST* e *GET*, sendo útil neste caso específico para identificar o estatuto de cada utilizador. De forma a se finalizar uma sessão (fazendo-se *logout*) é utilizada a instrução *session\_destroy*.

#### 4.5.5 Página de Início

Como referido anteriormente, a página de início está dividida em duas variações, uma referente a administradores e outra a técnicos.

Para os técnicos esta página inicial será um espaço pessoal onde terão visíveis todas as folhas de obra (isto é, ordens de trabalho) que ainda estão pendentes ou por fechar. Só aparecerão nesta listagem as ordens de trabalho que foram incumbidas ao técnico em questão, sendo que nesta listagem cada item corresponde ainda a um *link* que direccionará para a página referente ao preenchimento dessa mesma folha de obra.

Também existirá um espaço relativo a apontamentos ou lembretes pessoais, exclusivamente visíveis por quem os criou. Para finalizar ainda teremos, numa aba secundária, um mapa de deslocamentos semanais, ou seja, uma listagem com a distribuição dos diversos clientes pelos técnicos para a semana actual.

Podemos ver na ilustração 40 a página inicial, correspondente a um acesso de um utilizador com estatuto de técnico.

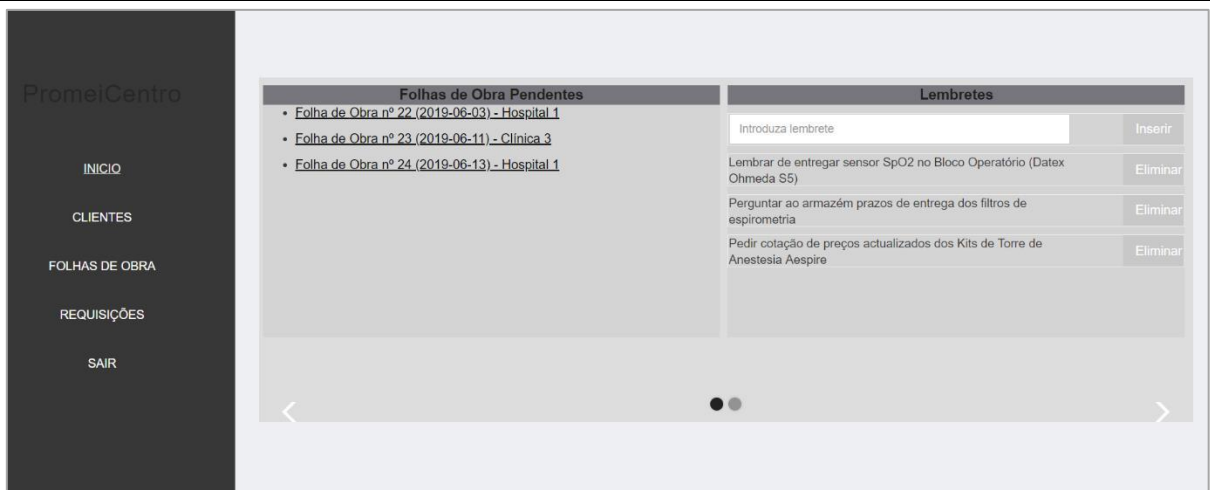


Figura 40 - 1ª Aba da página inicial (técnicos)

Relativamente aos administradores terão exactamente o mesmo *layout*, contudo terão algumas diferenças diminutas quanto à operacionalidade.

Na listagem das folhas de obra pendentes estarão disponíveis todas as folhas de obra abertas (relativas a todos os técnicos). No separador do mapa semanal teremos campos editáveis (ilustração 41), ao contrário da página inicial referente aos técnicos, que apresenta campos estáticos/não editáveis.

Dia	Técnico 1	Técnico 2	Técnico 3	Técnico 4	Técnico 5	Técnico 6	Técnico 7	Técnico 8	Técnico 9
16/05	Hospital 1	Clinica 1	Hospital 2	Clinica 2	Hospital 3	Clinica 3	Hospital 4	Clinica 4	Hospital 5
17/05	Clinica 5	Hospital 6	Clinica 6	Hospital 7	Clinica 7	Hospital 8	Clinica 8	Hospital 9	Clinica 9
18/05	Hospital 10	Clinica 10	Hospital 11	Clinica 11	Hospital 12	Clinica 12	Hospital 13	Clinica 13	Hospital 14
19/05	Clinica 14	Hospital 15	Clinica 15	Hospital 16	Clinica 16	Hospital 17	Clinica 17	Hospital 18	Clinica 18
20/05	Hospital 19	Clinica 19	Hospital 20	Clinica 20	Hospital 21	Clinica 21	Hospital 22	Clinica 22	Hospital 23

Actualizar

Figura 41 - 2ª Aba da página inicial (administradores)

Nesta secção o administrador poderá ao fim de cada semana organizar as deslocações de técnicos pelos clientes para a semana seguinte, podendo alterar quando necessário pois os técnicos terão acesso em tempo real a essas alterações.

#### 4.5.6 Inserir cliente

Para inserir um novo cliente na base de dados teremos que aceder à página “Inserir”, sendo que apenas os utilizadores com estatuto de administrador é que possuem permissões para o respectivo acesso. Após ingressar na página “Inserir” deparamo-nos com 3 abas, cada uma relativa a uma função, e escolhendo a aba “Cliente” teremos o *layout* indicado na ilustração 42.

Figura 42 - Inserir novo cliente

Teremos condições para a introdução de dados, ou seja, neste caso para inserir um novo cliente será necessário preencher os campos “Introduza Número de Cliente” (que corresponde à chave primária da tabela “Clientes”) e o respectivo nome (“Introduza Cliente”), caso contrário será exibida uma mensagem de alerta recorrendo às funcionalidades do JavaScript (ilustração 43).

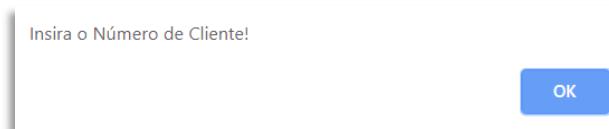


Figura 43 - Mensagem de erro (não preenchimento do número de cliente)

Ainda temos o campo referente ao correio electrónico do responsável do serviço de instalações e equipamentos (SIE) do hospital em questão, para onde serão enviadas cópias das folhas de obra depois de concluídas.

