

**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

João Pedro Ribeiro de Sousa

**Organização do Sistema de Manutenção  
em Empresa de Lavandaria Industrial**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Trabalho efectuado sob a orientação do

**Professor Doutor António Caetano Monteiro**

Dezembro de 2011

## Resumo

As empresas industriais aplicam actualmente um grande esforço no sentido de estender o ciclo de vida dos equipamentos com especial atenção em reduzir o custo associado à sua utilização. Contudo, a manutenção é muitas vezes vista como a forma de minimizar custos, o que se revela algo simplista uma vez que a função de gestão da manutenção é uma tarefa de engenharia com perspectiva de assegurar o funcionamento em boas condições das máquinas e instalações retirando o melhor rendimento e promovendo a segurança. Uma manutenção adequada protege o capital investido, assegura que a disponibilidade requerida seja alcançada e garante um estado de conformidade requerido para a obtenção de produtos com qualidade. A solução dos problemas da manutenção passa por uma abordagem sistemática de análise e síntese, para detectar e compreender a causa das disfunções tornando possível a aplicação de correcções, através de procedimentos adequados segundo técnicas e metodologias suportadas por análises estatísticas das avarias e avaliação de custos. Neste contexto, com o presente trabalho, pretende-se abordar a organização da estrutura de manutenção de uma lavandaria industrial tendo em mente que só é possível haver gestão da manutenção num sistema organizado. A abordagem será feita com a perspectiva de implementar mudanças ao sistema de manutenção actual com vista à melhoria contínua da actividade de manutenção na empresa.

No Capítulo I serão abordados os fundamentos que suportam as decisões tomadas em manutenção, quer seja no campo técnico, económico ou organizacional.

No capítulo II será abordado o método organizacional da empresa alvo do caso de estudo, no qual se pretende mostrar alguns pontos de melhoria do funcionamento global do serviço de manutenção.

No capítulo III será feita a análise dos registos de intervenções de manutenção recolhidas.

No capítulo IV serão descritas as propostas que deverão orientar a empresa no sentido de melhorar a política de manutenção dos equipamentos.

No capítulo V serão sintetizadas as conclusões e algumas sugestões para trabalhos futuros a realizar na empresa.

## **Abstract**

Nowadays industrial companies currently apply great efforts to extend equipment life cycle. Also, special attention is paid to their utilization cost reduction. Maintenance is frequently seen under the perspective of costs minimization, leading to a simplistic approach, since the maintenance management function is an engineering task under the perspectives of the assurance of machines and facilities operation in good conditions, profit increment and safety promotion. Adequate maintenance protects the capital invested, assures that the desired availability is obtained and guarantees the requested conformity in order to obtain quality products. The solution of maintenance problems comes from a systematic approach of analysis and synthesis, to detect and understand the causes for dysfunctions. It is then possible to make correct interventions, by applying appropriate procedures according to adequate techniques and methodologies, supported by statistical analyses of equipment failures and making cost evaluation. This work presents the case of the organization of the maintenance structure system structure of an industrial dyeing/laundry facility bearing in mind that maintenance management is only possible in an organized system. Using the historical data of mishaps, a study will be done in order to identify critical equipment, permitting the identification of improvement opportunities.

Chapter I will be dealt with the foundations that bear the decision taken in maintenance, either in the technical, economic or organization level.

Chapter II will be dealt with the organizational method of the target company of the case of study, which will show some improvement points of the global operation of the maintenance service.

In Chapter III the analysis of the collected intervention records will be done. In chapter IV the proposals that should guide the company in order to improve the equipments maintenance policy will be described.

Chapter V will show up the conclusions and some future work suggestions to be carried out in the company.

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me apoiaram e tornaram possível a realização desta dissertação com especial destaque:

À minha família que sempre esteve comigo.

À Sandra por toda compreensão e apoio que me dedicou.

Ao meu orientador, Doutor Caetano Monteiro, pelos conselhos, disponibilidade e observações argutas.

Ao Sr. João Oliveira e Sr. Luís Lobo da Pizarro S.A. pela colaboração.

A todos o meu muito obrigado.

# Índice

Capítulo I – Manutenção .....	1
1.1 Definição e importância da manutenção.....	1
1.2 Tipos de manutenção .....	2
1.2.1 Manutenção correctiva .....	4
1.2.2 Manutenção preventiva .....	6
1.2.3 TPM – Manutenção Produtiva Total .....	10
1.2.4 RCM – Manutenção Centrada na Fiabilidade .....	12
1.3 Níveis de manutenção .....	13
1.4 Aspectos económicos da manutenção.....	15
1.4.1 Custos directos da manutenção.....	15
1.4.2 Custos indirectos da manutenção.....	16
1.4.3 Custos do ciclo de vida de um equipamento.....	17
1.4.4 Optimização dos custos de avaria.....	19
1.5 Organização da manutenção.....	19
1.5.1 Elementos da organização da manutenção .....	19
1.5.2 Gestão dos bens .....	24
1.5.3 Planeamento da manutenção .....	25
1.5.4 Documentação técnica .....	31
1.5.5 Subcontratação .....	32
1.6 Indicadores da manutenção.....	33
1.6.1 Manutibilidade .....	34
1.6.2 Fiabilidade .....	36
1.6.3 Disponibilidade .....	39
1.7 Eficiência na manutenção .....	41
Capítulo II – Caracterização da manutenção na empresa .....	42
2.1 As instalações e equipamentos .....	44
2.1.1 Equipamentos de produção.....	44
2.1.2 Sistemas auxiliares da produção.....	45
2.1.3 Instalações.....	47
2.1.4 A gestão dos equipamentos.....	48

2.2 Organização do serviço .....	49
2.2.1 Responsabilidades e funções do serviço de manutenção .....	49
2.2.2 Relação da manutenção com a produção .....	49
2.2.3 Sazonalidade da produção .....	50
2.2.4 Modelo organizacional.....	51
2.2.5 Constituição do quadro de pessoal e tarefas .....	51
2.2.6 Oficinas de apoio .....	52
2.2.7 Documentação técnica .....	53
2.2.8 <i>Software</i> de apoio à manutenção.....	53
2.2.9 Gestão dos materiais.....	54
2.2.10 Procedimento de atendimento a um pedido de intervenção.....	55
Capítulo III – Análise dos registos de intervenções .....	59
3.1 Análise global dos registos de intervenções .....	60
3.2 Intervenções em equipamentos listados .....	61
3.2.1 Manutenção curativa em equipamentos listados .....	61
3.2.2 Manutenção preventiva em equipamentos listados.....	64
3.2.3 Intervenções por equipamento .....	66
3.3 Intervenções em equipamentos não listados .....	68
3.4 Relação entre tipos de manutenção .....	71
3.5 Utilização da mão-de-obra.....	72
3.6 Disponibilidade dos equipamentos .....	74
3.7 Tempo de funcionamento entre avarias.....	75
3.8 Registos dos equipamentos críticos.....	76
3.8.1 Registos das Prensas de Vapor.....	77
3.8.2 Registos das Máquinas de Tingir .....	80
3.8.3 Registos das Máquinas de Lavar Gangas .....	83
3.8.4 Registos das Máquinas de Cerzir .....	86
3.8.5 Registos nos Secadores.....	89
3.8.6 Registos da Cozinha <i>Colourservice</i> .....	92
3.9 Análise crítica dos registos .....	94
3.9.1 Inventariação dos equipamentos .....	94
3.9.2 Descrição dos trabalhos .....	96

3.9.3 Manutenção preventiva .....	97
3.9.4 Prioridades de acção .....	98
3.9.5 Indicadores de manutenção .....	100
3.9.6 Tipos de avarias mais frequentes.....	101
3.9.7 Contabilização dos custos de manutenção.....	101
Capítulo IV – Proposta de melhoria do sistema de manutenção da empresa .....	103
4.1 Elementos desenvolvidos .....	103
4.2 Divisão dos equipamentos e instalações em grupos lógicos .....	104
4.3 Inventário dos equipamentos .....	105
4.4 Avaliação da criticidade dos equipamentos.....	106
4.5 Denominação dos trabalhos.....	108
4.6 Desenvolvimento das instruções de manutenção.....	109
4.7 Actualização da documentação técnica .....	110
4.8 Manual técnico do equipamento .....	111
4.9 Relatórios de avarias.....	112
4.10 Recolha de informação para histórico .....	113
4.11 Determinação dos custos de manutenção .....	114
4.12 Obtenção de indicadores de manutenção.....	117
4.13 Funcionamento do sistema de manutenção .....	118
Capítulo V – Conclusões e sugestões de trabalho .....	122
Referências bibliográficas.....	126
Anexo A – <i>Layout</i> das instalações .....	129
Anexo B – Manual técnico do equipamento.....	131
Anexo C – Manutenção preditiva em tubagens .....	137
Anexo D - Codificação dos equipamentos .....	143
Anexo E - Inventário dos equipamentos .....	145
Anexo F – Fichas de manutenção .....	148
Anexo G – Desenhos de tubagens.....	158

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Tipos de manutenção.....	3
Figura 1.2 - Fluxograma Lógico de Síntese .....	3
Figura 1.3 - Manutenção correctiva (lei de degradação desconhecida) .....	5
Figura 1.4 - Manutenção preventiva (lei de degradação procurada) .....	6
Figura 1.5 - Custos directos de manutenção em função do TTR.....	16
Figura 1.6 - Iceberg de custos.....	17
Figura 1.7 – Constituição do LCC .....	18
Figura 1.8 - Optimização dos custos de avaria.....	19
Figura 1.9 - A Manutenção (Conservação) subordinada à Produção .....	20
Figura 1.10 - Horizontalização dos serviços de Manutenção e Produção .....	20
Figura 1.11 - Organização do trabalho de manutenção .....	26
Figura 1.12 - Curva da banheira.....	39
Figura 1.13 - Disponibilidade de um equipamento.....	40
Figura 1.14 – Componentes da eficiência de um equipamento.....	41
Figura 2.1 - Fachada da Pizarro S.A. ....	42
Figura 2.2 - Logotipo da Pizarro S.A .....	42
Figura 2.3 - Organigrama da Pizarro S.A .....	43
Figura 2.4 - Diagrama de processos da empresa.....	43
Figura 2.5 - Exemplo de uma máquina de lavagem química. ....	44
Figura 2.6 – Exemplo de uma máquina de tingir .....	44
Figura 2.7 - Exemplo de um secador .....	45
Figura 2.8 - Exemplo de um robot de escovagem .....	45
Figura 2.9 - Exemplo de máquina galoneira.....	45
Figura 2.10 - Exemplo de uma máquina de estampar.....	45
Figura 2.11 - Exemplo de caldeiras de vapor e tubagem de distribuição.....	46

Figura 2.12 - Exemplo de compressor centrífugo .....	46
Figura 2.13 - Exemplo de um silo de armazenamento de sal .....	46
Figura 2.14 - Sistema de distribuição de corantes da Cozinha <i>Colourservice</i> .....	46
Figura 2.15 - Plataforma elevatória.....	47
Figura 2.16 - Layout geral das instalações da Pizarro S.A .....	47
Figura 2.17 – A manutenção como subfunção da Produção .....	50
Figura 2.18 - Organograma da estrutura híbrida da manutenção na Pizarro S.A. ....	51
Figura 2.19 - Fluxo de trabalhos e informação .....	57
Figura 2.20 Identificação dos equipamentos no sistema informático de apoio à manutenção. ...	58
Figura 3.1 – Gráfico de Pareto da distribuição das intervenções curativas em EL. ....	62
Figura 3.2 - Gráfico de Pareto da distribuição do tempo gasto em manutenção curativa em EL	63
Figura 3.3 - Tempo médio gasto nas intervenções curativas em EL.....	64
Figura 3.4 - Distribuição das intervenções e tempos de manutenção preventiva em EL. ....	65
Figura 3.5 - Tempo médio gasto por intervenção preventiva em EL.....	65
Figura 3.6 - Distribuição das intervenções curativas em ENL .....	69
Figura 3.7 - Tempo médio gasto por intervenção curativa em ENL.....	70
Figura 3.8 - Distribuição das intervenções preventivas nos ENL. ....	70
Figura 3.9 - Tempo médio gasto por intervenção preventiva nos ENL.....	71
Figura 3.10 - Relação do nº de intervenções preventivas e curativas ao longo do tempo.....	72
Figura 3.11 - Relação entre o tempo gasto em intervenções preventivas e curativas.....	72
Figura 3.12 – Distribuição das intervenções pelas prensas de vapor .....	77
Figura 3.13 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nas prensas de vapor. ....	77
Figura 3.14 - Gráfico de Pareto dos tempos gastos nas prensas de vapor. ....	79
Figura 3.15 - Tempo médio gasto nas intervenções nas prensas de vapor .....	79
Figura 3.16 – Distribuição das intervenções nas máquinas de tingir .....	80
Figura 3.17 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nas máquinas de tingir .....	81

Figura 3.18 - Gráfico de Pareto dos tempos gastos nas máquinas de tingir .....	82
Figura 3.19 - Tempo médio gasto nas intervenções nas máquinas de tingir. ....	82
Figura 3.20 - Distribuição das intervenções pelas máquinas de lavar gangas. ....	83
Figura 3.21 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nas máquinas de lavar gangas.....	84
Figura 3.22 – Gráfico de Pareto dos tempos gastos nas máquinas de lavar gangas. ....	84
Figura 3.23 - Tempo médio gasto nas intervenções nas máquinas de lavar gangas.....	85
Figura 3.24 - Distribuição das intervenções pelas máquinas de cerzir. ....	86
Figura 3.25 - Tipos de avarias nas máquinas de cerzir. ....	87
Figura 3.26 – Tempo gasto por falha nas máquinas de cerzir.....	88
Figura 3.27 - Tempo médio gasto por tipo de falha.....	88
Figura 3.28 – Distribuição das intervenções pelos secadores. ....	89
Figura 3.29 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nos secadores. ....	90
Figura 3.30 - Gráfico de Pareto dos tempos gastos nos secadores.....	91
Figura 3.31 - Tempo médio gasto nas intervenções nos secadores. ....	91
Figura 3.32 – Gráfico de Pareto da distribuição de avarias na cozinha Colorservice. ....	92
Figura 3.33 – Gráfico de Pareto da distribuição dos tempos gastos na Cozinha Colorservice.....	93
Figura 3.34 – Tempo médio gasto nas intervenções na Cozinha Colorservice. ....	93
Figura 3.35 – Equipamento de distribuição de corantes e produtos auxiliares DLV.....	94
Figura 3.36 – Perspectiva alternativa do equipamento DLV. ....	94
Figura 3.37 - Data de aquisição das máquinas de tingir.....	101
Figura 4.1 - Registo de um equipamento de manutenção. ....	119
Figura 4.2 – Sistema de manutenção em caso de trabalho preventivo. ....	120
Figura 4.3 - Sistema de manutenção em caso de avaria ou trabalho não preventivo/correctivo .....	121
Figura A.1 - Layout das instalações. ....	130
Figura G.1 - Exemplo de representação de tubagens com linha simples.....	159
Figura G.2 - Alguma simbologia usada nos fluxogramas.....	160

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Distribuição das intervenções de manutenção.....	60
Tabela 3.2 - Distribuição dos tempos gastos em manutenção.....	60
Tabela 3.3 - Tempo médio gasto por intervenção curativa.....	63
Tabela 3.4 - Equipamentos com maiores gastos de mão-de-obra.....	66
Tabela 3.5 - Equipamentos com maior número de intervenções.....	67
Tabela 3.6 - Equipamentos com maior tempo médio gasto nas intervenções.....	67
Tabela 3.7 - Distribuição média diária do tempo gasto em manutenção.....	73
Tabela 3.8 - Equipamentos com menor disponibilidade.....	74
Tabela 3.9 - Valores de MTBF calculados.....	76
Tabela 3.10 - Falhas em componentes que implicam perdas de fluidos.....	85
Tabela 4.1 - Lógica de codificação dos equipamentos.....	104
Tabela 4.2 – Registo histórico das intervenções.....	114
Tabela 4.3 - Tabela dos custos de manutenção.....	115
Tabela 4.4 –Contabilização do custo de paragem de um equipamento produtivo.....	115
Tabela 4.5 – Contabilização do custo de paragem de um equipamento auxiliar da produção.....	116
Tabela 4.6 - Forma de contabilização dos custos de mão-de-obra.....	116
Tabela 4.7 - Indicadores de manutenção a utilizar.....	117
Tabela D.1 - Grupos funcionais, Sistemas e Secções.....	144
Tabela E.1 - Equipamentos inventariados.....	146
Tabela E.2 – Inventário total das tubagens.....	147

## **Glossário de termos e acrónimos**

**Adelaides** – Denominação interna de um tipo de equipamento de acabamento de gangas presente na empresa.

**AVAC** – Aquecimento Ventilação e Ar condicionado.

**Avaria** – Cessação da função requerida a um equipamento ou a alteração do modo pelo qual o equipamento executa essa função.

**Cozinha de cores** – Sistema de pesagem, dissolução e distribuição de corantes e produtos auxiliares para as máquinas de tingir e lavar com elevado nível de fiabilidade em termos de cumprimento da dosagem pré-estabelecida.

**Checklist** - lista de informações/acções usualmente apresentada com caixas de selecção na qual se coloca um visto quando completada a tarefa. A *checklist* é normalmente usada para reduzir os erros provocados pelas limitações humanas de memória e atenção.

**Disponibilidade** – Aptidão de um bem para estar em estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, em dado instante ou durante determinado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários meios exteriores.

**DMM** – Dispositivo de Monitorização e Medição.

**DOP** – Disponibilidade Operacional.

**EL** – Equipamentos Listados.

**ENL** – Equipamentos Não Listados.

**ETAR** – Estação de Tratamento de Águas Residuais.

**Fiabilidade** – Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

**HH** (Hora.Homem) – Termo que mede o esforço humano na manutenção. Calcula-se somando o salário, os encargos sociais e o custo da estrutura de manutenção e dividindo pelo número de horas anuais de trabalho.

**ID** – Indicador de Desempenho.

**LCC** – *Life Cycle Cost*.

**Manutibilidade** – Aptidão de um bem sob condições de utilização definidas, de ser mantido ou repostado num estado em que possa cumprir uma função requerida depois de lhe ser aplicada manutenção em condições determinadas, utilizando procedimentos e meios prescritos.

**MTTR** - Média dos Tempos Técnicos de Reparação.

**OEE** – *Overall Equipment Efficiency*.

**PDI** – Período De Intervenção.

**RCM** - *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada na Fiabilidade).

**TIA** – Tempo de Indisponibilidade por Avaria.

**TDE** – Tempo De Espera.

**TDM** – Tempo De Manutenção.

**TDR** – Tempo De Reparação.

**TBF** – Tempo de Bom Funcionamento.

**TPM** – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total).

**TQU** – Taxa de Qualidade.

**TTR** – Tempo Técnico de Reparação.

## **Capítulo I – Manutenção**

### **1.1 DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO**

O contexto actual de globalização e competitividade nos mercados actuais implica um desafio cada vez mais exigente para as organizações. A entrega do produto, ou serviço, ao cliente, nos prazos acordados e com a qualidade requerida é cada vez mais uma questão de sobrevivência e menos um factor de diferenciação entre empresas (1).

A cadeia de valor, desde a matéria-prima até ao produto final, depende de equipamentos, parâmetros e controlos, designada por “processo”. O planeamento do processo é a base para garantir o cumprimento dos requisitos e assegurar a satisfação do cliente. Todos os equipamentos estão sujeitos a uma degradação das suas condições normais de operação com o decorrer do tempo, devido à própria utilização ou até devido a causas fortuitas. A manutenção surge como a função que repõe os equipamentos no seu estado esperado de operacionalidade e assegura os níveis de desempenho exigíveis aos equipamentos que intervêm no processo.

A degradação do desempenho implica invariavelmente o surgimento de uma avaria que pode ser caracterizada segundo a sua causa (intrínseca ou extrínseca), manifestação (característica e velocidade), identificação (natureza e situação), amplitude (parcial ou completa), possibilidade de detecção e consequências (2).

Segundo a norma EN 13306 (3) que define a terminologia usada em manutenção, a manutenção pode ser definida como: “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida”. Por sua vez, a norma AFNOR NF X60-010 (4) define a manutenção como sendo o conjunto de acções que permite manter, ou restabelecer, um bem num estado específico, em condições de assegurar um serviço determinado, com um custo global mínimo.

A necessidade de manutenção aumenta com o aumento do nível de automatização, uma vez que aumenta o custo de indisponibilidade dos equipamentos. Por outro lado, a importância da manutenção é flagrante quando está em causa a segurança dos operadores. Assim, quanto

maior for o custo de indisponibilidade de um equipamento, mais económica é a manutenção e quanto mais a segurança estiver posta em causa, mais a manutenção se torna indispensável (5).

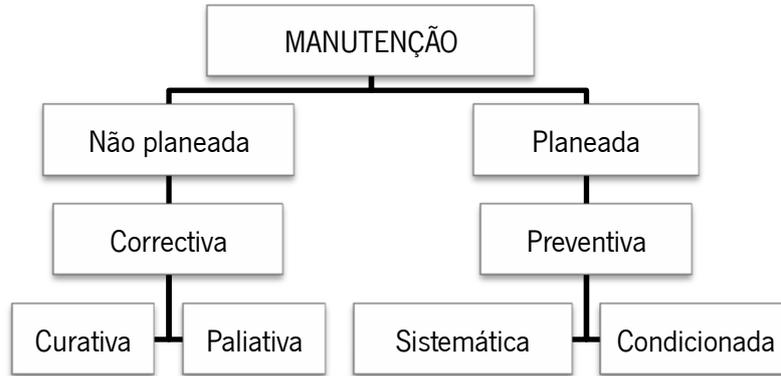
Segundo Vítor Pinto (6), a importância da manutenção pode ser vista por três ordens de razões:

- Razões de ordem económica – um serviço de manutenção permite obter o máximo rendimento dos investimentos feitos em equipamentos e instalações, prolongando a sua vida útil; reduz ao mínimo os desperdícios, rejeições e reclamações de produtos; apoia o esforço de vendas da empresa evitando os atrasos ou disfunções da produção; reduz os consumos de energia e fluidos; aproveita melhor os recursos humanos da empresa;
- Razões de ordem legal – a legislação obriga a prevenir situações que possam constituir um factor de insegurança, de incómodo, de poluição, ou de insalubridade;
- Razões de ordem social – os grupos sociais afectados pela operação dos equipamentos e instalações podem exercer pressões para que os efeitos das condições de operação que sejam entendidas como nocivas sejam reduzidos ou anulados. Mesmo sem imposição legal, a imagem da empresa pode estar em causa e será conveniente adoptar medidas.

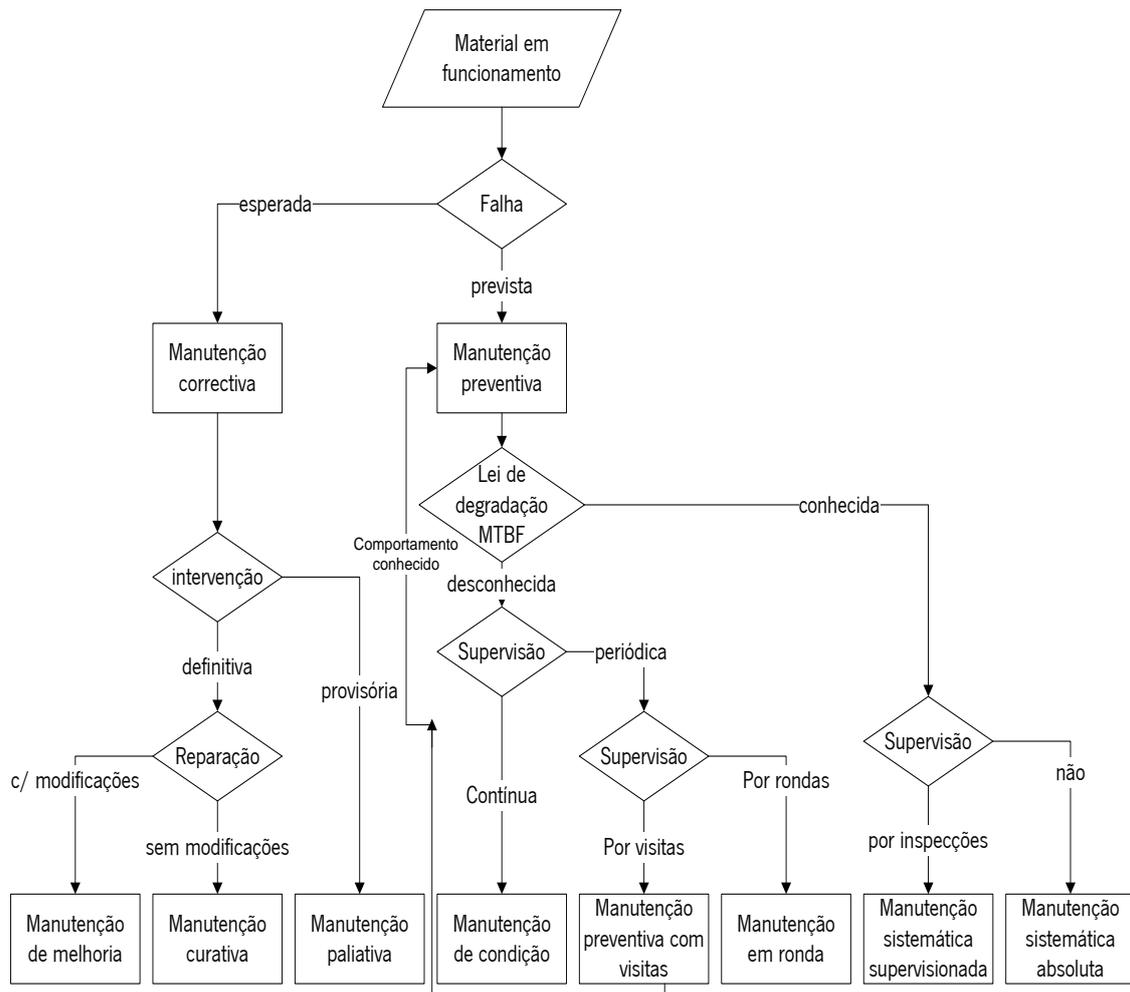
## **1.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO**

Do ponto de vista da organização da manutenção, é necessário distinguir os trabalhos planeados dos não planeados. A manutenção planeada pressupõe a possibilidade de uma marcação antecipada que deverá ser feita de forma a não afectar, ou afectar o menos possível, o escalonamento da produção. A manutenção não planeada é efectuada depois de detectada uma avaria e destina-se a repor o bem num estado em que possa realizar uma função requerida (7).

De um modo geral, a manutenção de equipamentos ou bens pode ser esquematizada segundo o diagrama da Figura 1.1. O diagrama da Figura 1.2 sintetiza as várias formas de manutenção assim como as condições para a sua escolha.



**Figura 1.1 - Tipos de manutenção, adaptado de (7).**



**Figura 1.2 - Fluxograma Lógico de Síntese (2).**

Em que:

MTBF – Média dos Tempos de Bom Funcionamento.

### 1.2.1 Manutenção correctiva

A forma de manutenção mais antiga, consiste em manter o equipamento em funcionamento até que apresente um desempenho abaixo do esperado ou ocorra uma avaria para então se proceder à sua reparação. Esta forma de manutenção é denominada correctiva. A norma EN 13306 (3) define a manutenção correctiva como uma manutenção efectuada após a detecção de uma avaria e destina-se a repor o bem num dado estado em que possa realizar uma função requerida.

Esta filosofia de manutenção baseia-se num princípio muito simples: se um determinado equipamento avariar, então procede-se à sua reparação; caso contrário não é efectuado qualquer tipo de intervenção.

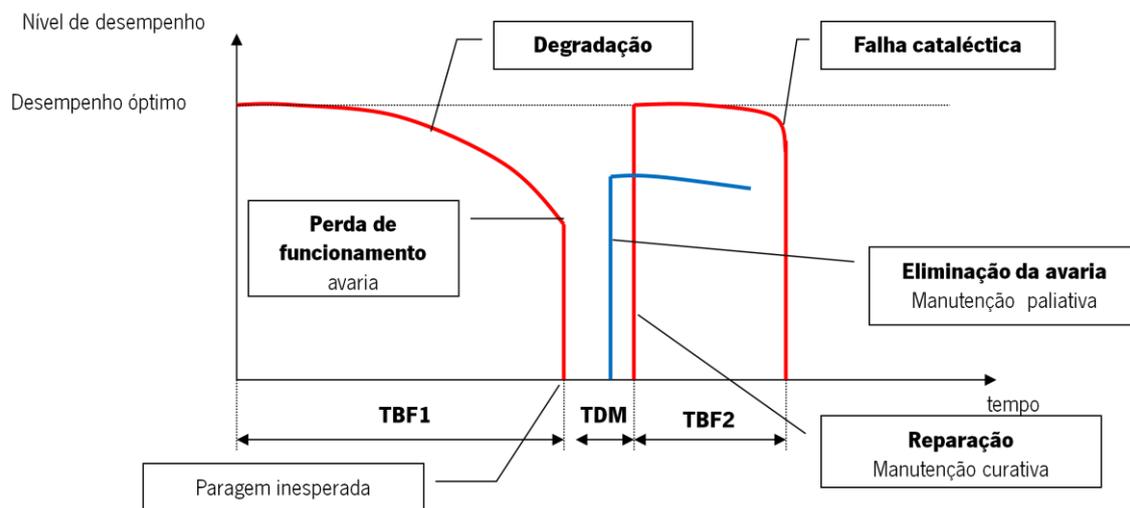
Na manutenção correctiva não existem custos decorrentes da actividade de manutenção até que ocorra uma avaria. Contudo este tipo de manutenção reactiva é o método que maiores custos acarreta. Os custos da manutenção correctiva devem-se essencialmente a:

- Formação de *stocks* consideráveis de peças de reserva que leva a mais despesas de imobilizado;
- Necessidade de recorrer várias vezes a horas extra que implicam mais despesa de mão-de-obra;
- Não permitir o planeamento da paragem das máquinas para manutenção, o que leva a que a produção seja parada em tempo destinado à produção, e provoque disfunções no planeamento da própria produção. As consequências podem ser atrasos nos compromissos de entrega, perda de clientes, degradação da imagem da empresa, etc.;
- Alongar os tempos de paragem das máquinas devido à inexistência de um plano de trabalho para a execução da tarefa de reparação da avaria;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, uma vez que a degradação dos materiais é mais acentuada com o aumento da taxa de avarias do equipamento. Muitas avarias levam a alterações do estado óptimo do equipamento, que não são por vezes detectadas na altura da reparação e podem implicar mais avarias e uma degradação mais acentuada.

Segundo Monchy (2) a manutenção correctiva pode ser subdividida em manutenção paliativa e curativa.

A manutenção paliativa, compreende as intervenções efectuadas com vista a colocar o equipamento em funcionamento antes da reparação da avaria, por vezes sem mesmo interromper o funcionamento do conjunto. Tem um carácter “provisório”.

A manutenção curativa, compreende as intervenções efectuadas após avaria, por vezes após a retirada do estado de “avariado”. Tem um carácter definitivo. A Figura 1.3 procura sintetizar as formas de manutenção correctiva e a sua relação com o nível de desempenho dos equipamentos.



**Figura 1.3 - Manutenção correctiva (lei de degradação desconhecida), adaptado de (2).**

Segundo Souris (8) a manutenção de tipo correctiva tem ainda uma variante: a manutenção de melhoria. Neste caso, a intervenção correctiva visa fazer modificações ao equipamento, de forma a melhorar o desempenho do mesmo. A intervenção é feita após a identificação da alteração que pode melhorar a forma como o equipamento está a funcionar ou a sua manutibilidade (9). Este método visa implementar uma melhoria nos equipamentos que vai além das características inicialmente planeadas no projecto de concepção. Estas melhorias pretendem, através de modificações no próprio equipamento, aperfeiçoar as suas características a nível operacional, ambiental ou de segurança, podendo em algumas situações, significar uma menor frequência de outros tipos de manutenção.

Apesar deste tipo de manutenção ser do tipo correctivo, o facto de ser um trabalho que deve ser correctamente planeado leva a que caia igualmente no âmbito da manutenção planeada.

A norma EN 13306 (3) refere um tipo de manutenção variante da manutenção correctiva, é ela a manutenção de urgência. A norma define-a como a manutenção que é realizada imediatamente após a detecção de uma falha a fim de evitar consequências inaceitáveis.

### 1.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção do tipo preventivo é efectuada com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrer uma dada avaria num dado equipamento, ou de evitar a deterioração da qualidade de um determinado produto e quando correctamente programada, permite manter um nível alto de fiabilidade.

A norma EN 13306 (3) define a manutenção preventiva como uma manutenção efectuada a intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.

O custo da manutenção preventiva pode no entanto ser elevado, se esta não for correctamente implementada. A razão prende-se com a possibilidade da substituição de algumas peças antes destas atingirem os seus limites de vida útil, o que implica que parte da vida útil da peça seja perdida para dar lugar a um novo componente.

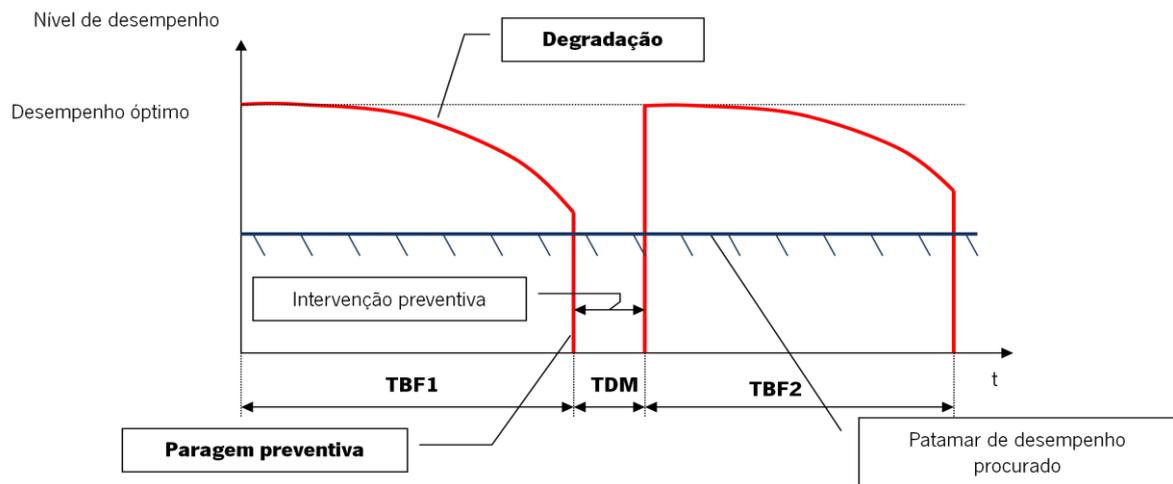


Figura 1.4 - Manutenção preventiva (lei de degradação procurada), adaptado de (2).

A colocação em prática desta manutenção necessita da decomposição dos equipamentos em elementos que podem sofrer manutenção. Estes elementos devem ser visitados ou substituídos regularmente. A periodicidade das visitas é estabelecida pelo estudo das leis de degradação pelas quais se rege o desempenho dos elementos. O seu planeamento deverá ser elaborado de maneira a precisar o trabalho a executar pela equipa de manutenção. Esta deverá elaborar um relatório que deverá realçar os resultados das diversas medidas e observações.

As principais acções de um programa de manutenção preventiva podem sistematizar-se em acções de:

- Lubrificação – evita o desgaste das peças móveis em contacto, reduzindo o calor gerado pelo atrito ou protege as peças de corrosão;
- Inspeção visual – o técnico de manutenção utiliza fundamentalmente os seus sentidos, conhecimentos e experiência, sem necessidade de recurso a equipamentos adicionais;
- Ensaios – que podem ser divididos em três tipos, operacionais, funcionais, e oficinais:
  - Ensaios operacionais que contemplam acções de verificação das condições de funcionamento de um equipamento sem recurso a equipamentos adicionais de ensaio;
  - Ensaios funcionais que simulam diferentes regimes e situações de funcionamento do equipamento ou sistema, para determinar se os seus parâmetros de operação se encontram dentro das especificações. Requer o recurso a equipamentos auxiliares de ensaio e medida;
  - Ensaios oficinais que implicam a desmontagem de equipamento ou parte deste e o seu envio para a oficina para ser testado em banco de ensaios.
- Ajustes – consiste na reposição do valor nominal de uma característica física do equipamento (folga, binário de aperto, tensão, etc.). Esta tarefa é precedida de uma verificação que mede o valor do parâmetro que afere a característica e determina a necessidade de proceder ao ajuste, consoante estejam, ou não, excedidas as tolerâncias definidas para esse parâmetro;
- Revisão – que pode ser dividida em dois tipos, parcial ou geral:
  - Revisão parcial – consiste na desmontagem, verificação, limpeza, substituição de peças, ajustes, montagem e ensaio de parte de um equipamento ou sistema;

- Revisão geral – implica a desmontagem completa de um equipamento, verificação, limpeza, substituição de peças, montagem e ensaio. Trata-se de uma acção de manutenção adequada para equipamentos cujos componentes estão sujeitos a desgaste progressivo com o funcionamento.

A manutenção preventiva pode ser separada em dois tipos de manutenção diferentes: a manutenção preventiva sistemática e a manutenção preventiva condicionada.

### **Manutenção preventiva sistemática**

A manutenção preventiva sistemática é efectuada segundo um programa de intervenções estabelecido *a priori* tendo como base o tempo ou unidades de uso. A norma EN 13306 (3) define a manutenção do tipo sistemático como aquela que é efectuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem.

Este tipo de manutenção é uma grande evolução perante a manutenção correctiva, pois permite diminuir a taxa de avarias que afecta o equipamento, uma vez que este é alvo de uma manutenção prévia (desejavelmente) à ocorrência da avaria. Contudo, este método falha por considerar o mesmo tempo médio de falha para dois equipamentos iguais, desprezando as condições do meio onde trabalham, ou mesmo o tipo de trabalho efectuado, pelo que esta política só é eficaz quando o mecanismo de falha é típico de desgaste.

A maior dificuldade consiste em identificar o período de tempo que maximiza a utilização de um determinado equipamento. Esta dificuldade é proporcional à complexidade do item em causa pois quanto mais complexo este for, menos provável será apresentar um padrão de falha típico de desgaste.

O conceito de manutenção preventiva sistemática fundamenta-se no estudo da fiabilidade dos sistemas e dos seus componentes. Obriga a uma definição dos períodos de intervenção, assim como à definição dos tempos entre as intervenções. Ambos os tempos são constantes e dependem de estudos sobre a fiabilidade de falha, para cada equipamento.

### **Manutenção preventiva condicionada**

A manutenção preventiva condicionada compreende as intervenções efectuadas quando existe uma evidência de avaria eminente ou que se aproxima do limite de degradação admissível pré-determinado. Este tipo de manutenção aplica-se a órgãos cujo custo de substituição é elevado e podem ser vigiados por métodos não destrutivos.

A norma EN 13306 (3) apresenta a manutenção condicionada como uma manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as acções daí decorrentes. A vigilância pode ser executada segundo um calendário, a pedido ou de modo contínuo.

A norma EN 13306 (3) indica ainda um subtipo da manutenção condicionada: a manutenção preditiva. A norma define-a como uma manutenção condicionada efectuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem.

Na prática este tipo de manutenção acontece quando se acompanha a degradação de um equipamento e se intervém numa data programada de acordo com a previsão de chegada a um determinado patamar de degradação.

De forma a vigiar a situação das máquinas existem diversas técnicas de controlo de condição das máquinas, sendo as mais conhecidas e utilizadas:

- Análise de vibrações;
- Termografia;
- Análise de parâmetros de rendimento;
- Inspeção visual;
- Medições ultra-sónicas;
- Análises de lubrificantes.