#### 4.5.7 Inserir equipamento

Para inserir equipamentos na base de dados (ilustração 44) teremos o mesmo tipo de procedimento que a criação de novos clientes. Ou seja, esta funcionalidade está restringida aos administradores, e encontra-se também na página “Inserir” da *interface*. Seleccionando a aba “Equipamentos” encontramos todos os parâmetros necessários para identificar o equipamento e algumas características essenciais para o funcionamento da aplicação.

Inicialmente é solicitado o estado actual do equipamento dentro de uma panóplia de opções:

- Aprovado;
- Aprovado condicionado;
- Não conforme;
- Em reparação (em análise, aguarda adjudicação ou aguarda material);
- Sem reparação;
- Não verificado.

Figura 44 - Inserir novo equipamento

Para seleccionar o cliente ao qual pertence o equipamento, são dispostos sob a forma de listagem *drop-down* (recorrendo ao elemento *select* do HTML) todos os clientes presentes no sistema.

Como campos identificadores do equipamento temos o tipo de equipamento, marca, modelo, o número de série (parâmetro *not null* que corresponde à chave primária da tabela “Equipamento”) e o número de inventário (código atribuído pelo cliente para identificar e fazer a gestão dos seus equipamentos).

Cada vez que o equipamento é sujeito a uma manutenção preventiva a data da próxima verificação é alterada, ou seja, é acrescentado o valor da periodicidade (em meses) à data em que o equipamento foi verificado. Para a selecção de datas foi utilizado o elemento *datepicker* da biblioteca *bootstrap*.

#### 4.5.8 Abrir ordens de trabalho

Para concluir a página “Inserir” temos finalmente um espaço reservado à criação de ordens de trabalho, ou folhas de obra. Quando um gestor da manutenção (com estatuto de administrador) pretende incumbir um técnico de uma determinada tarefa terá que preencher os campos (enunciados na ilustração 45) em conformidade com o trabalho em questão.

Inicialmente terá que escolher o tipo de trabalho em causa, tendo que escolher entre as seguintes opções:

- Orçamento: Se foi requisitada, por um cliente, a orçamentação para uma manutenção correctiva;
- Contrato: Referente ao cumprimento de um contrato de manutenção preventiva e conforme a planificação previamente estipulada no acordo;
- Reparação;
- Garantia: Reparação sem encargos para o cliente (ao abrigo da garantia);

- Montagem.

De seguida, e analogamente à inserção de equipamentos na base de dados, temos um elemento *select* para a selecção do cliente.

Se a ordem de trabalho for referente a um aparelho em específico são preenchidos os campos identificadores desse mesmo equipamento. Em contrapartida, em caso de intervenção a vários equipamentos estes campos ficarão em branco (mais à frente estará explicado como serão identificados os equipamentos nesta circunstância).

Figura 45 - Abrir nova folha de obra

Dependendo ainda da natureza do trabalho, a folha de obra poderá ser dividida em dois grupos, conforme o respectivo departamento, ou electromedicina ou electromecânica. Por fim temos a listagem de todos os técnicos inseridos no sistema, dos quais será escolhido um para realizar a tarefa em causa (dentro de todos os técnicos só o elegido terá acesso à folha de obra, ficando esta oculta para os demais).

Como campos obrigatórios (parâmetros *not null*) temos então o tipo de folha de obra, o cliente, o departamento e o técnico responsável pela tarefa. Caso estes se encontrem vazios não será executado o comando SQL responsável pela inserção dos dados na base de dados.

#### 4.5.9 Preenchimento de folhas de obra

Após a abertura de uma folha de obra esta irá aparecer na página de início do técnico incumbido da mesma, como já explicado anteriormente. Ao seleccionar o respectivo *link* será aberta uma página para o preenchimento da folha de obra, aparecendo em campos estáticos informações estipuladas aquando da sua criação, desde o respectivo tipo, a data de abertura, o número da folha de obra (chave primária da tabela “folha\_de\_obra”), informações relativas ao cliente e informações relativas ao equipamento em questão (se aplicável).

Podemos ver um exemplo de cabeçalho de uma folha de obra na figura 46.

 		<b>Folha de Obra:</b> 2 <b>Data de Abertura:</b> 2019-05-05	
<small>Parque Industrial de Tavira, Lote 45 - Alameda 8 - 8045-833 TAVIRA - COMARCA          Telefone: 239 433 040 - Fax: 239 433 049 - E-mail: info@promEICENTRO.com          Sociedade por Quotas - Capital Social 350 000 € - Contabilidade nº 500 470 113</small>			
<b>Reparação</b>			
<b>Cliente:</b>	Hospital 4	<b>NIF:</b>	506770760
<b>Serviço:</b>	Bloco Operatório	<b>Responsável:</b>	Enfermeiro 6
<b>Equipamento:</b>	Monitor de Sinais Vitais	<b>Modelo:</b>	S5
<b>Marca:</b>	Datex Ohmeda	<b>SN:</b>	6086964

Figura 46 - Cabeçalho exemplo de uma folha de obra

De seguida entramos nos campos editáveis pelo respectivo técnico, começando por uma secção (concebida através do elemento HTML *textarea*) onde será redigida e explicitada toda a descrição do trabalho realizado. Por exemplo, em caso de uma reparação são descritos todos os procedimentos desde a detecção da anomalia até ao seu restauro.

Em caso de manutenção preventiva a um conjunto de equipamento, e de modo a facilitar e automatizar todo o procedimento, teremos um botão “Inserir Equipamento” que mudará a aba da página de “Folha de Obra” para “Equipamentos”, de modo a ser exibida uma listagem onde poderá ser escolhido o equipamento verificado (figura 47).