O planeamento de um programa de manutenção condicionada desenvolve-se nas seguintes fases:

- Selecção das instalações e equipamentos – são seleccionados os equipamentos vitais para o processo produtivo ou por terem componentes de custo elevado;
- Selecção das técnicas – é seleccionada a técnica de controlo aplicável ao parâmetro que se deseja controlar;
- Definição do programa – são identificadas as máquinas e definem-se os pontos em que serão tomados os registos e qual a sua periodicidade;
- Definição dos padrões – para cada parâmetro e ponto de medição existe um valor de referência e respectivos intervalos de alerta necessários. As referências são estabelecidas pelos elementos fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos, por estudos desenvolvidos, ou pela experiência adquirida na empresa;
- Recolha de dados – feitos por operadores que fazem o registo dos parâmetros especificados no momento especificado;
- Análise de dados – tratamento informático dos dados recolhidos, com a construção de um gráfico de tendência e a emissão de um alerta quando forem excedidos os limites de controlo;
- Análise e correcção das avarias – são programadas acções necessárias, que poderão conduzir à paragem do equipamento para reparação imediata face à gravidade eminente de avaria, ou aguardar por uma paragem do processo produtivo.

### **1.2.3 TPM – Manutenção Produtiva Total**

A manutenção produtiva total, TPM (do inglês Total Productive Maintenance), é um conceito moderno de manutenção introduzido no Japão na década de 70, resultante da implantação da técnica KanBan na empresa Nippon Denso do grupo Toyota (7).

O TPM destaca-se das outras filosofias de manutenção principalmente por envolver o pessoal da produção activamente na manutenção, explorando assim o facto de o operador ser o melhor conhecedor da máquina e estar numa posição privilegiada para proporcionar as melhores condições de prevenção de avarias. Os especialistas são assim libertos destas tarefas, permitindo-lhes preocuparem-se com operações mais específicas.

Os objectivos do TPM são a eliminação das falhas, defeitos, e outras formas de perdas e desperdícios, potenciando ao máximo a eficiência das máquinas e dos equipamentos. Para isso, envolvem-se os operadores das máquinas, o pessoal da manutenção, os níveis superiores da gestão e os quadros intermédios (7).

Segundo Cabral (7) a aplicação do TPM permite eliminar aquelas que são conhecidas como as sete grandes perdas:

- Perda por avaria/falha;
- Perda por mudança de produto e afinações;
- Perda devido à ferramenta ou molde;
- Perda por pequenas paragens;
- Perda por quebra de velocidade;
- Perda por produto defeituoso e retrabalho;
- Perda no arranque das máquinas.

Os factores acima referidos prejudicam a eficiência do equipamento, e por conseguinte, de todo o processo produtivo.

A aplicação do TPM está assente em oito pilares fundamentais. São eles:

- Melhorias individualizadas nas máquinas;
- Estruturação da manutenção autónoma;
- Estruturação da manutenção planeada;
- Formação para incremento das capacidades do operador e do técnico da manutenção;
- Controlo inicial do equipamento e produtos;
- Manutenção da qualidade;
- TPM nos escritórios;
- Higiene, segurança e controlo ambiental.

Na busca da melhoria do rendimento das máquinas, o TPM utiliza uma série de indicadores próprios.

O indicador mais importante é aquele que mede o nível de aproveitamento de um equipamento: o rendimento global de uma máquina ou OEE (Overall Equipment Efficiency) é dado por:

$$OEE = DOP \times ID \times TQU \times 100 \quad (1)$$

Em que:

DOP – disponibilidade operacional

ID – indicador de desempenho

TQU – taxa de qualidade

O rendimento operacional de um processo produtivo depende, então, do conjunto de três componentes: a disponibilidade operacional, o desempenho e a qualidade. Cada ponto percentual ganho no rendimento global traduz-se num aumento proporcional de produtos produzidos com qualidade.

Os resultados que se pretendem obter com a implementação do TPM são, segundo Cabral (7):

- Praticamente zero-avarias;
- Aumento da fiabilidade das máquinas;
- Redução dos tempos de paragem de produção;
- Diminuição dos defeitos de qualidade;
- Incremento da produtividade;
- Redução dos acidentes de trabalho;
- Economia de energia e outros recursos;
- Aumento da motivação para o trabalho;
- Criação de um ambiente agradável de trabalho;
- Melhoria da imagem da empresa.

#### **1.2.4 RCM – Manutenção Centrada na Fiabilidade**

A Manutenção Centrada na Fiabilidade, RCM (do inglês Reliability Centered Maintenance) é uma metodologia de manutenção em que as decisões de gestão da manutenção são fundamentadas na fiabilidade dos equipamentos e dos seus componentes.

Segundo Moubray (10) esta metodologia pode ser definida como um processo usado para determinar as necessidades de manutenção de um bem físico inserido no seu contexto operacional.

Em suma, a metodologia RCM é constituída por procedimentos que se desenvolvem no sentido de diagnosticar os vários factores que contribuem para a falta de fiabilidade de um equipamento, assim como as medidas a tomar para estabelecer a sua fiabilidade. O RCM representa um processo de decisão lógico destinado a estabelecer programas de manutenção preventivos mais eficientes. As técnicas que utiliza levam em conta os defeitos e as possibilidades de avaria que podem ter sido introduzidos ou causados durante a produção, armazenagem, operação e manutenção dos equipamentos (11).

O RCM foi inicialmente aplicado na indústria aeronáutica e actualmente estende-se a quase todos os tipos de indústria. Segundo Moubray (10) pode ser generalizada em quatro etapas:

- Divisão do sistema;
- Determinação de itens significativos;
- Classificação de falhas;
- Determinação das acções de manutenção.

As técnicas subjacentes ao método pressupõem o domínio dos conceitos de fiabilidade, manutibilidade e disponibilidade.

### **1.3 NÍVEIS DE MANUTENÇÃO**

A definição de níveis de manutenção, mais concretamente naquilo que se refere ao executante da tarefa, poderá ter várias definições de empresa para empresa. Com a introdução de novas filosofias de manutenção, nomeadamente com o TPM, são cada vez mais incumbidas ao operador da máquina as tarefas de manutenção do equipamento. Cada operação ou conjunto de operações preventivas para um dado equipamento, incluir-se-á necessariamente num destes níveis.

As acções de manutenção podem ser caracterizadas segundo o seu grau de complexidade, seja como de ordem técnica, de qualificação dos executantes, ou dos meios envolvidos. A

AFNOR, através da norma NF X60-010 (4) citada por Miranda (5) e Souris (8) define até 5 níveis de manutenção e permite definir com precisão as acções:

- Natureza dos trabalhos;
- Local de intervenção;
- Pessoal de execução;
- Ferramentas necessárias;
- Documentação;
- Peças consumíveis.

Os níveis de manutenção podem ser definidos como:

1º nível – Regulação simples por parte do operador da máquina no próprio local, prevista pelo construtor do equipamento, nos órgãos acessíveis sem desmontagem do equipamento, ou substituição de elementos consumíveis acessíveis com toda a segurança. As instruções devem constar no manual de utilização do equipamento e/ou no guia do operador. O *stock* de peças consumíveis deve ser muito reduzido;

2º nível – Eliminação de avarias por parte de um técnico de qualificação média, por substituição estandardizada de elementos previstos para esse fim, operações menores de manutenção preventiva e controlo do bom funcionamento com ferramentas definidas no manual de manutenção. A documentação deve ser fornecida sob a forma de instruções de utilização/conservação. As peças devem ser transportáveis e facilmente encontradas nas imediações do local de intervenção.

3º nível – Identificação e diagnóstico das avarias de emergência, reparações por substituição de componentes funcionais, reparações mecânicas menores, afinações gerais e organização da manutenção preventiva de acordo com as instruções recebidas. As intervenções devem ser feitas no próprio local ou na oficina central de manutenção, conduzida por pessoal especializado, com ferramentas previstas no manual de manutenção e aparelhos de medição. Toda a documentação deve estar disponível para a unidade de manutenção e as peças consumíveis fornecidas pelo armazém segundo o 1º e 2º nível;

4º nível – Trabalhos importantes de manutenção correctiva ou preventiva, verificação por organismos especializados dos padrões secundários possuídos, participação na definição da política de manutenção. O local da intervenção deve ser a oficina e locais especializados. O pessoal deve ser muito especializado e usar ferramentas previstas pelo manual de manutenção, equipamento geral de uma oficina, bancos de medição e padrões secundários. As peças consumíveis devem estar disponíveis na oficina de acordo com a política de manutenção escolhida para a correcta execução da missão de manutenção;

5º nível – Trabalhos de substituição ou de reconstrução, reparações importantes confiadas à oficina central e revisões gerais. Os meios são definidos pelo construtor do equipamento.

## **1.4 ASPECTOS ECONÓMICOS DA MANUTENÇÃO**

A manutenção tem como objectivo mitigar os efeitos que as falhas dos equipamentos têm nas empresas e as consequências para a produção. Tem também uma função produtiva que é a de contribuir para a eficácia económica da empresa. Segundo Souris (8) no conceito de custo de manutenção podem-se agrupar as despesas correspondentes a:

- Custos directos de manutenção;
- Custos indirectos de manutenção;
- Custos do ciclo de vida, etc.

### **1.4.1 Custos directos da manutenção**

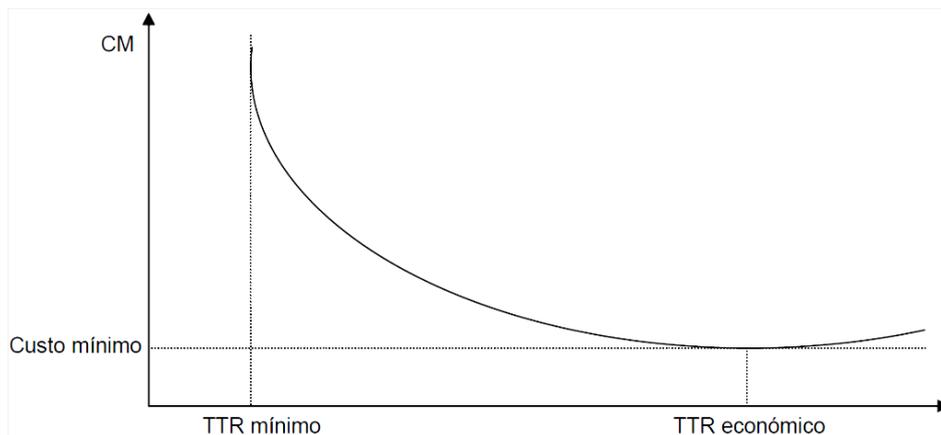
Segundo François Mouchy (2) os custos directos da manutenção são distribuídos por:

- a) Custos de mão-de-obra: produto do tempo gasto na reparação por uma taxa horária;
- b) Gastos gerais do serviço de manutenção: custos com mão-de-obra administrativa, gastos comuns ou encargos gerais, custos fixos e acessórios à manutenção como o apoio administrativo, climatização ou telefones;
- c) Custos de posse dos *stocks*, das ferramentas e das máquinas, próprios da manutenção: gastos inerentes à posse dos materiais em armazém, bem como à existência do próprio armazém e do pessoal adstrito, custos caracterizados por uma taxa de amortização, compreendendo uma desvalorização, por uso ou obsolescência, e um valor residual;

- d) Custos das peças de reposição: valor da factura de compra, mais os custos de transporte e execução da encomenda;
- e) Custos dos contratos de manutenção: valor constante do clausulado referente às obrigações pecuniárias;
- f) Custos dos trabalhos subcontratados: valor da factura emitida pela entidade prestadora do serviço.

Segundo o mesmo autor, o custo directo de manutenção (CM) é ainda função do Tempo Técnico de Reparação (TTR). O custo dos meios para a execução das intervenções assim como no nível de preparação, o número, a qualificação do pessoal e a logística, condicionam a duração da intervenção.

Como se pode ver pela Figura 1.5, existe um custo mínimo de intervenção relacionado com um TTR mais económico. Qualquer tentativa de diminuição do TTR leva ao aumento dos custos da própria intervenção.



**Figura 1.5 - Custos directos de manutenção em função do TTR (7).**

#### **1.4.2 Custos indirectos da manutenção**

Os custos indirectos da manutenção são, segundo François Mouchy (2), constituídos por:

- a) Custos de perda de produção: onde se engloba o custo de perda dos produtos não fabricados, das matérias-primas em transformação que são perdidas, as perdas de qualidade, a perda dos produtos desclassificados;
- b) Custos de mão-de-obra não ocupada (na produção);
- c) Custos de amortização do equipamento parado;

- d) Gastos induzidos: custo de não cumprimento de prazos de entrega, penalidades, perda do cliente, perdas de imagem;
- e) Gastos de recolocação em operação do processo de produção.

Segundo Cabral (7), os verdadeiros custos da manutenção não são os custos contabilísticos directos, mas sim aqueles que têm em conta também as consequências da manutenção. Porém, ainda segundo Cabral (7), não se descobriu ainda uma medida para a quantificação numérica destes custos, sendo conveniente reter a imagem do iceberg dos custos (Figura 1.6) onde os custos directos (ponta do iceberg) são quatro vezes inferiores aos outros custos dificilmente quantificáveis.



**Figura 1.6 - Iceberg de custos, adaptado de (7).**

### 1.4.3 Custos do ciclo de vida de um equipamento

O custo do ciclo de vida do equipamento ou LCC (Life Cycle Costing), engloba todos os custos desde o projecto até ao abate e permite a visualização do desenrolar dos acontecimentos económicos ocorridos ao longo das horas acumuladas de serviço de um equipamento. Trata-se de uma abordagem dos custos de grande importância.

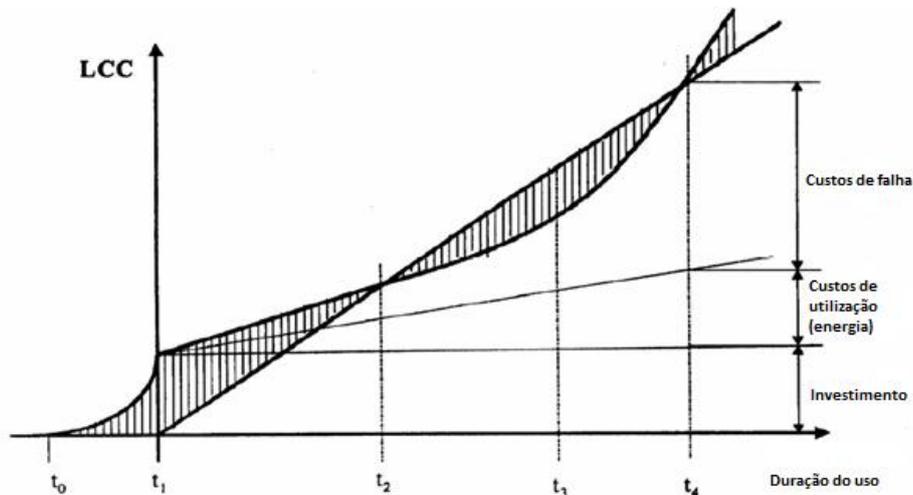
O objectivo da análise LCC é a escolha da abordagem mais favorável em termos de custos, para que os custos sejam menores durante a vida útil do equipamento. O LCC permite ao responsável pela manutenção a justificação de uma aquisição ou a escolha de um processo, baseando-se nos custos totais e não nos custos iniciais.

Segundo Assis e Julião (12) o custo do ciclo de vida de um equipamento é composto por dois custos: o custo de propriedade e o custo de operação. O custo de propriedade é igual, por sua vez, à soma dos seguintes custos, originados respectivamente no início, decurso e fim do ciclo:

- Custo de aquisição e instalação;
- Custo de manutenção;
- Custo de desactivação e eliminação.

O custo de operação compreende os chamados custos dos recursos usados na produção de bens ou serviços, tais como energia, consumíveis e mão-de-obra. Os custos de oportunidade podem ser também aqui incluídos ou considerados numa terceira categoria.

Monchy (2) caracteriza o custo de posse de um equipamento, determinando a respectiva zona de rendibilidade, conforme se verifica na Figura 1.7:



**Figura 1.7 – Constituição do LCC (2).**

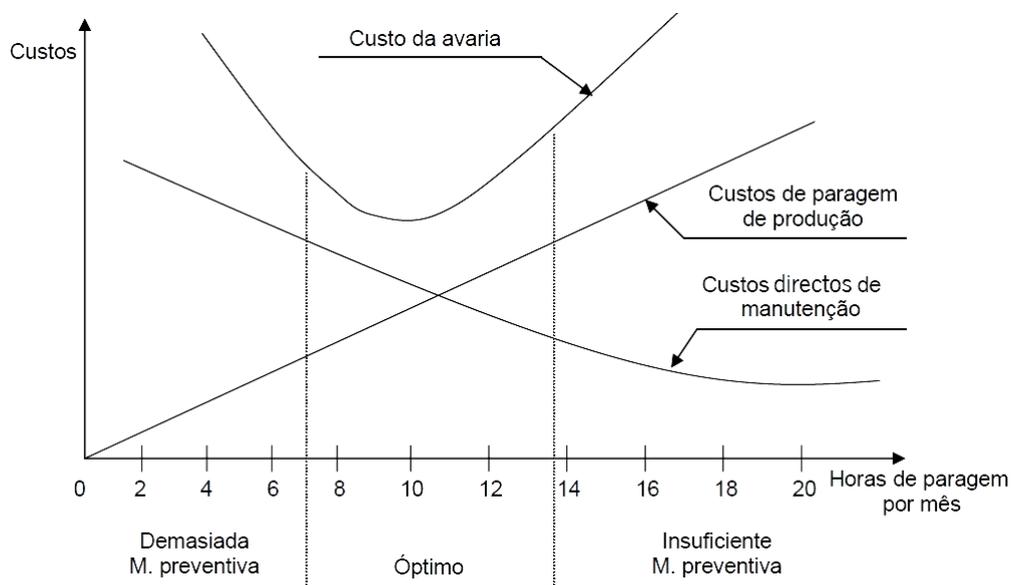
Em que:

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| $t_0$ – Decisão da compra;     | $t_3$ – Rendibilidade máxima;                           |
| $t_1$ – Colocação em operação; | $t_4$ – Paragem da manutenção;                          |
| $t_2$ – Final da amortização;  | $(t_2, t_4)$ – Período de rendibilidade do equipamento. |

### 1.4.4 Optimização dos custos de avaria

A análise dos custos de manutenção permite verificar que os custos directos de manutenção e os custos indirectos são inversamente proporcionais. Torna-se até lógico esperar que o aumento das despesas de manutenção tenha por consequência a diminuição dos tempos de paragens imprevistas (2).

Neste pressuposto, deverá ser possível detectar um nível de manutenção que optimize os custos de avaria de um equipamento. A representação gráfica da evolução dos custos directos e indirectos, mostrada na Figura 1.8 pretende demonstrar exactamente isso.



**Figura 1.8 - Optimização dos custos de avaria (2).**

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Este parágrafo pretende fazer uma reflexão pormenorizada sobre aquelas que são consideradas as áreas-chave para a organização de um serviço de manutenção.

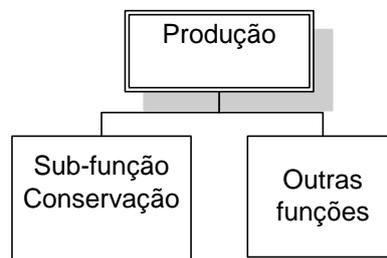
### 1.5.1 Elementos da organização da manutenção

#### 1.5.1.1 Estrutura da função manutenção

A manutenção numa empresa não é um fim em si mesmo, mas sim um meio para apoiar a produção. A visão da produção é geralmente de curto prazo em relação à manutenção; porém a manutenção deverá ter uma visão a médio e longo prazo com vista à vida útil e custo de vida

dos equipamentos. A divergência de visões pode originar conflitos entre as funções produção e manutenção, pelo que devem ser definidas por parte da administração as responsabilidades entre os dois departamentos.

A posição tradicional da manutenção é de subordinação em relação à produção (Figura 1.9). Porém, as estruturas de funcionamento das funções produção e manutenção devem ajustar-se entre si em nome da gestão geral da empresa e dos objectivos da máxima eficácia e eficiência da empresa, permitindo simultaneamente a implantação de métodos de gestão que pressuponham relações funcionais e claras entre as duas funções.



**Figura 1.9 - A Manutenção (Conservação) subordinada à Produção (5).**

A promoção da sub-função “Conservação” a um serviço de manutenção, passa pela horizontalização dos dois serviços, segundo o modelo da Figura 1.10 (5).



**Figura 1.10 - Horizontalização dos serviços de Manutenção e Produção (5).**

Segundo Miranda (5), a tendência será para uma interligação cada vez maior entre as duas funções devido à coincidência dos objectivos globais de produtividade e qualidade.

Os conceitos de centralização e descentralização estão sempre associados a uma estrutura de manutenção. Segundo Haroun e Duffuaa (13), existem três tipos de estrutura de manutenção: centralizada, descentralizada ou híbrida. A decisão sobre o modelo a usar depende muito da filosofia da empresa, da carga de trabalho, do tamanho da empresa, da aptidão dos técnicos, das características dos equipamentos, etc.

A estrutura centralizada caracteriza-se por todo o pessoal da manutenção reportar a um responsável pela manutenção. Na estrutura descentralizada, o pessoal reporta aos responsáveis pelo departamento/sector onde estão inseridos. Na estrutura híbrida, os técnicos são alocados em sectores e ficam sob a responsabilidade conjunta do responsável da manutenção e do responsável pelo sector onde estão inseridos.

A organização da estrutura da manutenção também pode ser classificada segundo três tipos:

- Organização por especialidade – trata-se de um modelo onde se separam as funções dos técnicos de acordo com a sua especialidade, quer seja por habilitações académicas, por experiência escolar, ou por ambas;
- Organização funcional – modelo aplicado a empresas em que existe muita manutenção correctiva; desta forma a divisão pode ser feita segundo os trabalhos de manutenção como correctiva, preventiva e trabalhos de melhoria por exemplo;
- Organização operacional – modelo em que não existem equipas fixas e cada operação de manutenção implica a agregação de uma equipa adequada para o trabalho. Desta forma, a equipa é adaptável ao tipo de trabalho. Adequa-se principalmente a empresas de prestação de serviços de manutenção.

### ***1.5.1.2 Recursos humanos***

Os profissionais de manutenção, técnicos e engenheiros, são os mais aptos a responder ao desafio permanente da exigência de disponibilidade das instalações de produção. São estes técnicos que possuem conhecimentos sobre a empresa, com experiências anteriores e um processo de raciocínio frequentemente colocado à prova, que dominam um determinado número de parâmetros necessários à disponibilidade permanente das instalações fabris e dão garantias à produção quanto ao cumprimento do plano de produção.

Contudo, é necessário que os técnicos disponham de ferramentas e métodos que permitam atingir os resultados e reforcem a credibilidade do sector da manutenção dentro da empresa, em particular perante a Administração.

### **1.5.1.3 Organização interna**

O serviço de manutenção, para cumprir os seus objectivos, deverá possuir uma organização interna que lhe permita exercer a sua actividade e realizar a sua missão, o que depende dos seguintes factores:

- Dimensão da empresa;
- Tipo de actividade da empresa;
- Tecnologia das instalações e/ou fábricas;
- Tipo e quantidade dos equipamentos que lhe estão afectos;
- Grau de dispersão geográfica da área das instalações à sua responsabilidade;
- Outras actividades que eventualmente sejam da responsabilidade da estrutura de manutenção.

Os meios susceptíveis de utilização comum numa estrutura desenvolvida ajustada à dimensão da empresa e dos seus serviços de produção e com certa dimensão poderão ser, segundo Varela Pinto (14) os seguintes:

- a) Áreas ou funções de gestão global, tais como: a gestão de aprovisionamentos incluindo a subcontratação, a gestão de armazéns, o planeamento e compatibilização das grandes intervenções anuais tendo em vista a optimização dos meios centralizados, etc.;
- b) Funções especializadas do tipo “Apoio a Projectos” e “Engenharia de Manutenção”;
- c) Oficinas, serviços e meios comuns à organização tais como: oficinas centrais e especializadas, transportes, gruas e outros meios de elevação, etc.

Para além destes meios poderão existir outros meios operacionais, designados “Unidades de Manutenção”, afectos a determinadas áreas de produção. Isto normalmente acontece quando se trata de uma grande empresa com áreas de produção diversificadas e dispersão geográfica das instalações. Nestes casos existirá um responsável e meios operacionais próprios operando com o apoio de oficinas, serviços e meios centralizados comuns, numa perspectiva de optimização de recursos.

De acordo com os objectivos e o conteúdo da função manutenção, uma unidade de manutenção poderá ser constituída segundo Varela Pinto (14) pelas três áreas funcionais seguintes:

- a) Uma área funcional que desempenhe as tarefas de Planeamento, Preparação, Programação e estudo dos Métodos de trabalho a utilizar;
- b) Uma área funcional que agrupe a Execução ou Realização dos trabalhos;
- c) Uma área funcional de estudos de Engenharia de Manutenção.

A área que abrange as tarefas de Planeamento, Preparação e Programação do trabalho e respectivos métodos operatórios, designado por "Gabinete de Planeamento", ocupar-se-á dos seguintes domínios:

- a) Organização da documentação técnica;
- b) Elaboração do plano de manutenção dos equipamentos e instalações tendo por base a política de manutenção a aplicar (preventiva, sistemática, condicionada, correctiva) que for definida para cada equipamento;
- c) Preparação do trabalho das intervenções, definindo as especializações técnicas do pessoal a afectar, materiais e serviços a utilizar, métodos operatórios a aplicar e avaliação dos custos das intervenções;
- d) A programação dos trabalhos de forma a adequar, de forma dinâmica, as necessidades de manutenção aos meios materiais e humanos disponíveis.

A área que agrupa a Execução ou Realização tem como competência (com base nos elementos fornecidos pelo Gabinete de Planeamento e pelas oficinas), a execução dos trabalhos em prazo, qualidade e custo previstos.

A área de Estudos e Engenharia de Manutenção é responsável pela análise da fiabilidade e manutibilidade dos equipamentos destinada ao estudo de soluções a introduzir para melhorias das características do equipamento.

Numa empresa de grande dimensão, algumas funções de âmbito geral e comum poderão não estar intrinsecamente ligadas só a um determinado módulo ou unidade de manutenção, mas fazem parte da estrutura central de modo a otimizar recursos. A optimização dos recursos

pode passar pela engenharia de manutenção, pela organização da documentação técnica, pela elaboração de planos de manutenção de equipamentos comuns, a gestão de armazéns, etc.

## **1.5.2 Gestão dos bens**

### ***1.5.2.1 Gestão dos equipamentos***

Um importante suporte de toda a actividade de manutenção é constituído pela documentação técnica relativa aos equipamentos.

Segundo Varela Pinto (14) a organização da documentação técnica começa pela elaboração de uma lista normalmente designada por inventário de equipamentos (ou Reportório de equipamentos), onde constem todos os equipamentos afectos à actividade e que serão intervencionados pelo serviço de manutenção. O inventário não é mais do que uma lista completa de todos os equipamentos pertencentes a uma instalação, subordinados a uma gestão comum. Seguidamente, elabora-se um sistema de codificação que permita a sua identificação e localização nas instalações. O sistema de codificação servirá também para apurar os custos de manutenção. Importa salientar que se entende por equipamento todo o elemento, componente, sistema que possa ser considerado individualmente (por ex: bomba, motor, permutador, etc.).

O sistema de codificação deve ser implementado de forma a possibilitar a referência de cada equipamento codificado de uma lista de módulos, peças de reserva, histórico de avarias e mais dados relevantes.

Com o inventário dos equipamentos estruturado elabora-se, para cada equipamento, um arquivo, designado por manual técnico, onde serão arquivados todos os seus dados técnicos.

A partir do manual técnico de cada equipamento é elaborado um plano de manutenção, tendo em conta que será eventualmente necessário estudar e definir métodos de operação, para determinados equipamentos, secções produtivas, etc.

### ***1.5.2.2 Gestão dos materiais***

A armazenagem de peças tem custos: o valor imobilizado, os gastos de conservação, etc. Para além destes custos mais imediatos e contabilizáveis juntam-se outros como o custo de

logística no próprio armazém; o custo de comprar uma peça equivocadamente quando se tem uma igual em *stock*; o custo de procurar a referência (por vezes só desmontando o equipamento); o custo de procurar o fornecedor possível, etc.

Com isto, pode-se concluir que a gestão da manutenção passa muito pela logística e, conseqüentemente, pela organização do armazém de peças e de materiais para o serviço de manutenção.

A gestão das peças e dos materiais é um elemento importante para a gestão da manutenção. Devem observar-se quatro requisitos principais, segundo Cabral (7):

- a) A gestão de peças e materiais de manutenção abrange, não só, os artigos de *stock*, propriamente ditos, como também os artigos não existentes em armazém mas, plausivelmente, necessários à manutenção;
- b) O sistema de gestão de peças deve proporcionar a correlação entre as peças e os equipamentos onde elas são aplicadas, pois uma mesma peça pode ser utilizada em vários equipamentos de marcas diferentes, instalações, etc.;
- c) O sistema de codificação e referenciação deve permitir pesquisas rápidas;
- d) A organização do cadastro de artigos deve impedir o crescimento descontrolado da população de artigos em *stock*, nomeadamente a repetição do mesmo artigo sob referências diferentes.

### **1.5.3 Planeamento da manutenção**

A organização interna da função manutenção integra diversas actividades ou Funções, tais como, o Planeamento, a Preparação e Métodos de trabalho, a Programação do trabalho e a Realização ou Execução. Estas actividades desenvolvem-se de forma sequencial conforme exemplificado na Figura 1.11.

As actividades de Planeamento, Preparação e Métodos são responsáveis por elaborar o plano de manutenção, por preparar os trabalhos de manutenção preventiva nele previstos e os trabalhos de manutenção correctiva originados por avarias. Responsabilizam-se também pela avaliação dos respectivos custos e prazos de execução e ainda pela preparação dos contratos de trabalho subcontratados a entidades externas.



**Figura 1.11 - Organização do trabalho de manutenção (14).**

A preparação dos trabalhos tem como objectivo fornecer ao executante as instruções detalhadas e disponibilizar *a priori* as ferramentas e os materiais necessários para a execução do trabalho que lhe foi atribuído. O objectivo é evitar as perdas de tempo e conduzir a uma redução dos custos de manutenção pelo aumento de produtividade do trabalho e diminuição do tempo de imobilização do equipamento.

A programação dos trabalhos procura sequenciar os trabalhos previstos, tendo em conta os prazos e as prioridades de execução, avaliando as necessidades de mão-de-obra e detectando situações em que o recurso seja a subcontratação.

A programação da execução dos trabalhos deve ter em consideração as prioridades de acção. Para isso torna-se necessário estabelecer critérios que permitam classificar a prioridade dos trabalhos a executar. A prioridade é normalmente atribuída em graus de urgência dos trabalhos, podendo este parâmetro variar em função do tipo de empresa e instalações afectas ao serviço de manutenção e em função das consequências da possível ocorrência de falhas ou avarias na produção.

A realização é a actividade responsável por executar os trabalhos segundo a programação pré-estabelecida. Esta actividade deverá garantir o cumprimento do prazo da programação, o custo e a qualidade, efectuar a selecção do pessoal a executar cada trabalho e orientar e fiscalizar os trabalhos subcontratados. No decorrer das intervenções deverá ainda tomar as

medidas necessárias para garantir a segurança do pessoal e equipamento e garantir a comunicação eficiente com a produção.

### **1.5.3.1 Controlo em manutenção**

O Controlo em manutenção encerra o ciclo da organização dos trabalhos de manutenção. Compete-lhe informar os intervenientes no processo dos resultados obtidos e manter actualizados os ficheiros dos registos históricos e contabilísticos da manutenção.

As funções do controlo podem sistematizar-se da seguinte forma:

- Informar o Planeamento:
  - Dos trabalhos concluídos;
  - Dos trabalhos pendentes (adiados);
  - Dos novos trabalhos resultantes da execução dos trabalhos programados;
  - Dos desvios ocorridos;
  - Outras situações.
- Actualizar o registo histórico;
- Actualizar o registo contabilístico;
- Informar os serviços de contabilidade da empresa sobre o apuramento dos custos dos trabalhos (mão-de-obra, materiais, peças de reserva, serviços subcontratados, etc.).

Para cada equipamento são necessários dois tipos de registos a efectuar:

- Registo histórico;
- Registo contabilístico.

### **Registo Histórico**

O registo histórico, que tem a sua origem na ordem de trabalho, é um documento cuja análise e estudo é fundamental para a evolução e melhoria do desempenho da actividade de manutenção.

O conhecimento do comportamento, ao longo do tempo, de um equipamento baseia-se na informação do seu histórico e poderá assim a engenharia de manutenção, através do estudo, desenvolver soluções que introduzam melhorias na manutibilidade e fiabilidade das instalações e

equipamentos que venham a reduzir os custos de manutenção e aumentar a sua disponibilidade para a produção.

A partir do registo histórico é possível estudar as avarias, o seu tipo, frequência de ocorrência e custo para estabelecer a forma de manutenção mais adequada, tendo em vista a optimização do binómio custo de manutenção/disponibilidade.

Todos os equipamentos devem ter o seu registo histórico. Segundo Cabral (7) o histórico de um equipamento de manutenção deverá contar com a seguinte informação:

- Data da realização do trabalho e, se aplicável, a leitura do contador do equipamento;
- Tipo de trabalho efectuado (melhoria, preventiva sistemática, correctiva, etc.);
- Descrição do trabalho;
- Tempos: de espera (TDE), período de intervenção (PDI), tempo de manutenção (TDM).  
Em caso de se tratar de uma avaria, o tempo de reparação (TDR) e o tempo de indisponibilidade por avaria (TIA);
- Mão-de-obra aplicada (HH) e custo;
- Custo das peças e materiais aplicados;
- Custo total;
- No caso de avaria: sintoma e causa da avaria.

O registo histórico das intervenções é essencial não só para apoio à pesquisa de avarias, mas também como apoio a tomadas de decisão de carácter económico (previsão do momento economicamente óptimo para a substituição do equipamento). Como tal pode ser explorado para:

- Fiabilidade – determinação das leis da fiabilidade, perfil de avarias, taxa de avarias, etc.;
- Disponibilidade – determinação da disponibilidade em condição estável do equipamento;
- Métodos – determinação de pontos fracos do equipamento (para melhoramentos) e de avarias mais frequentes (para melhor preparação de materiais, mão-de-obra, documentação, etc.);
- Gestão de *stocks* – determinação dos consumos habituais de peças (definição dos parâmetros de gestão);

- Gestão de manutenção – determinação de custos por equipamento, por especialidade, por tipo de avaria, por tipo de intervenção, etc.

A pesquisa do registo histórico recorre a diversos modelos matemáticos normalmente com suporte informático, tais como:

- Lei de Pareto – para selecção das avarias mais relevantes. O processo começa com a classificação das avarias por motivo e por natureza. Segue-se a sua quantificação associando por exemplo, através do tempo de imobilização e ordenação pelo seu peso decrescente. A aplicação da análise ABC, permite identificar as avarias sobre as quais deve incidir uma análise de pormenor;
- Leis de desgaste – fazem uso do perfil de desgaste dos órgãos e componentes, em função do tempo de utilização, permitindo identificar a forma de manutenção mais adequada e o tempo mais indicado para efectuar a intervenção;
- Leis de fiabilidade – procura-se definir o tipo de lei que rege a distribuição de avarias do equipamento ou família de equipamentos. A partir daqui é possível fazer uma determinação probabilística do comportamento futuro do equipamento.

### **Registo Contabilístico**

Este registo é um apoio fundamental para tomadas de decisão relativas a substituição de equipamentos, subcontratação de serviços, etc. Deverá conter a informação sobre:

- Custo de aquisição;
- Custo de cada intervenção;
- Valor actualizado do equipamento (tendo em conta as amortizações e valorização devidas a melhoramentos introduzidos).

#### ***1.5.3.2 Criticidade de um equipamento***

Nem todos os equipamentos têm a mesma importância para a produção e manutenção. Cada equipamento tem associado a si um determinado grau de criticidade que indica a importância relativa de um equipamento para o funcionamento e segurança das instalações.

Para Patton (15) o grau de criticidade de um equipamento pode ser numerado segundo 4 níveis:

1. Muito crítico: para os equipamentos com grandes áreas de incidência, designadamente, sistemas auxiliares (ar comprimido, vapor, electricidade, etc.) e segurança. A sua inoperacionalidade leva à perda significativa de produção, uma quebra grave no rendimento ou uma ameaça à segurança;
2. Crítico: equipamentos-chave, sem redundância, cuja inoperacionalidade reduzirá a capacidade de produção;
3. Normal: maioria dos equipamentos. A sua inoperacionalidade leva a um impacto negativo na produtividade e na moral de grupo;
4. Baixo: para equipamentos com pouca utilização, redundantes ou com fraca influência na produção.

Para Monchy (2) o grau de criticidade é composto por um valor numérico, composto pela soma de valores atribuídos a vários critérios, corrigido por um coeficiente de ponderação adequado ao contexto da empresa:

1. Critério intrínseco do material
  - a. Complexidade tecnológica (simples – 0; Complexo – 1; Muito complexo – 2);
2. Critério de exploração
  - a. Importância do equipamento dentro do processo (Secundária – 0; Importante – 1; Vital – 2);
  - b. Compromisso (taxa de mercado) (Episódico – 0; Intermitente – 1; Contínuo – 2);
3. Critério de manutenção
  - a. Custos directos de manutenção (Baixos – 0; Médios – 1; Elevados – 2);
4. Critério económico
  - a. Valor da substituição por um idêntico (Baixo – 0; Médio – 1; Elevado – 2);
  - b. Custos indirectos (Baixos – 0; Médios – 1; Elevados – 2).

### ***1.5.3.3 Ordem de trabalho***

A ordem de trabalho é um elemento de grande importância para a manutenção, uma vez que define o equipamento em que o trabalho se vai executar, o seu tipo, o prazo e os meios

necessários para a sua execução. Constitui a base para um funcionamento organizado e disciplinado da actividade de manutenção. A ordem de trabalho é um dos suportes para toda a informação de um sistema de gestão da manutenção, quer em termos de custos quer em termos técnicos, sendo ainda o documento que permite, pela informação que contém, a elaboração do registo histórico.

O conteúdo da ordem de trabalho deve ser estabelecido de forma a satisfazer, simultaneamente, as necessidades do responsável pela execução, da programação e da informação pretendida para o registo histórico.

#### **1.5.4 Documentação técnica**

A eficácia do serviço de manutenção de uma empresa depende do grau de conhecimento que existe sobre os equipamentos. Este conhecimento deve ser canalizado para um meio que possa acompanhar a vida útil do equipamento e servir de apoio para o dia-a-dia do serviço de manutenção.

A documentação técnica da manutenção serve de suporte para os intervenientes desempenharem as tarefas de acordo com as melhores práticas da arte. Num serviço de manutenção a documentação técnica pode incluir a documentação específica dos equipamentos:

- Especificações técnicas e literatura sobre os equipamentos;
- Documentos comerciais de aquisição (correspondência, garantia, representante local...);
- Manuais de operação, manutenção e lista de peças de reserva;
- Esquemas eléctricos, pneumáticos, hidráulicos, etc.;
- Notas da implantação do equipamento (fundações, ligações...);
- Desenhos técnicos das instalações.

A documentação técnica pode incluir ainda a documentação geral:

- Legislação, regulamentos, normas aplicáveis;
- Literatura técnica geral.

A documentação técnica deve ser susceptível de constante enriquecimento da informação contida e deve ser um alvo de manutenção, da mesma forma que o são os equipamentos.

Qualquer que seja o equipamento, deve-se dispor sempre do manual de operações, do manual de manutenção e da respectiva lista de peças de reserva.

### **1.5.5 Subcontratação**

A tendência actual de organização da manutenção é ter nos quadros das empresas cada vez menos pessoal, mas em contrapartida um pessoal cada vez mais tecnicamente qualificado (2).

A subcontratação na manutenção tem como objectivo minimizar os custos globais da actividade, permitindo o correcto nivelamento da carga de trabalho de manutenção, a superação de dificuldades tecnológicas muito específicas e a concentração dos esforços do pessoal interno em actividades nos equipamentos críticos para a produção. A subcontratação pode ser encarada como a transferência de responsabilidade, para uma entidade exterior, da responsabilidade da execução, total ou parcial, de actividades relacionadas com o programa de manutenção de uma empresa.

Num contexto de manutenção planeada, a função de planeamento pode decidir, conforme a carga de trabalho disponível, se uma determinada tarefa planeada deve ser subcontratada. A subcontratação é uma questão de política de manutenção que tem razões de ordem social, económica ou estratégica. Por exemplo: dificuldade de recrutamento de um determinado colaborador por faltarem recursos humanos na área geográfica da empresa, ou sobrecarga pontual da manutenção durante uma revisão anual, ou a necessidade de um trabalho de alta especialidade técnica que não tem interesse a nível estratégico manter nos quadros da empresa, etc.

As funções a subcontratar na manutenção podem ser segundo Souris (8):

- Manutenção preventiva;
- Manutenção planificada (planeada);
- Manutenção correctiva;
- Serviço após-venda;

- Reparação e reposição em funcionamento;
- Trabalhos novos;
- Serviços (Segurança, Conservação e Limpeza de vias de acesso, Calibração, Ensaios, Análises).

A Norma EN 13269:2007 (16) define uma estrutura para elaborar um contrato de prestação de serviços de manutenção e constitui um documento de consulta para apoio na elaboração de um contrato de manutenção.

## **1.6 INDICADORES DA MANUTENÇÃO**

A existência de indicadores de desempenho na actividade de manutenção, assim como em qualquer área da gestão, constitui um factor determinante para o seu controlo e para o processo de melhoria contínua.

A melhoria contínua consiste numa atitude de gestão que implica uma análise crítica sistemática da situação actual e a sua implicação para um hipotético cliente, seguida de uma concepção e aplicação de formas de melhorar a satisfação do mesmo cliente e posterior revisão dos resultados obtidos (7).

Os indicadores de desempenho ou KPI (Key Performance Indicators) para os anglo-saxónicos, são ferramentas que possibilitam a quantificação daquilo que se faz, estabelecer metas futuras e verificar o seu cumprimento. Uma vez definidos os objectivos da manutenção, torna-se necessário criar instrumentos que permitam avaliar o seu cumprimento e as acções correctivas em caso de desvio. As referências para a comparação podem ser internas ou externas, podendo levar à realização de um *benchmarking*,<sup>1</sup>.

Para Cabral (9), o simples facto de se definirem indicadores-chave para avaliar o desempenho da manutenção, incita por si só, a exigência de fomentar uma gestão da manutenção segundo as boas práticas, de forma a atingir metas ambiciosas.

---

<sup>1</sup> Processo contínuo e sistemático que permite a comparação das performances das organizações e respectivas funções ou processos face

A norma EN 15341:2007 e a sua forma mais recente NP EN 15341:2009 definem um conjunto de indicadores de desempenho relevantes para a manutenção. Os indicadores são agrupados em três grupos:

- Indicadores económicos;
- Indicadores técnicos;
- Indicadores organizacionais.

Os indicadores usados em gestão da manutenção devem incidir nos objectivos estratégicos da gestão da empresa. Para Cabral (9), o segredo da gestão está em escolher os indicadores certos e por períodos suficientemente longos que permitam tirar conclusões.

Para acompanhar a forma como os equipamentos estão a cumprir a missão para que foram construídos existem três indicadores principais:

- A fiabilidade;
- A manutibilidade;
- A disponibilidade.

### **1.6.1 Manutibilidade**

O conceito de manutibilidade é definido pela norma EN 13306 (3) como a aptidão de um bem sob condições de utilização definidas de ser mantido ou repostado num estado em que possa cumprir uma função requerida depois de lhe ser aplicada manutenção em condições determinadas, utilizando procedimentos e meios prescritos. Em suma, o termo exprime a facilidade com que o equipamento pode voltar a cumprir a sua função após uma avaria.

A manutibilidade está mais relacionada com o projecto do equipamento do que com a actividade de manutenção em si, ou seja, o projectista deverá ter a preocupação de prever de que forma seria possível facilitar a manutenção do equipamento. A manutibilidade pode ser melhorada recorrendo aos trabalhos de manutenção denominados de “melhoria” como visto anteriormente.

O indicador usado para caracterizar a manutibilidade é o MTTR (Média dos Tempos Técnicos de Reparação).

$$MTTR = \frac{\sum_1^n TTR_i}{n} \quad (2)$$

Em que:

TTR – tempo técnico de reparação

n – nº de avarias

O valor de MTTR é influenciado pelos seguintes factores:

- Intermutabilidade dos componentes susceptíveis de desgaste ou avaria;
- Normalização dos sistemas e componentes;
- Possibilidade de inspecção, verificação e controlo dos componentes;
- Montagem e afinação;
- Rapidez de diagnóstico de avarias;
- Qualidade da mão-de-obra.

O TTR de uma intervenção compõe-se em geral da soma dos tempos seguintes:

- Tempo de verificação da real existência de avaria;
- Tempo de diagnóstico;
- Tempo de acesso ao órgão em falha;
- Tempo de substituição ou de reparação;
- Tempo de remontagem;
- Tempo de controlo e ensaio.

O conceito de manutibilidade deve estar presente desde o instante da decisão de fazer um investimento numa instalação ou equipamentos devendo, na sua selecção, ser considerados os seguintes critério (17):

1. Ligados à Concepção
  - a. Padronização de instalações e equipamentos e dos seus componentes;
  - b. Modularidade;
  - c. Indicadores de desgaste, de falha e dos limites de referência;
  - d. Contadores de utilização;
  - e. Tecnologia conhecida;

- f. Facilidade e tempo de diagnóstico e resolução de falhas;
  - g. Facilidade e tempo de desmontagem e remontagem;
  - h. Regulações de reposição.
2. Ligados à Gestão do Utilizador
    - a. Normalização do parque de instalações e equipamentos;
    - b. Configurações das instalações e equipamentos;
    - c. Capacidade de fazer e gerir a manutenção.
  3. Ligados à Informação
    - a. Qualidade documentação técnica do equipamento;
    - b. Normas de instalações, manutenção e utilização.
  4. Ligados aos Serviços Pós-Venda do Fornecedor
    - a. Evolução dos modelos ao longo do tempo;
    - b. Eficácia e serenidade do serviço pós-venda;
    - c. Aquisição de peças-de-reserva;
    - d. Garantia de continuidade dos fornecimentos.

### 1.6.2 Fiabilidade

A fiabilidade consiste na probabilidade de um equipamento estar apto para cumprir a sua missão num dado tempo. A norma EN 13306 (3) citada por Cabral (9) define a fiabilidade como a aptidão de um bem para cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

O conceito de fiabilidade é indissociável do conceito de qualidade. A qualidade é definida como a conformidade de um produto com a sua especificação à saída da fábrica. A fiabilidade é a aptidão em manter essa conformidade durante um dado período de tempo. A conclusão lógica é que não existe fiabilidade sem qualidade inicial. A fiabilidade é assim uma extensão da qualidade inicial ao longo do tempo. A manutenção permite restabelecer a qualidade perdida, prolongando a fiabilidade (5).

A fiabilidade é caracterizada pelo indicador MTBF (Média dos Tempos de Bom Funcionamento), do inglês *Mean Time Between Failures*.

$$MTBF = \frac{\sum_1^n TBF_i}{n} \quad (3)$$

Em que:

TBF - tempo de bom funcionamento

n – n° de avarias

### **Análise da Fiabilidade**

Outros parâmetros intrinsecamente ligados aos indicadores precedentes são a taxa de avarias  $\lambda$  e a taxa de reparações  $\mu$ .

A taxa de avarias,  $\lambda$ , é dada por:

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}} \quad (4)$$

E a taxa de reparação  $\mu$ , por:

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}} \quad (5)$$

Os parâmetros precedentes são determinados através de valores médios e, portanto, assumindo alguma estabilidade no ciclo de vida dos equipamentos.

O acompanhamento da evolução dos parâmetros anteriores é feito a partir dos seus valores instantâneos, como apresentado seguidamente:

$f(t)$  – Função densidade de probabilidade de avaria;

$F(t)$  – Função acumulada de avarias;

$R(t)$  – Função fiabilidade.

As leis contínuas, mais usuais, em fiabilidade, são as seguintes (18):

- Lei Exponencial Negativa
  - Lei com um parâmetro –  $\lambda$  (taxa de avarias).
- Lei Normal Logarítmica
  - Lei com dois parâmetros –  $m$  (média) e  $\tau$  (desvio-padrão).
- Lei de Weibull
  - Lei com três parâmetros –  $\beta$  (parâmetro de forma),  $\eta$  (parâmetro de escala) e  $\gamma$  (parâmetro de posição).

Contudo, existem outras leis com grande relevância, tais como (17):

- Binomial;
- Poisson;
- Normal;
- Gama;
- Rayleigh;
- Rectangular;

A adopção de uma determinada lei estatística é feita após a verificação da validade dessa lei através de um teste de adequação, admitindo um risco de erro  $\alpha$ , que representa o nível de significância. Os testes de adequação mais utilizados são os seguintes (17):

- Teste do  $X^2$ ;
- Teste de Kolmogorov-Smirnov.

A lei de Weibull é destacadamente uma das mais utilizadas em fiabilidade devido à sua grande versatilidade, adaptando-se à maioria das situações reais dos objectos de manutenção. Permite caracterizar as avarias durante as fases da vida de um objecto de manutenção. As outras distribuições, tais como a Exponencial, a Normal, ou a Logarítmica podem ser entendidas como casos particulares da distribuição de Weibull (17).

A lei de Weibull é muito flexível porque, sendo uma lei de três parâmetros, permite ajustar os diversos tipos de resultados experimentais e operacionais.

A formulação matemática da fiabilidade proposta por Weibull é a seguinte:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (6)$$

Em que:

$\gamma$  – é um parâmetro de posição, para situar as curvas em relação à origem dos tempos;

$\eta$  – é um parâmetro de escala, dependendo da velocidade de deterioração ( $\eta > 0$ );

$\beta$  – parâmetro de forma ( $\beta > 0$ ).

$\beta = 1$ , forma exponencial ( $\lambda$  constante);

$3 < \beta < 4$ , forma de sino (lei normal,  $\lambda$  crescente);

$\beta < 1$ , forma correspondente à desaparecimento dos defeitos de rodagem ( $\lambda$  diminui).

A taxa instantânea de avarias é dada por:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (7)$$

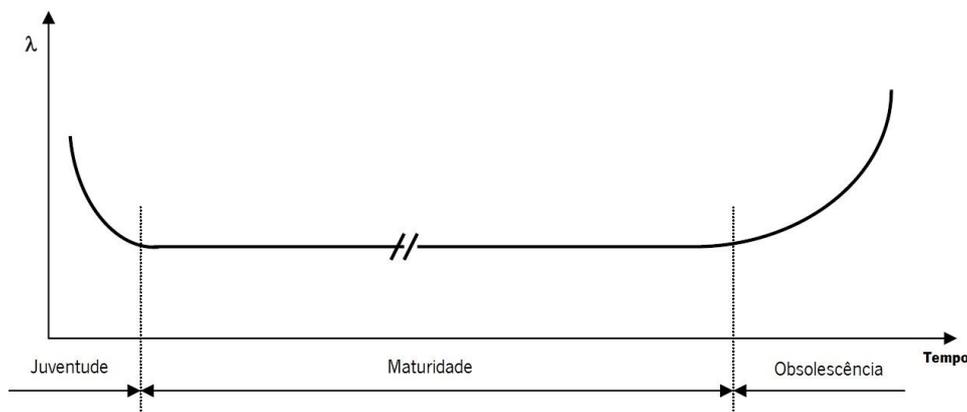
Em que:

Se  $\beta < 1$  – Defeitos de rodagem,  $\lambda(t)$  decrescente (juventude);

Se  $\beta = 1$  – Forma exponencial,  $\lambda(t)$  constante (maturidade);

Se  $\beta > 1$  – Forma em sino,  $\lambda(t)$  crescente (obsolescência).

A taxa de avarias não é constante ao longo do tempo de utilização de um componente. A Figura 1.12 mostra como ela pode variar.



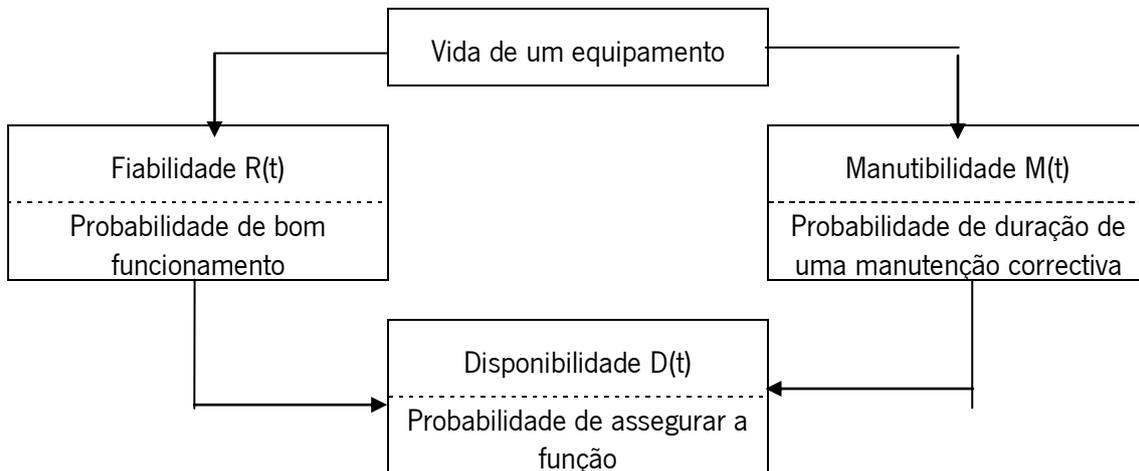
**Figura 1.12 - Curva da banheira (2).**

### 1.6.3 Disponibilidade

A disponibilidade resulta da combinação entre a fiabilidade e a manutibilidade (Figura 1.13). A norma EN 13306 (3) define a disponibilidade como a aptidão de um bem para estar em estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, num dado instante ou durante um determinado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos meios exteriores. Em linguagem corrente a disponibilidade é a probabilidade de um bem se encontrar em estado de funcionamento.

Um sistema “disponível” é um sistema que se encontra pronto a ser utilizado. A partir desta evidência a disponibilidade depende:

- Do número de falhas – Fiabilidade;
- Da rapidez da reparação – Manutibilidade;
- Dos procedimentos definidos pela manutenção – Manutenção;
- Da qualidade dos meios empregues – Logística.



**Figura 1.13 - Disponibilidade de um equipamento (2).**

O indicador usado para medir a disponibilidade, como já referido depende da manutibilidade e da fiabilidade sendo a sua formulação:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8)$$

Ou na sua forma alternativa:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \quad (9)$$

Em que:

MWT – *Mean Waiting Time* ou Tempo Médio de Espera

O MWT (que corresponde ao TDE na sua definição portuguesa) corresponde ao tempo médio de espera entre a identificação da avaria e o início da intervenção de manutenção correctiva. A quantificação deste tempo é importante porque permite distinguir entre o tempo intrínseco à intervenção e o tempo total que a mesma envolve (17).

O objectivo primordial da manutenção é aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Na prática, isso implica que deve ser aumentada a fiabilidade e/ou diminuídos os tempos de reparação para atingir esse fim. No entanto, o aumento da fiabilidade tem limitações de ordem

tecnológica e económica, o que leva à busca por um compromisso entre os níveis de manutenção e de fiabilidade para atingir um custo de disponibilidade mínimo.

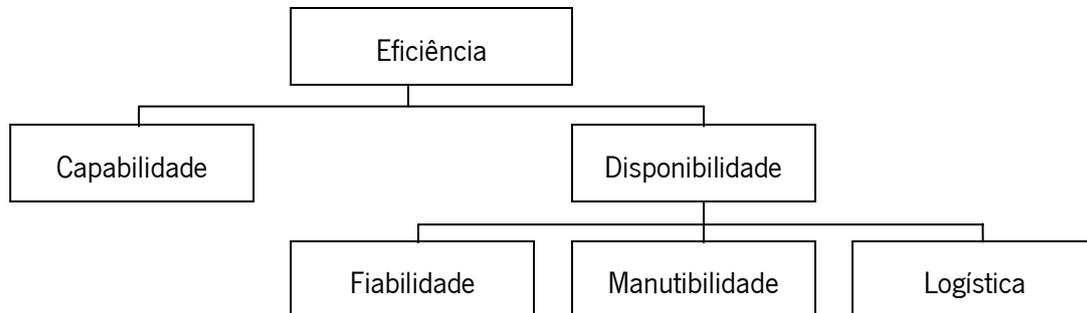
## 1.7 EFICIÊNCIA NA MANUTENÇÃO

A eficiência da manutenção passa pela organização, pela repartição das responsabilidades e sobretudo, pela utilização e domínio das ferramentas específicas que tem ao seu dispor.

Uma manutenção eficiente traduz-se em:

- Aumento da disponibilidade dos equipamentos e instalações;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Melhoria qualitativa e quantitativa da produção;
- Redução dos custos de manutenção;
- Melhoria das condições de segurança das instalações e das pessoas.

Os componentes da eficiência de um equipamento são evidenciados na Figura 1.14.



**Figura 1.14 – Componentes da eficiência de um equipamento.**

Se for considerado um equipamento como um sistema formado por subsistemas, que por sua vez é formado pelos seus componentes, é possível afirmar que a fiabilidade, a manutibilidade e consequentemente a disponibilidade do equipamento são influenciadas pelas características dos subsistemas e as destes, pela dos componentes.

O presente capítulo foi dedicado aos fundamentos que servem de base à gestão da manutenção. O próximo capítulo irá abordar a estrutura e actividades da manutenção na empresa alvo do estudo de caso.

## Capítulo II – Caracterização da manutenção na empresa

O caso de estudo centra-se na empresa Pizarro S.A. que se dedica às actividades de lavagem, tinturaria, estampagem e acabamento de peças têxteis para várias marcas conceituadas de vestuário nacional e internacional.

A Pizarro S.A. é uma empresa dedicada ao enobrecimento têxtil sediada na freguesia de Brito, no concelho de Guimarães, uma zona geográfica e economicamente enquadrada na região do Vale do Ave, reconhecida como uma zona de empresas ligadas à indústria têxtil e vestuário. A empresa data a sua fundação em 1983 e é constituída por 4 empresas: Lavandaria, Tinturaria, Acabamentos e Estamparia.



**Figura 2.1 - Fachada da Pizarro S.A.**

**Fonte: O autor**

### **Alguns dados da empresa:**

Localização: Rua das Agradas, 4805-023 Guimarães, Portugal;

Correio electrónico: Geral@pizarro.pt;

Sítio: <http://www.pizarro.pt>;

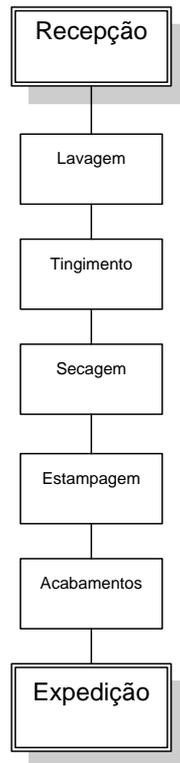


**Figura 2.2 - Logotipo da Pizarro S.A (19).**

A empresa conta agora com uma estrutura que alberga aproximadamente 700 colaboradores distribuídos pelas funções representadas na Figura 2.3.



**Figura 2.3 - Organograma da Pizarro S.A (20).**



**Figura 2.4 - Diagrama de processos da empresa.**

**Fonte: O autor**

Para compreender o funcionamento de um sistema de manutenção é necessário identificar os potenciais actores e o papel que estes podem desempenhar no funcionamento da manutenção. A tarefa de análise deve abordar a temática segundo vários pontos de vista como o parque de equipamentos a manter, os recursos (humanos e técnicos), a organização do serviço e os procedimentos, se estes existirem.

## 2.1 AS INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

A necessidade de um serviço de manutenção é comum à grande maioria das empresas industriais independentemente dos processos produtivos utilizados por elas. Da mesma forma que os processos são diferenciados, os equipamentos e instalações também o são, o que leva a que cada serviço de manutenção tenha as suas especificidades de acordo com os processos e equipamentos usados por cada empresa.

Potencialmente, todo o bem durável da estrutura industrial deve ser da responsabilidade da manutenção (2).

O parque de equipamentos de uma empresa pode então ser distinguido em três grandes grupos que englobam, tanto os equipamentos de produção como os não ligados à produção:

- Equipamentos de produção;
- Sistemas auxiliares da produção;
- Instalações.

### 2.1.1 Equipamentos de produção

Os equipamentos de produção são as máquinas que permitem o fabrico dos diferentes produtos, ou que permitem realizar o serviço requerido. Na empresa alvo do presente estudo, os equipamentos de produção estão divididos nas seguintes famílias:

1. Lavandaria
  - a. Lavagem *stone*;
  - b. Lavagem química (Figura 2.5);
2. Tinturaria
  - a. Máquinas de tingir (Figura 2.6);
  - b. Tinas;
  - c. Barcas;



**Figura 2.5 - Exemplo de uma máquina de lavagem química (21).**



**Figura 2.6 – Exemplo de uma máquina de tingir (22).**

3. Secagem
  - a. Secadores (Figura 2.7);
  - b. Hidro-centrifugação;



**Figura 2.7 - Exemplo de um secador (22).**

4. Acabamentos de ganga;
  - a. Acabamento a *laser*;
  - b. Fornos;
  - c. Escovagem manual e automática (Figura 2.8);
  - d. Mosquear;
  - e. Cerzir;
  - f. Ponto corrido;
  - g. Pregar botões e rebites;
  - h. Cloro.



**Figura 2.8 - Exemplo de um robot de escovagem (21).**

5. Acabamentos de malha
  - a. Galoneira (Figura 2.9);
  - b. Prensas;



**Figura 2.9 - Exemplo de máquina galoneira (23).**

6. Estampagem
  - a. Flocagem;
  - b. Fotogravura;
  - c. Máquinas de estampar (Figura 2.10);
  - d. Estufas;



**Figura 2.10 - Exemplo de uma máquina de estampar (24).**

7. Embalagem e etiquetagem

### **2.1.2 Sistemas auxiliares da produção**

Os sistemas auxiliares da produção são os equipamentos que não actuam directamente na manufactura do produto, mas sem os quais a produção cessa ou abranda a sua actividade ou ainda vê diminuído o seu nível de qualidade. Nesta categoria estão incluídos:

1. Vapor
  - a. Caldeiras de produção de vapor;
  - b. Rede de distribuição;
  - c. Recolha de condensado de vapor;
  - d. Recuperação de calor do efluente de tingimento;



**Figura 2.11 - Exemplo de caldeiras de vapor e tubagem de distribuição (25).**

2. Água
  - a. Água sanitária;
  - b. Água fria;
  - c. Água quente;
3. Ar-comprimido
  - d. Compressores de ar (Figura 2.12);
  - e. Secadores de ar;
  - f. Rede de distribuição;



**Figura 2.12 - Exemplo de compressor centrífugo (26).**

4. Esgoto
  - a. Esgoto sanitário;
  - b. Esgoto frio;
  - c. Esgoto quente;
  - d. ETAR;

5. Sal
  - a. Armazenagem de sal (Figura 2.13);
  - b. Rede de distribuição;



**Figura 2.13 - Exemplo de um silo de armazenamento de sal (27).**

6. Salmoura
  - a. Armazenagem de salmoura;
  - b. Rede de distribuição;
7. Corantes e produtos auxiliares
  - a. Cozinhas automáticas;
  - b. Cozinhas manuais;
  - c. Cozinhas *Colorservice* (Figura 2.14);
  - d. Rede de distribuição;



**Figura 2.14 - Sistema de distribuição de corantes da Cozinha *Colorservice* (28).**

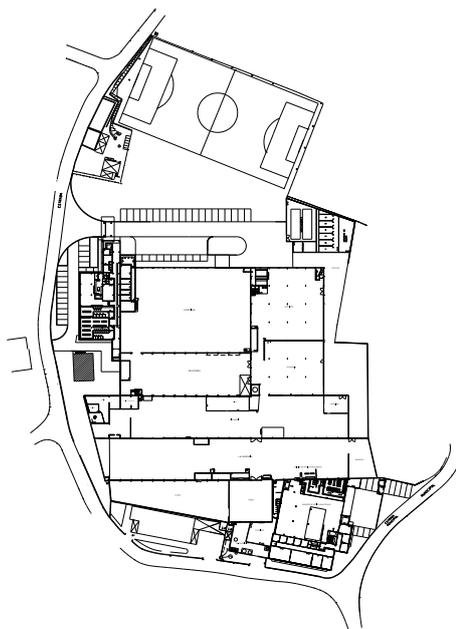
8. Rede eléctrica
  - a. Postos de transformação;
  - b. Rede de distribuição;
  - c. Emergência;
9. AVAC
  - a. Ventiladores;
  - b. Ar-condicionado;
10. Laboratório
11. Transportes
  - a. Empilhadores;
  - b. Ascensores;
  - c. Plataformas elevatórias (Figura 2.15);



**Figura 2.15 - Plataforma elevatória (29).**

### 2.1.3 Instalações

Por instalações são consideradas obras de engenharia civil como os solos, os telhados, paredes, estradas, muros, janelas, portas, etc. No grupo das instalações são ainda incluídas as redes telefónicas, informática, refeitórios, material de escritório, etc. O *layout* das instalações é representado na Figura 2.16 e apresentado em maior pormenor no anexo A.



**Figura 2.16 - Layout geral das instalações da Pizarro S.A (30).**

### **2.1.4 A gestão dos equipamentos**

O serviço de manutenção na empresa possui uma lista dos equipamentos principais a qual inclui a referência à secção dos mesmos. Para alguns, é ainda indicada a marca e o modelo.

Os equipamentos principais têm uma forma de codificação, usada para a gestão da produção e Contabilidade. A codificação é visível nos equipamentos por uso de chapas identificadoras. Porém, esta não segue uma lógica que permita estender para os restantes equipamentos de forma coerente a mesma forma de codificação. Além disso, a codificação não desagrega os equipamentos desde a sua função até às peças de substituição, como sugerido por Varela Pinto (14) e referido no parágrafo 1.5.2.1.

Os parâmetros de bom funcionamento, necessários para garantir a qualidade do produto, são conhecidos, devendo-se este ao uso de um *software* de controlo da produção. No entanto, os parâmetros devem ser documentados no manual técnico como referido no parágrafo 1.5.2.1. O conhecimento dos parâmetros de bom funcionamento é importante na medida em que fornece as informações necessárias para o planeamento da manutenção. De igual forma, as condições de segurança que irão afectar não só o uso do equipamento como as intervenções nele feitas, devem constar no manual técnico. Esta informação pode ser muitas vezes encontrada nos manuais entregues pelo fabricante no acto de aquisição do equipamento.

No âmbito da presente dissertação foram produzidas fichas para registo dos equipamentos que deverão ser incluídas na documentação dos equipamentos já existente. As fichas encontram-se no anexo B e estão incluídas no manual técnico do equipamento. Fazem parte do manual técnico:

- Ficha de registo do equipamento;
- Ficha de desempenho e segurança;
- Plano de manutenção.

## **2.2 ORGANIZAÇÃO DO SERVIÇO**

### **2.2.1 Responsabilidades e funções do serviço de manutenção**

A função da manutenção numa empresa tem como competência, essencialmente, manter os equipamentos em condições de desempenho semelhantes a um equipamento novo, evitando a sua degradação e perda de fiabilidade.

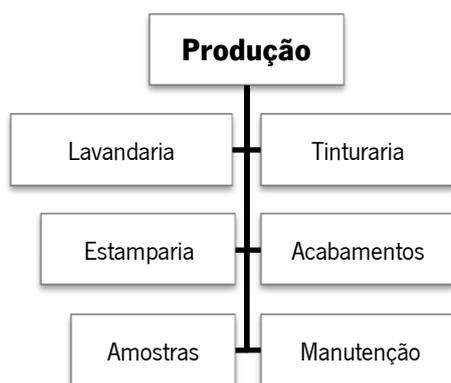
O serviço de manutenção da empresa é responsável pela manutenção das instalações e equipamentos da empresa, assim como um conjunto de tarefas complementares de apoio à produção como a instalação de novos equipamentos, mudanças de *layout* e preparação de ferramentas. Nos casos em que os recursos técnicos e humanos do serviço não são suficientes para a tarefa em questão (trabalhos de melhoria, manutenção de equipamentos, alterações à rede de fluidos por exemplo), o serviço recorre a entidades externas.

O serviço de manutenção apenas contempla a função de Realização (ou Execução) (conforme referenciado no parágrafo 1.5.1.3). Este facto evidencia que a empresa privilegia sobretudo a forma de manutenção não-planeada em oposição à planeada.

O recurso à subcontratação é uma actividade recorrente na empresa, quer seja para o apoio a trabalhos de melhoria, manutenção de equipamentos ou alterações às redes de fluidos. Os equipamentos cuja manutenção é subcontratada são as caldeiras de produção de vapor e os compressores da rede de ar-comprimido. Neste caso, as entidades externas são responsáveis por manter os equipamentos em condições de eficiência máxima, assim como controlar e garantir os requisitos de segurança. Por norma, os trabalhos subcontratados são acompanhados pela equipa de manutenção.

### **2.2.2 Relação da manutenção com a produção**

A manutenção tem um papel de subalternidade em relação à produção (Figura 2.17), ficando a sua chefia a cargo de um dos técnicos.



**Figura 2.17 – A manutenção como subfunção da Produção (20).**

Os operadores dos equipamentos apesar de fazerem parte da estrutura da produção, são também elementos integrantes das tarefas de manutenção. As suas responsabilidades, para além de operarem os equipamentos, passam também por tarefas simples de manutenção como trocas de filtros. Os alertas de avarias dos equipamentos são igualmente da responsabilidade dos operadores e/ou encarregados da produção.

### **2.2.3 Sazonalidade da produção**

A indústria dedicada ao vestuário de moda é caracterizada pelo curto ciclo de vida dos produtos, que são planeados com perspectiva de cativar o interesse do consumidor.

As empresas fornecedoras do mercado de vestuário de moda, como a Pizarro S.A. acompanham invariavelmente esta sazonalidade, com a produção de artigos adequados às tendências da moda e das estações do ano.

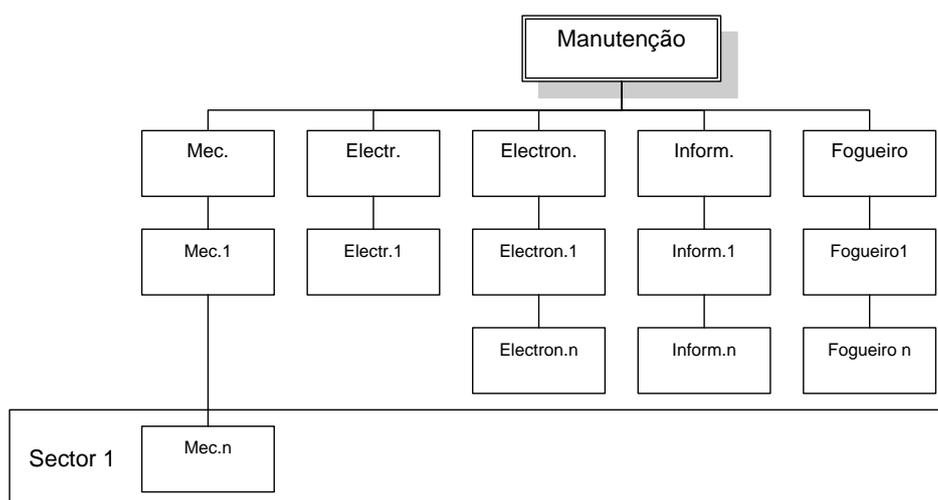
A produção na empresa acompanha invariavelmente esta sazonalidade com períodos de pico de produção para responder às encomendas e períodos em que a taxa de ocupação dos equipamentos é mais reduzida por divergências da tendência da moda. Porém, existem sectores em que o nível de produção é estável ao longo do tempo.

Esta sazonalidade reflecte-se para a manutenção em períodos de desocupação dos equipamentos que podem ser usados em revisões gerais ou trabalhos preventivos de menor envergadura. A programação dos trabalhos de manutenção pode ser feita com vista à ocupação dos equipamentos por um período de tempo pré-definido, com uma probabilidade associada de avaria reduzida.

## 2.2.4 Modelo organizacional

A estrutura organizacional da manutenção na empresa não se encontra claramente definida. Por um lado, existe a separação, por especialidade, dos técnicos. Por outro, existe uma estratégia diária que atribui tarefas específicas aos técnicos, como a manutenção preventiva, correctiva e de recuperação de peças.

Relativamente à centralização/descentralização da estrutura, a maioria dos técnicos encontra-se concentrada no serviço geral de manutenção e uma pequena parte está concentrada numa área produtiva onde a incidência de avarias é das mais elevadas. Posto isto, a estrutura pode ser classificada como organização híbrida por especialidade, segundo referência no parágrafo 1.5.1.1 (Figura 2.18).



**Figura 2.18 - Organograma da estrutura híbrida da manutenção na Pizarro S.A.**

Por um lado, a estrutura híbrida melhora o relacionamento com a Produção por resolver de forma mais lesta os problemas dos sectores/departamentos. Por outro, por delegar responsabilidades no responsável sectorial. Porém, a troca de informações no serviço de manutenção piora e dificulta a re-deslocação da mão-de-obra em caso de necessidade.

## 2.2.5 Constituição do quadro de pessoal e tarefas

O quadro de pessoal na empresa é constituído por técnicos que desempenham trabalhos de vertente mecânica, eléctrica e electrónica, assim como por técnicos de informática e operadores de caldeiras (fogueiros). A distribuição dos técnicos é feita segundo os três turnos de

laboração da empresa e pelo turno normal; em que em cada turno existe pelo menos um técnico de mecânica e outro de electricidade. As tarefas desempenhadas pelos vários técnicos de manutenção na empresa podem-se classificar segundo três tipos:

- Tarefas de manutenção correctiva – os técnicos estão responsáveis por responder a situações de pedidos de manutenção ao longo do seu turno de trabalho;
- Tarefas de manutenção preventiva – os técnicos obedecem a um plano delineado pela administração para cumprir no seu turno de trabalho;
- Tarefas de recuperação de peças – os técnicos responsáveis por esta tarefa têm a seu cargo a reparação e recuperação de objectos de manutenção rotáveis<sup>2</sup> com o intuito de os armazenar em condições de serem usados nos trabalhos de manutenção. Esta tarefa de manutenção entra no âmbito da manutenção preventiva condicional.

A função de operar as caldeiras está entregue aos fogueiros que estão igualmente distribuídos pelos quatro turnos laborais e se encarregam de regular e vigiar o funcionamento das caldeiras, assim como realizar tarefas de manutenção diária na instalação e zelar pelo seu bom funcionamento.

A divisão das tarefas acima referidas não invalida que em várias situações seja necessário que todo o pessoal, ou parte dele, participe em tarefas como instalação de novas máquinas, trabalhos de manutenção correctiva, etc., ou seja, situações pontuais que necessitam de atendimento.

### **2.2.6 Oficinas de apoio**

Para o exercício da sua função, a manutenção necessita de meios materiais como instalações próprias, equipamentos de medição, ferramentas, matérias consumíveis, peças sobressalentes e meios de transporte.

O serviço de manutenção da empresa tem ao seu dispor uma oficina de apoio geral, onde são efectuados os trabalhos de manutenção tanto mecânicos como eléctricos e electrónicos.

---

<sup>2</sup> Os bens rotáveis são elementos com uma dupla acepção de objecto de manutenção e de peça sobressalente.

Para a manutenção dos veículos da empresa, existe ainda um espaço adjacente ao edifício principal onde é feita a manutenção preventiva e reparação dos veículos.

Um elemento presente em qualquer oficina, e obviamente fundamental para a manutenção, são as ferramentas de trabalho. A oficina geral de manutenção tem um conjunto de ferramentas para utilização comum dos técnicos, assim como um conjunto de ferramentas de uso individual.

A empresa não possui ferramentas para a manutenção preditiva, como para análise de vibrações (útil para detectar anomalias em rolamentos e veios por ex.), termografia (útil para detectar anomalias em motores, instalações eléctricas e fugas nas tubagens), nem as utiliza de forma subcontratada.

### **2.2.7 Documentação técnica**

A documentação técnica é habitualmente uma ferramenta de grande importância para a manutenção, quer seja para as intervenções correctivas, planeamento das preventivas ou melhorias nos equipamentos.

O serviço de manutenção da empresa tem ao seu dispor gabinetes, consideravelmente afastados da oficina geral, onde é armazenada a documentação técnica dos equipamentos. Os desenhos técnicos, lista de peças de reserva e esquemas, quando existem, são armazenados juntamente com a restante documentação do equipamento, num arquivo criado para o efeito. Porém, nem todos os equipamentos possuem esta documentação, que deve ser fornecida pelo fabricante ou criada no seio da empresa. Estas faltas podem ser provocadas pelos fornecedores dos equipamentos (de forma intencional ou não), mas levam à perda da eficiência da manutenção nomeadamente na aplicação da manutenção planeada.

### **2.2.8 Software de apoio à manutenção**

O crescente interesse por parte da administração nos benefícios da manutenção levou à iniciativa de desenvolver dentro da empresa um *software* de apoio aos trabalhos de manutenção.

Um *software* de apoio à manutenção é uma ferramenta que apoia a gestão da manutenção. A característica mais importante que o *software* deve ter é a capacidade de fornecer a

informação de manutenção de forma estruturada e em formato tecnicamente reconhecível, ou seja, o mais importante é a capacidade de acumular e disponibilizar informação (7).

As funcionalidades do *software* desenvolvido são:

- Possibilidade de emitir alertas de avaria com uma indicação visual luminosa no terminal;
- Atribuição de um funcionário para cada trabalho;
- Acumulação do histórico das reparações efectuadas, as que estão em curso e as não efectuadas;
- Exportação de dados para uma folha de cálculo (no caso é usado o Excel®).

O *software* está ainda numa fase embrionária, estando de momento a funcionar como um sistema de alerta de pedidos de manutenção, ou seja, é um canal usado pela empresa para fazer pedidos à manutenção, quer de trabalhos de apoio à produção, quer de trabalhos de manutenção.

### **2.2.9 Gestão dos materiais**

A gestão dos materiais é fundamental para o correcto funcionamento de um serviço de manutenção pois assegura a logística das peças e materiais necessários para a manutenção.

Na empresa alvo de estudo, a armazenagem de peças e materiais aplicados pelo serviço de manutenção é feita num armazém central, próximo da oficina de apoio geral da manutenção. A gestão do armazém está entregue a um colaborador que gere os pedidos de matérias aos fornecedores, mediante as necessidades presentes dos técnicos.

Para o apoio dos trabalhos de manutenção de uma das secções onde há mais volume de trabalho de manutenção, existe um armazém periférico para materiais específicos aplicados nessa secção, assim como um pequeno armazém para o apoio aos trabalhos de soldadura.

O aprovisionamento de materiais aplicados pela manutenção é feito com base na experiência acumulada ao longo dos tempos. As existências em armazém são conhecidas por parte do seu responsável e pela contabilidade. O *stock* é constituído pelos materiais mais usados pelo serviço de forma a responder de forma rápida às chamadas de manutenção correctiva. São armazenados não só materiais consumíveis assim como peças sobresselentes como bombas,

motores e válvulas que são reparados em caso de falha, e armazenados para uma futura aplicação.

Porém, não existe um sistema de gestão que correlacione as peças armazenadas e o equipamento para o qual será aplicada. Por outro lado, não existe igualmente um sistema de codificação que permita a pesquisa rápida das existências conforme referência no parágrafo 1.5.2.2.

### **2.2.10 Procedimento de atendimento a um pedido de intervenção**

Os trabalhos de manutenção são iniciados através de um pedido de intervenção quer se trate de um trabalho correctivo quer preventivo.