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>Folha de Obra</span> <span>Equipamentos</span> <span>Finalizar</span> </div>							
Ordenar por:		<input type="text" value="Serviço"/>					
Pesquisar:		<input type="text"/>					<input type="button" value="Pesquisar"/>
Serviço	Equipamento	Marca	Modelo	Numero/Série	Numero/Inventário	Periodicidade	Próxima Verificação
Gastroenterologia	Seringa Perfusora	STI	SN50C6	001120904A02806	6522	6	2019-05
Bloco Operatório	Candeiro Cirúrgico	Trumpf	iLed 3 / iLed5	10076797/100769015	3104	6	2019-07
Bloco Operatório	Candeiro Cirúrgico	Trumpf	iLed 3 / iLed5	100768141/100765181	3103	6	2019-07
Bloco Operatório	Mesa Cirúrgica	Trumpf	Mars	102343861	6906	6	2019-07
Bloco Operatório	Unidade Electrocirurgia	Erbe	Vio 300S	11309944	3140	6	2019-07
Bloco Operatório	Unidade Electrocirurgia	Erbe	Vio 300S	11309945	3139	6	2019-07
Bloco Operatório	Aspirador de Secrecoes	Medela	Vario 18	1208757	1988	1	2019-05
Bloco Operatório	Ventilador	SIEM	200-MA-EL	140002816	6564	1	2019-05
Gastroenterologia	Aspirador de Secrecoes	Hersill	V7	20542-03-006	4398	1	2019-05
Bloco Operatório	Mesa Cirúrgica	Eschmann	RX 500	5274	179	6	2019-07
Bloco Operatório	Unidade Electrocirurgia	Eschmann	TD411RS	538	2245	6	2019-07
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6 028 033		6	2019-07
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6 095 138		6	2019-08
Gastroenterologia	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6071396	7720	6	2019-05
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6086964	7412	6	2019-08

Figura 47 - Exemplo de listagem de equipamentos no preenchimento de uma folha de obra

Nesta listagem só aparecerão os equipamentos relativos ao cliente em questão, sendo estes ainda filtrados conforme o seu tipo, ou seja, se a folha de obra for referente ao departamento de Electromedicina só aparecerão equipamentos de Electromedicina (analogamente para folhas de obra do departamento de Electromecânica).

De modo a facilitar a procura pelo equipamento pretendido, podemos dispor a listagem por serviço (Bloco Operatório, Internamento, Imagiologia, etc) ou ordenados conforme a data da próxima verificação estipulada. Também existe um campo de pesquisa por palavras-chave, campo este que aceita procura por tipo de equipamento, marca, modelo, número de série e número de inventário. Quando for encontrado o equipamento pretendido, a selecção do mesmo irá direccionar para a última secção, a aba “Finalizar” (figura 48). Também será aberto no *Google Sheets*, num novo separador, um ficheiro Excel com todas as tarefas relacionadas com a manutenção preventiva desse mesmo

equipamento, ou seja, um guia passo-a-passo de como proceder para testar devidamente os diversos equipamentos. Estes ficheiros não serão divulgados para protecção da empresa.

Figura 48 - Aba "Finalizar" da página de preenchimento de Folhas de Obra

Nesta aba (exemplificada na figura 48) aparecerão algumas informações relativas ao equipamento seleccionado, informações relacionadas com as datas da última substituição de bateria e *kit* de manutenção, acessórios e respectivos códigos (código interno, relativo à gestão do armazém), o actual estado do equipamento e observações.

Após a verificação do equipamento o técnico poderá alterar o seu estado e escrever algumas observações que considere pertinentes. Também são dispostas duas *checklists* que serão seleccionadas caso a bateria e/ou *kit* de manutenção tenha(m) sido substituído(s). Ao finalizar o processo irá ser digitado na folha de obra uma frase pré-concebida, com os parâmetros introduzidos. Ou seja, no exemplo apresentado foi seleccionada a *checklist* “Foi substituído o *kit* de Manutenção”, a opção “Aprovado” com a observação “Aconselha-se a substituição das traqueias e cal sodada”. Teremos então, na descrição do trabalho realizado, o resultado ilustrado na figura 49. De salientar que em caso de verificação de múltiplos equipamentos este procedimento é válido, sendo que cada equipamento corresponderá a um parágrafo. Desta forma o produto final estará devidamente organizado e facilmente identificável.

Figura 49 - Exemplo de folha de obra com manutenção preventiva a um equipamento

Voltando para a primeira aba, relativa ao preenchimento da folha de obra, temos os dados relativos a material aplicado (peças referentes a reparações, acessórios, consumíveis, entre outros) bem como informações relacionadas com o tempo despendido pelo técnico para a realização do trabalho em questão, como podemos ver na figura 50.



canvas criado é transformado numa imagem PNG sendo esta “colada” em cima do PDF segundo as coordenadas estipuladas. Finalmente será feito o *output* do ficheiro PDF para o servidor.

Para além de guardar a folha de obra no servidor esta também é enviada, em formato PDF, para o mail do responsável do Serviço de Instalações e Equipamentos do cliente em causa (o correio electrónico é estabelecido aquando da inserção do cliente na base de dados) usando para tal a função *PHPMAILER*.

#### 4.5.10 Folhas de obra concluídas

Quando as ordens de trabalho são concluídas o atributo “estado” da tabela relativa às folhas de obra da base de dados muda de “aberta” para “fechada”, não permitindo mais a sua edição pela parte do técnico. Como é estritamente necessário para o bom funcionamento da empresa o controlo e gestão dos trabalhos realizados, foi realizado um repositório de folhas de obra concluídas (figura 52), podendo ser filtradas por cliente e por departamento (Electromedicina ou Electromecânica).

Por si só este repositório digital significa uma grande mais-valia, pois pode substituir o procedimento mais primitivo de folhas de obra em papel organizadas por dossiês.