O actual procedimento de resposta a uma avaria é feito com o recurso ao *software* de apoio à manutenção de acordo com os procedimentos que se passam a descrever: Quando um funcionário detecta uma anomalia num equipamento, ou necessita de algum trabalho do serviço de manutenção, reporta essa situação ao encarregado da secção onde foi detectada a anomalia. O encarregado, com o auxílio de um computador e do *software* de apoio à manutenção, faz um pedido de intervenção. Este pedido contém a seguinte informação:

- Secção onde foi detectada a anomalia;
- Nome do encarregado que requisitou o pedido;
- N° da avaria;
- Data e hora do pedido de intervenção;
- Breve descrição da avaria;
- Observações.

O pedido é visto num computador localizado na produção onde o funcionário responsável comunica aos técnicos que estão responsáveis, no presente turno, pela manutenção correctiva, da existência de um pedido. O técnico que estiver disponível vai atender ao pedido de intervenção. No final, os técnicos responsáveis pela reparação da avaria devem preencher a Requisição de Serviços de Manutenção.

Este documento tem como objectivo relatar o trabalho efectuado para efeitos de armazenamento em histórico, assim como de apuramento dos custos directos da manutenção.

A informação da requisição é a seguinte:

- Nome do técnico que fez o serviço;
- Secção onde efectuou o serviço;
- N° da máquina onde se efectuou o serviço;
- Tipo de serviço efectuado (mecânico, eléctrico, electrónico, informático, obras, outro);
- Descrição do trabalho;
- Materiais usados e respectiva quantidade (descrição breve das peças substituídas ou aplicadas na reparação);
- Data da intervenção;
- Tempo gasto na reparação;
- Rubrica do técnico.

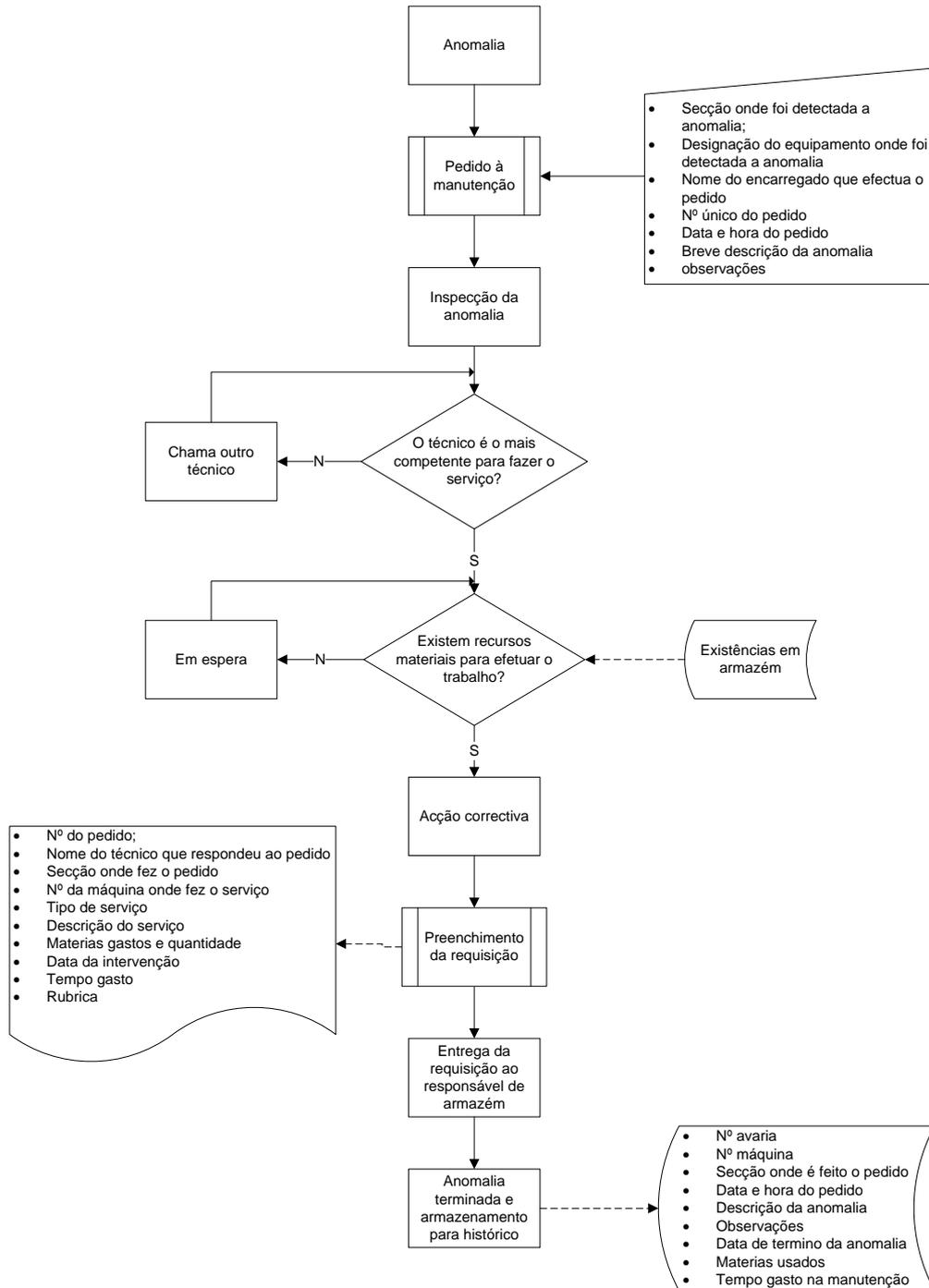
O procedimento relatado encontra-se sintetizado na Figura 2.19. A requisição é armazenada pelo técnico e no final da semana são passadas as requisições a um funcionário responsável pelo lançamento dessas mesmas requisições no *software* de apoio à manutenção. No momento do lançamento das requisições, o funcionário atribui um valor ao material usado em cada intervenção (custo atribuído pela Contabilidade), e atribui um custo de mão-de-obra a partir do custo-hora padrão do técnico de manutenção.

Em casos de sobrecarga de pedidos de intervenção, estes são resolvidos de acordo com a urgência do pedido e que leva por vezes a estender o trabalho fora de horas.

O fluxo de trabalhos segue uma cadeia de acontecimentos e decisões desde o pedido ao serviço de manutenção, até ao encerramento do registo da anomalia. A informação passa por dois canais: o pedido de serviço de manutenção que é feito no *software* de apoio à manutenção e a Requisição de Serviços de Manutenção que tem a forma de um documento em papel.

O preenchimento da Requisição de Serviços de Manutenção serve para confirmar a execução do serviço, assim como relatar o tempo gasto no trabalho e as peças aplicadas. Os pedidos ao serviço de manutenção são utilizados por parte dos encarregados das secções para alertar o serviço da existência de avarias em equipamentos, maus funcionamentos (ruídos,

fugas, etc.), pedidos de apoio à produção, falta de material, etc. Porém, não existe qualquer diferenciação do tipo de trabalho necessário, quer este se trate de uma avaria, da falta de uma lâmpada, ou de um serviço de apoio à produção por exemplo.

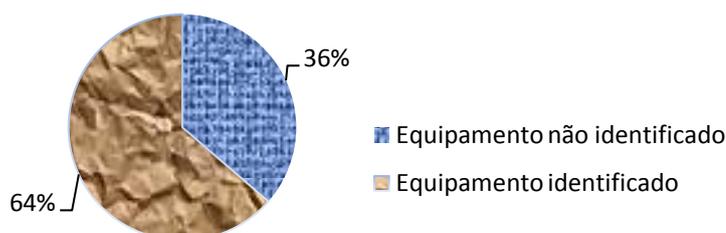


**Figura 2.19 - Fluxo de trabalhos e informação.**

A designação da máquina onde foi detectada a avaria baseia-se numa designação aplicada a alguns equipamentos que integravam a manutenção da empresa aquando do início da utilização do *software* de apoio à manutenção. Porém, se analisados os pedidos de manutenção,

verifica-se que cerca de um terço dos pedidos de trabalhos têm como designação “Outros” que indica um objecto que não está abrangido pela codificação definida (Figura 2.20).

Ainda, alguns dos pedidos são referentes a objectos que não pertencem ao equipamento designado, como por exemplo as tubagens, que são no entanto referidas com a designação do equipamento que lhes está mais próximo.



**Figura 2.20 Identificação dos equipamentos no sistema informático de apoio à manutenção.**

No caso do pedido se tratar de um trabalho preventivo, o procedimento pode ser descrito como:

- É criado um novo trabalho no qual é atribuído um técnico para desempenhar a tarefa, é designado o equipamento alvo e a secção onde se encontra;
- Depois de realizada a tarefa o técnico preenche a Requisição de Serviço de Manutenção;

Porém, o processo descrito não contempla o registo exacto da realização dos trabalhos preventivos, pelo que as datas registadas no *software* de apoio à manutenção são referentes à data de “criação” do trabalho.

O presente capítulo foi dedicado à estrutura e actividades do serviço de manutenção na empresa alvo do estudo de caso. O capítulo seguinte irá abordar a análise dos registos de intervenções recolhidos no âmbito da presente dissertação. A análise será feita com vista a apontar aqueles que são os equipamentos críticos para o serviço de manutenção assim como das oportunidades de melhoria do sistema de manutenção actual.

## Capítulo III – Análise dos registos de intervenções

O registo histórico da manutenção na empresa alvo de estudo encontra-se num arquivo em formato electrónico (Excel®), organizado por ordem crescente do número do pedido de intervenção (curativa ou preventiva). Os respectivos campos de informação, de acordo com a terminologia utilizada na empresa são: o número de avaria, o equipamento alvo de intervenção, a secção onde se encontra o equipamento, a data do pedido de intervenção, o tempo gasto pelos técnicos na intervenção, o tipo de serviço (mecânico, eléctrico, electrónico, construção civil, informático, serralharia), o nome do responsável pela reparação, uma descrição breve da avaria, uma breve descrição do trabalho efectuado, observações e o nome do responsável pelo pedido de intervenção.

Na denominação corrente da empresa são utilizados para definir os tipos de manutenção as denominações de manutenção curativa e preventiva, pelo que são esses os termos utilizados nas análises posteriormente apresentadas.

Os dados relativos aos pedidos de intervenção, assim como os trabalhos de manutenção curativa e preventiva foram recolhidos ao longo de um período compreendido entre 29 de Novembro de 2010 e 17 de Maio de 2011. A análise dos registos de trabalhos de manutenção tem como objectivo conhecer os pontos críticos para a melhoria do desempenho global da manutenção na empresa.

As 3042 intervenções efectuadas encontram-se registadas nas Tabela 3.1 e 3.2, agrupadas segundo o tipo de manutenção: curativa e preventiva.

A análise dos registos revela que cerca de 39% das intervenções não são imputadas aos respectivos equipamentos ficando para efeitos de histórico referidas como “Outros”. Na Tabela 3.1 e Tabela 3.2 estes equipamentos são referidos como equipamentos listados (EL) ou não listados (ENL). Por outro lado, verifica-se que cerca de 74% das intervenções efectuadas são do tipo curativo e a manutenção preventiva perfaz 26% do total de intervenções.

Os trabalhos preventivos perfazem cerca de 58% do tempo total gasto em manutenção como pode ser visto na Tabela 3.2. Importa no entanto salientar que para efeitos de trabalho

preventivo, são contabilizados todos os trabalhos não correctivos como: montagem de equipamentos, mudança de *layouts*, etc., ou seja, trabalhos que não são preventivos por definição.

**Tabela 3.1 - Distribuição das intervenções de manutenção.**

Identificação do equipamento	Nº de intervenções					
	Man. Curativa		Man. Preventiva		Total	
Equipamento listado	1437	64 %	431	54%	1868	61%
Equipamento não listado	813	36%	361	46%	1174	39%
Total	2250	74%	792	26%	3042	100%

**Tabela 3.2 - Distribuição dos tempos gastos em manutenção.**

Identificação do equipamento	Tempo gasto em manutenção (horas)					
	Man. Curativa		Man. Preventiva		Total	
Equipamento listado	1651,3	65 %	2582,9	72 %	4234,2	69 %
Equipamento não listado	909,5	35 %	1003,8	28 %	1913,3	31 %
Total	2560,8	42%	3586,7	58%	6147,5	100 %

A manutenção preventiva é efectuada maioritariamente com recurso a revisões gerais anuais, lubrificações e trabalhos de recuperação de peças, como válvulas, motores e bombas. As intervenções são, no entanto, feitas sem recurso a procedimentos escritos.

### 3.1 ANÁLISE GLOBAL DOS REGISTOS DE INTERVENÇÕES

Em forma de síntese, os dados obtidos do histórico de dados do *software* de apoio à manutenção sugerem a conclusão que se segue.

Os registos de intervenções mostram que quase 40 % das intervenções efectuadas pelo serviço de manutenção correspondentes e mais de 30% do tempo gasto pelos técnicos não referem o equipamento alvo. Relativamente às intervenções de manutenção curativa em equipamentos não listados, uma análise das intervenções permite verificar que estas são referentes a:

- Equipamentos produtivos que não constam na lista de equipamentos utilizada no *software* de apoio da manutenção;

- Equipamentos produtivos que constam no sistema actual mas não são especificados por lapso do requisitante do serviço, nem corrigidos posteriormente;
- Pedidos de apoio à Produção, montagem de equipamentos e soldadura de tubagens... ou seja, trabalhos de não-manutenção;
- Intervenções nas instalações como portas, janelas, casas-de-banho, iluminação, ou equipamentos do tipo máquinas de café, telefones, ferramentas, elevadores, ETAR, ventilação, etc.;
- Intervenções em sistemas auxiliares da produção como fugas de vapor, água, condensado de vapor, produtos auxiliares, ar-comprimido, etc. ou caldeiras e compressores de ar-comprimido;

Os registos de intervenções do tipo curativas em equipamentos listados permitem concluir que existem grupos de equipamentos com maior número de intervenções relativamente aos restantes o que poderá indicar a presença de equipamentos de menor fiabilidade. Os registos destes equipamentos devem ser analisados individualmente para averiguar a sua causa e potenciais melhorias pelo que serão analisados nos parágrafos seguintes.

## **3.2 INTERVENÇÕES EM EQUIPAMENTOS LISTADOS**

### **3.2.1 Manutenção curativa em equipamentos listados**

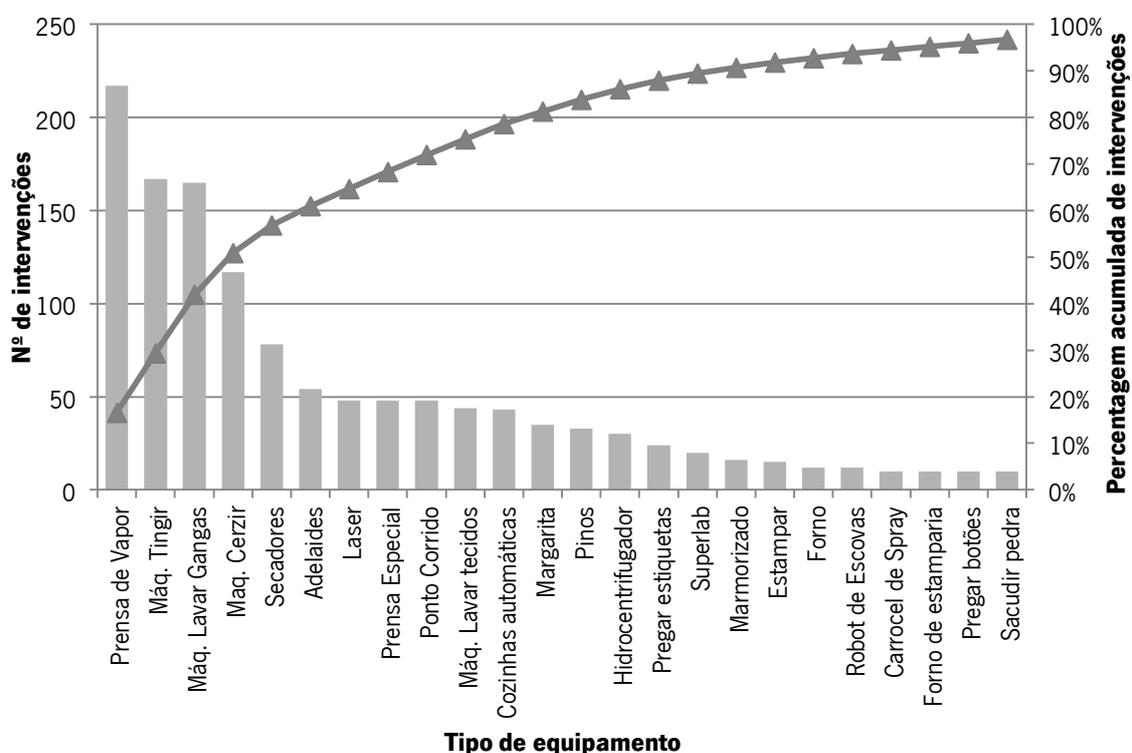
Os registos referentes aos equipamentos listados no *software* de apoio à manutenção revelam que os equipamentos do tipo “Prensa de Vapor”, “Máquina de Tingir”, “Máquina de Lavar gangas”, “Máquina de Cerzir” e “Secadores” são os equipamentos com maior número de registos de intervenções curativas como pode ser visto nas Figuras 3.1 e 3.2. Ao todo perfazem cerca de 57 % do total de intervenções e representam cerca de 40% do número de equipamentos alvos de intervenções curativas. De igual modo, o tempo de ocupação da mão-de-obra dos técnicos de manutenção é maior para os referidos equipamentos e perfazem ao todo cerca de 56 % do tempo gasto em manutenção curativa.

O objectivo de agrupar os vários equipamentos pelo seu tipo, deve-se ao facto de estes terem tecnologias e constituição idênticas. Logo, é expectável que o comportamento dos equipamentos dentro do mesmo tipo seja similar, salvo as devidas condicionantes como a taxa

de utilização, procedimentos/experiência do operador, antiguidade do equipamento, diferentes fabricantes, etc.

A Figura 3.3 permite conhecer quais as avarias que implicam uma maior mobilização da mão-de-obra de manutenção, tendo como consequência um maior custo médio de mão-de-obra por intervenção e maior tempo de indisponibilidade do equipamento (se for considerado o tempo gasto pela manutenção como uma aproximação ao TIA).

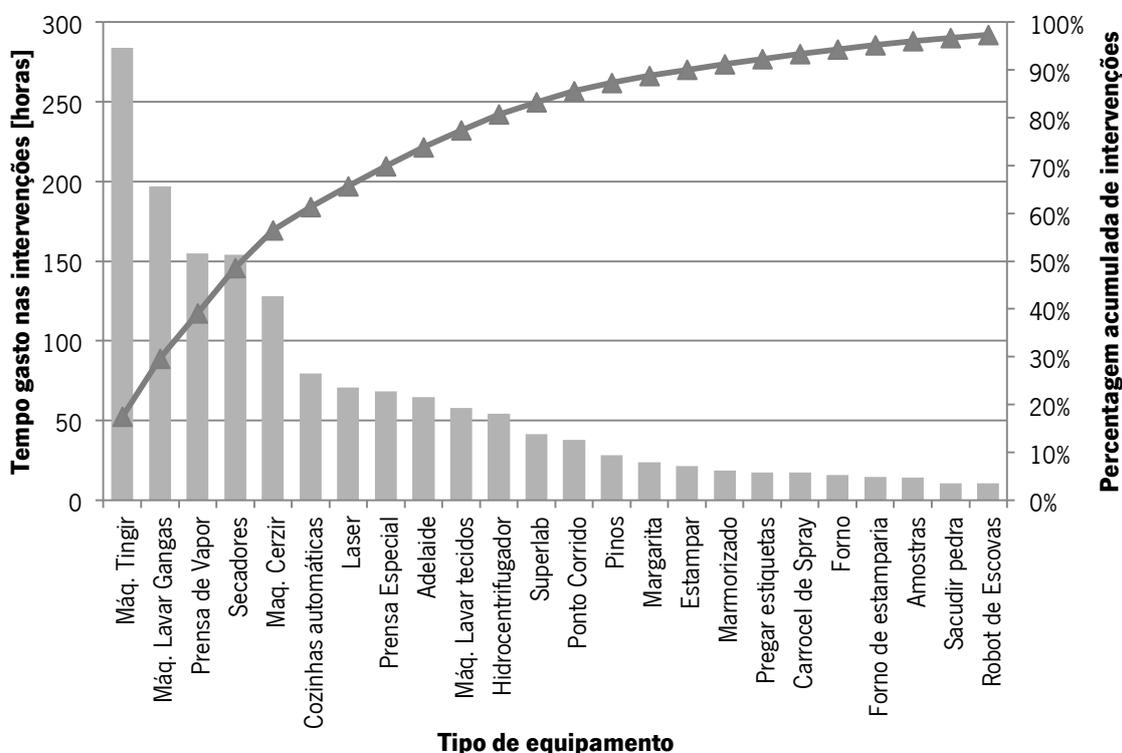
O parâmetro “tempo médio gasto por intervenção” é calculado através da razão entre o tempo total gasto nas intervenções num tipo de equipamento e o número total de intervenções registadas para o mesmo tipo de equipamento.



**Figura 3.1 – Gráfico de Pareto da distribuição das intervenções curativas em EL.**

Pela Figura 3.3, é então possível ver que os equipamentos do tipo “Secadores”, “Superlab”, “Estufa” e “Amostras” são os tipos de equipamentos que requerem em média um maior número de horas de trabalho para cada intervenção.

É possível concluir que as intervenções curativas nos equipamentos tipos “Secadores” e “Máquina de Tingir” implicam mais custos de mão-de-obra assim como uma maior indisponibilidade dos equipamentos por cada intervenção efectuada.

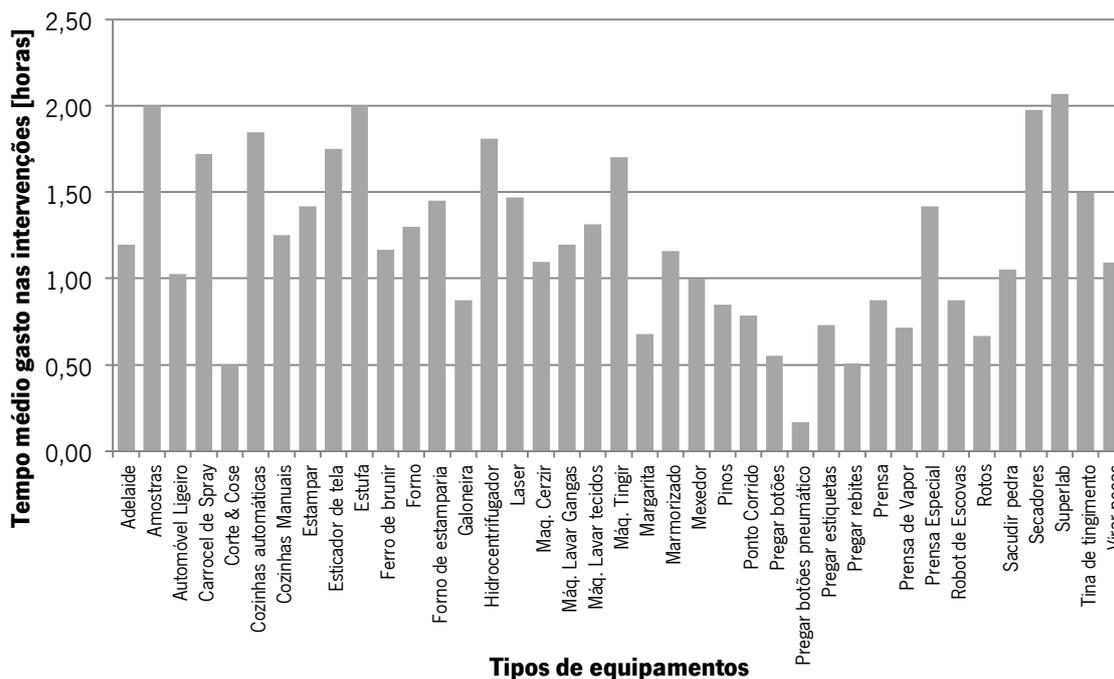


**Figura 3.2 - Gráfico de Pareto da distribuição do tempo gasto em manutenção curativa em EL**

Relativamente aos tipos de equipamentos “Prensa de Vapor”, “Máquina de Tingir”, “Máquina de Lavar gangas”, “Máquina de Cerzir” e “Secadores”, que se revelam mais expressivos em termos de consumo de mão-de-obra e número de intervenções curativas, o tempo médio gasto por intervenção curativa encontra-se na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 - Tempo médio gasto por intervenção curativa.**

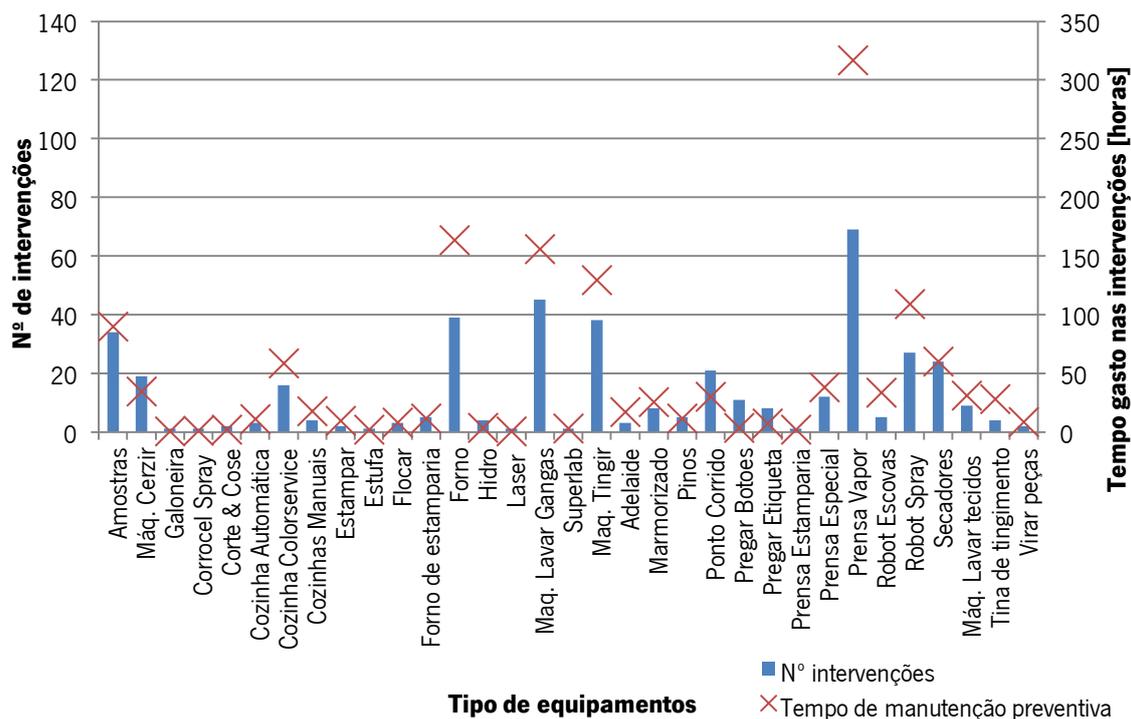
Tipo de equipamentos	Tempo médio gasto por intervenção curativa
Prensa de Vapor	43 minutos
Máquina de Tingir	1h e 42 minutos
Máquina de Lavar	1h e 11 minutos
Máquina de Cerzir	1 hora e 6 minutos
Secadores	1 hora e 59 minutos



**Figura 3.3 - Tempo médio gasto nas intervenções curativas em EL.**

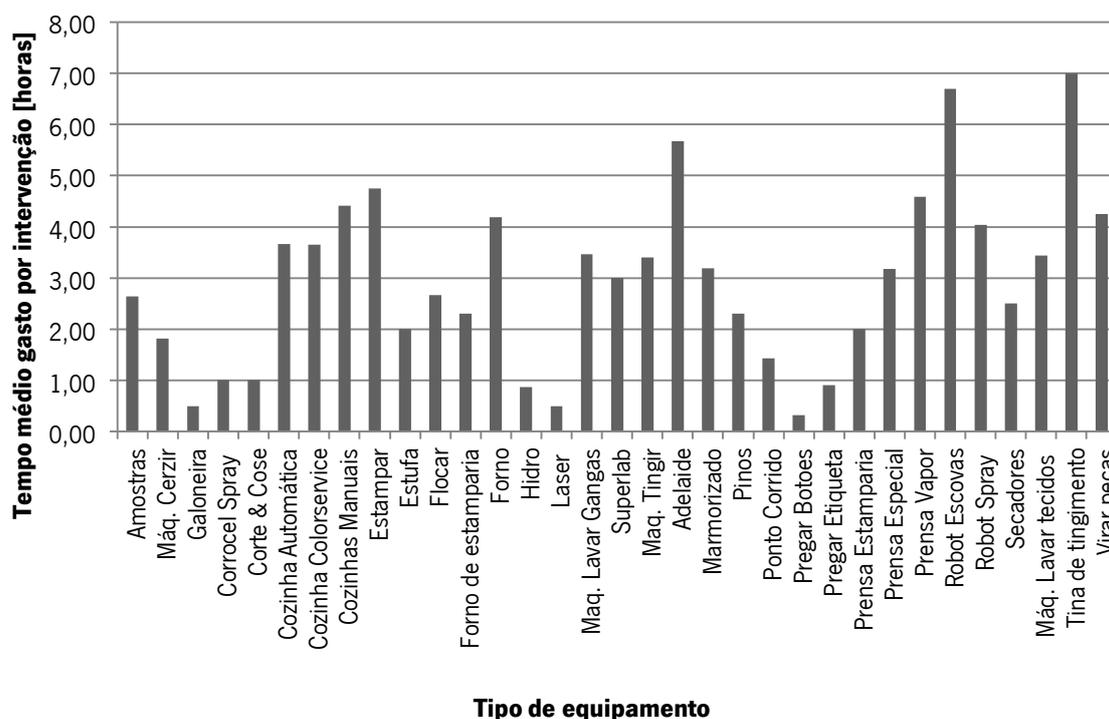
### 3.2.2 Manutenção preventiva em equipamentos listados

Na Figura 3.4 é representada a distribuição das intervenções de manutenção preventiva pelos vários tipos de equipamentos listados e os respectivos tempos gastos nos trabalhos. Como é possível verificar, os equipamentos com maior número de intervenções preventivas são do tipo “Prensa de Vapor”, “Máquina de lavar Gangas”, Máquina de tingir”, “Forno”, e “Amostras” com aproximadamente 53 % do total de intervenções. Relativamente à mão-de-obra dos técnicos de manutenção, é possível verificar que os equipamentos do tipo “Prensa de Vapor”, “Máquina de lavar Gangas”, Máquina de tingir”, “Forno” e “Robot de Spray” foram responsáveis pela maior parte da sua ocupação com cerca de 61 % do total.



**Figura 3.4 - Distribuição das intervenções e tempos de manutenção preventiva em EL.**

Na Figura 3.5 é possível ver quais as intervenções preventivas que implicam o maior gasto médio de tempo por parte dos técnicos de manutenção. Os equipamentos cujas intervenções preventivas implicam maior gasto médio de tempo por parte da manutenção são os equipamentos tipo “Tina de tingimento”, “Robot de escovas” e “Adelaide”.



**Figura 3.5 - Tempo médio gasto por intervenção preventiva em EL.**

### 3.2.3 Intervenções por equipamento

A Tabela 3.4 evidencia os equipamentos que implicam maiores gastos em mão-de-obra. Como é possível constatar, a maioria do tempo gasto em manutenção foi aplicada no “Forno N°01” seguido da “Cozinha Colorservice” a do “Robot de Spray N°02” representando ao todo cerca de 24,31% da mão-de-obra gasta em manutenção de equipamentos listados. É possível ver também que o equipamento com maior gasto em manutenção curativa foi a “Cozinha Colorservice”. Relativamente à manutenção preventiva, o equipamento que implicou maiores gastos foi o “Forno N°01”.

A Tabela 3.5 mostra os equipamentos com maior número de intervenções de manutenção. Para a manutenção curativa, o maior número de intervenções são referentes às “Máq. Cerzir N°02, 03 e 01”, assim como à “Cozinha Colorservice” com um total de 10,24% das intervenções totais. Para a manutenção preventiva o maior registo de intervenções dá-se no “Forno N°01” representando quase 7% das intervenções preventivas registadas em equipamentos listados. Ao todo, os equipamentos “Cozinha Colorservice” e “Máq. Cerzir N°02” são alvo de mais intervenções com 53 e 52 respectivamente, o que perfaz quase 6% das intervenções efectuadas.

**Tabela 3.4 - Equipamentos com maiores gastos de mão-de-obra.**

Equipamentos		Tempo gasto em manutenção (horas)	Percent. total	Percent. acumulada total
Cozinha Colorservice	Curativa	73,15	4,41%	4,41%
Máq. Cerzir N°02		47,60	2,87%	7,29%
Superlab		41,32	2,12%	9,78%
Máq. Tingir N°06		35,17	2,11%	11,90%
Prensa Esp. Lav. N°02		35,10	2,00%	14,02%
Forno N°01	Preventiva	390,17	14,16%	14,15%
Robot de Spray N°02		308,50	11,51%	25,67%
Cozinha Colorservice		250,67	4,22%	29,89%
Tina de tingimento		92,00	2,88%	32,77%
Prensa Esp. Lav. N°02		62,75	2,55%	35,32%
Forno N°01	Total	394,17	9,34%	9,34%
Cozinha Colorservice		323,82	7,67%	17,01%
Robot de Spray N°02		308,50	7,31%	24,31%
Prensa Esp. Lavandaria N°02		97,85	2,32%	26,63%
Tina de tingimento		95,00	2,25%	28,88%

A Tabela 3.6 mostra quais os equipamentos com maior gasto médio de mão-de-obra para as intervenções curativas e preventivas. Relativamente à manutenção curativa, é possível

concluir que os equipamentos com maior tempo médio gasto nas intervenções foram a “Máq. Tingir N°06” seguido do “Carrocel de Spray N°11” com 11,72 e 10,00 horas médias gastas nas intervenções. Na manutenção preventiva os equipamentos com maior gasto médio de mão-de-obra são a “Tina de tingimento” e o “Forno S.Roque N°05” com 23,00 e 17,50 horas, respectivamente.

**Tabela 3.5 - Equipamentos com maior número de intervenções.**

<b>Equipamentos</b>	<b>Nº de intervenções</b>	<b>Percentagem total</b>	<b>Percentagem acumulada total</b>
Máq. Cerzir N°02	Curativas	48	3,61%
Cozinha Colorservice		37	2,79%
Máq. Cerzir N°03		27	2,03%
Máq. Cerzir N°01		24	1,81%
Laser N°04		22	1,66%
Forno N°01	Preventivas	31	6,89%
Robot de Spray N°02		20	4,44%
Cozinha Colorservice		16	3,56%
Prensa de Vapor N°13		16	2,44%
Máq. Cerzir N°04		9	2,22%
Cozinha Colorservice	Total	53	2,98%
Máq. Cerzir N°02		52	2,92%
Forno N°01		33	1,86%
Máq. Cerzir N°03		30	1,69%
Máq. Cerzir N°01		29	1,63%

**Tabela 3.6 - Equipamentos com maior tempo médio gasto nas intervenções.**

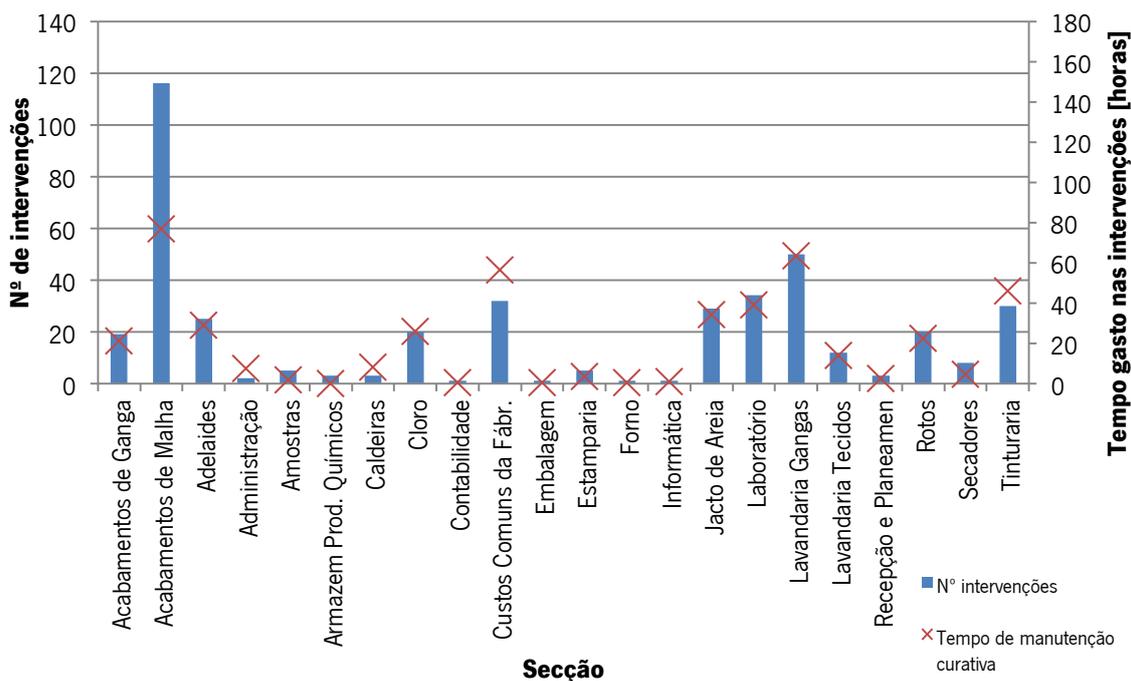
<b>Equipamentos</b>	<b>Tempo médio gasto em manutenção (horas)</b>	
Máq. Tingir N°06	Curativa	11,72
Carrocel de Spray N°11		10,00
Secador N°02		8,00
Máq. Lavar tecidos N°60		5,13
Secador N°29		5,11
Tina de tingimento	Preventiva	23,00
Forno S.Roque N°05		17,50
Cozinha Colorservice		15,67
Robot de Spray N°02		15,43
Cozinha Manual Tint.		13,33
Tina de tingimento	Total	15,83
Robot de Spray N°02		15,43
Forno N°01		11,94
Máq. Tingir N°06		11,72
Carrocel de Spray N°11		10,00

A “Cozinha Colorservice” regista um grande número de intervenções curativas (37) que representam um gasto considerável de tempo da manutenção (73,15 horas). De igual modo, a “Máq. Cerzir N°02” apresenta um elevado número de intervenções curativas (48) que implicam um gasto de 47,60 horas de manutenção. Estes equipamentos devem ser considerados como críticos pois os dados indiciam uma baixa fiabilidade que pode ter implicações nos custos de não-produção, da mesma forma que os elevados gastos de tempo implicam um custo de mão-de-obra elevado.

O tempo gasto nas intervenções curativas, ao ser considerado como um indicador da indisponibilidade por avaria dos equipamentos mostra que as intervenções nos equipamentos “Máq. Tingir N°06” e “Carrocel de Spray N°11” implicam uma paragem prolongada dos equipamentos. Este facto é indiciador de elevados tempos de indisponibilidade dos equipamentos o que os torna elementos críticos para o serviço de manutenção. O caminho deverá ser o de averiguar as causas das intervenções, e diminuir os tempos médios gastos através da eliminação da causa das avarias, da elaboração de guias de reparação das avarias mais frequentes, guias de diagnóstico de falhas ou trocas padronizadas de componentes.

### **3.3 INTERVENÇÕES EM EQUIPAMENTOS NÃO LISTADOS**

A distribuição das intervenções em equipamentos não listados no sistema actual de apoio à manutenção é apresentado na Figura 3.6. Como é possível verificar, existe um grande número de intervenções nas secções de “Acabamentos de Malha” cujo alvo de manutenção não é especificado. As intervenções referidas são igualmente responsáveis pela maior utilização da mão-de-obra dos técnicos perfazendo cerca de 17 % do tempo empregue nas intervenções em equipamentos não listados. De igual modo, as intervenções nas secções “Lavandaria de Gangas” representam uma boa parte da ocupação da mão-de-obra de manutenção com um total de quase 14% do tempo total gasto. A secção de “Tinturaria” representa cerca de 10% do tempo gasto nas intervenções.



**Figura 3.6 - Distribuição das intervenções curativas em ENL.**

Na Figura 3.7 é possível ver que as intervenções que implicaram um maior gasto de tempo foram as intervenções na “Administração” e “Caldeiras”. Relativamente às intervenções na “Administração”, o gasto de mão-de-obra deveu-se a duas intervenções: uma intervenção devido a um problema nas instalações (janela) e outra devido a um trabalho de melhoria de um equipamento. As intervenções nas “Caldeiras” deveram-se a 3 intervenções: uma delas foi efectuada na bomba de uma das caldeiras de geração de vapor, outra intervenção foi devida a um trabalho de pintura, ou seja, um trabalho de não-manutenção. A terceira intervenção foi devida à mudança de uma válvula numa das tubagens de distribuição de vapor que implicou o gasto de 73% do tempo total gasto.

Na Figura 3.8 são representadas as distribuições das intervenções preventivas e os respectivos tempos gastos nas actividades para os equipamentos não listados. Como é possível verificar, existe um conjunto de intervenções denominadas “Manutenção eléctrica/electrónica”, “Manutenção geral” e “Manutenção Mecânica” assim como os “Custos Comuns da Fabrica” que representam cerca de 39% das intervenções e 36% do tempo gasto na manutenção em equipamentos não-listados.

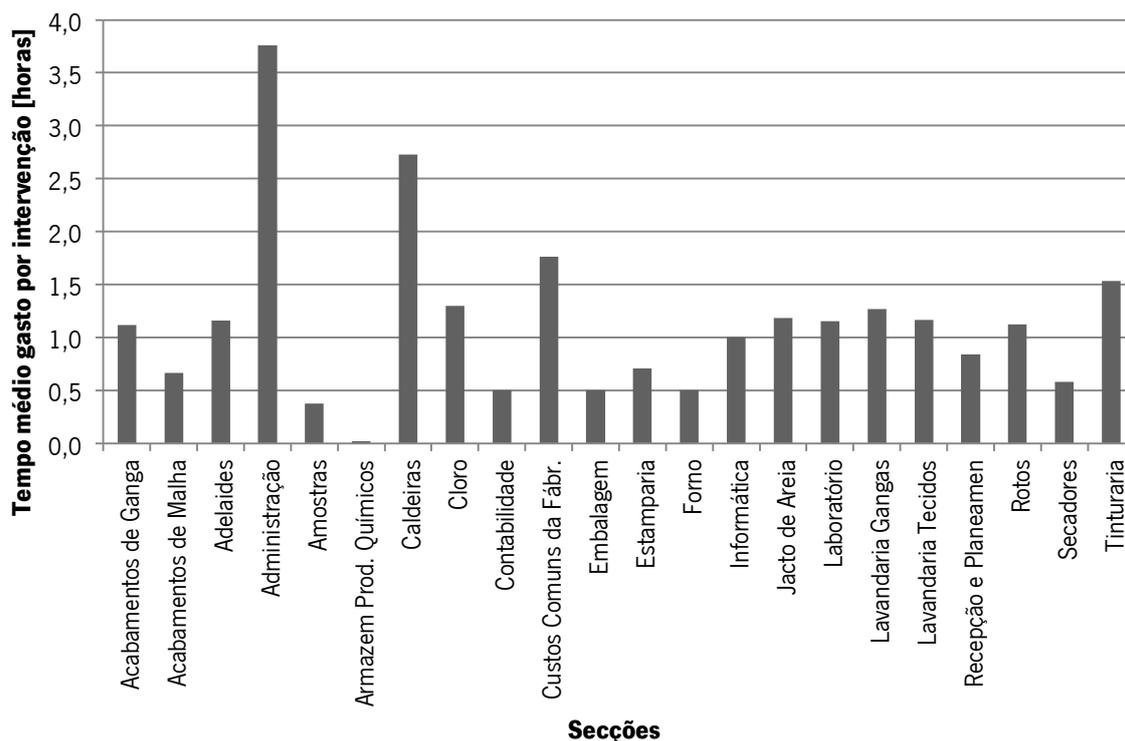


Figura 3.7 - Tempo médio gasto por intervenção curativa em ENL.

Na Figura 3.9 é possível ver que as intervenções preventivas na secção de “Tinturaria”, “Adelaides” e “Custos Comuns de Fábrica” acarretam em média mais mão-de-obra dos técnicos de manutenção do que as restantes.

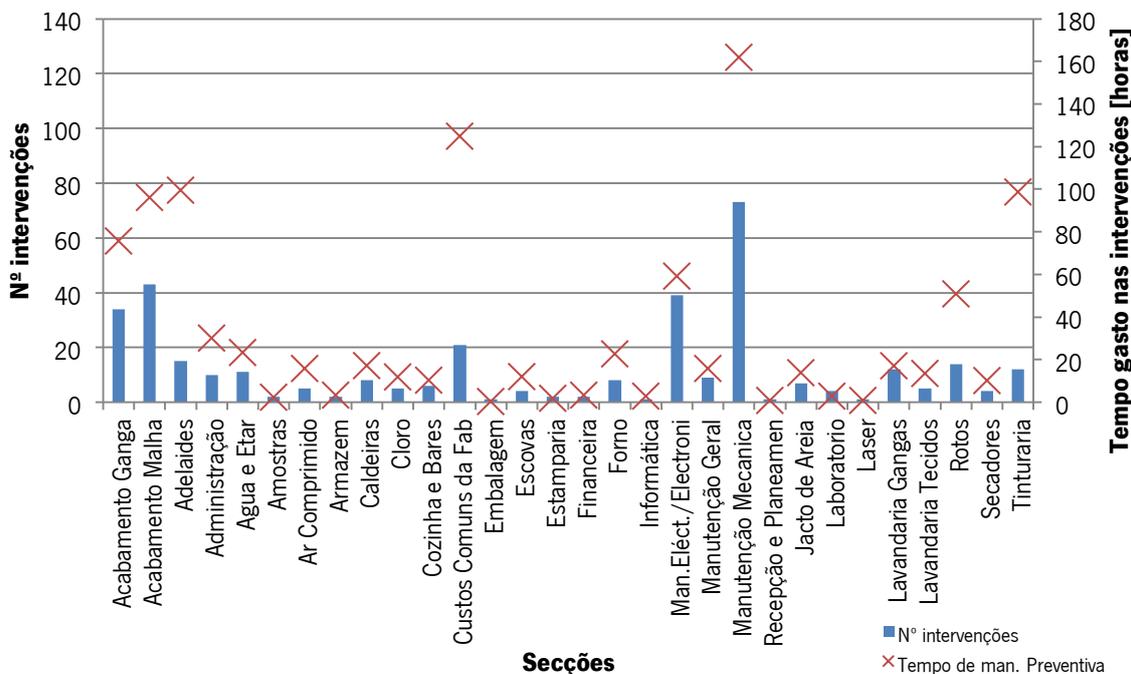


Figura 3.8 - Distribuição das intervenções preventivas nos ENL.

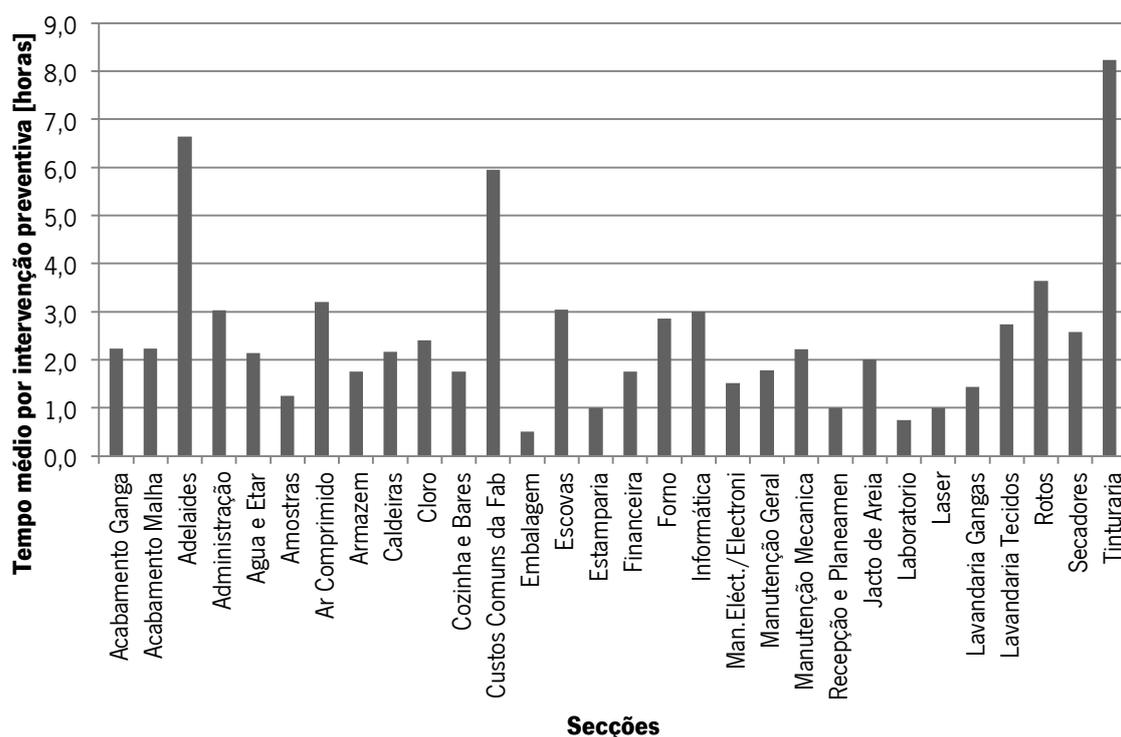


Figura 3.9 - Tempo médio gasto por intervenção preventiva nos ENL.

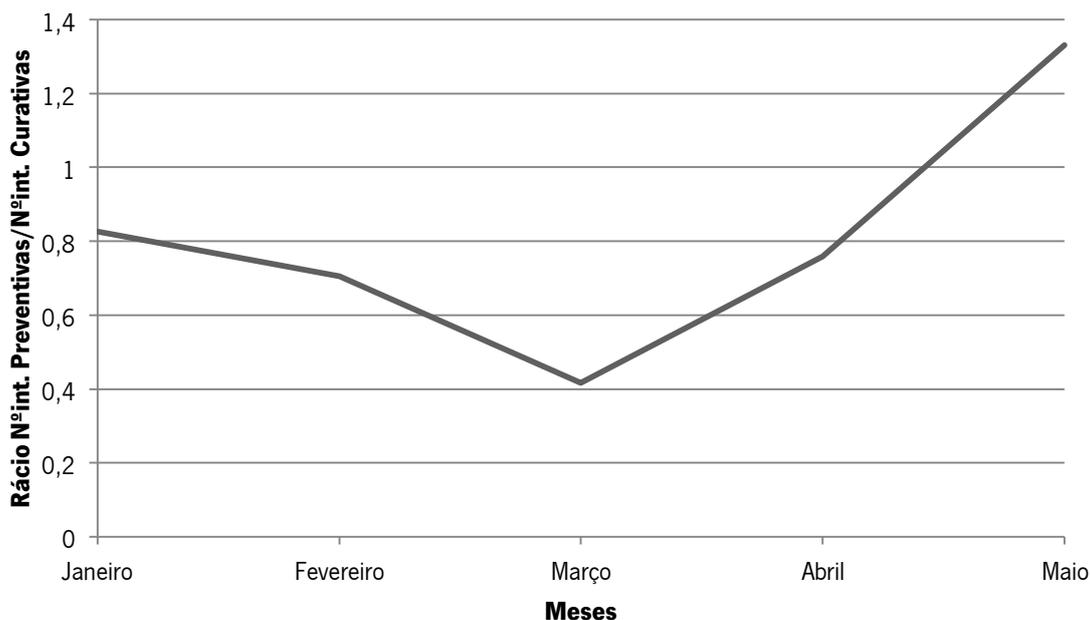
### 3.4 RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE MANUTENÇÃO

A relação entre os tipos de manutenção utilizados para cada equipamento são um bom indicador para perceber a tendência do serviço de manutenção. O objetivo será sempre o de dar primazia à manutenção preventiva pois deverá, em teoria, implicar menores custos de manutenção.

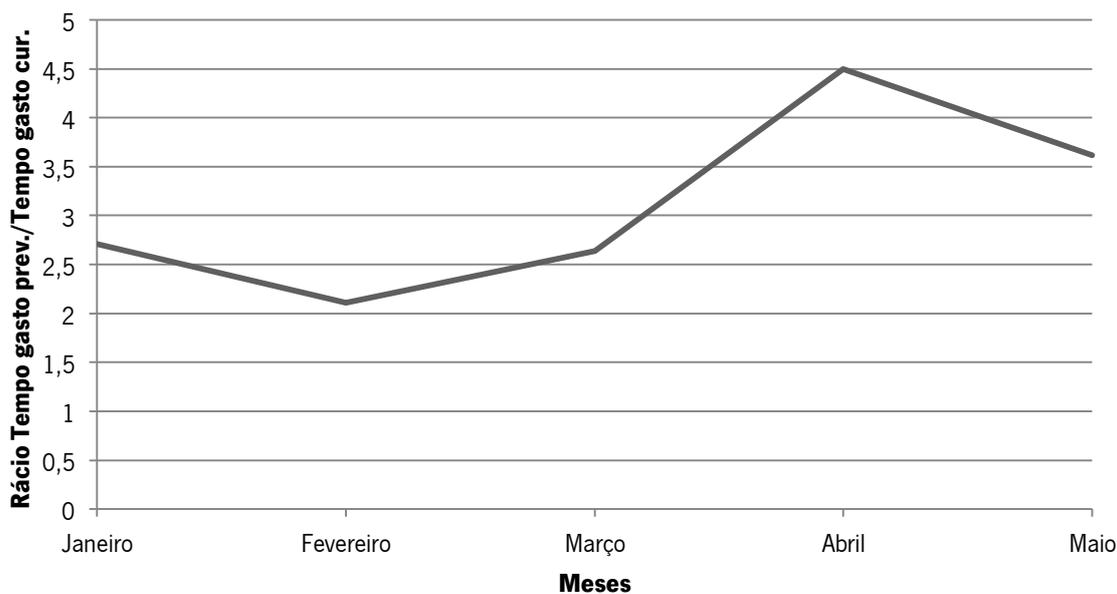
A Figura 3.10 mostra que a relação entre o número de trabalhos preventivos e curativos diminuiu até ao mês de Março apresentando para os meses posteriores uma tendência crescente.

Os dados relativos aos meses de Novembro e Dezembro de 2010 não foram considerados devido à escassez de intervenções registadas e devido à falta de dados relativos ao tempo gasto nas intervenções.

Na Figura 3.11 é possível ver que as intervenções preventivas implicam nunca menos do que o dobro do tempo das intervenções curativas, havendo mesmo registos do mês de Abril que indicam um gasto 4,5 vezes superior de mão-de-obra.



**Figura 3.10 - Relação do nº de intervenções preventivas e curativas ao longo do tempo.**



**Figura 3.11 - Relação entre o tempo gasto em intervenções preventivas e curativas.**

### 3.5 UTILIZAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

A mão-de-obra gasta na manutenção deve ser analisada para perceber como são utilizados os recursos e qual a sua distribuição pelos tipos de manutenção. A distribuição, numa base diária, do tempo gasto em manutenção é mostrada na Tabela 3.7. As intervenções efectuadas aos Sábados e Domingos foram excluídas da análise uma vez que as intervenções efectuadas

nesses dias podem ser consideradas excepções e não norma, assim como as intervenções designadas como “Informática” pois os técnicos afectos a este tipo de manutenção não se dedicam exclusivamente ao serviço de manutenção.

**Tabela 3.7 - Distribuição média diária do tempo gasto em manutenção.**

Tipo de manutenção		Total (horas)
Curativa (horas)	Preventiva (horas)	
19,2	25,9	45,1

Pode-se então afirmar que a manutenção é dedicada diariamente sobretudo à manutenção preventiva. Contudo, estes valores apenas podem ser considerados como aproximações porque não é feito o registo da data em que foi efectuada a reparação logo, os valores acima referidos apenas são válidos se o pressuposto for que a intervenção é levada a cabo no mesmo dia que é feito o pedido, o que não é válido para todas as situações.

O valor diário de 45,1 horas, se comparado com a carga diária disponível para manutenção, revela que existe espaço para a optimização da mão-de-obra. Por exemplo:

Se for considerada a distribuição usualmente utilizada de 9 técnicos ao serviço diariamente (manutenção eléctrica, electrónica e mecânica) distribuídos pelos 4 turnos de operação, existem 72 horas disponíveis para a manutenção. Mesmo na situação de se subtrair 5% do tempo para tarefas pessoais (idas à casa-de-banho por exemplo) ficam disponíveis cerca de 68,4 horas para os trabalhos de manutenção, ou seja, apenas é gasto diariamente cerca de 66% da mão-de-obra disponível. A razão para esta diferença entre a mão-de-obra usada e a disponível pode estar relacionada com:

- Nem todas intervenções são registadas pelo pessoal da manutenção;
- Os tempos registados na “Requisição de serviço de manutenção” não correspondem ao efectivamente gasto;
- Não são registados os tempos de espera e os tempos de logística;
- Existe efectivamente uma folga na carga que pode ser optimizada.

### 3.6 DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS

O conceito de disponibilidade abordado no Capítulo I, requer o conhecimento dos parâmetros MTBF e MTTR (equação 4) o que implica o conhecimento do tempo de funcionamento dos equipamentos assim como do tempo técnico de reparação das avarias. Porém, os registos de intervenções do serviço de manutenção da empresa não permitem a contabilização destes indicadores. Em alternativa, são consideradas as datas das intervenções curativas e o tempo gasto pelo pessoal da manutenção nessas mesmas intervenções para determinar um indicador, que apesar de não se tratar da disponibilidade por definição, pode ser considerado como uma aproximação desse valor. Os valores mínimos calculados para o indicador de disponibilidade estão sintetizados na Tabela 3.8.

**Tabela 3.8 - Equipamentos com menor disponibilidade.**

Equipamentos	Disponibilidade	
Máq. Cerzir N°02	Mínima	96,67%
Cozinha Colorservice		97,40%
Máq. Cerzir N°03		98,08%
Máq. Cerzir N°01		98,29%
Laser N°04		98,43%

O cálculo da disponibilidade a partir dos dados dos registos de intervenções curativas implica as seguintes aproximações e consequentes problemas:

1. São consideradas as datas de 29-11-2010 e 15-05-2011 como valores de início e cessação de funcionamento, respectivamente, subtraindo os períodos de encerramento da empresa como Domingos e Feriados;
2. Os valores de TBF são contabilizados através da diferença entre o tempo de funcionamento acima referido e a soma dos tempos gastos nas intervenções assim como um período de 2 horas por turno (3 turnos) no qual cada equipamento está em funcionamento;
3. O tempo gasto nas intervenções é considerado como uma aproximação dos TTR. No caso de haver mais do que um técnico interveniente na reparação, o valor de TTR é calculado pela soma dos tempos gastos na intervenção.

As aproximações acima referidas implicam que o equipamento está num estado em que pode cumprir a função requerida, excepto durante o tempo em que o(s) técnico(s) estão a

reparar o equipamento. Ora, antes da reparação propriamente dita existe um período de espera que é representativo da rapidez de resposta do serviço de manutenção que não é considerado pela aproximação referida. Além disso, o tempo de funcionamento considerado pode ser muito exagerado pois como referido no Capítulo II, o sistema produtivo da empresa implica períodos de inactividade dos equipamentos muito elevados. Ora, a disponibilidade é representativa da probabilidade de um equipamento se encontrar em funcionamento, pelo que ao não ser considerado o tempo em que o equipamento está realmente a funcionar, comete-se o erro de considerar que mesmo com o equipamento parado, os elementos que o compõem estão a sofrer uma degradação própria do uso.

Os valores da disponibilidade calculada estão influenciados pelas aproximações acima referidas, assim como pelo facto de algumas intervenções não terem especificado o tempo gasto pelos técnicos ou, por outro lado, pelo facto de algumas intervenções terem a indicação de apenas 1 minuto gasto na reparação, o que parece algo irrealista. Por outro lado, se a intervenção requerer mais do que um técnico, o cálculo do TTR pela soma dos tempos gastos, leva a que o valor seja demasiado elevado caso os trabalhos sejam na realidade feitos em simultâneo.

Na óptica da gestão da manutenção, um valor ideal de disponibilidade seria 100%, bastando para o caso que não houvesse qualquer registo de avaria nos equipamentos. Utilizando como exemplo o valor de 96,67% referente à “Máq. Cerzir N°02”, é possível concluir que o equipamento esteve apenas disponível devido à manutenção em aproximadamente 96,67% do tempo total decorrido no período de análise. Contudo, este valor é influenciado pelas aproximações acima referidas.

### **3.7 TEMPO DE FUNCIONAMENTO ENTRE AVARIAS**

O tempo de funcionamento entre avarias é usualmente caracterizado pelo MTBF referido no Capítulo I. O seu conhecimento indica o valor médio decorrido entre avarias consecutivas e é importante por se tratar de um indicador da fiabilidade dos equipamentos. Os valores de MTBF calculados estão sintetizados na Tabela 3.9 sendo referidos os 5 equipamentos com menor valor calculado. Importa salientar que as aproximações para o cálculo da disponibilidade no parágrafo anterior são igualmente válidas para o cálculo deste indicador.

**Tabela 3.9 - Valores de MTBF calculados.**

<b>Equipamentos</b>	<b>MTBF (horas)</b>	
Máq. Cerzir N°02	Mínimo	28,39
Cozinha Colorservice		36,83
Máq. Cerzir N°03		50,47
Máq. Cerzir N°01		56,78
Laser N°04		61,95

Para o melhor desempenho da manutenção e do sistema produtivo da empresa interessa obter o valor mais elevado possível de MTBF. A interpretação deste parâmetro calculado pode ser descrita, usando o exemplo da “Máq. Cerzir N°02”, como: por cada 28,39 horas de trabalho decorridas, é necessário efectuar uma intervenção curativa no equipamento.

Como é possível concluir, o valor de MTBF depende das solicitações feitas no equipamento, ou seja, para ser conhecida com exactidão a fiabilidade dos equipamentos deve ser registado no momento da avaria, o tempo decorrido de funcionamento do equipamento. Apenas desta forma será possível relacionar o funcionamento do equipamento com o aparecimento de avarias.

Contudo, os valores calculados deverão servir como um indicador dos equipamentos cuja fiabilidade é menor, ou seja, a ocorrência de avarias é mais provável.

### **3.8 REGISTOS DOS EQUIPAMENTOS CRÍTICOS**

Os parágrafos anteriores permitiram averiguar quais os equipamentos que merecem uma análise mais cuidada de forma a descobrir as causas do elevado número de intervenções e tempo gasto nas reparações.

No parágrafo 3.2.1 foi possível concluir que os equipamentos do tipo “Prensas de Vapor”, Máq. Tingir”, “Máq. Lavar Gangas, “Máq. Cerzir” e “Secadores” são os responsáveis pelos maiores gastos de mão-de-obra e número de intervenções pelo que deverão ser analisados com o objectivo de encontrar padrões de avarias susceptíveis de correcção. Por outro lado, no parágrafo 3.2.3 o equipamento “Cozinha Colorservice” surgiu como alvo de um grande número de intervenções e respectivo gasto de tempo pelo que deverá ser analisado de forma individualizada.

### 3.8.1 Registos das Prensas de Vapor

Pela Figura 3.12 é possível visualizar a distribuição das avarias pelas Prensas de Vapor e verificar que não existe nenhum equipamento com incidência de avarias excessivamente superior ou inferior aos restantes. Na Figura 3.13 são representadas, em forma de Gráfico de Pareto, os tipos de intervenções curativas registadas nas várias prensas de vapor.

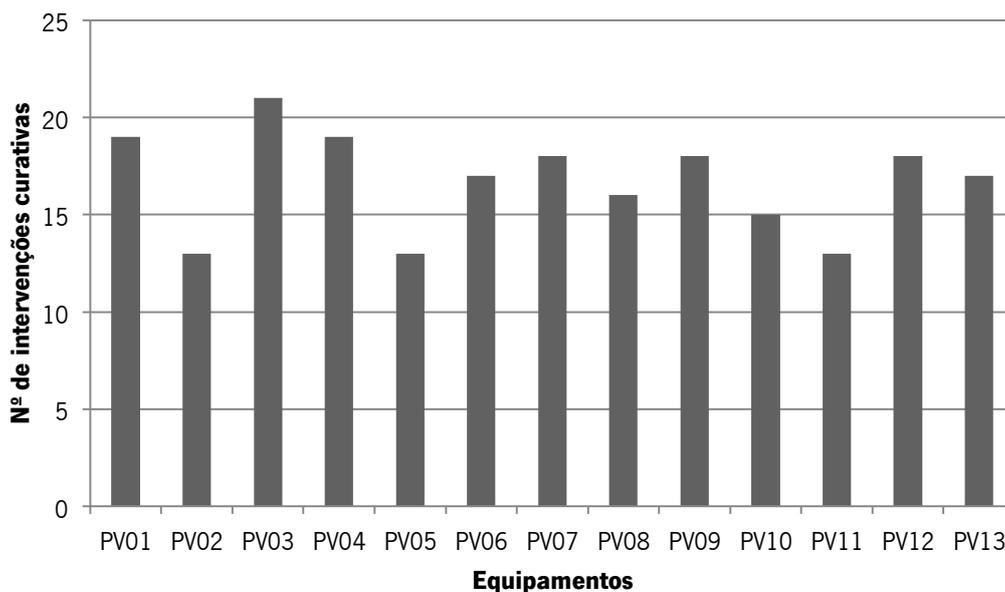


Figura 3.12 – Distribuição das intervenções pelas prensas de vapor.

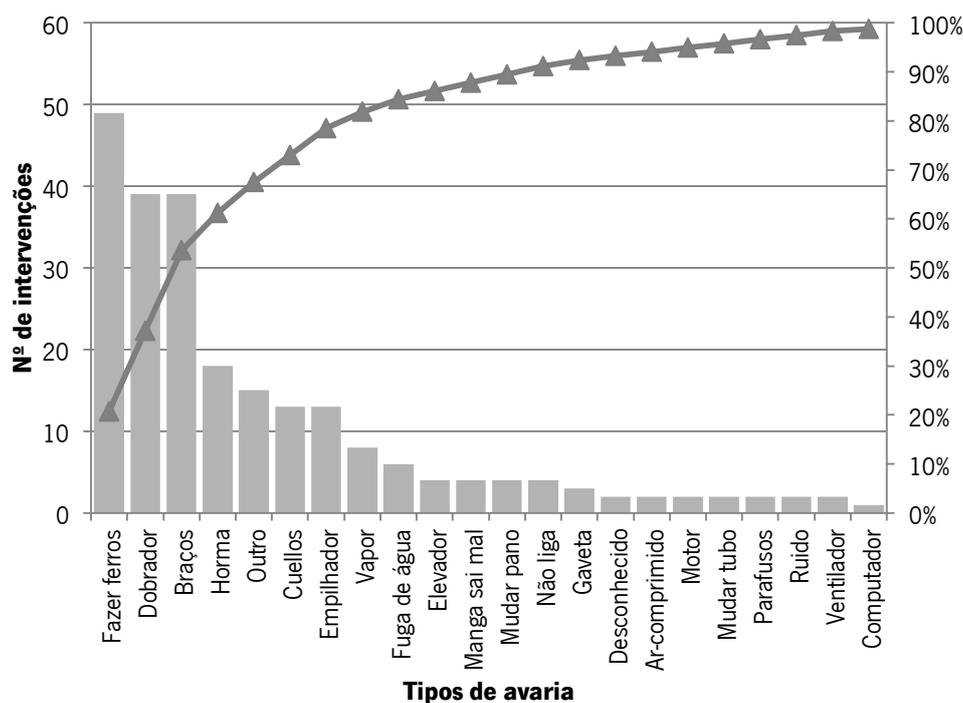


Figura 3.13 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nas prensas de vapor.

Pela Figura 3.13 é possível verificar que existem 3 tipos de avarias recorrentes ao longo do tempo e transversais aos vários equipamentos. São elas as avarias nos “Ferros”, no “Dobrador” e nos “Braços”. Na Figura 3.14 estão representados os tempos gastos para cada tipo de falha. O gráfico confirma a criticidade dos modos de falha acima referidos como sendo os causadores da maior ocupação de mão-de-obra.

Para melhorar o desempenho não só dos equipamentos como do próprio sistema de manutenção, os tipos de avarias acima referidos devem ser analisadas e mitigadas se possível. O objectivo é diminuir os tempos de indisponibilidade e os custos globais de manutenção.

Importa no entanto salientar, que a organização do serviço de manutenção da empresa, assim como a forma de funcionamento dos equipamentos em questão implicam que os técnicos afectos ao serviço sejam responsáveis por algumas tarefas de apoio à produção. Este facto não representa um problema (pode até ser considerada uma virtude a polivalência dos técnicos) excepto na situação de serem considerados como trabalhos de manutenção as tarefas de apoio à produção. Isto implica que, nos registos de intervenções sejam englobados trabalhos que não foram antecidos de uma avaria. Ora, para efeitos de análises de avarias apenas interessam as ocorrências que implicam uma avaria (perda de função ou degradação no funcionamento). Este é o caso das ocorrências acima referidas como “Fazer Ferros” que são tratadas como intervenções curativas, apesar de se tratarem de tarefas de apoio à actividade produtiva.

Porém, as consequências que estas ocorrências têm no serviço de manutenção assim como no sistema produtivo, implicam que sejam tratadas com igual importância, caso se tratasse de uma avaria.

Na Figura 3.15, na qual estão representados os tempos médios gastos nas intervenções nas prensas de vapor, é possível constatar que as intervenções mais penalizantes em termos de duração média são as intervenções do tipo “Motor”, “Parafusos”, “Pedais”, “Ruído”, “Temperatura” e “Ventilador”.

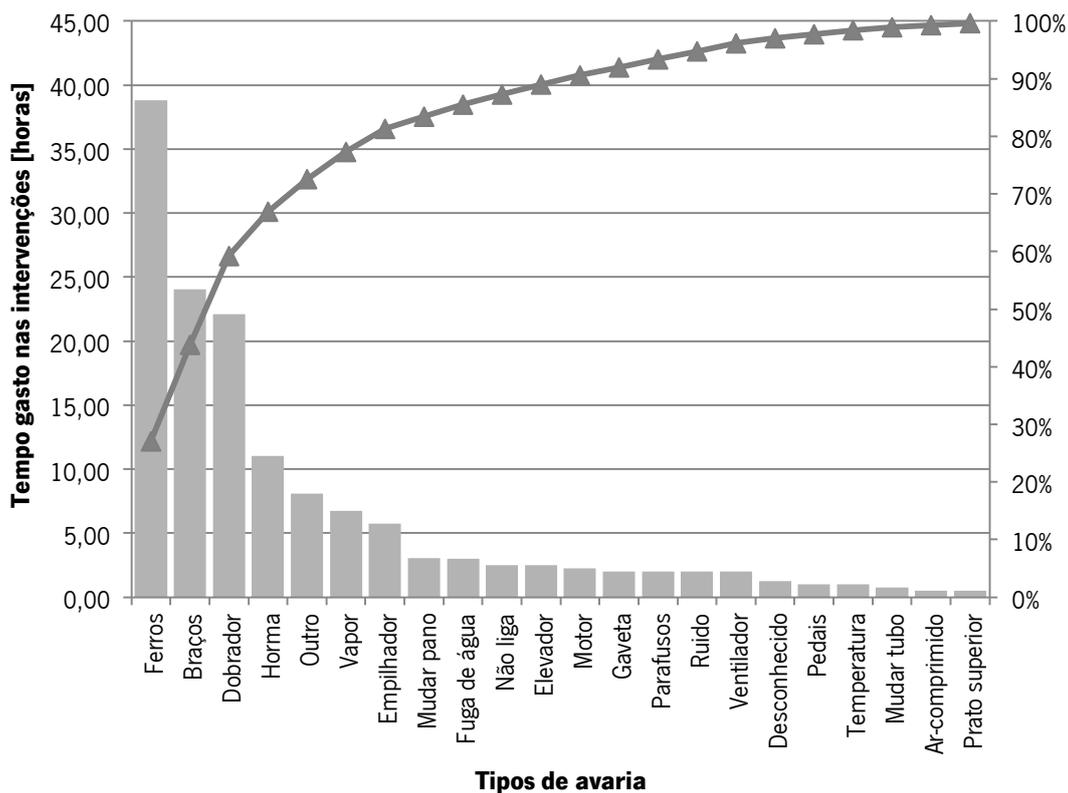


Figura 3.14 - Gráfico de Pareto dos tempos gastos nas prensas de vapor.

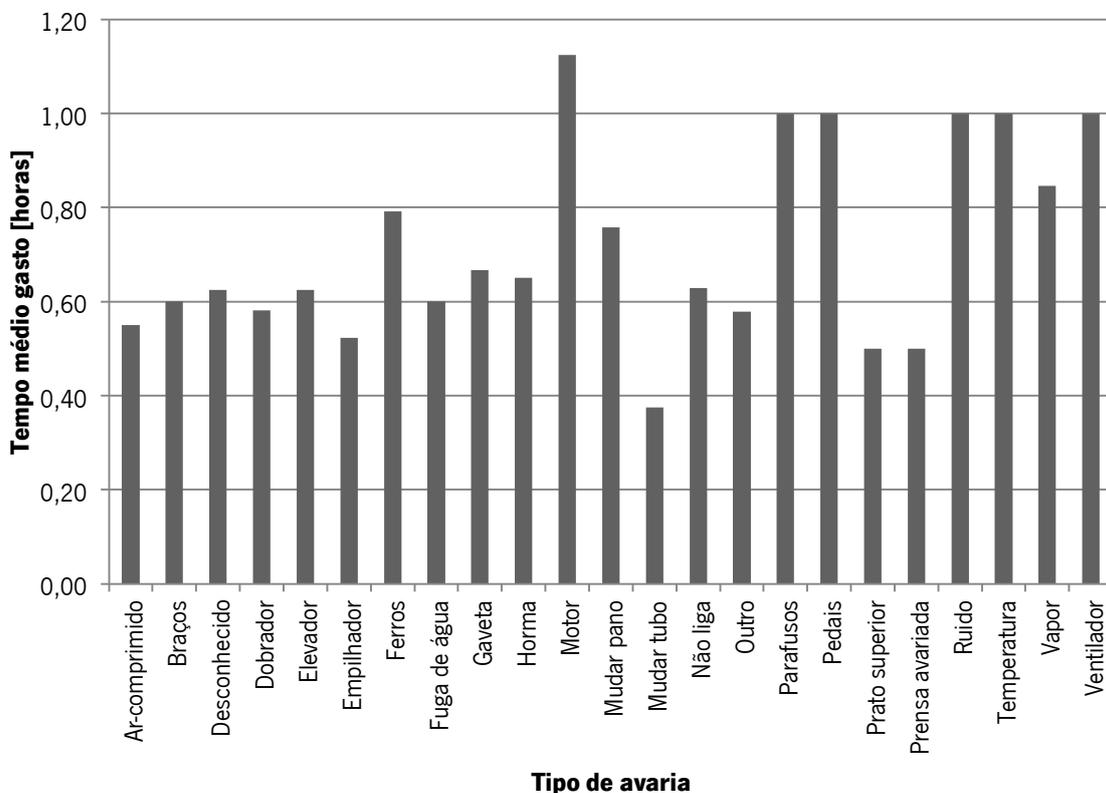
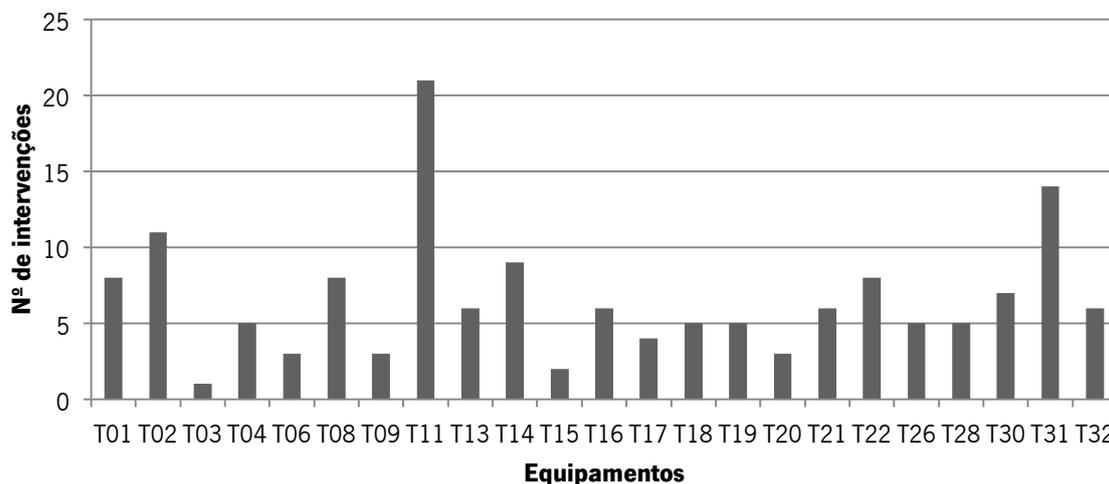


Figura 3.15 - Tempo médio gasto nas intervenções nas prensas de vapor.

### 3.8.2 Registos das Máquinas de Tingir

A análise da Figura 3.16 permite verificar que a máquina de tingir n.º11 tem um número anormal de intervenções relativamente aos restantes.



**Figura 3.16 – Distribuição das intervenções nas máquinas de tingir.**

As causas da diferença de avarias entre equipamentos do mesmo tipo podem estar relacionadas com um estado acentuado de degradação do equipamento (período de vida do equipamento caracterizado pela taxa de avarias crescente conforme vista na Figura 1.12;), reparações mal efectuadas, menor qualidade do equipamento (fiabilidade intrínseca<sup>3</sup>), ou má utilização por parte do operador.

Este equipamento deverá ser alvo de um estudo mais detalhado para averiguar as causas da tão elevada incidência de avarias.

A análise da Figura 3.17 permite inferir que a “bomba de circulação” e a “porta” são os componentes que mais prejudicam a fiabilidade dos equipamentos e representam em conjunto cerca de 39 % do total de avarias nas máquinas de tingir. Importa salientar as avarias de origem no componente “desconhecido”. Este facto é provocado por: falta de qualquer descrição nos registos ou descrições do tipo “problema mecânico”. De notar igualmente as avarias na “bomba

<sup>3</sup> A fiabilidade intrínseca ou inerente ou “à saída de fábrica”, é a fiabilidade teórica do equipamento/órgão referida (por vezes) pelo fabricante e resulta da qualidade do seu projecto. A fiabilidade intrínseca não tem em consideração as condições reais de funcionamento do equipamento/órgão. O conceito de fiabilidade extrínseca refere a fiabilidade calculada a partir da aplicação real do equipamento/órgão.

dos balseiros” que se agrupadas com as avarias na “bomba de circulação” representam ao todo cerca de 26% do total de avarias. As avarias nas tubagens revelam também alguma preponderância. Se agrupadas, juntamente com as avarias nas válvulas, representam cerca de 17 % do total de avarias.

As bombas são os chamados equipamentos rotáveis que em caso de avaria são retirados do local e levados para a oficina de apoio à manutenção e no seu local são colocados equipamentos similares que foram previamente reparados como explicado no parágrafo 2.2.5. Porém, não existe um registo de avarias ocorridas e reparações efectuadas neste tipo de equipamentos (o mesmo acontece com os motores) o que leva a que não seja acompanhado o seu desempenho.