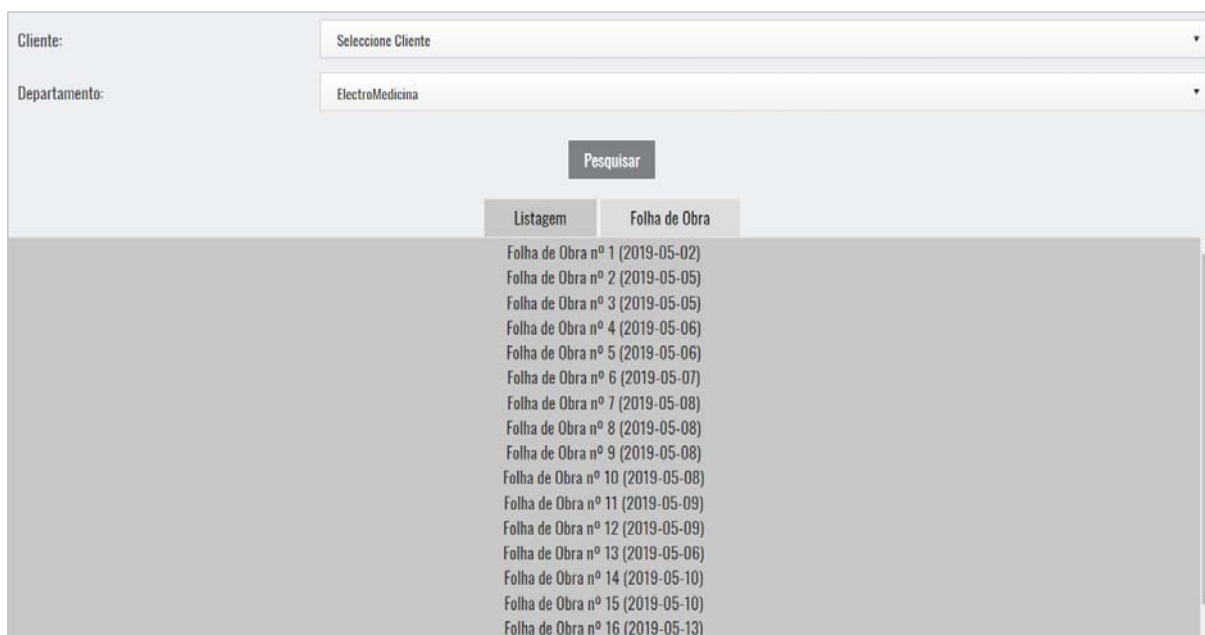


Figura 52 - Listagem de folhas de obra concluídas

Ao seleccionar uma folha de obra da listagem, é-se automaticamente direccionado para a segunda aba que irá conter essa mesma folha de obra escolhida (como mostrado na figura 53). Esta alternância entre abas é conseguida facilmente recorrendo às faculdades dinâmicas do *Javascript*. Ou seja, são criados dois conteúdos distintos em HTML e CSS, uma para a listagem e outra para a exibição da folha de obra, jogando-se com o atributo de visibilidade de cada conteúdo, dependendo do que se pretenda exibir.



Figura 54 - Modelo de emissão de requisições ao armazém

A metodologia do sistema de requisições fundamenta-se num modelo unidireccional, no sentido em que apenas os técnicos poderão emitir pedidos, ao passo que os administradores apenas os poderão receber. Os administradores, conforme a etapa do processo de entrega do material, podem alterar o estado da requisição, ficando o técnico requisitante a par do mesmo.

Relativamente ao estado, a requisição pode encontrar-se:

- Pendente (caso a requisição ainda não tenha sido verificada);
- Material pedido (se o material solicitado não se encontra em *stock* e foi encomendado a um fornecedor);
- Fechado (se o material foi entregue ao técnico).

Para fazer a gestão das requisições emitidas é disposto um sistema, por analogia a outras vertentes da aplicação, composto por duas abas, em que a primeira corresponde à listagem e a segunda exibe a requisição seleccionada. Neste sentido o técnico só poderá ver os pedidos por ele criados enquanto os utilizadores com estatuto de administrador poderão então ver todas as requisições existentes no sistema. Após a selecção da requisição pretendida, deparamo-nos com a exibição ilustrada na figura 55.

Figura 55 - Gestão de requisições internas ao armazém

Este sistema foi concebido com o intuito de agilizar os procedimentos relacionados com o armazém. Como se trata de uma *interface online* os pedidos são criados no imediato e são prontamente recebidos pelo armazém. Ou seja, se o técnico sentir a necessidade de uma peça para prosseguir com uma intervenção enquanto se encontra num cliente, não precisa de aguardar disponibilidade para se deslocar ao armazém solicitar o material pretendido, tal como acontecia com os procedimentos anteriores. Isto irá provocar uma melhoria da capacidade de resposta e redução do tempo de espera dos clientes.

#### 4.5.12 Área de Cliente

A informação relativa a cada cliente foi aglomerada numa secção, denominada área de cliente, que facilita todo o processo e controlo da manutenção. Nesta página conseguiremos ver uma listagem de tarefas pendentes e lembretes, bem como todo o inventário do cliente (de equipamentos abrangidos pelo contrato de manutenção em vigor com esse mesmo cliente). Sobre esses equipamentos ainda teremos dados que auxiliam os técnicos em todos os seus procedimentos de manutenção.

Inicialmente é apresentado um menu composto por uma área de selecção (figura 56), ou seja, um menu constituído por listas *dropdown* com todas as opções de clientes inseridos no sistema e a sua forma de exibição. Após a respectiva selecção aparecerá o campo relativo aos lembretes ou memorandos públicos associados a esse cliente, lembretes esses que estarão disponíveis a todos os utilizadores da aplicação. Esta implementação tem o propósito de pôr em comum todos os utilizadores dos assuntos pendentes, tentando assim colmatar possíveis dificuldades de comunicação no seio das empresas. O plano de manutenção do cliente seleccionado, correspondendo a um mapa anual com a organização e distribuição das intervenções preventivas pelos diversos meses, também é acedível através de um *link*

The screenshot shows a web interface for managing client maintenance. On the left, there are three dropdown menus: 'Cliente:' with 'Hospital 4' selected, 'Ordenar por:' with 'Serviço' selected, and 'Pesquisar:' with a search box and a 'Seleccionar' button. Below these is a link 'Abrir Plano Manutenção de Hospital 4'. On the right, a panel titled 'Lembretes ( Hospital 4)' contains a table of reminders:

Lembretes ( Hospital 4)	
Introduza lembrete	Inserir
Entregar sensor de SpO2 (Monitor de Sinais Vitais Contec CMS9200) no Bloco Operatório	Eliminar
Fazer demonstração e formação da Seringa Infusora Codan Argus no serviço de Gastroenterologia	Eliminar

Figura 56 - Área de cliente (secção de selecção)

Posteriormente a escolher o cliente pretendido, também teremos o respectivo inventário de equipamentos inseridos no sistema, exibidos conforme a ordenação escolhida na área de selecção (ordenados por serviço ou por data de próxima verificação preventiva) e conforme filtragem por palavras-chave. O campo de filtragem por palavra-chave, ou de pesquisa, permite a procura de equipamentos por número de série, número de inventário, por tipo de equipamento, marca, modelo e serviço.