A Figura 3.18 revela que os subconjuntos críticos a nível de número de avarias são igualmente os responsáveis pela maioria do tempo gasto na manutenção curativa das máquinas de tingir.

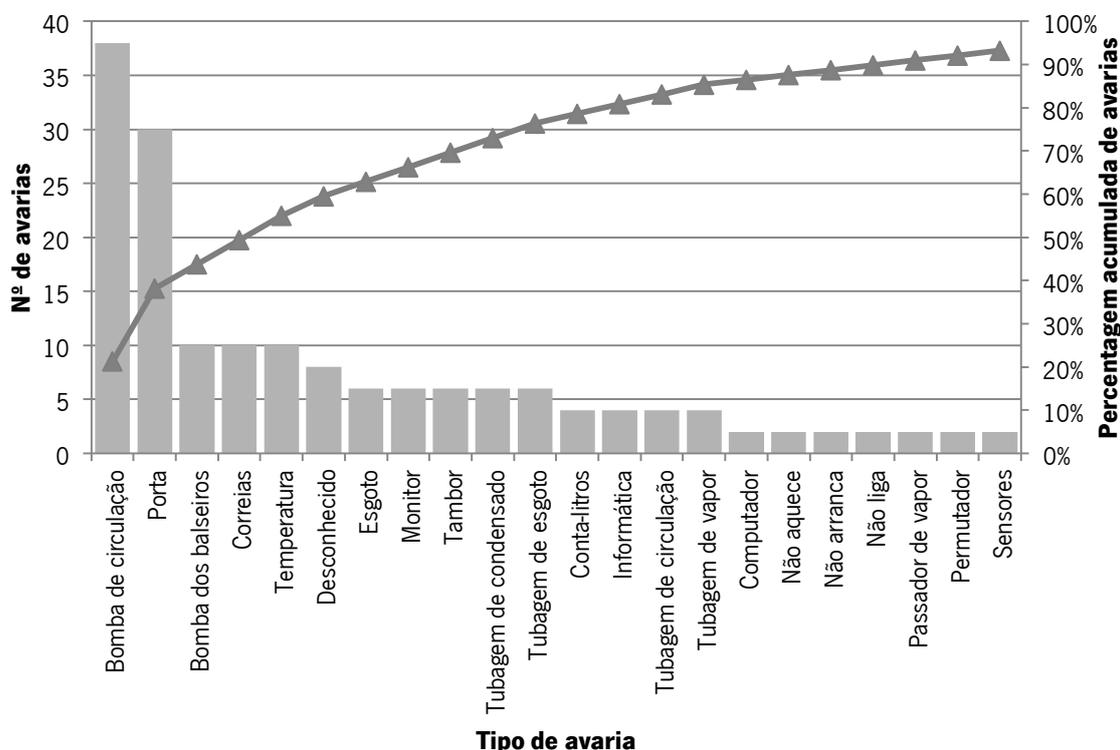


Figura 3.17 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nas máquinas de tingir

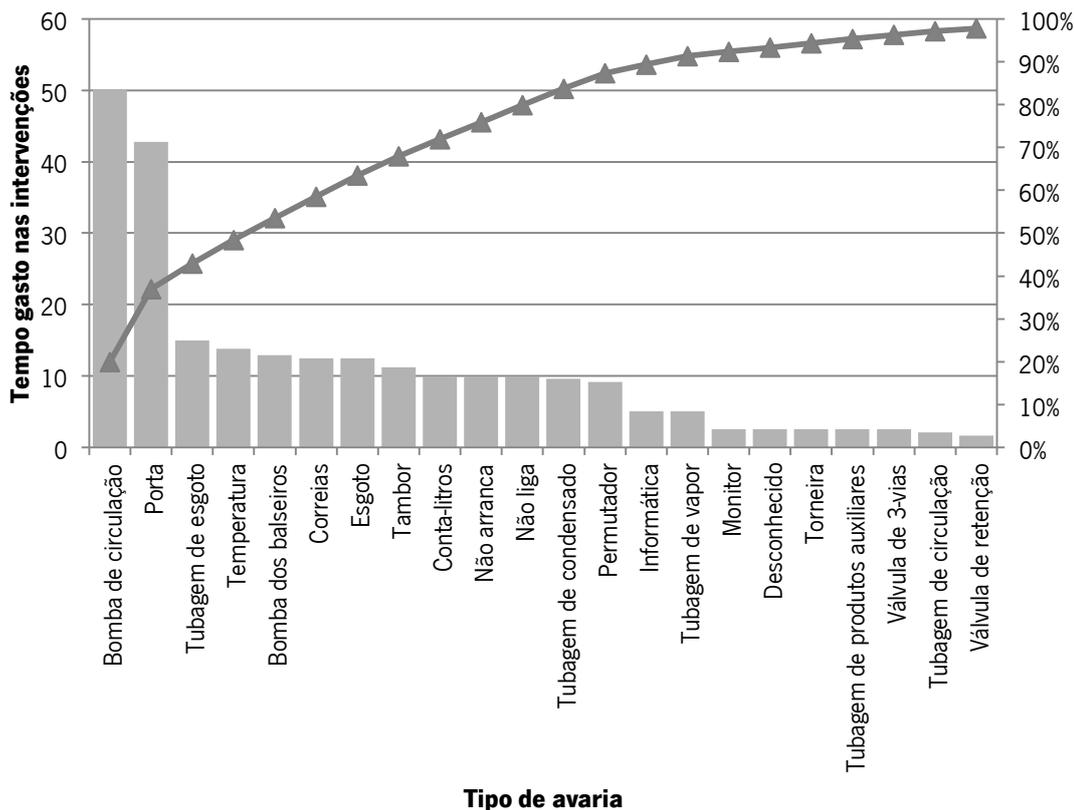


Figura 3.18 - Gráfico de Pareto dos tempos gastos nas máquinas de tingir

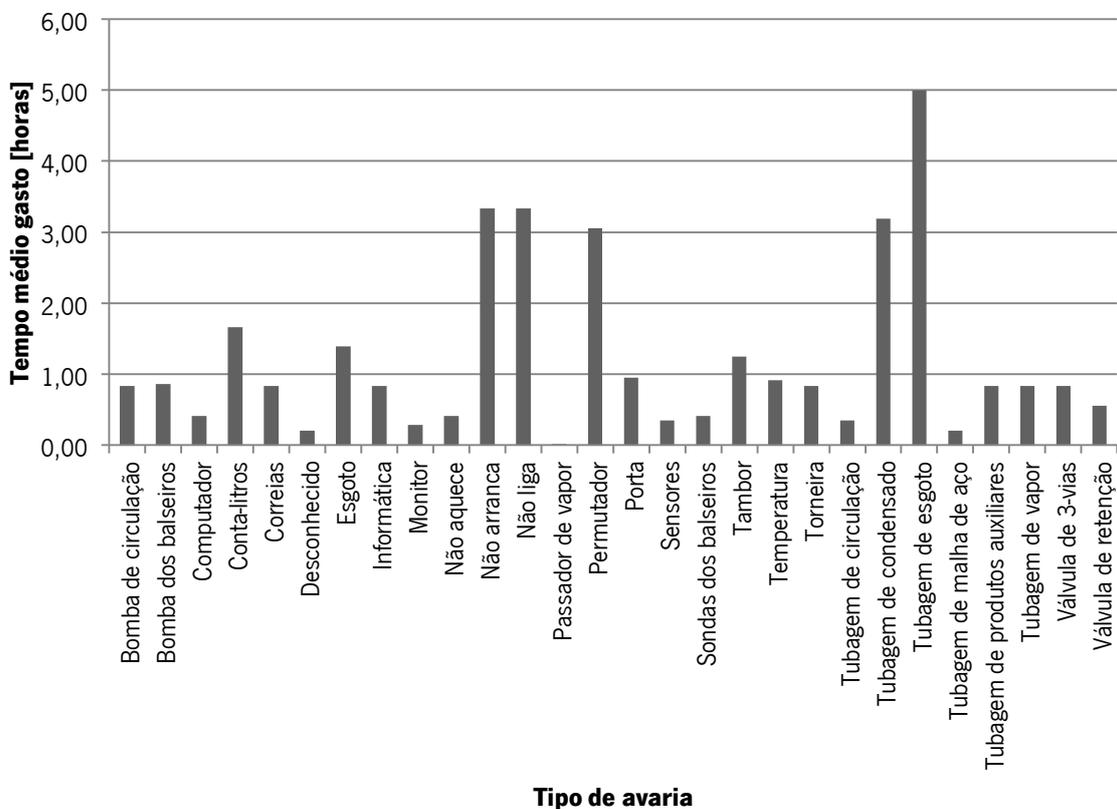


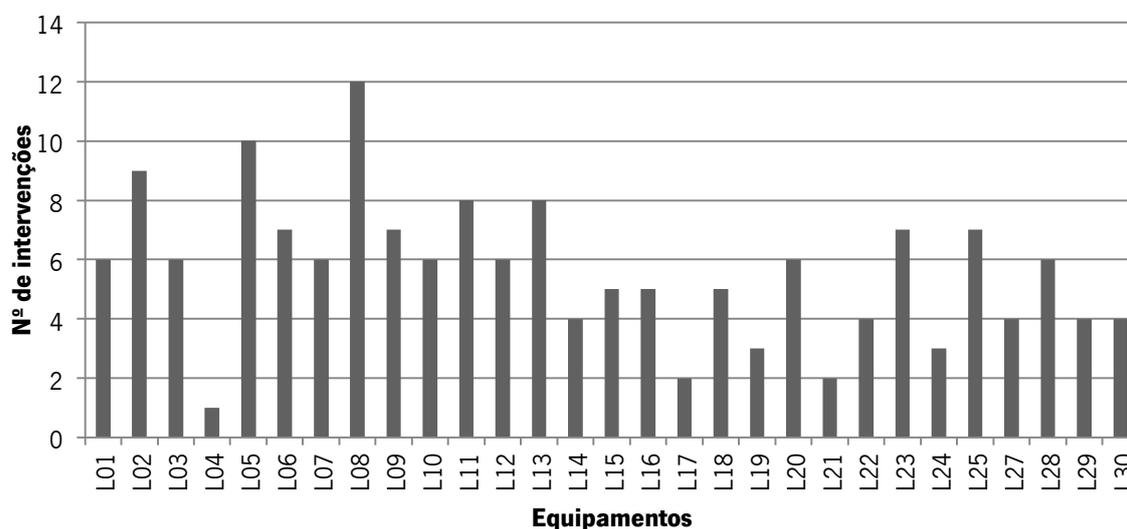
Figura 3.19 - Tempo médio gasto nas intervenções nas máquinas de tingir.

Este facto indica que os subconjuntos “bomba de circulação”, “Porta” são aqueles que mais depreciam a disponibilidade dos equipamentos. Como tal, devem ser os alvos principais da manutenção na óptica de: prevenção de avarias e/ou diminuição do tempo gasto na reparação.

A Figura 3.19 mostra que as intervenções nas “tubagens de condensado” e “tubagem de esgoto” foram, em média, as mais demoradas assim como as intervenções tipo “não arranca”, “não liga” e no “permutador”. As bombas (do balseiro e circulação) devem ser alvo de uma análise mais cuidada. O serviço de manutenção tem já implementado uma política de trocas deste tipo de equipamentos no momento das avarias de forma a diminuir a indisponibilidade. Porém, o elevado número de intervenções registadas indicia uma perturbação que poderá ser responsável pelo grande número de paragens das bombas, perturbação essa que poderá estar ligada a um excesso de carga, desgaste, limpeza, humidade ou mesmo má qualidade dos equipamentos.

### 3.8.3 Registos das Máquinas de Lavar Gangas

A Figura 3.20 mostra a distribuição das intervenções pelas máquinas de lavar gangas. É possível verificar que a distribuição é quase equitativa pelos vários equipamentos.



**Figura 3.20 - Distribuição das intervenções pelas máquinas de lavar gangas.**

A Figura 3.21 mostra que não existe um grupo de avarias preponderante. Porém, o maior número de avarias regista-se no “Monitor”, na “Bomba” e no “Esgoto”.

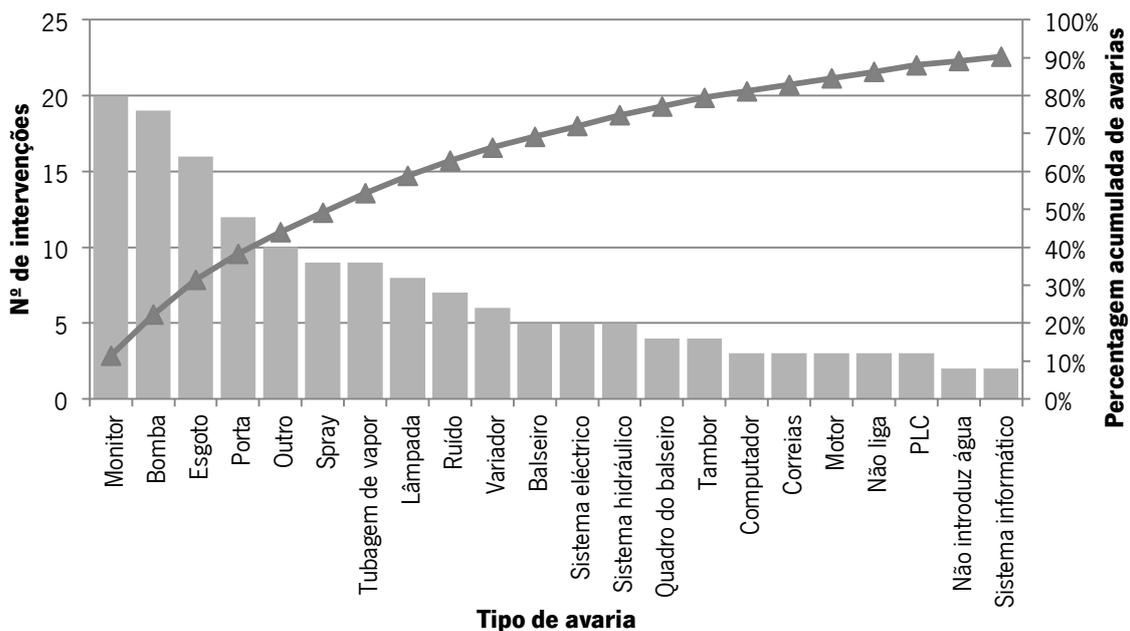


Figura 3.21 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nas máquinas de lavar gangas.

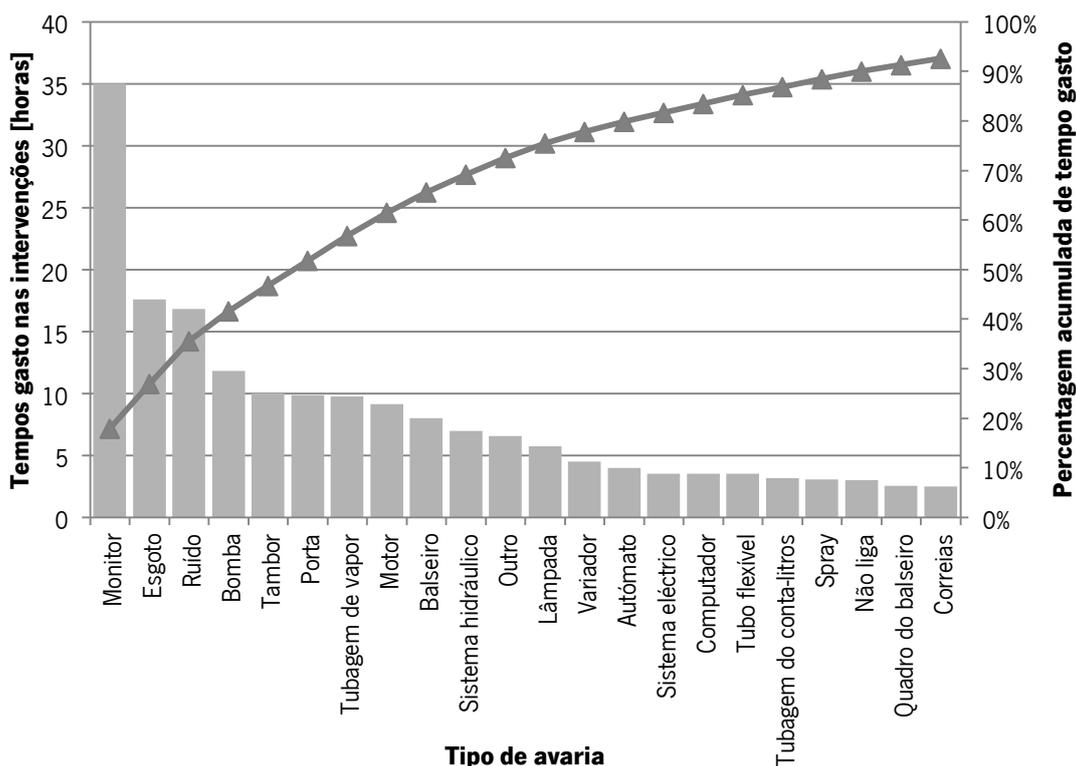
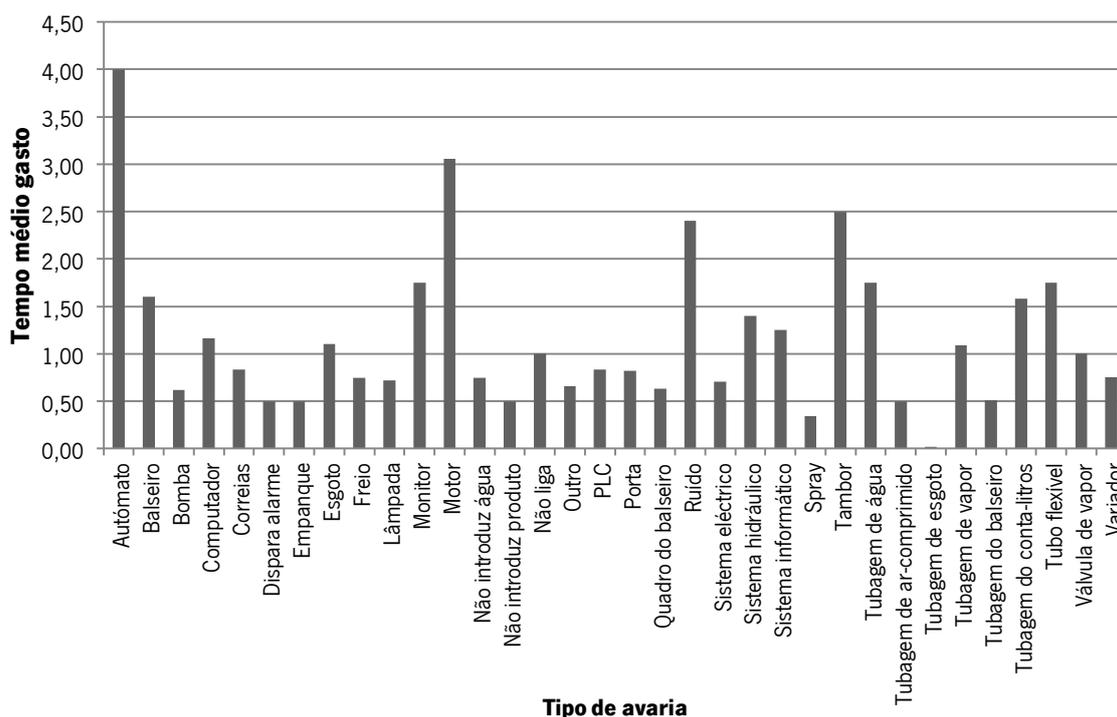


Figura 3.22 – Gráfico de Pareto dos tempos gastos nas máquinas de lavar gangas.

A Figura 3.22 mostra que o “monitor” é o componente responsável pelos maiores gastos nas intervenções nas máquinas de lavar gangas. Na Figura 3.23 é visível o elevado tempo médio gasto na intervenção do “autómato”, assim com do “Motor” com 4 e 3 horas médias de reparação, respectivamente.

A melhoria do funcionamento das máquinas de lavar gangas deverá passar pela eliminação das avarias no componente “Monitor” uma vez que registam o maior número de intervenções, assim como o maior tempo gasto para reparação.

Por outro lado, deve ser melhorada a fiabilidade dos componentes cuja falha implica a perda de matéria-prima ou produtos de adição, esgoto para aproveitamento, condensado de vapor e o próprio vapor saturado, são eles os componentes “Porta”, “Bomba”, “Balseiro” e “Permutador” assim como as respectivas tubagens e acessórios.



**Figura 3.23 - Tempo médio gasto nas intervenções nas máquinas de lavar gangas.**

Esta medida é igualmente válida para as máquinas de tingir, pois o princípio de funcionamento é em tudo semelhante.

**Tabela 3.10 - Falhas em componentes que implicam perdas de fluidos.**

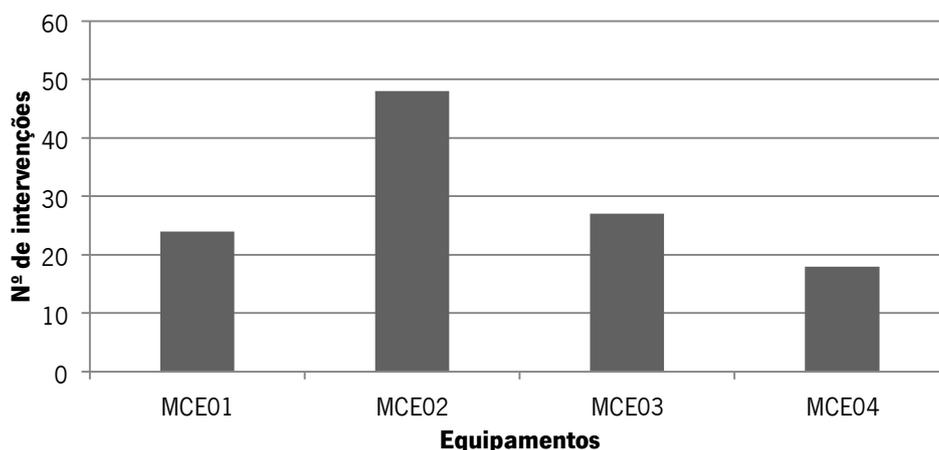
Tipo de Falha	Nº intervenções	Tempo gasto (horas)
Falhas nas tubagens + acessórios	42	65
Falhas nas bombas	59	82,75
Falhas nos balseiros + permutadores	5	8
Falhas nas portas	52	42
Total	158	197,75

A manutenção neste tipo de equipamentos deverá ser feita com recurso a trabalhos preventivos como inspecções para os balseiros e permutadores, trabalhos de melhoria para as portas, trabalhos preventivos com substituição de componentes para as bombas e trabalhos de manutenção preventiva com recurso a inspecções ou mesmo preditiva para as tubagens e acessórios.

As técnicas de manutenção preditiva aplicadas a tubagens encontra-se no anexo C.

### 3.8.4 Registos das Máquinas de Cerzir

Como pode ser visto pela Figura 3.24, o equipamento “MCE02” apresenta um elevado número de registos de intervenção curativa, comparativamente com os restantes equipamentos, pelo que deverá ser considerado o equipamento crítico.



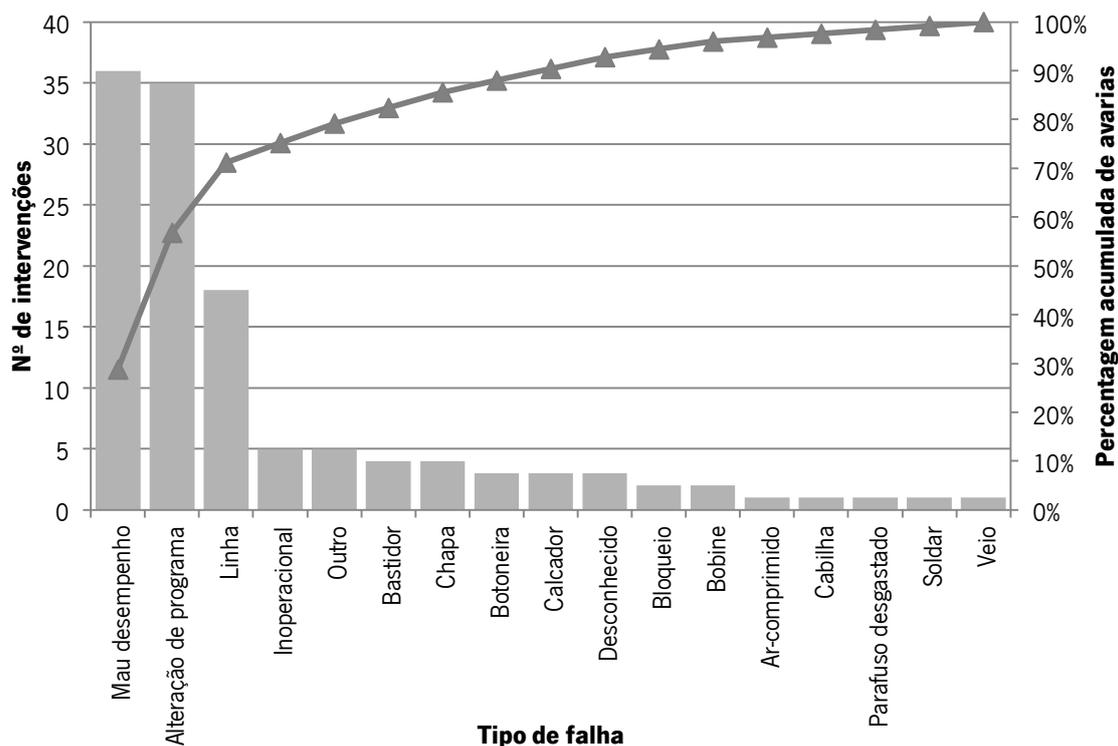
**Figura 3.24 - Distribuição das intervenções pelas máquinas de cerzir.**

Os tipos de avarias nas máquinas de cerzir, encontram-se sintetizados na Figura 3.25. Como é possível verificar, o tipo de avaria mais preponderante é o “Mau desempenho”, com um registo de 36 ocorrências e uma percentagem total de cerca de 29% do total de avarias. Verifica-se também um grande número de registos tipo “Alteração de programa” com 35 registos e 28% do total de registos. Os registos tipo “ Alteração de programa”, à semelhança dos registos nas Prensas de Vapor, são referentes a trabalhos de apoio à produção. Os registos referentes a problemas na “Linha” totalizam 18 ocorrências e 14,4% do total de ocorrências.

Na Figura 3.26 verifica-se que 30% do tempo gasto na manutenção curativa das Máquinas de Cerzir é gasto nas intervenções do tipo “Mau desempenho” com 39 horas. As intervenções

tipo “Alteração de programa” gastam 25% do tempo total com 32 horas. As intervenções na “Linha” gastam 16,4 horas e perfaz cerca de 12,8% do tempo gasto.

Os registos referentes a “Mau desempenho” devem-se a descrições de avarias do tipo “Trabalha mal” ou “Coze mal”, pelo que não é possível averiguar qual o componente causador da indisponibilidade.



**Figura 3.25 - Tipos de avarias nas máquinas de cerzir.**

Os três tipos de avaria acima referidos, são os principais responsáveis pela indisponibilidade dos equipamentos, pelo que os esforços devem ser concentrados na averiguação dos componentes responsáveis pelas avarias e na eliminação das respectivas causas.

Na Figura 3.27 é possível ver que as intervenções do tipo “Chapa” demoram em média 2 horas e 8 minutos, apesar de só apresentar 4 intervenções curativas o que representa cerca de 3,2% das intervenções curativas.

As intervenções do tipo “Desconhecido” gastam em média 1 hora e 33 minutos por intervenção e referem-se a descrições de avarias do tipo “problema mecânico”. Importa salientar

as que as reparações do tipo “Alteração de programa” custam em média 1 hora e 7 minutos e as do tipo “Mau desempenho” cerca de 53 minutos.

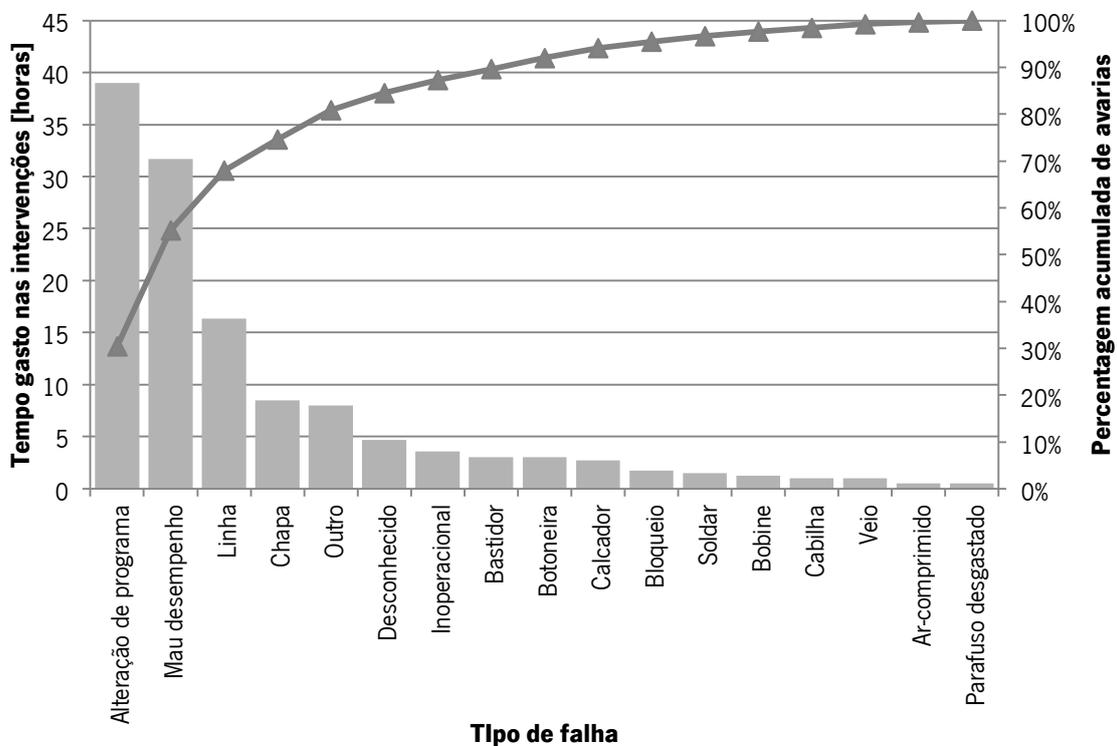


Figura 3.26 – Tempo gasto por falha nas máquinas de cerzir.

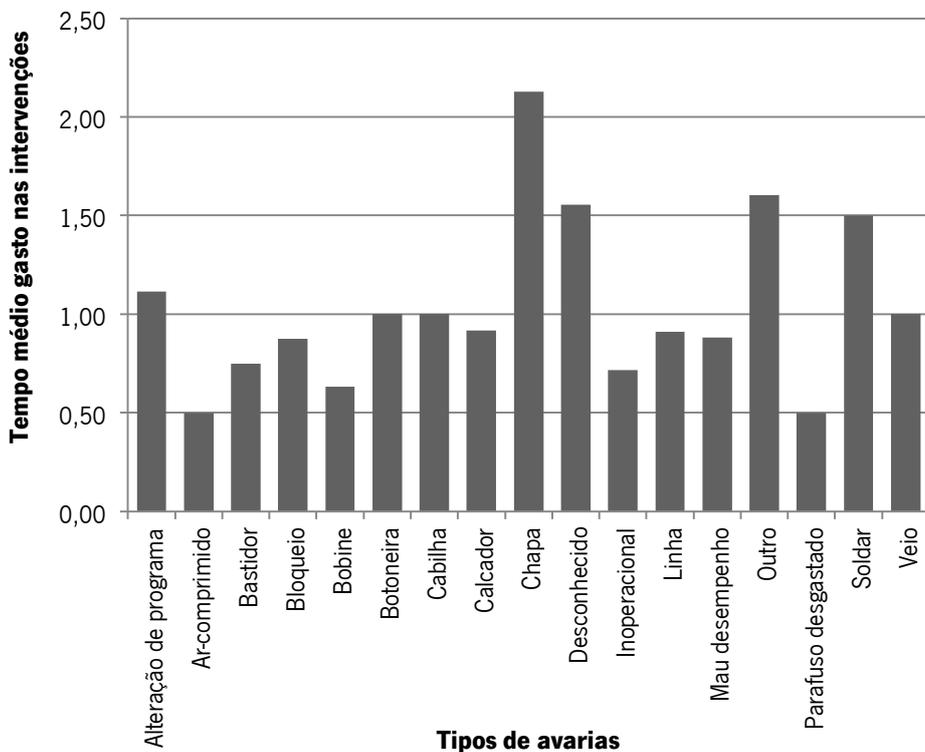
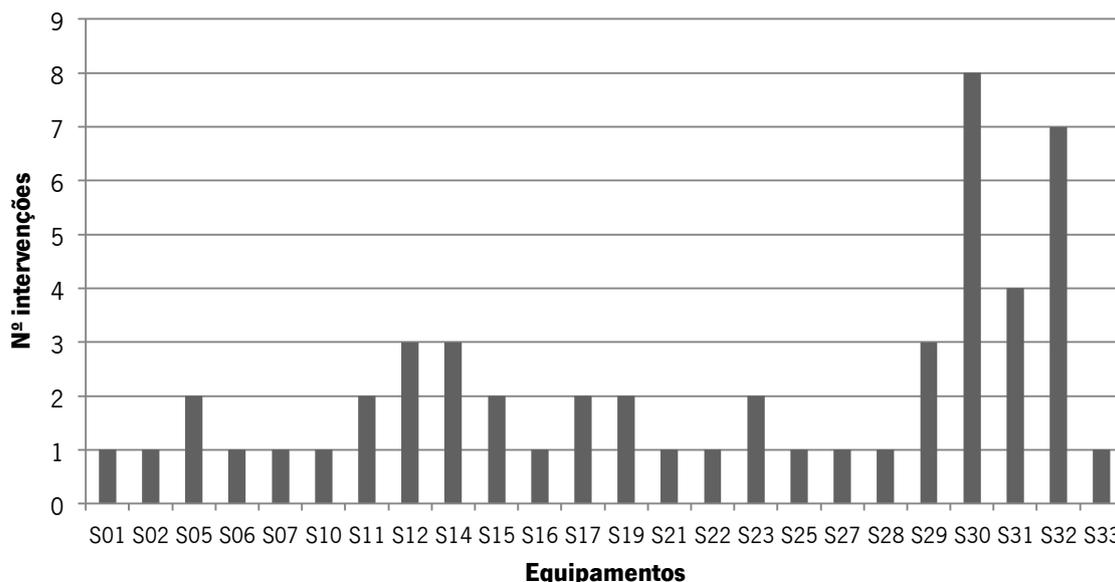


Figura 3.27 - Tempo médio gasto por tipo de falha.

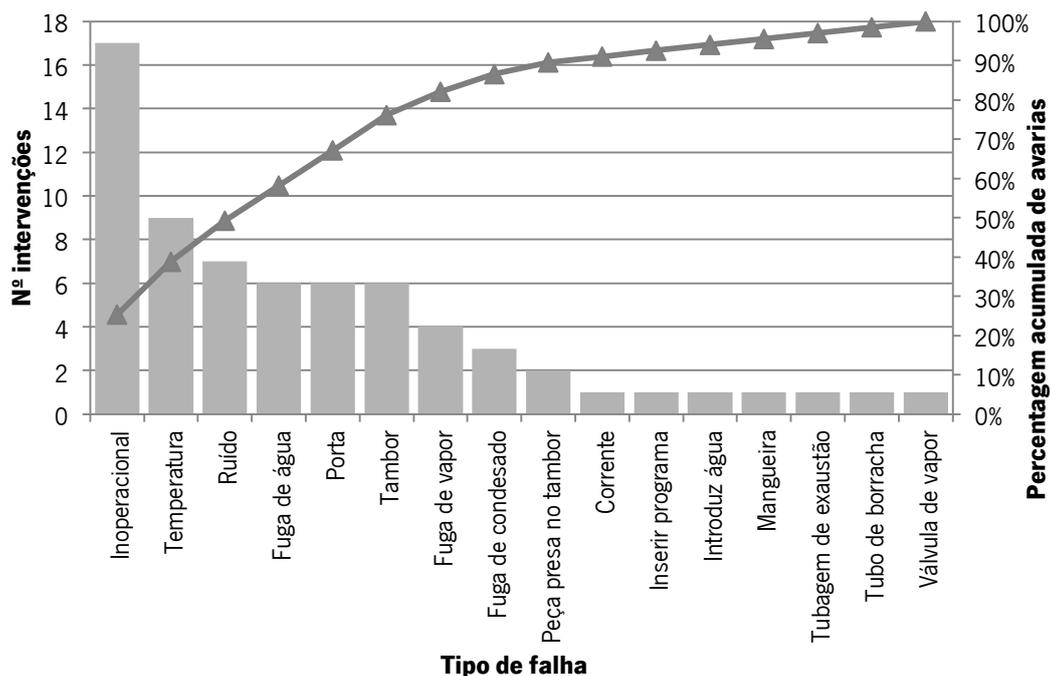
### 3.8.5 Registos nos Secadores

Na Figura 3.28 verifica-se que os equipamentos “S30” e “S32” apresentam um número anormal de registos de intervenções curativas pelo que deverão ser considerados os equipamentos dentro do grupo com menor fiabilidade e alvo de atenção redobrada no sentido de apurar as causas das intervenções.



**Figura 3.28 – Distribuição das intervenções pelos secadores.**

Na Figura 3.29 são representados os tipos de falha com maior expressão nos registos de intervenção curativas. É possível concluir que as avarias do tipo “Inoperacional” são as mais penalizadoras para este grupo de equipamentos com 17 registos que representam cerca de 25% do total de registos. As avarias deste tipo são constituídas por descrições das avarias do tipo “não trabalha” ou “avariado” pelo que devem ser apuradas as causas das avarias. A distribuição dos registos mostra que existe um conjunto de avarias que representa cerca de 76% das intervenções efectuadas e implicaram o gasto de 85% da mão-de-obra aplicada nas intervenções curativas neste tipo de equipamentos, são eles as já referidas avarias tipo “Inoperacional” e as avarias tipo “Temperatura”, “Ruído”, “Fuga de água”, “Tambor” e “Porta” como é possível ver na Figura 3.30.



**Figura 3.29 – Gráfico de Pareto dos tipos de avarias nos secadores.**

Na Figura 3.31 é possível concluir que as avarias que mais gastos de mão-de-obra implicam são do tipo “Fuga de água”, “Temperatura”, “Tambor” e “Corrente”. Para as intervenções do tipo “Ruído” não é possível averiguar quais os componentes responsáveis pela avaria. Para as intervenções do tipo “Fuga de água” é possível concluir que demoram em média 2 horas e 59 minutos o que reforça a necessidade de evitar as avarias em tubagens referidas no parágrafo 3.8.3.

Importa igualmente salientar as avarias na “Porta” que se revelam recorrentes, tanto para este tipo de equipamentos, como para as máquinas de lavar gangas e máquinas de tingir. Este componente deve então ser analisado no sentido de adequar este componente às condições de funcionamento dos equipamentos. O tipo de manutenção a aplicar deverá ser então de melhoria.

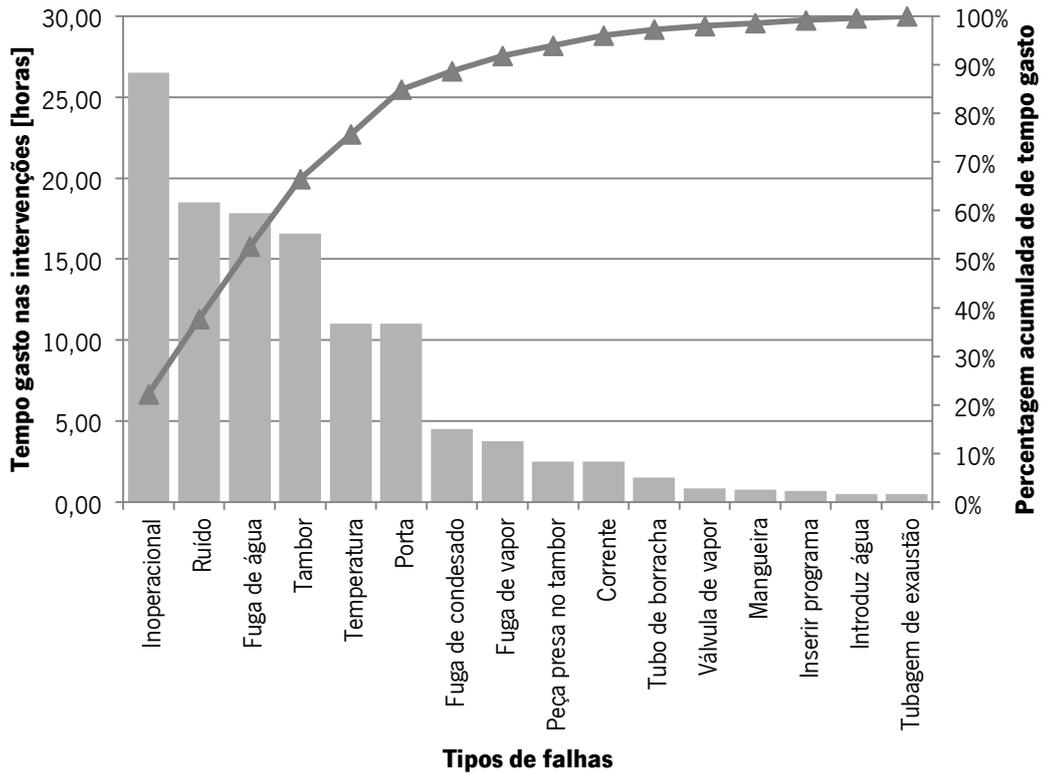


Figura 3.30 - Gráfico de Pareto dos tempos gastos nos secadores.

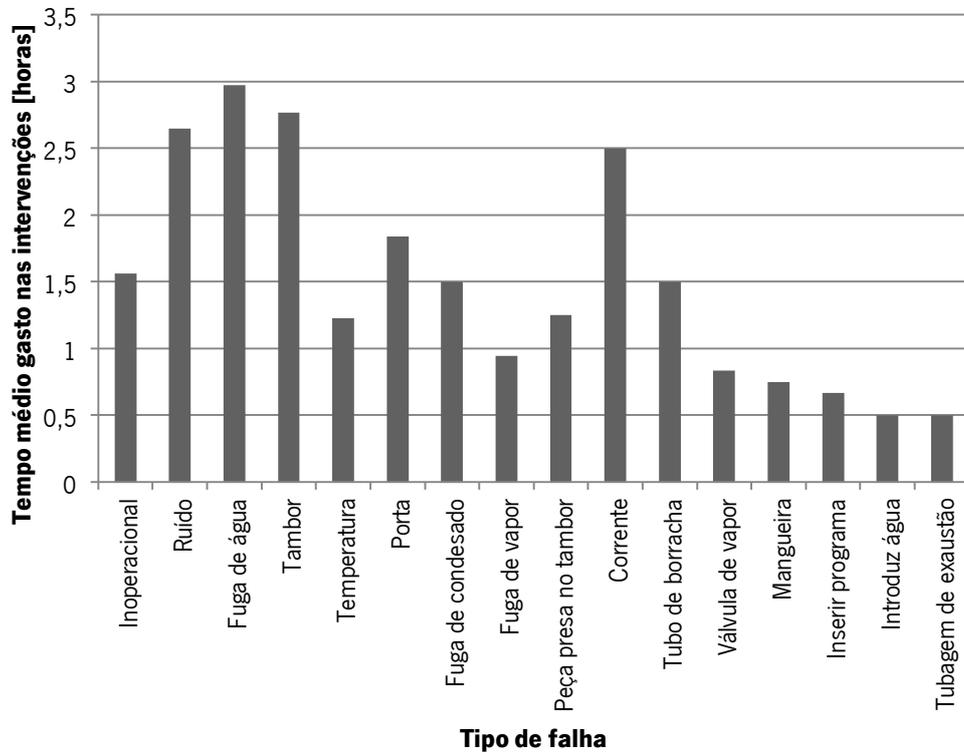
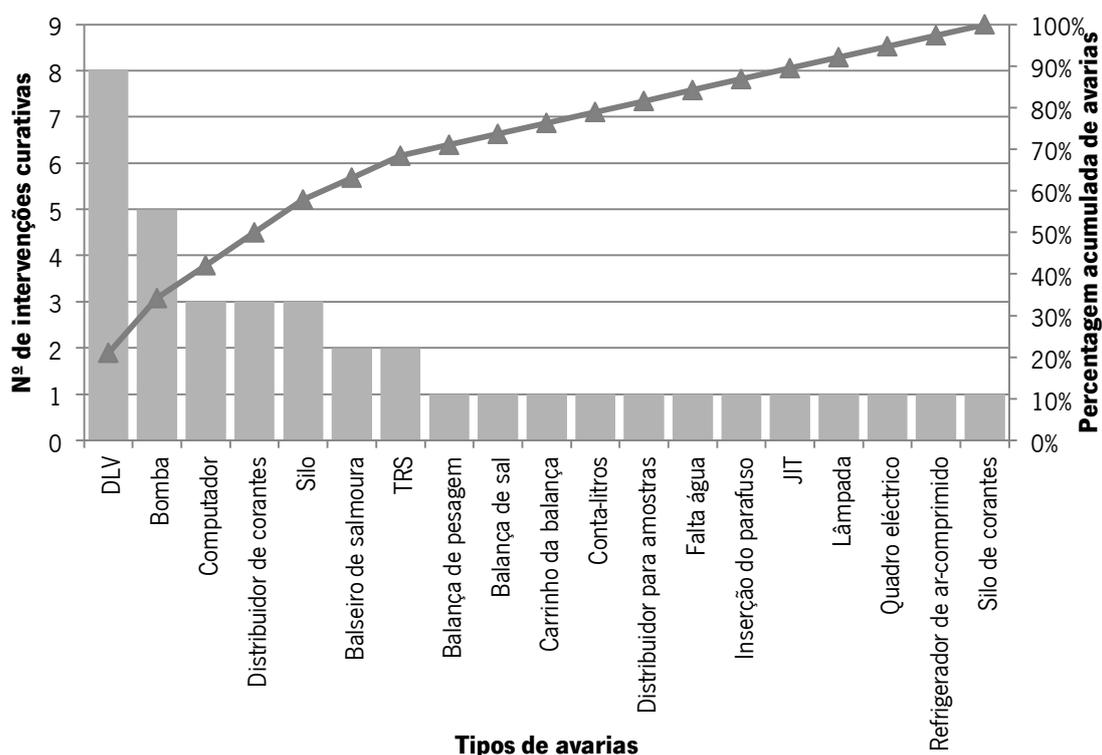


Figura 3.31 - Tempo médio gasto nas intervenções nos secadores.

### 3.8.6 Registos da Cozinha *Colourservice*

A cozinha *Colourservice* apesar de ser considerada no sistema actual de manutenção como um equipamento é na verdade constituída por um conjunto de equipamentos com funções distintas cuja inoperacionalidade tem implicações em vários sistemas distribuídos pela empresa, como as máquinas de tingir, máquinas de lavar e amostras. A Figura 3.32 permite verificar quais são os subconjuntos da Cozinha *Colourservice* responsáveis pelos registos de avarias. É possível ver que o maior contributo para a diminuição da fiabilidade da Cozinha *Colourservice* se deve ao equipamento “DLV” e representa cerca de 21% do total de avarias. Por outro lado, verifica-se um número considerável de intervenções nas bombas o que revela a importância deste tipo de equipamentos para a manutenção se for considerado em conjunto com os registos nas máquinas de lavar gangas e máquinas de tingir.



**Figura 3.32 – Gráfico de Pareto da distribuição de avarias na cozinha Colourservice.**

De igual modo, pela Figura 3.33 é possível concluir que as avarias no “DLV” são responsáveis pelo maior gasto de manutenção curativa no sistema “Cozinha Colourservice”.

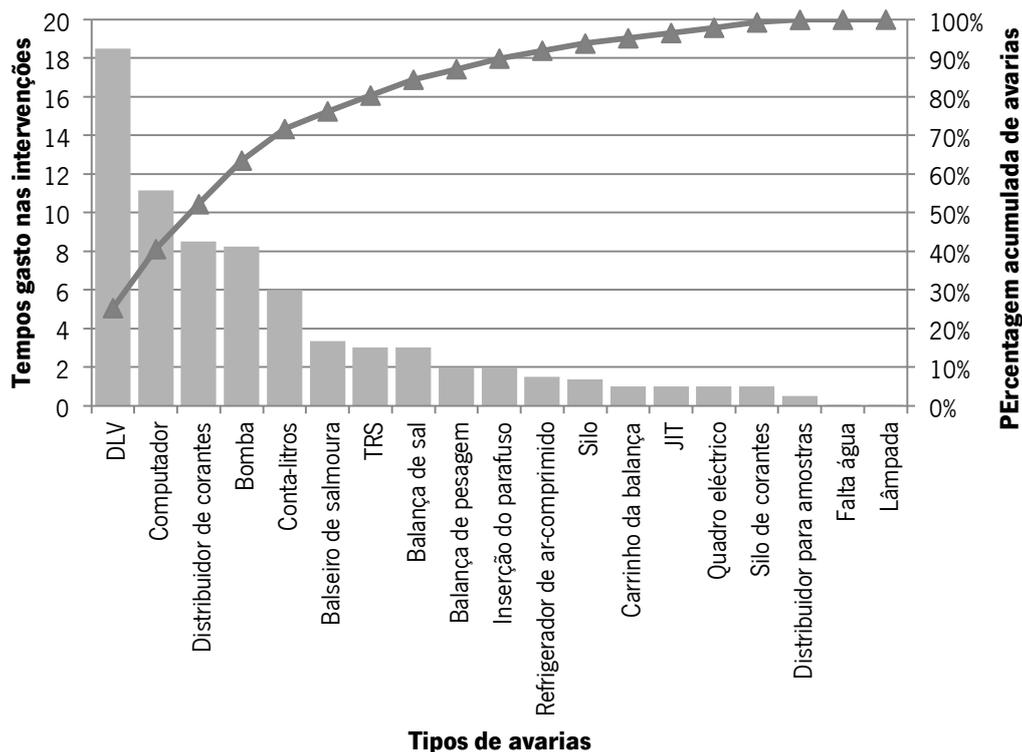


Figura 3.33 – Gráfico de Pareto da distribuição dos tempos gastos na Cozinha Colorservice.

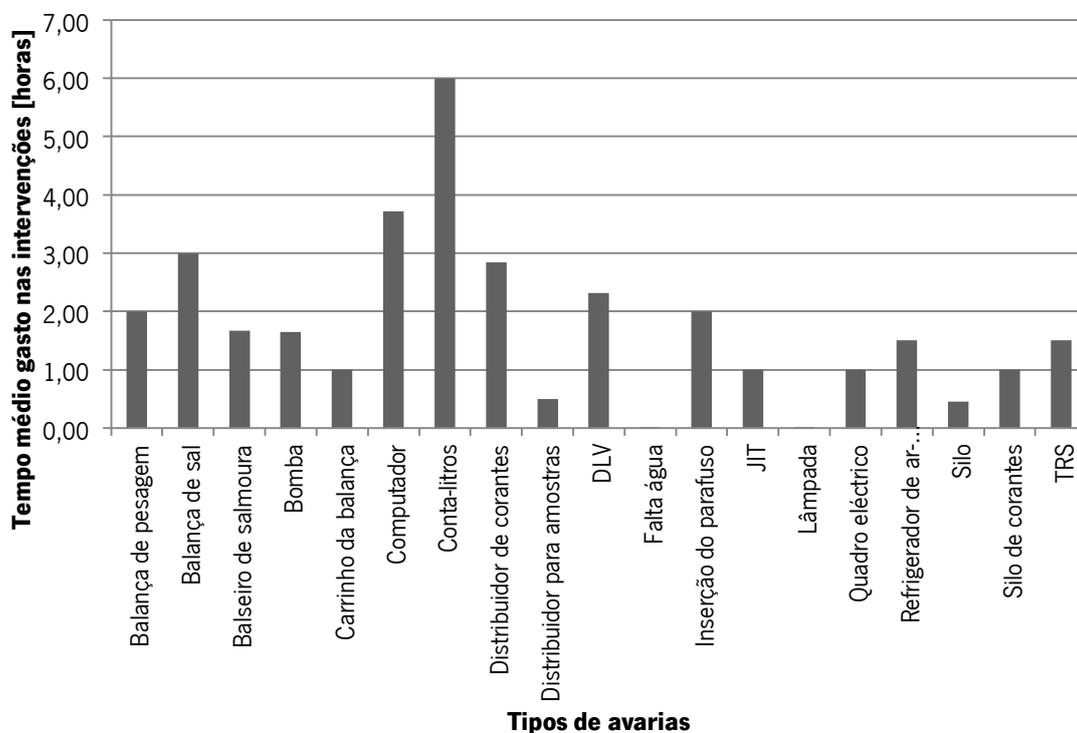


Figura 3.34 – Tempo médio gasto nas intervenções na Cozinha Colorservice.

Pela Figura 3.34 conclui-se que a intervenção no “Conta-litros” é, em média, mais demorada que as restantes e representou um gasto de 6 horas.

Apesar de ser possível verificar que a maioria das avarias se dá no “DLV” (Figura 3.35 e Figura 3.36), não é possível tirar conclusões em relação à causa da avaria. Só assim seria possível tomar medidas com vista à diminuição da taxa de avarias e aumento da fiabilidade do sistema.



**Figura 3.35 – Equipamento de distribuição de corantes e produtos auxiliares DLV**



**Figura 3.36 – Perspectiva alternativa do equipamento DLV.**

## **3.9 ANÁLISE CRÍTICA DOS REGISTOS**

### **3.9.1 Inventariação dos equipamentos**

Cerca de 39% das intervenções dão-se em equipamentos não-listados, cujas implicações em termos de mão-de-obra são de 31% do total de tempo gasto em manutenção. Este facto não teria qualquer tipo de gravidade caso se tratasse de equipamentos de baixa importância cujos custos de manutenção e implicações em caso de avaria não fossem relevantes. Porém, verifica-se que uma parte dos registos é referente aos sistemas auxiliares de produção (rede de produção e distribuição de fluidos) cuja falha implica a inoperacionalidade de um conjunto de equipamentos que será tanto maior quanto menor for o grau de redundância do sistema. As perdas em caso de falha destes equipamentos (nomeadamente as fugas) serão proporcionais ao custo de “produção” e distribuição do próprio fluido em questão. Por exemplo, uma fuga numa tubagem de vapor ou ar-comprimado implicará mais custos indirectos de manutenção do que uma fuga numa tubagem de água camarária devido aos custos de produção do fluido e a sua distribuição.

Por outro lado, as 1913,3 horas gastas na manutenção em equipamentos não listados, implicam custos cujo alvo não pode ser precisado. Logo, não é possível acompanhar as implicações para a manutenção desse mesmo alvo. Como exemplo:

Nº de horas gastas: 1913,3 horas

Nº de intervenção: 1174

Custo de mão-de-obra<sup>4</sup> padrão fictício: assumindo 12€/hora de trabalho

Custo de materiais e peças aplicadas fictício: assumindo 5€ por intervenção

Custo total nas intervenções em equipamentos NL: 28829,6€ ou aproximadamente 5241,7€/mês.

Este valor deve ainda ser acrescido de um valor correspondente ao custo de paragem dos equipamentos (custo indirecto de manutenção) para as intervenções curativas em equipamentos de produção e auxiliares de produção

O custo acima calculado, mesmo no caso de não poder ser evitado, deve ser imputado directamente ao equipamento em questão. Desta forma, seria possível acompanhar a sua evolução e obter dados que sustentem a adopção de uma política de manutenção alternativa (conforme visto no parágrafo 1.5.2.1).

A lista de equipamentos no sistema de manutenção revela-se assim insuficiente face à variedade de avarias registadas. A real incidência de avarias nos equipamentos está dissimulada por falta de inventariação do parque de equipamentos e por lapso dos utilizadores do *software* de apoio à manutenção.

Estes factores, salientam a necessidade de diminuir progressivamente os registos relativos a equipamentos não-listados. Isto é conseguido pela inventariação de todo o parque de equipamentos que constitui a empresa e pela correcta referenciação do equipamento alvo de manutenção no acto da própria manutenção ou no momento do pedido de intervenção.

---

<sup>4</sup> O custo de mão-de-obra de manutenção depende dos custos com a estrutura de manutenção (infraestruturas, ferramentas, electricidade, pessoal indirecto de manutenção, etc) mais os encargos a nível de vencimentos, subsídios e respectivos encargos sociais.

Adicionalmente, foi possível verificar no parágrafo 3.8.6, assim como na análise da lista de equipamentos presentes no *software* de apoio à manutenção, a presença de equipamentos, que são na realidade sistemas constituídos por vários equipamentos como é o caso da Cozinha *Colourservice*, *Superlab* e sistema de recuperação de calor, cujas implicações em caso de falha de um dos equipamentos pode não comprometer o funcionamento de todas as funções do sistema. Assim sendo, com o estado actual torna-se difícil destrinçar o correcto funcionamento dos vários módulos que constituem os sistemas. O caminho deverá ser talhado no sentido não só de identificar todos os equipamentos alvo de manutenção presentes na empresa, como fazer a separação por sistemas, tipos de equipamentos, módulos e componentes (conforme referido no parágrafo 1.5.2.1).

### **3.9.2 Descrição dos trabalhos**

A análise cuidada dos trabalhos de manutenção preventiva revela que na denominação corrente da empresa são considerados trabalhos preventivos os trabalhos de montagem de novos equipamentos, as mudanças de *layout* e as melhorias nas instalações e equipamentos. Este facto leva a uma deturpação dos resultados obtidos uma vez que só devem ser considerados trabalhos de manutenção preventiva os trabalhos efectuados com vista a diminuir a probabilidade de avaria ou a deterioração do equipamento (ex: lubrificações, inspecções, revisões gerais, etc..).

De igual modo, os trabalhos de manutenção curativa englobam tarefas de apoio à produção, os quais, apesar de consumirem igualmente recursos do serviço de manutenção, não devem ser considerados trabalhos de manutenção correctiva (muito menos curativa) uma vez que não contribuem para a contabilização do número de avarias dos equipamentos e respectivo cálculo de indicadores de manutenção.

Assim sendo, o registo dos trabalhos de manutenção deverá passar por:

- Em caso de manutenção correctiva – nos registos efectuados devem ser discriminados os trabalhos efectuados, materiais e peças aplicadas, tempo de funcionamento dos equipamentos no momento da avaria, assim como os indicadores próprios de manutenção (TDE, TTR e TIA) e os custos de manutenção (conforme parágrafo 1.5.3.1);

- Em caso de manutenção preventiva – devem ser discriminados os tipos de trabalho efectuado (lubrificação, inspecção, revisão, etc), materiais e peças aplicadas e implicações no custo de manutenção do equipamento (conforme parágrafos 1.2.2 e 1.5.3.1).

### **3.9.3 Manutenção preventiva**

Cerca de 26% das intervenções efectuadas e 58% do trabalho gasto são dedicadas à manutenção preventiva (Tabelas 3.1 e 3.2). Por outro lado, as intervenções preventivas são em média 2 a 4,5 vezes mais demoradas do que as intervenções curativas (Figura 3.11). Porém, a distribuição pelos vários tipos de equipamentos das intervenções preventivas e respectivos tempos gastos pela manutenção não são um indicador por si só da eficiência do serviço ou falta dela.

A avaliação dos benefícios obtidos com a manutenção preventiva deve ser feita em conjunto com uma análise da fiabilidade, da disponibilidade e dos custos de manutenção (conforme parágrafos 1.6 e 1.4) uma vez que como referido no Capítulo I, a manutenção preventiva não deve ser aplicada a todo o custo pelo que existe uma relação economicamente óptima entre a manutenção preventiva e correctiva. Os trabalhos preventivos efectuados pelo serviço de manutenção, apesar de terem como objectivo aproveitar os tempos de paragem dos equipamentos para garantir o seu bom funcionamento durante os tempos dedicados à produção, carecem de um método para contabilizar o seu real contributo para a disponibilidade do equipamento (conforme referido nos parágrafos 1.6.3 e 1.4.4).

Não é possível conhecer os reais benefícios da aplicação da manutenção preventiva por serem desconhecidas:

- As datas das intervenções preventivas – para que seja possível fazer um paralelo entre a aplicação das intervenções preventivas e a alteração da taxa de avarias, o que iria indicar um ganho de fiabilidade, assim como ganhos na disponibilidade (conforme parágrafo 1.5.3.1);
- O número de avarias dos equipamentos e o respectivo tempo de paragem – pelas mesmas razões acima referidas;

- Os consumos energéticos dos equipamentos antes e após a aplicação da manutenção preventiva;
- Os custos de manutenção dos equipamentos (custo directo e indirecto) – para determinar a relação óptima entre manutenção correctiva e preventiva que implique um custo mínimo (conforme parágrafo 1.4.4);
- Os indicadores de manutenção – para conhecer as alterações do desempenho dos equipamentos antes e após a aplicação de manutenção preventiva.

### **3.9.4 Prioridades de acção**

As prioridades de acção do serviço de manutenção deverão ser em torno dos equipamentos com maiores registos de intervenções curativas, pois este facto é indicador de uma baixa fiabilidade daqueles equipamentos, o que pode originar custos de não-produção elevados. Por outro lado, o tempo gasto nas intervenções curativas é também um factor de peso, pois indica quais os equipamentos que mais custos de mão-de-obra de manutenção acarretam. As prioridades de acções deverão ser então os equipamentos do tipo: Prensas de Vapor, Máquinas de Tingir, Máquinas de Lavar Gangas, Máquinas de Cezir e Secadores, assim como da Cozinha Colorservice e a “Máq. Cezir N°02”.

As razões para o elevado registo de avarias podem ser:

- Os equipamentos estão em início de vida (período de juventude) que é caracterizado pelas avarias precoces (devido a rodagem dos componentes) – neste caso os trabalhos de manutenção devem ser maioritariamente correctivos;
- Os equipamentos estão no período de vida de obsolescência que é caracterizado pelo aumento da taxa de avarias – neste caso é recomendável utilizar, maioritariamente, a manutenção preventiva para evitar falhas, ou estudar a substituição do equipamento;
- As avarias devem-se à má utilização por parte do operador – neste caso pode ser útil a criação de um manual de utilização do equipamento ou investir na formação do operador;
- Os equipamentos têm uma taxa de utilização superior aos restantes, pelo que um número superior de avarias é aceitável em função do maior desgaste a que estão sujeitos;

O tempo médio gasto nas intervenções curativas pode ser entendido como um indicador da manutibilidade dos equipamentos ou, por outro lado, um indicador da indisponibilidade dos equipamentos por avaria. Porém, este valor deve ser interpretado com algumas reservas pois ao se tratar de um valor médio pode ser afectada por um lado, por um desvio padrão elevado (causado por intervenções esporádicas demoradas) ou por um baixo número de intervenções o que descaracteriza este indicador. As prioridades de acção deverão ser os equipamentos do tipo: Secadores, *Superlab*, Estufa e Amostras assim como dos equipamentos “Máq. Tingir N°06” e “Carrocel de Spray N°11”.

A diminuição do tempo gasto nas intervenções curativas pode passar pela identificação de avarias repetitivas cujas intervenções podem ser alvo da preparação de um guia que permita agilizar e normalizar o procedimento correctivo. Em alternativa, pode ser estudada a hipótese de serem efectuadas substituições padronizadas dos módulos avariados, que deverão ser posteriormente reparados. Desta forma, agiliza-se o procedimento de reparação e vê-se diminuído o tempo de paragem do equipamento. Para aplicar esta medida, seria fundamental conhecer o TTR que poderia, relacionando este valor com o tipo de avaria (modo de falha), descobrir quais os componentes e/ou tipos de falha com menor manutibilidade. Uma forma alternativa de diminuir o tempo gasto nas intervenções curativas é obviamente, evitar o aparecimento da falha através da manutenção preventiva ou da manutenção de melhoria.

Tipicamente, para melhorar a eficiência da manutenção preventiva, as intervenções mais demoradas deste tipo, deverão ser alvo de preparação, com a elaboração de procedimentos escritos (usualmente em formato *checklist*) para agilizar os trabalhos mais demorados. Assim, a prioridade em relação à manutenção preventiva deverá passar pela elaboração de procedimentos de manutenção preventiva para os equipamentos do tipo (por ordem decrescente de importância): Prensa de Vapor, Forno, Máquina de Lavar Gangas, Máquina de Tingir e *Robot* de Escovas, assim como dos equipamentos tipo “Tina de Tingimento” e “Robot de Escovas”, devido ao tempo médio gasto por intervenção. Considerando os equipamentos individualmente, as prioridades deverão passar pelo Forno N°01, *Robot* de Spray N°02 e Cozinha Colorservice devido ao elevado tempo gasto nas intervenções. O objectivo será o de diminuir os tempos gastos nas intervenções e consequentes custos de mão-de-obra.

### 3.9.5 Indicadores de manutenção

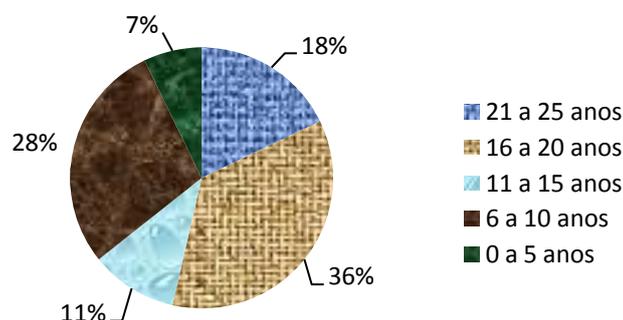
O cálculo de indicadores de fiabilidade e disponibilidade foi efectuado segundo algumas aproximações referidas no parágrafo 3.6. Estes valores, apesar de poderem ser entendidos como um guia para melhorar o desempenho dos equipamentos, carecem do rigor necessário para melhorar a eficiência da manutenção. A razão prende-se com o facto de as análises de fiabilidade e consequente disponibilidade terem de ser feitas com os valores de funcionamento dos equipamentos, assim como dos tempos técnicos de reparação e eventualmente o tempo de espera de cada intervenção, conforme referido no parágrafo 1.6. A utilização do tempo de calendário para a contabilização do tempo de funcionamento tem como consequência a consideração de 24 horas de funcionamento contínuo dos equipamentos o que é impraticável.

A inexistência de procedimentos para avaliar os indicadores de manutenção como manutibilidade, fiabilidade e disponibilidade implica um desconhecimento rigoroso dos alvos críticos de manutenção por um lado, e por outro, das oportunidades de melhoria da aptidão para o cumprimento da função de cada equipamento (conforme parágrafo 1.7)

A informação para efeitos de histórico extraída da requisição é insuficiente para criar um histórico capaz de potenciar melhorias na política de manutenção, aumentar a manutibilidade, fiabilidade ou mesmo, na determinação do período óptimo para a substituição [conforme parágrafo 1.4.3 e Torres (17) que define como variáveis para a determinação do ponto óptimo de substituição de um equipamento o valor de aquisição, cessação, custos de exploração, taxa de inflação e capitalização], para além de ajudar na gestão do *stock* de peças e materiais de manutenção (conforme parágrafo 1.5.3.1).

A importância da contabilização dos indicadores de manutenção, é tanto mais crítica quanto maior for o ciclo de vida de um equipamento, pois o número de avarias deverá ser proporcional ao seu tempo de funcionamento. Como exemplo, para as máquinas de tingir presentes na empresa, é possível ver pela Figura 3.37 que cerca de 93% dos equipamentos foram adquiridos há mais de 5 anos. Ora, segundo Cabral (7), a obtenção de indicadores de manutenção deverá ser feita após a acumulação de histórico não inferior a 1 ou 2 anos de funcionamento, pelo que a obtenção de dados que permitissem o cálculo dos indicadores de manutenção teria permitido

aferir com precisão, ao longo do tempo, eventuais desvios no comportamento da esmagadora maioria dos equipamentos em questão.



**Figura 3.37 - Data de aquisição das máquinas de tingir.**

### 3.9.6 Tipos de avarias mais frequentes

A análise dos tipos de avarias e componentes avariados mostra que seria necessário conhecer detalhadamente os sintomas e causas de cada avaria, assim com do componente/órgão responsável pela avaria (conforme parágrafo 1.5.3.1). Apenas desta forma seria possível determinar quais os padrões de avarias dos diversos equipamentos e tipos de equipamentos.

Como recomendação para diminuir o tempo gasto na manutenção dos componentes, deve-se:

- Criar um guia de procedimentos para as avarias mais frequentes;
- Aplicar manutenção preventiva nos subconjuntos com avarias mais frequentes;
- Fazer uma troca padronizada do subconjunto avariado no momento da reparação;
- Investigar a hipótese de má utilização por parte do operador.

### 3.9.7 Contabilização dos custos de manutenção

O registo de intervenções e consequente controlo dos custos não é efectuado, pelo sistema actual, para cada um dos equipamentos. Por outro lado, apenas são contabilizados os custos directos de manutenção (mão-de-obra, peças e materiais aplicados). Este facto implica que não sejam conhecidas, detalhadamente, as implicações das avarias em cada equipamento, impossibilitando a orientação da política de manutenção com o intuito de diminuir os custos globais de cada avaria (conforme parágrafos 1.5.3.1 e 1.4).

O presente capítulo foi dedicado à análise dos registos de intervenções, na perspectiva de apontar quais os equipamentos críticos para o serviço de manutenção.

O próximo capítulo será dedicado às propostas de melhoria do sistema de manutenção actual tendo como base os conhecimentos teóricos abordados no Capítulo I, a caracterização do sistema de manutenção explanada no Capítulo II e a análise dos registos de intervenções realizada no presente capítulo.

## **Capítulo IV – Proposta de melhoria do sistema de manutenção da empresa**

O capítulo anterior foi dedicado ao modelo de organização da manutenção da empresa alvo do presente estudo de caso – a Pizarro S.A.. Os dados recolhidos permitiram constatar a pertinência de melhorar:

- A forma como são denominados os trabalhos do serviço de manutenção;
- O nível de inventariação dos equipamentos;
- A obtenção de um histórico capaz de servir de base para a melhoria contínua do serviço de manutenção e do desempenho dos equipamentos;
- A contabilização dos custos de manutenção;
- Os procedimentos de manutenção preventiva e correctiva.

O objectivo será dotar a estrutura da manutenção de meios para quantificar e aferir a fiabilidade, a disponibilidade e a manutibilidade dos equipamentos, assim como dos custos das actividades de manutenção.

### **4.1 ELEMENTOS DESENVOLVIDOS**

A aplicação das alterações ao sistema de manutenção deverá ser feita considerando as potencialidades do *software* de apoio à manutenção, desenvolvido na empresa. No âmbito da presente dissertação, foram desenvolvidos os seguintes elementos:

- Inventário dos equipamentos;
- Sistema de codificação;
- Documentação técnica dos equipamentos;
- Ordens de trabalho/Pedidos de intervenção;
- Planos de manutenção;
- Procedimentos de registo das intervenções;
- Procedimentos para obter indicadores de manutenção;
- Procedimentos para o controlo dos custos.

## 4.2 DIVISÃO DOS EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES EM GRUPOS LÓGICOS

Os equipamentos na empresa são, como referido no capítulo anterior, constituídos pelos equipamentos de produção, sistemas auxiliares e instalações. Porém as diferenças não se esgotam nesta divisão. Existem diferentes tipos de equipamentos com várias funções e constituição distintas. Um equipamento de manutenção é ainda constituído por órgãos e peças que estarão sujeitos não só a avarias, como a substituições, reparações e outro tipo de actividades. Pretende-se desenvolver um sistema que permita agrupar os equipamentos existentes por características semelhantes como a sua constituição e processo de fabrico a que se destinam.

As hipóteses de codificação de um objecto de manutenção são variadas, cada uma com vantagens e desvantagens. No âmbito desta dissertação foi concebido um sistema de codificação segundo as recomendações de Cabral (9) e (7):

**Tabela 4.1 - Lógica de codificação dos equipamentos.**

<b>Grupo funcional</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Secção</b>	<b>Elemento</b>
0	00	00	00	XXX	XX - 000

- Grupo funcional: numeração que refere se o equipamento é directamente produtivo, auxiliar da produção ou se faz parte das instalações;
- Sistema: conjunto de algarismos que indicam o sistema a que pertence o equipamento;
- Tipo: conjunto de algarismos que diferenciam o equipamento dentro do sistema;
- Equipamento: numeração sequencial que diferencia os objectos do mesmo tipo;
- Secção: conjunto de três letras que refere a secção onde se encontra o equipamento. Este parâmetro pode ser alterado ao longo do tempo de vida em função da sua localização na empresa;
- Elemento: conjunto de letras e algarismos que referem um tipo específico de equipamento. Este parâmetro é usado quando se quer referir uma peça ou órgão específico de um equipamento. Os elementos incluídos nesta categoria serão alvo de tratamento individualizado por parte da manutenção.

Exemplo: máquina de tingir Tonello G1330 - 1.02.02.09.TIN.ME-001

- 01 – Produção
- 02 – Tinturaria
- 02 – Máquina de tingir de grande produção
- 09 – Máquina 9
- TIN – Secção da tinturaria
- ME-001 – Motor eléctrico nº001.

A estruturação do código desde o “Grupo Funcional” até à “Secção” tem como objectivo ajudar a inventariação e permite agrupar os equipamentos da empresa por características e utilização comum.

A restante divisão apenas estará presente no manual do equipamento e tem como objectivo a correcta imputação das avarias aos órgãos e peças correctas. Além disso, servirá como base para a criação de fichas individuais para os equipamentos que terão uma gestão individual, como motores, bombas e contadores de água. Este registo individual irá permitir o controlo histórico das falhas e reparações feitas nos equipamentos com vários níveis de detalhe.

Os vários grupos funcionais, sistemas e secções da empresa estão referidos no anexo D.

### **4.3 INVENTÁRIO DOS EQUIPAMENTOS**

Após completar a codificação das instalações e equipamentos será necessário criar um inventário dos equipamentos existentes. Assim, será necessário fazer um levantamento exaustivo dos equipamentos existente, utilizar o sistema de codificação desenvolvido e organizar o equipamento na estrutura.

A tarefa de inventariação pode ser mais ou menos complexa em função dos diferentes tipos de equipamentos e acima de tudo do seu número. O parque de equipamentos da empresa contém um grande número de equipamentos, com várias finalidades e de funcionamento diverso. Porém a ordenação da estrutura de codificação e entrada no *software* de apoio à manutenção permitirá eliminar progressivamente as referências a “Outros” equipamentos.

No âmbito da presente dissertação procedeu-se a uma inventariação dos vários equipamentos disponíveis numa das secções da empresa com grande relevo para a produção,

assim como alguns dos seus constituintes principais. Mais ainda, foram inventariadas as tubagens dispostas pela empresa, tendo sido abordada de forma mais exaustiva as tubagens da referida secção. Os elementos inventariados são referidos no anexo E.

#### **4.4 AVALIAÇÃO DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS**

As acções de manutenção devem ser feitas de acordo com os diferentes níveis de importância dos equipamentos para a empresa. Nem todo o equipamento existente nas instalações tem a mesma preponderância para o seu correcto funcionamento, pelo que se torna imperativo classificar os equipamentos relativamente à sua necessidade de manutenção preventiva e importância para a empresa pois, no caso de alguns equipamentos a sua manutenção preventiva não seria mais que um dispêndio de recursos. Como visto no Capítulo I, cada equipamento tem associado um índice de criticidade. Em função desse parâmetro deve ser escolhida a forma de manutenção a aplicar pelo serviço.

Para conhecer a criticidade de um equipamento ou sistema devem ser feitas as seguintes questões:

- Algum dos equipamentos coloca em risco, em caso de falha, a segurança dos colaboradores e instalações?
- Algum dos equipamentos ou sistemas, em caso de falha, provoca uma perda significativa da produção ou provoca a paragem total?
- Existem equipamentos não redundantes que têm uma consequência negativa na produção?

A resposta a estas perguntas leva à selecção dos seguintes equipamentos ou sistemas com os seguintes níveis, conforme a recomendação de Cabral (7) (referida no parágrafo 1.5.3.2):

- A. Equipamentos muito críticos (colocam em causa a segurança dos colaboradores e instalações e/ou têm efeitos muito negativos na produção):
  - a. Caldeiras de vapor e rede de distribuição;
  - b. Compressores de ar-comprimido e rede de distribuição;
  - c. Rede de captação e distribuição de água para o processo;
  - d. Depósitos de produtos auxiliares de tinturaria e lavandaria.

- e. Cozinhas de cores e rede de distribuição;
- B. Equipamentos críticos (equipamentos cuja inoperacionalidade tem efeitos negativos na produção ou implica gastos significativos para a empresa):
  - a. Máquinas de tingir de grande produção;
  - b. Máquinas de lavar ganga e malha;
  - c. Máquinas de cerzir, ponto corrido e prensas de vapor;
  - d. Máquinas de estampar, fornos e prensas de estamparia;
  - e. Secadores;
  - f. Rede de captação de condensado de vapor;
  - g. Rede de recolha e filtragem do efluente de tingimento.

Os restantes equipamentos cabem na categoria de criticidade “Normal” e “Baixo” e não deverão ser tratados com a mesma urgência dos acima referidos.

Os equipamentos do grupo A devem ser tratados numa base de prevenção de avaria. O serviço de manutenção deve ser capaz de assegurar o funcionamento dos sistemas ou equipamentos muito críticos durante o tempo requerido ou criar parcerias através da subcontratação da manutenção para determinados equipamentos que assegurem a sua disponibilidade. Este é o caso da manutenção das caldeiras de vapor e compressores, que como referido anteriormente, está assegurada por contratos de manutenção com empresas de prestação de serviços deste tipo que se encarregam da troca sistemática de consumíveis (por ex: filtros do compressor) ou outros componentes incluídos no contrato de manutenção, inspecções, afinações e testes dos sistemas. A rede de distribuição de vapor, assim como as linhas de ar-comprimido e a rede de água devem ser conservadas para assegurar o funcionamento contínuo dos equipamentos e actuadores. A manutenção deve ser feita com o objectivo de detectar fugas e sinais de deterioração nestes elementos. As cozinhas de cores e em especial a cozinha *Colorservice*, devido aos longos períodos de actividade, não deverão ser alvo de uma paragem geral, mas sim de verificações periódicas aos diferentes módulos em períodos previamente negociadas com a Produção.

No Anexo C são abordadas as formas de manutenção preditiva em tubagens. A sua aplicação está sujeita a investimentos, quer seja na aquisição de instrumentos, quer seja na formação do pessoal, com excepção da inspecção que não necessita de investimento em

equipamento. Como referido anteriormente, a empresa não possui no seu serviço de manutenção, ferramentas de manutenção preditiva. A aplicação desta metodologia de manutenção apesar de trazer benefícios na conservação dos equipamentos e economia que se podem reflectir na poupança de combustível, água e todos os custos associados ao seu tratamento e movimentação, deve ser alvo de um estudo de viabilidade económica.

Os depósitos de produtos auxiliares de tinturaria e lavandaria, pela perigosidade que estes produtos representam, devem ser inspeccionados periodicamente. As inspecções devem ser feitas em busca de deformações, fugas ou sinais de degradação dos depósitos.