Na ilustração 57 temos um exemplo da *interface* relatada.

Serviço	Equipamento	Marca	Listagem	Equipamento	Número/Inventário	Periodicidade	Próxima Verificação
			Modelo	Número/Série			
Bloco Operatório	Seringa Perfusora	Fresenius	Pilot A2	im2296	2296	6	2019-09
Bloco Operatório	Unidade Eletrocirurgia	Erbe	Vio 300S	11309944	3140	6	2019-07
Bloco Operatório	Unidade Eletrocirurgia	Erbe	Vio 300S	11309945	3139	6	2019-07
Bloco Operatório	Mesa Cirurgica	Trumpf	Mars	102343861	6906	6	2019-07
Bloco Operatório	Ventilador	SIEM	200-MA-EL	140002816	6564	1	2019-05
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6 028 033		6	2019-07
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6 095 138		6	2019-08
Bloco Operatório	Torre Anestesia	Datex Ohmeda	S5 Avance	ANBJ00620	185	3	2019-08
Bloco Operatório	Torre Anestesia	Datex Ohmeda	S5 Avance	ANBJ001326	178	3	2019-08
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Medical Econet	Compact 5	0110600057	3064	6	2019-08
Bloco Operatório	Desfibrilador	Metrax	XD330	73506001226	6886	1	2019-05
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Contec	CMS9200	651403100064	6908	6	2019-08
Bloco Operatório	Monitor de Sinais Vitais	Contec	CMS9200	651403100028	7162	6	2019-07
Bloco Operatório	Candeeiro Cirurgico	Trumpf	iLed 3 / iLed5	10076797/100769015	3104	6	2019-07
Bloco Operatório	Candeeiro Cirurgico	Trumpf	iLed 3 / iLed5	100768141/100765181	3103	6	2019-07
Gastroenterologia	Monitor de Sinais Vitais	Datex Ohmeda	S5	6071396	7720	6	2019-05
Gastroenterologia	Unidade Eletrocirurgia	Erbe	Vio 200S	im3142	3142	6	2019-05
Gastroenterologia	Desfibrilador	Metrax	XD330	73506001664	4395	1	2019-05
Gastroenterologia	Aspirador de Secrecoes	Hersill	V7	20542-03-006	4398	1	2019-05
Gastroenterologia	Seringa Perfusora	STI	SN50C6	0011120904A02806	6522	6	2019-05

Figura 57 - Exemplo de listagem de equipamentos relativos a um cliente

No quadro de equipamentos estão presentes os atributos necessários para a identificação do equipamento, bem como informações relativas à manutenção do mesmo.

Como podemos apurar, os equipamentos são mostrados segundo um código de cores. O código de cores dos equipamentos tem o intuito de facilitar a organização e simplificar a percepção e visualização da planificação das manutenções preventivas. Ou seja, existe uma comparação de algumas tarefas periódicas, relacionadas com a manutenção preventiva, com a data actual, avisando desta forma o utilizador de algum procedimento que se deva preparar. Por exemplo, se um determinado equipamento se apresentar na listagem visualmente verde significa que a sua manutenção preventiva está de acordo com os parâmetros temporais estipulados. Se por outro lado, o código de cores do equipamento for vermelho significa que foi excedido um prazo relativo à manutenção preventiva, quer seja relacionado com a data de substituição de um *kit* de manutenção, data da próxima intervenção preventiva (segundo plano estipulado) ou data de substituição de uma bateria. Ainda está presente uma terceira alternativa para o código de cores, isto é, caso o equipamento seja exibido segundo uma cor de letra preta significa que está programado para o actual mês uma intervenção a esse mesmo equipamento.

De modo a ter acesso a todas as informações relacionados com um determinado equipamento teremos cada linha da tabela/listagem de equipamentos como sendo um *link* que reencaminhará para uma segunda aba.

Esta segunda aba (figura 58) corresponde a um dos pontos fundamentais de toda a aplicação, uma vez que centraliza informações do equipamento de grande relevância para o quotidiano dos utilizadores.

Listagem			Equipamento				
Bloco Operatório	Torre Anestesia	Datex Ohmeda	SS Avance	185	ANB100620	3	2019-08-05
Folhas de Obra			Código	Acessório			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Folha de Obra nº 1 - 2019-01-02 - Contrato</li> <li>Folha de Obra nº 2 - 2019-01-05 - Reparação</li> <li>Folha de Obra nº 51 - 2019-05-09 - Contrato</li> </ul>				<input type="text"/> <input type="button" value="Inserir"/>			
			125367225	Sensor de SpO2			
			330000126	Kit Anual Manutenção Avance			
			9147459647	Bateria 19V 2200mAh			
			Bateria substituída a	Kit substituído a	Aquisição a		
			2019-01-22	2019-05-05	2009-01-21		
<a href="#">Abrir Manual de Serviço</a>							
<input checked="" type="radio"/> Aprovado		<input type="radio"/> Aprovado Condicionado		<input type="radio"/> Não Conforme		<input checked="" type="radio"/> Em Reparação	
				<input type="text"/>		<input type="radio"/> Sem Reparação	
						<input type="radio"/> Não verificado	
Observações:		Aconselha-se a substituição das traqueias e cal sodada					<input type="button" value="Atualizar"/>

Figura 58 - Exemplo de uma aba "Equipamento"

Na aba “Equipamento” temos inicialmente os atributos que identificam o equipamento seleccionado, da mesma maneira que se encontravam na listagem anteriormente referida.

Todas as folhas de obra que têm o presente equipamento associado estão listadas na primeira secção. Ou seja, temos um repositório de folhas de obra filtradas, sendo que apenas estão presentes as folhas em que o equipamento em questão foi intervencionado. Cada elemento desta listagem também representa uma hiperligação, direccionando o utilizador para a página referente ao arquivo de folhas de obra e, automaticamente, abrindo a folha seleccionada. Esta funcionalidade permite assim verificar todo o histórico de intervenções no equipamento, o que auxilia em diversos panoramas, quer seja para ajudar em diagnósticos de avarias ou para determinar a viabilidade financeira da reparação.

Cada equipamento tem uma série de acessórios, peças e consumíveis que habitualmente, ou periodicamente, são substituídos. De modo a facilitar a sua identificação foi gerada na base de dados uma tabela relativa aos acessórios associados a cada equipamento, sendo o código de armazém o atributo identificador dos mesmos. Desta forma invalida-se a necessidade de procura entre os diversos catálogos de fornecedores e diminui a probabilidade de aquisição de materiais errados. Um técnico ao inserir um acessório novo, para além de estar a associar esse acessório ao equipamento seleccionado, também está a associar a todos os equipamentos com a respectiva marca e modelo em comum.

As informações relativas a datas em que *kits* de manutenção anual e baterias foram substituídos pela última vez, bem como a data em que o equipamento foi adquirido pelo cliente, estão também evidenciados.

Uma ferramenta fulcral para a realização de intervenções de manutenção nos equipamentos médicos é o respectivo manual de serviço. Este é recorrência usual quer para saber esquemas de circuitos eléctricos, *passwords* para aceder a menus de serviço e de configuração, lista de componentes com respectivas referências, entre muitos outros. Para tal, foram alocados no servidor os manuais de serviço dos diversos equipamentos presentes no sistema. Para aceder ao referido manual existe uma

ligação na aba “Equipamento” com a designação “Abrir Manual de Serviço” que irá abrir num separador novo, e no formato PDF, o respectivo manual.

Por fim, e à semelhança do preenchimento de folhas de obra de manutenção preventiva, temos uma secção com referências do estado do equipamento, bem como um campo para observações pontuais. Tanto o estado (condição de funcionamento actual do equipamento, podendo assumir-se como aprovado, aprovado condicionado, não conforme, em reparação, sem reparação ou não verificado) como as observações são editáveis em todos os momentos em que o utilizador considere oportuno a sua alteração.

## 4.6 Considerações finais

Ao longo deste capítulo foram analisadas todas as peças e procedimentos que deram origem ao protótipo desenvolvido.

No subcapítulo 4.1 foram enunciadas as vantagens e desvantagens, bem como aspectos relacionados com o ambiente e finalidade do *software*, que levaram a deliberação e escolha de uma solução *web*. De salientar que uma das maiores ambições referentes ao projecto era a portabilidade, de modo a que a aplicação possa ser acedida em qualquer local, e em qualquer tipo de dispositivo, sendo apenas necessário o acesso à Internet.

Os subcapítulos 4.2 e 4.3 referem-se, respectivamente, aos requisitos funcionais pretendidos e ordem cronológica dos eventos que levaram à concepção do programa *web*. Relativamente às funcionalidades pretendidas o maior desafio foi a idealização e projecção de um conceito que se adeque às rotinas da empresa, de modo a facilitar a transição dos métodos antigos para a solução proposta.

A secção 4.4 menciona todas as tecnologias e ferramentas necessárias para o desenvolvimento do projecto. De salientar que várias ferramentas usadas nunca tinham sido abordadas pelo responsável deste projecto, o que exigiu inicialmente um período de aprendizagem e familiarização com as mesmas. Tal, à partida, foi considerado uma adversidade, porém acabou por ser um impulsionador de aprendizagem e formação pessoal.

Por fim, na secção 4.5, foi feita uma *tour* pela aplicação, explicando as funcionalidades desenvolvidas bem como os procedimentos, segundo exemplos ilustrativos, das rotinas a implementar.

## 5 Conclusão

No presente capítulo serão apresentadas as conclusões de todo o trabalho realizado conducente à elaboração deste trabalho de projecto, fazendo-se um breve enquadramento dos objectivos cumpridos e procedimentos envolvidos, dificuldades encontradas e melhorias futuras, ou seja, uma retrospectiva de tudo o que foi feito na concepção desta solução de gestão de manutenção.

### 5.1 Objectivos cumpridos

É evidente que dada a grande, e crescente, competitividade empresarial de oferta de serviços de manutenção hospitalar o paradigma económico das mesmas nem sempre permite investimentos de recursos dispendiosos que exponenciem os seus processos e produtividade. Como tal foi proposto à Promeicentro uma solução de gestão básica com os recursos essenciais, de modo a corrigir falhas nos procedimentos da empresa e de melhorar outros processos, com custos associados reduzidos.

Inicialmente houve uma reunião com os coordenadores da empresa, onde foram demonstrados e apresentados os desenhos e ideologias da aplicação, de modo a fazer-se um *brainstorming* de ferramentas e funcionalidades. Com a conclusão da reunião houve a aprovação da proposta, resultando um *feedback* positivo e algumas sugestões de melhorias ao protótipo inicial.

Os objectivos funcionais da aplicação espelham-se basicamente nas rotinas da empresa, e dado que o autor deste projecto se encontra familiarizado com as mesmas (devido a pertencer aos quadros da empresa), todo o processo de idealização foi deveras facilitado. Aglomerando então todos os requisitos funcionais propostos e juntando ideologias e conceitos retirados de outros *softwares* estudados, resultou o conjunto de objectivos pretendidos que podemos ver no capítulo 4.2.

Concluindo-se a fase de análise da estrutura e das funcionalidades pretendidas começou então o período relativo à programação e desenvolvimento. Foram definidos os ambientes de desenvolvimento e arquitectura da aplicação (Capítulo 4.1), bem como as ferramentas e linguagens apropriadas (Capítulo 4.4) para o propósito pretendido. Neste ponto já se encontravam delineadas todas as peças necessárias para o desenvolvimento e implementação da solução idealizada, restando então a programação da mesma, descrita minuciosamente no capítulo 4.5.

Terminada a concepção da aplicação podemos concluir que o protótipo desenvolvido responde de forma clara aos objectivos inicialmente levantados. Todavia a mesma ainda não se encontra a funcionar como recurso único na empresa, sendo que apenas o autor desta tese se encontra a utilizá-la, em alguns clientes, com o propósito de testes à aplicação. Até ao momento os testes de usabilidade estão a ter uma boa resposta, contudo serão prolongados durante o período estipulado de 6 meses. Findado esse período de testes será determinado a necessidade ou não de alterações e correcções de *bugs*, e posteriormente dar-se-á a disseminação da aplicação pelos colaboradores da empresa como ferramenta única de gestão.

Embora todos os testes de usabilidade concluídos até à data confirmem a operacionalidade da aplicação no seio da empresa a mesma ainda não se caracteriza como um sistema com valor comercial, devido a algumas bases não se apresentarem ainda consolidadas e bem definidas, existindo perspectivas de melhorias futuras (abordadas mais à frente).

## 5.2 Dificuldades encontradas

Todos os projectos têm os seus entraves e obstáculos inesperados, e claro este não foi excepção.

Inicialmente houve a dificuldade inerente a todas as concepções de aplicações a partir do zero, ou seja, a necessidade de descortinar uma ideologia e estrutura operacional de modo a abarcar todas as funcionalidades requeridas. Tal foi ultrapassado através da construção de diversos esboços e diagramas de navegação, que auxiliaram assim a obtenção do conceito final.

Dado ser um projecto que engloba a aplicação de uma série de conhecimentos e valências, entre diversas linguagens, tecnologias e ferramentas, houve a necessidade de familiarização através de pesquisas bibliográficas, visualização de tutoriais e o auxílio do orientador. Este factor acabou por atrasar o desenvolvimento do projecto segundo o prazo previsto, a falta de tempo obrigou então a que alguns pontos da aplicação fossem descurados, como foi o exemplo do *design* e de uma estrutura mais prática para visores pequenos (telemóveis). Porém, o que começou por ser um entrave à progressão do projecto segundo a cronologia estipulada acabou por ser uma oportunidade de superação pessoal e desenvolvimento pedagógico.

A inserção de equipamentos na base de dados também levou mais tempo do que o expectável, pois como mostrado no capítulo 4.5.7 os equipamentos são inseridos um a um, e existem clientes com mais de 300 equipamentos no contrato de manutenção. Este imprevisto originou uma ideia de funcionalidade a implementar numa melhoria futura (abordado de seguida)

## 5.3 Melhorias futuras

Esta aplicação, como se trata de uma solução *web*, necessita de uma constante ligação à rede, o que nem sempre é possível. A falha de ligação durante a operacionalidade da aplicação implementada pode originar falhas inconvenientes. Por exemplo, se durante a submissão do preenchimento da folha de obra não existir uma ligação estável ao servidor os dados introduzidos poderão ser perdidos, o que obriga o técnico a preencher novamente a folha de obra. Futuramente este problema irá ser ultrapassado, ou seja, antes do envio de formulários a aplicação deverá testar a ligação e em caso de se encontrar *offline* deverá guardar os dados no lado do cliente, enviando para o lado do servidor apenas quando a ligação for restabelecida.

De modo a que os técnicos realizem a manutenção preventiva aos diferentes equipamentos segundo um guia passo-a-passo, foi criado uma ligação que abre num novo separador do *browser* um ficheiro *Excel* com diferentes instruções e testes funcionais para os diferentes equipamentos. Ora o

---

ficheiro *Excel* é um método de recurso, pois foi originalmente idealizado que este sistema fosse implementado intrinsecamente na aplicação, o que não foi possível por falta de tempo. Como tal, será uma operacionalidade a implementar futuramente.

Para pesquisar os equipamentos na base de dados também será implementado o sistema de códigos QR. Ou seja, aquando a firmação de um contrato de manutenção e do levantamento de inventário, serão colocados autocolantes com códigos QR em cada equipamento, que permitirão uma identificação facilitada dos mesmos.

Em termos de segurança a aplicação está protegida com *login* de acesso por sessões com *password* devidamente encriptada, porém escasseia em protecção contra injeções de SQL. Este será uma das melhorias a fazer o mais prontamente possível.

Como referido nas dificuldades encontradas, também o *design* da aplicação sofrerá uma reestruturação, de modo a ficar mais apelativo e *user-friendly*. Relativamente à inserção de equipamentos na base de dados, e com o intuito de evitar a introdução um a um, o *software* terá a capacidade de ler ficheiros *Excel* e inserir os equipamentos no sistema a partir dos mesmos (normalmente os dados dos equipamentos são fornecidos às empresas de manutenção em folhas de *Excel*, como tal a aplicação só terá que ler os dados conforme a disposição de linhas e colunas).



## 6 Referências bibliográficas

- [1] M. Brito, Manual Pedagógico PRONACI Manutenção, Associação Empresarial de Portugal, 2003.
- [2] AFNOR, *NF X 60-010*, Junho 1984.
- [3] AFNOR, *NF X 60-000*, Abril de 2016.
- [4] L. A. Ferreira, Uma Introdução à Manutenção, Publindústria, 1998.
- [5] J. Moubray, Reliability – Centered Maintenance, Industrial Press, 1997.
- [6] P. J. M. Bispo, Manutenção de Sistemas de Monitorização, Coimbra, 2013.
- [7] Norma Portuguesa NP 4492:2010 – Requisitos para prestação de Serviços de Manutenção, 2010.
- [8] INMETRO, Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados, Rio de Janeiro, 2008.
- [9] Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 – Terminologia da Manutenção.
- [10] J. Cabral, Gestão em Manutenção, Lisboa: LIDEL, Edições Técnicas Lda, 1998.
- [11] R. Assis, Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção - Fiabilidade e Manutenibilidade, Lidel, 2004 .
- [12] N. Management, “ManWinWin Software,” [Online]. Available: <https://manwinwin.com/pt/>. [Acedido em 20 03 2019].
- [13] “PHC Software,” [Online]. Available: <https://www.phcsoftware.com/>. [Acedido em 20 03 2019].
- [14] “CentralGest - Produção de Software,” [Online]. Available: <https://www.centralgest.com/software/manutencao/gestao-da-manutencao>. [Acedido em 20 03 2019].
- [15] Primavera, “VALUEKEEP – SOFTWARE DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO,” [Online]. Available: <https://pt.primaverabss.com/pt/marketplace/valuekeep-software-de-gestao-de-manutencao/>. [Acedido em 2019 03 21].
- [16] Primavera, “Valuekeep - Software de Manutenção,” [Online]. Available: <https://www.valuekeep.com/pt/software-de-manutencao>. [Acedido em 2019 03 21].
- [17] A. Weber e R. Thomas, Key performance indicators: measuring and managing the maintenance function, Burlington Ontario, Canada: IVARA Corporation, 2005.

- [18] T. Wireman, Developing performance indicators for managing, New York - NY: Industrial Press Inc, 2005.
- [19] M. A. d. Oliveira, "Sistema de gestão da manutenção baseada no grau de maturidade da organização no âmbito da manutenção," Universidade do Minho, 2017.
- [20] G.-A. Klutke, P. C. Kiessler e M. A. Wortman, "A Critical Look at the Bathtub Curve," em *IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY*, 2003.
- [21] Norma Portuguesa NP EN 15341:2009 – Manutenção, Indicadores de desempenho da manutenção (KPI).
- [22] C. Renaud, Gestão da Manutenção, Lisboa: Lidel Editora, 2006.
- [23] F. Biomedical, Introdução aos testes de segurança eléctrica, Cleveland: Fluke Corporation, 2014.
- [24] IEC, IEC 60601-1:2005 - Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance.
- [25] "Ensaios de segurança eléctrica de equipamentos médicos conforme norma IEC 62353," [Online]. Available: <http://www.segurancaeletrica.org/lgi2000/lgi2000.html>. [Acedido em 03 04 2019].
- [26] Rigel, An introduction to electrical safety testing in accordance with IEC 62353, Florida: Rigel Medical, 2015.
- [27] A. M. M. Rosmaninho, "Manutenção planeada de electrobisturis com análise do efeito das correntes de fuga sobre os utentes," Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2010.
- [28] J. A. M. d. Carvalho, "Transimpedance Amplifier for Integrated SpO2 Optic Sensor," Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- [29] F. M. B. Bisinotto, "Queimaduras relacionadas à eletrocirurgia - Relato de dois casos," *Revista Brasileira de Anestesiologia*, vol. 67, pp. 527-534, 2017.
- [30] Coviden, Principles of Electrosurgery, Colorado, 2008.
- [31] F. P. Marques, Análise do perfil dos consumos de gases frescos e anestésicos, durante a anestesia geral, em circuito fechado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra , 2008.
- [32] A. S. Fauci, Harrison's Principles of Internal Medicine, United: McGraw Hill Medical, 2011.
- [33] R. d. S. Govêa e S. B. d. Silva, Desfibrilador externo automático: um determinante na sobrevivência de vítimas de parada cardiorrespiratória nas empresas, Universidade Paulista, Bauru-SP, Brasil, 2009.
- [34] M. d. A. Viana, PROJETO, CONSTRUÇÃO E TESTES DE UM DESFIBRILADOR MULTIDIRECIONAL, Campinas – SP , 2011.
- [35] C. A. d. Oliveira, Analisador de Desfibriladores e Cardioversores, São Paulo: Escola Politécnica

---

da Universidade de São Paulo, 2010.

- [36] R. N. ENDRES, EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE FUNCIONALIDADE DE DESFIBRILADORES, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- [37] A. L. G. d. Silva, Manutenção hospitalar em eletromedicina - Estágio no SUCH, Coimbra: Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2017.
- [38] “Desfibrilador: o que é e como salvar vidas com o equipamento?,” [Online]. Available: <https://cmosdrake.com.br/blog/desfibrilador/>. [Acedido em 10 04 2019].
- [39] A. C. Lopes, Avaliação de desempenho para selecção de bombas de infusão destinadas a terapias com fármacos de meia-vid curta, janela terapêutica estreita e baixas vazões, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [40] A. P. M. Reis, Sistema de monitorização para serviço de urgência em ambiente hospitalar - Estágio na Sensing Future, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2017.
- [41] J. L. C. Varela, Desempenho de uma aplicação web para câmaras ONVIF e notificação de eventos, Universidade do Minho, 2016.
- [42] J. M. P. M. Reis, DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB PARA VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE GENÉTICA MICROBIANA, Universidade de Lisboa - Faculdade de Ciências, 2012.
- [43] P. Lubbers, B. Albers e F. Salim, Pro HTML5 Programming, Apress, 2010.
- [44] L. M. R. Oliveira, Desenvolvimento de Aplicação Web de Pesquisa, Gestão e Partilha de Eventos, Tese de Mestrado em Engenharia Informática, Universidade de Lisboa - Faculdade de Ciências, 2015.
- [45] W. Sanders, Learning Php Design Patterns, USA: O'REILLY MEDIA, 2013.
- [46] I. Pouncey e R. York, Beginning CSS: Cascading Style Sheets for Web Design, Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2011.
- [47] W. Jiang, M. Zhang, B. Zhou, Y. Jiang e Y. Zhang, Responsive web design mode and application, Ottawa: IEEE Workshop on Advanced Research and Technology in Industry Applications, 2014.
- [48] DevMedia, “jQuery Tutorial,” [Online]. Available: <https://www.devmedia.com.br/jquery-tutorial/27299>. [Acedido em 25 04 2019].
- [49] D. Flanagan, JavaScript: o Guia Definitivo, Bookman, 2012.
- [50] M. M. d. S. Sousa, Plataforma Web de Gestão e Partilha de Citações Científicas, Tese de Mestrado em Multimédia da Universidade do Porto, 2013.
- [51] R. Nixon, Learning Php, Mysql & Javascript 5e, O'REILLY MEDIA, INC, USA, 2018.
- [52] F. Gouveia, Fundamentos de Bases de Dados, FCA, 2014.