#### **4.5 DENOMINAÇÃO DOS TRABALHOS**

Os trabalhos de manutenção, como visto no capítulo anterior são apenas classificados no sistema actual como “preventivos” ou “curativos”, o que gera uma certa confusão por serem misturados trabalhos de manutenção com trabalhos de não-manutenção. Como tal, devem ser criadas novas denominações para os trabalhos de manutenção que permitam classificar de forma mais precisa as actividades do serviço. Assim sendo, as denominações sugeridas, tendo em conta as actividades usuais na empresa, são (conforme referência nos parágrafos 1.2):

- A. Trabalho correctivo;
- B. Trabalho preventivo (Inspeção, Lubrificação, Revisão, Verificação, Recuperação de peças);
- C. Novos projectos;
- D. Apoio à produção;
- E. Trabalho subcontratado;

Os trabalhos correctivos serão todos os trabalhos de reparação de avarias, ou seja, quando ocorre uma falha num equipamento. Os trabalhos preventivos deverão ser os trabalhos planeados e não-planeados de revisões gerais a equipamentos, as lubrificações, substituição de componentes, etc. Os “novos projectos” serão todos os trabalhos incorrectamente atribuídos à manutenção preventiva, como a montagem de novos equipamentos, as mudanças de *layout* e as melhorias nas instalações e equipamentos. Os trabalhos de apoio à produção deverão ser os trabalhos em que apesar de serem desempenhados pela equipa de manutenção, não são

classificados como tarefas de manutenção. Porém, devem ser controladas como os restantes trabalhos acima referidos, uma vez que consomem recursos do serviço de manutenção. Os trabalhos subcontratados deverão ser aqueles cuja responsabilidade de manutenção é delegada a uma entidade externa.

#### **4.6 DESENVOLVIMENTO DAS INSTRUÇÕES DE MANUTENÇÃO**

As instruções de manutenção preventiva são naturalmente a parte principal de um sistema de manutenção. A criação das instruções deve ser feita em consideração com:

- Constituição do equipamento;
- Recomendações dos fabricantes;
- Histórico de avarias;
- Experiência dos técnicos.

Outro aspecto importante refere-se à forma de apresentação das instruções de manutenção. Estas podem ser incluídas numa ficha que será armazenada e utilizada cada vez que seja necessário proceder à intervenção. Por outro lado, podem ser armazenadas electronicamente e impressas previamente à data da intervenção. A primeira alternativa permite criar um arquivo físico com todas as instruções de manutenção, cada uma com um filme plástico para protecção. Nestas fichas podem ser incluídos eventuais desenhos ou esquemas para ajudar aos trabalhos. Este método requer que o técnico responsável pelo trabalho preencha uma ficha onde fará o relatório dos trabalhos efectuados para efeitos de controlo de custos e histórico. A segunda alternativa elimina o arquivo físico mas implica que cada trabalho seja impresso previamente. Este método implica, que caso as fichas sejam complexas a nível de cores, esquemas, etc. acarretem um custo adicional para o serviço. Por outro lado, elimina o relatório do trabalho efectuado uma vez que este é feito na própria ficha de manutenção, ou seja, elimina um custo que está implícito ao primeiro método.

O segundo método será aquele a implementar, uma vez que dispensa que os técnicos tenham de transportar mais documentação para além da ficha de manutenção. Além disso, qualquer documentação extra necessária aos trabalhos deve ser arquivada, referida no plano de manutenção e usada como anexo à ficha de manutenção preventiva.

As instruções de trabalho devem ser fáceis de seguir e apresentadas no formato de uma *checklist*, não só por simplificar o processo, como pela possibilidade de controlo que posteriormente permitirá tanto ao colaborador como aos superiores. Devem ainda ser acompanhadas de qualquer tipo de ajuda gráfica existente que seja relevante, tal como esquemas eléctricos, esquemas da configuração do equipamento, etc. Importa salientar que as instruções criadas no âmbito da presente dissertação corresponderão apenas a uma primeira versão, pois estas deverão ser testadas ao longo do tempo com eventual alteração da periodicidade e adequação de certas operações através do *feedback*<sup>5</sup> de todas as partes envolvidas, não só por possíveis erros iniciais como pela degradação do próprio equipamento que irá alterar as suas necessidades de manutenção.

As fichas de manutenção preventiva criadas no âmbito da dissertação estão apresentadas no Anexo F.

#### **4.7 ACTUALIZAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA**

A documentação técnica é um elemento vital de toda a actividade de manutenção e assenta num elemento comum que é o objecto de manutenção. Logo, todo o objecto de manutenção é passível de ter um conjunto de documentos que o caracterize e forneça dados preciosos para o planeamento da manutenção e controlo da sua condição.

No âmbito da presente dissertação, como referido anteriormente, foram actualizados os esquemas de *layout* das instalações, assim como a disposição das tubagens e respectivos acessórios. O anexo G refere algumas regras e boas práticas para a elaboração de desenhos de tubagens. Os esquemas criados poderão ser usados pela manutenção para conhecer:

- A disposição dos equipamentos;
- A localização e diâmetro das linhas de água quente e fria;
- A localização e diâmetro das linhas de esgoto frio e quente;
- A localização e diâmetro das linhas de vapor e condensado;
- A localização e diâmetro das linhas de sal, salmoura, corantes e produtos auxiliares;

---

<sup>5</sup> O *feedback* é um procedimento que consiste no provimento de informação a uma pessoa sobre o desempenho, conduta ou eventualidade executada por ela, objetivando reprimir, reorientar e/ou estimular uma ou mais ações determinadas, executadas anteriormente.

- A localização e diâmetro das linhas de ar-comprimido;
- Os tipos de válvulas, e outros acessórios juntamente com o respectivo diâmetro nominal;
- Os esquemas de ligação das diversas tubagens aos equipamentos e subconjuntos.

O trabalho de inventariação resultou na identificação e representação em *software* CAD de:

- Mais de 50 bombas pneumáticas e centrífugas;
- Mais de 100 reduções excêntricas e concêntricas;
- Mais de 1200 válvulas, desde válvulas de macho esférico, borboleta, de retenção, globo, agulha, 3 vias, purgadores, visores, filtros “y”, válvulas modulantes e de assento inclinado;

Os documentos criados poderão ser usados para planejar os trabalhos de manutenção preventiva das diversas tubagens, assim como ajudar ao planeamento de novas obras para além de contribuírem para o aumento do nível de inventariação. As tubagens identificadas estão indicadas no Anexo E.

## **4.8 MANUAL TÉCNICO DO EQUIPAMENTO**

O conjunto de documentação referente a um equipamento deve ser armazenado em arquivo próprio de fácil acesso a todo o pessoal da manutenção, seja para planejar um trabalho, seja para o executar. O manual técnico do equipamento é o elemento agregador de toda a informação de um equipamento. Nele, devem constar os manuais, documentação comercial, lista de peças, documentos técnicos, etc. No âmbito da presente dissertação, foi elaborado um modelo de manual técnico a implementar (Anexo B). Neste modelo constam:

- Ficha de registo do equipamento [adaptado de Cabral (7)];
- Plano de manutenção [adaptado de Filipe (31), Coulibaly, *et al* (32) e Varela Pinto (33)].

A ficha de registo do equipamento deve ser usada para caracterizar o equipamento de forma precisa, quer seja na estrutura de manutenção, quer seja a nível técnico. Neste documento consta [adaptado de Cabral (7)]:

- Codificação do equipamento e designação;
- Criticidade;

- Referência a documentação técnica adicional;
- Ficha técnica para caracterização técnica do equipamento;
- Lista dos subconjuntos com espaço para a sua designação, código e constituição;
- Lista de peças de substituição com espaço para designação, quantidade e local de aplicação, assim como um espaço para colocar o código referente à peça que deverá ser aplicado pela gestão do armazém.

O plano de manutenção é uma lista com as várias tarefas a desempenhar pela equipa de manutenção, com a respectiva periodicidade, tipo de trabalho, estado do equipamento aquando da intervenção, tempo estimado e observações relevantes.

Depois de preenchido o plano, os vários trabalhos são separados pela sua periodicidade e tipo. Caso se trate de uma lubrificação deverá passar para a Ficha de Lubrificação, caso se trate de uma inspecção deve passar para uma Ficha de Inspeção. Os restantes trabalhos preventivos deverão ser incluídos na Ficha de Manutenção Preventiva. Os modelos de fichas de manutenção estão no anexo F.

A diferenciação dos vários trabalhos deve-se a pequenas especificidades das tarefas:

- Para além da sequência de tarefas, nas inspecções importa reservar um espaço na ficha para registar o que foi medido ou observado (campo de preenchimento Obs.);
- Nas lubrificações, para além de especificar os pontos de lubrificação, deve também ser especificado o lubrificante e a quantidade;

Os trabalhos de manutenção referentes ao 1º nível, mais concretamente as tarefas de limpeza deverão ser incluídos na Ficha de Limpeza (Anexo F). A Ficha de Limpeza destina-se ao operador e contém as operações que este deverá realizar, a sua periodicidade e os materiais a usar.

#### **4.9 RELATÓRIOS DE AVARIAS**

O relatório de uma avaria tem algumas particularidades. Para além de necessitar de ser controlado a nível operacional, técnico e económico como os restantes trabalhos, deve ainda servir como ferramenta de análise técnica das avarias. O relatório de avaria deve ajudar ao seu

rápido diagnóstico e possibilitar a identificação de padrões e a sua origem. Isto é conseguido com a referência à natureza, causa e sintoma da avaria, assim como à identificação do componente na estrutura do equipamento responsável pela avaria.

A identificação do componente tem como objectivo imputar correctamente a responsabilidade da avaria. A identificação pode ser feita de duas formas:

- O técnico descreve telegraficamente o elemento responsável pela avaria;
- O técnico insere o código correspondente ao subconjunto e “elemento” que foi criado na divisão estrutural dos equipamentos abordada no parágrafo 4.2;

No caso de ter de inserir o código, ou o técnico leva consigo a ficha de registo do equipamento para a reparação, ou o código está no próprio equipamento por intermédio de uma placa identificadora. Por uma razão de simplificação do sistema, o técnico deverá apenas identificar telegraficamente o elemento causador da avaria. Esta situação pode causar alguma ambiguidade no sistema, porque para a mesma avaria, pode ocorrer descrições diferentes de acordo com o técnico responsável. Por outro lado, no caso de existirem dois elementos semelhantes, o técnico não terá forma de o discriminar. Porém, aquilo que se perde em rigor de informação, ganha-se em agilidade do processo. Os relatórios de avarias nunca deverão ser um causador de confusão e aumentar a burocracia, pois trariam mais prejuízo do que proveito.

As intervenções não-preventivas do serviço de manutenção, que não serão geradoras de indicadores de manutenção, também terão de ser controladas em termos de gastos de material e de mão-de-obra. Para este efeito, foi criada a ficha de trabalho de manutenção (Anexo F), que será semelhante à ficha de reparação de avaria (Anexo F) excepto no facto de esta não conter os elementos de diagnóstico da avaria e identificação do TTR.

#### **4.10 RECOLHA DE INFORMAÇÃO PARA HISTÓRICO**

O histórico de manutenção é o elemento onde a informação real da manutenção é condensada e armazenada, com perspectivas de uso a longo prazo. Para capturar esta informação são necessários os relatórios dos trabalhos de manutenção (Anexo F).

As intervenções de manutenção têm associada uma grande quantidade de informação. A virtude de um bom relatório de intervenção é seleccionar apenas aquela que é necessária para acompanhar a gestão operacional, a gestão técnica e a gestão técnico-económica.

O histórico das intervenções deve então ser feito segundo o modelo apresentado na Tabela 4.2, o qual permite sintetizar a informação relevante para a gestão técnica.

Os relatórios de reparação elaborados no âmbito da presente dissertação encontram-se no anexo F, juntamente com as fichas de manutenção preventiva e a ficha de pedido de intervenção.

**Tabela 4.2 – Registo histórico das intervenções.**

Registo histórico												
Nº do trabalho	Código do equipamento	Data da intervenção	Contador de funcionamento	Componente causador	Descrição da intervenção	Duração				Tipo de avaria		
						Espera (TDE)	Paragem (TIA)	Intervenção (TDM)	Reparação (TTR)	Sintoma	Natureza	Causa

#### 4.11 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os meios financeiros da manutenção devem ser controlados. Apesar do objectivo do serviço de manutenção não ser o de apurar e analisar os custos, é importante que se tenha uma boa sensibilidade para se perceber o desenrolar das actividades e optimizar os custos de manutenção.

Os custos de manutenção podem ser calculados com mais ou menos complexidade, como menor ou maior detalhe. Porém, os dados importantes a reter são aqueles que relacionam para cada equipamento, o tipo de manutenção realizada e o custo que esta representou para a empresa. Por outro lado, deve ser conhecido o custo de não-produção para cada paragem de um equipamento. A importância do apuramento deste custo reflecte-se na possibilidade de apurar, para cada equipamento, a relação ideal de manutenção preventiva e correctiva para minimizar os custos de avaria (como se pode ver na Figura 1.8).



**Tabela 4.5 – Contabilização do custo de paragem de um equipamento auxiliar da produção.**

Equipamento auxiliar de produção	<b>Tipo de custo</b>	<b>Custo anual (€)</b>
	Fluido perdido	5000
	Fluido de reposição	5000
	Paragem de equipamentos	70000
	Total	80000€
	Tempo total de produção	4000 horas
	Taxa de paragem de produção horária	20€/hora

O custo de mão-de-obra deverá ser calculado através do apuramento de um valor horário que reflecta o custo da estrutura do serviço de manutenção. A exemplificação encontra-se na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6 - Forma de contabilização dos custos de mão-de-obra [adaptado de Cabral (7)].**

<b>Tipo de custo</b>	<b>Valor</b>
1. Encargos com a estrutura de manutenção	
Edifício, infraestruturas, equipamentos, ferramentas	5500€/anuais
Energia e Água	5000€/anuais
Comunicações	6000€/anuais
Renovação de ferramentas e consumíveis	20000€/anuais
Custo do pessoal afecto à manutenção (excepto técnicos de manutenção)	20000€/anuais
Total	56500€/anuais
2. Despesas directas dos técnicos de manutenção (10 técnicos com vencimentos diferentes)	150000€/anuais
Percentagem dos encargos da estrutura relativamente aos custos directos de mão-de-obra $(56500/150000) \times 100$	37,66%
3. Custos horários de mão-de-obra	
Dias úteis de trabalho	220 dias
Horas de trabalho/ano (220 dias, 8h)	1760 horas
Vencimento (14 meses, 800€/mês)	11200€/anuais
Subsídio de alimentação (11 meses, 22 dias, 4,25€)	1028,5
Encargos sociais (27,5%)	3080€/anuais
Total	15308,5€/anuais
Custo horário de salário	8,70€/hora
Afectação dos encargos da estrutura (37,66%)	3,28€/hora
<b>Total</b>	<b>11,98€/hora</b>

## 4.12 OBTENÇÃO DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO

A informação necessária para obter os indicadores de manutenção deve ser organizada para que seja recolhida sistematicamente e permita, para além da obtenção do MTBF, MTTR e Disponibilidade, calcular os seguintes indicadores:

**Tabela 4.7 - Indicadores de manutenção a utilizar [adaptado de Muchiri, *et al* (34), Groote (35) e Monchy (2)].**

<b>Categoria</b>	<b>Formulação</b>	<b>Objectivo</b>
Organização	$\frac{\text{Tempo gasto em manutenção correctiva}}{\text{Carga horária disponível}} \times 100$	Tempo gasto em trabalho reactivo
Organização	$\frac{\text{Tempo gasto em manutenção preventiva}}{\text{Carga horária disponível}} \times 100$	Tempo gasto em trabalho proactivo
Organização	$\frac{\text{Custo total da mão – de – obra}}{\text{Custo directo de manutenção}} \times 100$	Implicações da mão-de-obra no custo directo de manutenção
Organização	$\frac{\text{Custo de materiais e peças aplicadas}}{\text{Custo directo de manutenção}} \times 100$	Implicações dos materiais e peças no custo directo de manutenção
Organização	$\frac{\text{Custo de trabalhos subcontractados}}{\text{Custo directo de manutenção}} \times 100$	Implicações da manutenção subcontractada no custo directo de manutenção
Organização	$\frac{\text{Nº intervenções referidas como "Outros"}}{\text{Tempo decorrido}} \times 100$	Nível de inventariação do parque de equipamentos e instalações
Planeamento	$\frac{\text{Carga prevista pelo planeamento}}{\text{Carga disponível de manutenção}} \times 100$	Carga de trabalho prevista para a manutenção preventiva
Planeamento	$\frac{\text{Nº trabalhos planeados}}{\text{Nº trabalhos planeados executados}} \times 100$	Medida de eficiência do planeamento
Desempenho dos equipamentos	Nº avarias	Nº de avarias segundo a sua classificação: por sintoma, natureza e causa.
Desempenho dos equipamentos	$\frac{\text{Nº de avarias}}{\text{Tempo de funcionamento}} \times 100$	Taxa de avarias
Desempenho dos equipamentos	$\frac{\text{Custo de falha}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	Medida da necessidade de aplicar manutenção preventiva

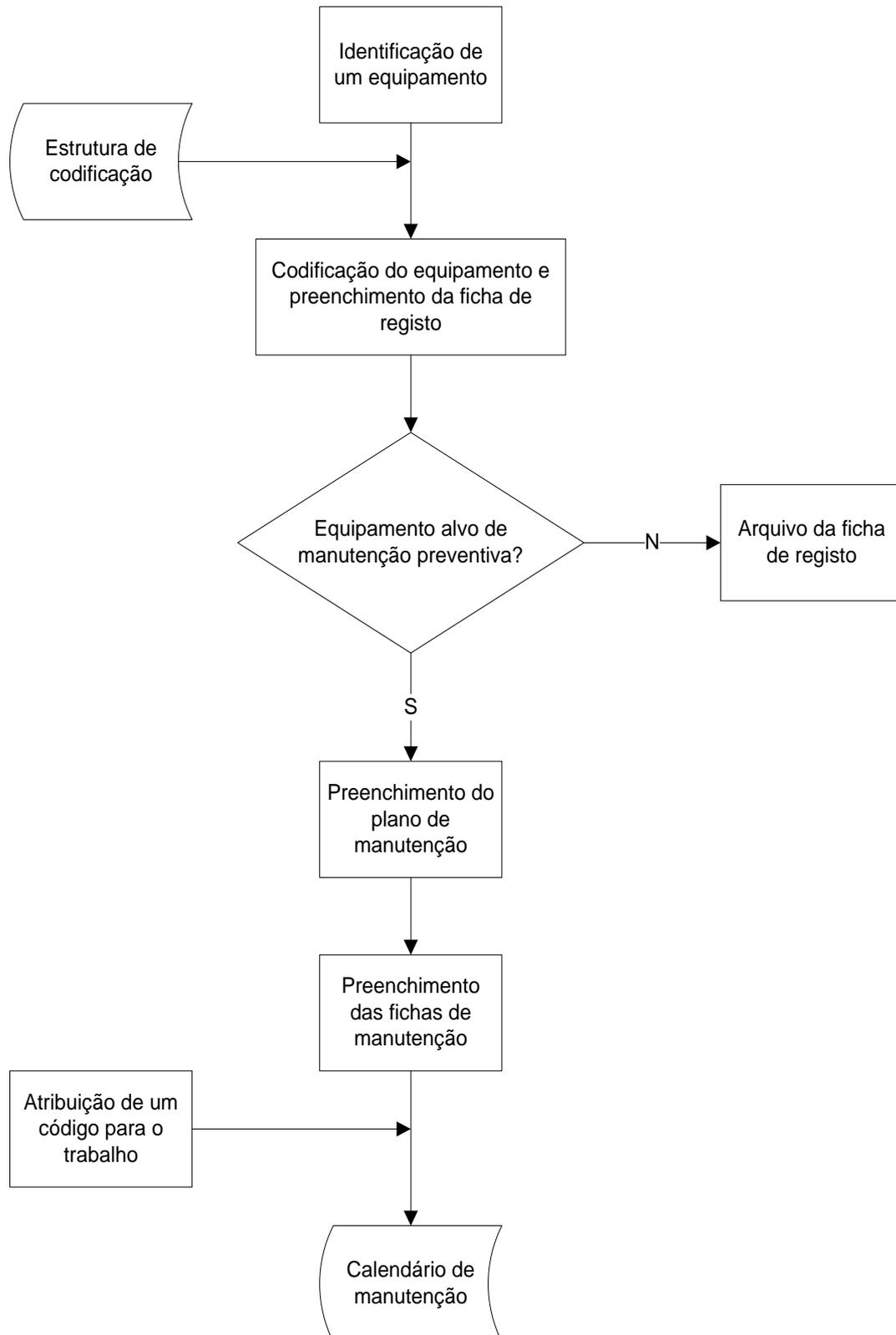
### **4.13 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO**

O sistema proposto pretende auxiliar a realização das tarefas de manutenção preventiva com a introdução do plano de manutenção e das fichas de manutenção. O calendário da manutenção deverá ser feito com a ajuda do *software* de manutenção como um funcionamento tipo agenda, ou seja, que permita lembrar o utilizador da aproximação da data de manutenção preventiva.

Os pedidos de intervenção deverão ser feitos como habitual, com o recurso ao *software*. As fichas de manutenção deverão ser guardadas electronicamente e impressas antes dos trabalhos. Os relatórios de reparação deverão ser armazenados em arquivo juntamente com a documentação dos equipamentos e deverão ser lançados para o sistema informático as informações necessárias para o cálculo de indicadores e controlo de custos.

O sistema de manutenção planeada da empresa deverá funcionar segundo o modelo descrito nas Figura 4.1, Figura 4.2 e Figura 4.3.

Em suma, o sistema utiliza o *software* já utilizado pela empresa, com a introdução de fichas e registos para controlo e organização da manutenção. Pretende-se que a informação introduzida tanto no sistema informático, como nas fichas, seja apenas e só a necessária para serem conhecidos os custos, indicadores e diagnóstico de avarias.



**Figura 4.1 - Registo de um equipamento de manutenção.**

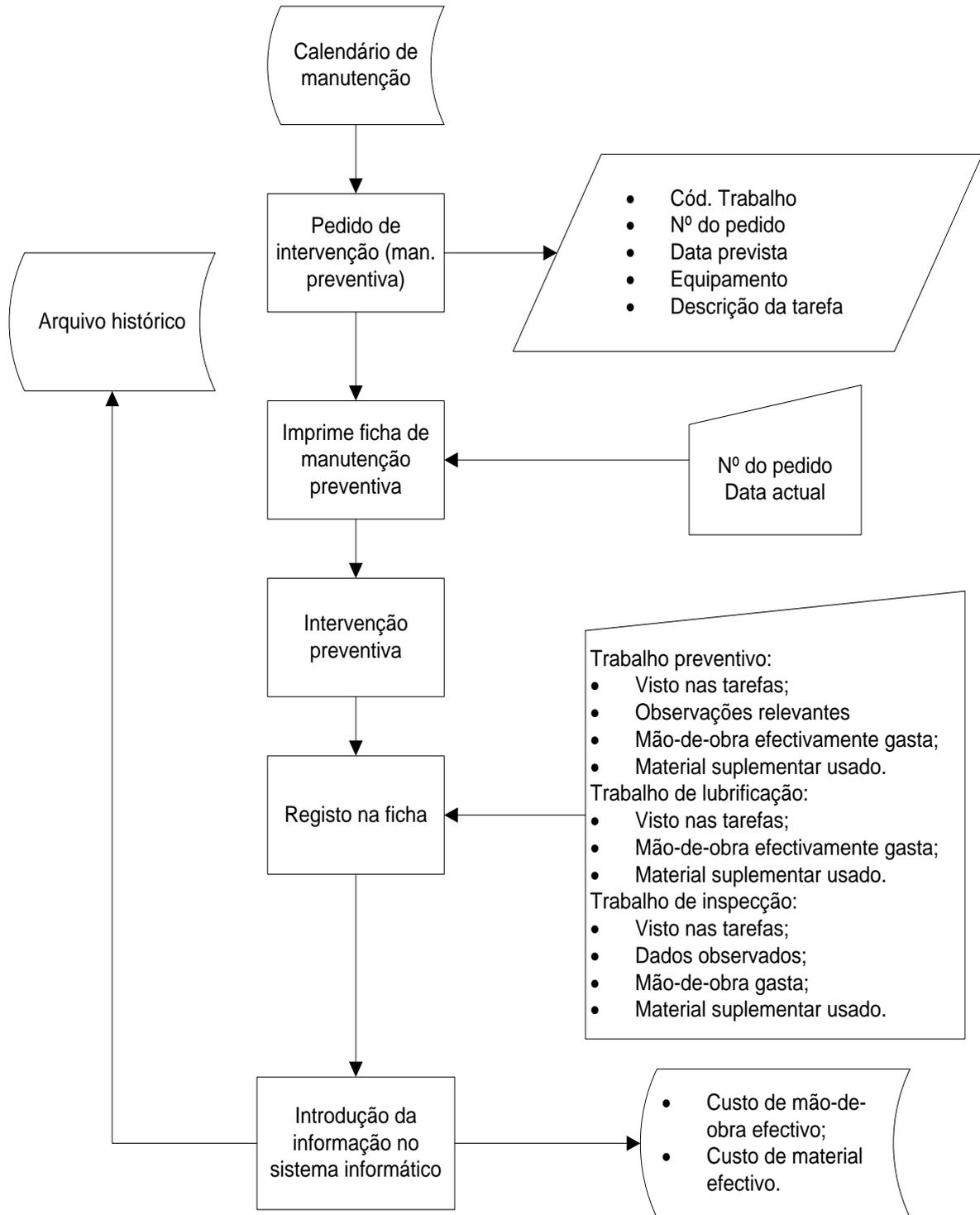
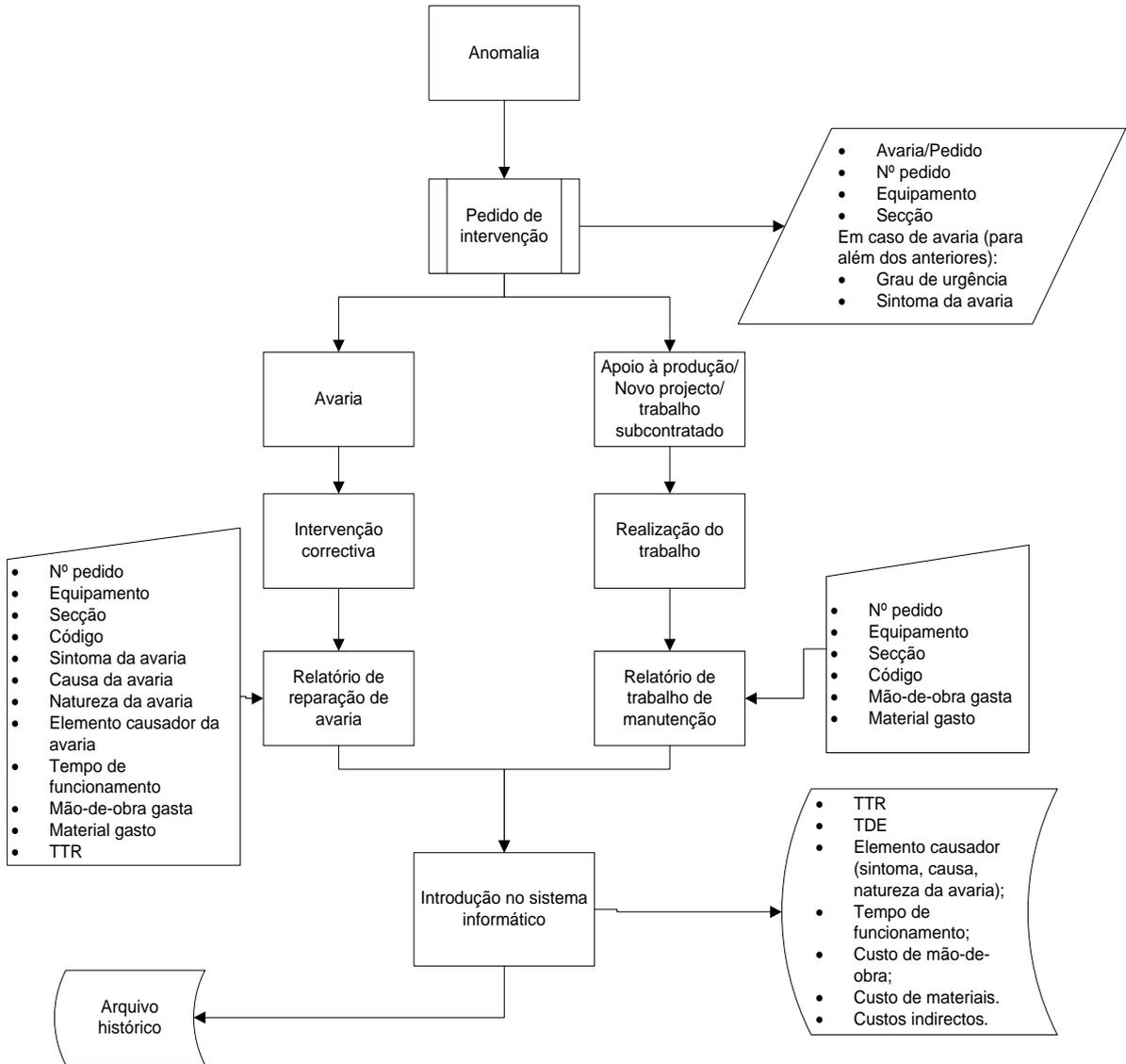


Figura 4.2 – Sistema de manutenção em caso de trabalho preventivo.



**Figura 4.3 - Sistema de manutenção em caso de avaria ou trabalho não preventivo/correctivo.**

## Capítulo V – Conclusões e sugestões de trabalho

A necessidade de manutenção é transversal a todas as empresas industriais. O benefício da sua boa gestão pode reflectir-se no desempenho dos equipamentos, assim como nos custos da sua exploração. Contudo, os meios disponíveis para a aferição dos parâmetros de desempenho e custo, com vista à melhoria da eficiência da manutenção não são ainda utilizados pela totalidade das empresas. Neste âmbito, o presente trabalho abordou o sistema de manutenção de uma empresa de lavandaria industrial, com o intuito de procurar os pontos de melhoria na sua organização que possibilitem no futuro, a processos de decisão suportados por conceitos que aferem a eficiência da manutenção. Muita da informação deve ser retirada do registo histórico, que é na manutenção, um dos objectos mais ricos, e possibilitam a tomada de decisões de carácter técnico e económico, assim como a evolução e melhoria do desempenho dos equipamentos e a sua disponibilidade para a produção. Contudo, a informação contida no registo histórico deve ser devidamente organizada e recolhida, sob pena de ser omissa a informação efectivamente relevante e quase inutilizar os registos obtidos por vezes de vários anos. No decorrer da presente dissertação, ao analisar a informação disponibilizada, constataram-se diversas incongruências, como falta de dados, informação ambígua ou até mesmo incorrecta. Posto isto, é possível depreender que a informação através da qual são emitidas apreciações não é inteiramente fidedigna. Logo, os resultados poderão não representar a realidade de forma plenamente fiel. Para que os resultados obtidos pudessem proporcionar contribuições válidas para a tomada de decisões, seria indispensável dispor de informação suficientemente rigorosa com a menção dos órgãos e equipamentos afectados, os sintomas verificados, as causas das paragens ou mau desempenho, os tempos próprios de manutenção e o tempo de funcionamento dos equipamentos no momento da paragem. As fichas de manutenção propostas na presente dissertação pretendem dar resposta a estas necessidades e incutir uma filosofia de recolha sistemática de dados, assim como salientar a importância do *know-how* do serviço de manutenção para o bom desempenho dos equipamentos.

Na empresa alvo do estudo de caso, é possível depreender a importância dada à manutenção preventiva pois existe consciência da sua importância para os custos de actividade. Contudo, este tipo de manutenção deve ser aplicado segundo um binómio custo de avaria/custo de manutenção, assim como a sua relação com a disponibilidade do equipamento ou conjunto

de equipamentos. Ao não ser feita sistematicamente esta análise, corre-se o risco de serem aplicados recursos em demasia na manutenção preventiva sem que os benefícios obtidos assim o justifiquem. Os mecanismos de planeamento da manutenção preventiva criadas nesta dissertação, assim como o registo histórico da actividade permitirão, ao longo do tempo, obter indicadores que possibilitem orientar a política de manutenção da empresa.

Um sistema de manutenção consistente necessita de uma rigorosa inventariação dos equipamentos. A metodologia de codificação e divisão dos equipamentos por vários níveis de estrutura proposta, assim como a identificação de vários equipamentos dispostos pelas instalações, permitem, ao serviço de manutenção e respectiva gestão, aumentar o nível de detalhe e organização com que poderá ser feito o planeamento de manutenção, de *stocks* e trabalhos de manutenção, assim como a obtenção de um histórico consistente.

A análise dos registos de intervenções, apesar das inconsistências acima referidas, permitiu definir alguns tipos de falhas recorrentes ao longo do tempo, assim como equipamentos com maior número de intervenções. Os resultados obtidos deverão servir como guia, em simultâneo com a avaliação da criticidade dos equipamentos efectuada no parágrafo 4.4, sem no entanto esquecer, que as análises deverão ser feitas relacionando vários factores já referidos, pelo que fica como proposta de trabalho futuro.

A importância dos custos de manutenção foi devidamente salientada. A metodologia apresentada para o seu registo permitirá efectuar o controlo ao longo do tempo e aferir os desvios dos custos de manutenção em relação à política de manutenção estabelecida pela empresa, assim como a optimização da relação manutenção correctiva/manutenção preventiva. De igual modo, os indicadores de manutenção propostos permitirão conhecer as tendências ao longo do tempo ao nível da organização do sistema de manutenção, planeamento da manutenção preventiva, desempenho dos equipamentos e desempenho da produção devido à manutenção, para além dos indicadores técnicos de fiabilidade, manutibilidade e disponibilidade, cruciais para uma boa gestão da manutenção.

Por último, um dos aspectos cruciais no domínio da manutenção são os custos inerentes à gestão dos *stocks* das peças sobresselentes e materiais aplicados na manutenção. A importância dos *stocks* nas empresas deve-se ao facto de estes serem um sorvedouro de parte do capital,

mas por outro lado pode implicar um factor de atrasos na manutenção por falta de uma peça que deveria estar em *stock*. Com o intuito de minimizar os custos por operação e efectuar um planeamento rigoroso, requerem-se informações relativas aos parâmetros de reaprovisionamento, *stock* de segurança, inventariação, etc. Por não terem sido obtidos quaisquer tipos de dados desta natureza durante a elaboração da presente dissertação, não foi possível concluir qual o estado dos armazéns de apoio à manutenção e as implicações para a gestão da manutenção.

### **Sugestões de trabalho futuro**

As oportunidades de melhoria da manutenção na empresa alvo do estudo de caso não se esgotam nas apresentadas ao longo da presente dissertação. Para trabalho futuro ficam as seguintes propostas:

- Determinação dos modos de falha para todos os equipamentos referidos como muito críticos. Para a tarefa deve ser usada uma matriz de criticidade [ (5) e (36)] e posteriormente os métodos FME(C)A<sup>6</sup> ou AMDEC<sup>7</sup> para as falhas críticas;
- Fazer o planeamento da manutenção preventiva das tubagens e acessórios, em especial os purgadores de vapor devido à importância deste tipo de equipamentos para a redução da factura energética;
- Realizar um estudo de viabilidade técnico-económico da utilização da manutenção preditiva nas tubagens e acessórios;
- Fazer o planeamento da manutenção da totalidade dos equipamentos produtivos e auxiliares de produção tendo como base as recomendações dos fabricantes (para os aplicáveis), as análises de criticidade acima referidas, as boas práticas enunciadas na bibliografia e a experiência dos técnicos de manutenção;
- Efectuar uma análise dos sistemas de produção e distribuição de vapor e ar-comprimido, com o intuito de apurar os parâmetros de bom funcionamento dos sistemas e utilizar o serviço de manutenção da empresa para controlar periodicamente a sua eficiência;

---

<sup>6</sup> FME(C)A - Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis.

<sup>7</sup> AMDEC - Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effects et de leur Criticité.

- Melhorar o *software* tendo como base as recomendações abordadas na presente dissertação. A utilização do sistema actual revelou ser já um factor de dinamização em torno da manutenção, pelo que deverá ser no futuro, mais ainda, um elemento de apoio para a sua gestão;
- Estabelecer, para todos os equipamentos, uma taxa de paragem da produção (custo indirecto da manutenção) para que seja possível, no âmbito da gestão da manutenção, obter indicadores que suportem a tomada de decisões;
- Aplicar os conceitos de codificação para os armazéns de apoio à manutenção de forma a racionalizar as denominações aplicadas, permitir pesquisas rápidas, facilitar o planeamento das acções preventivas, assim como a correlação das peças armazenadas com as peças aplicadas nos equipamentos;
- Inventariar a totalidade do parque de equipamentos presente na empresa, utilizando a codificação proposta;
- Analisar a constituição dos vários tipos de equipamentos, com o objectivo de normalizar os componentes aplicados na sua manutenção

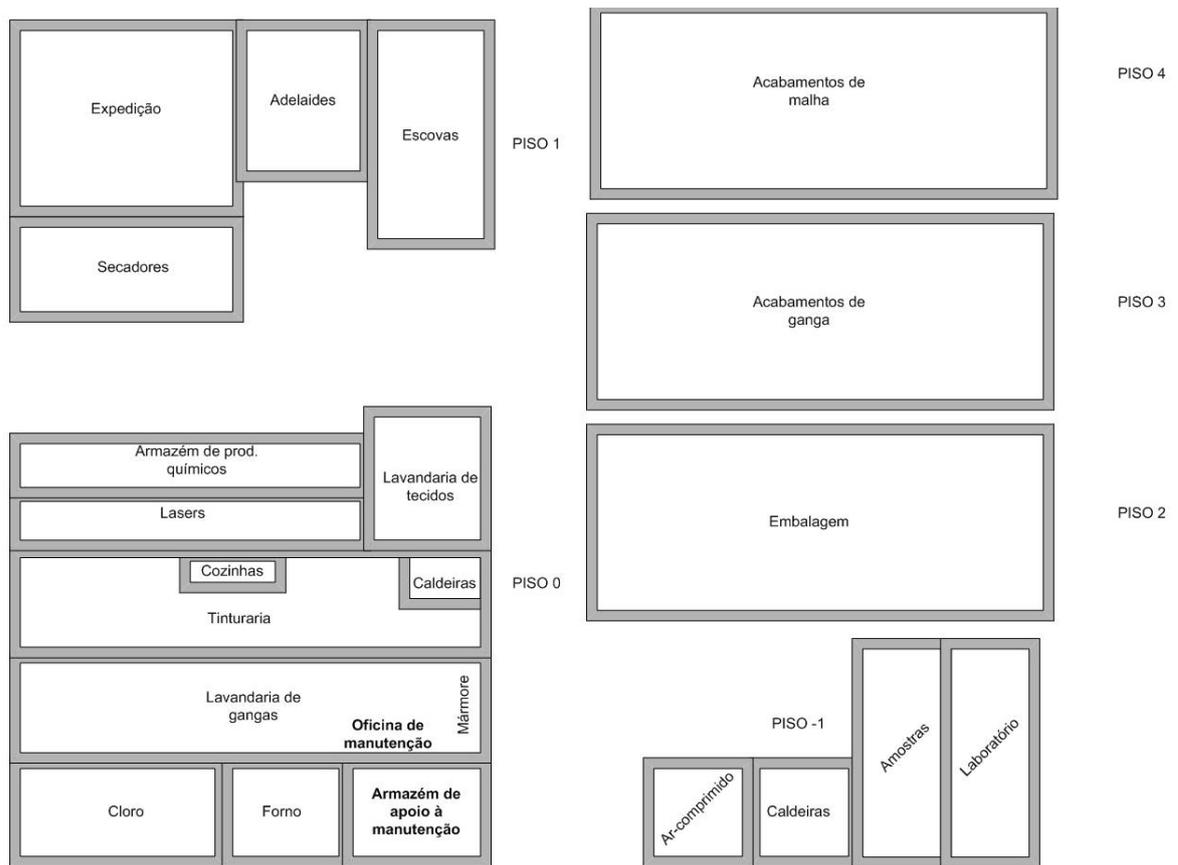
## Referências bibliográficas

1. **Qualidade, Instituto Português da.** *NP 4483 - Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção.* 2009.
2. **Monchy, François.** *A Função Manutenção.* São Paulo : Ebras, 1989.
3. **Qualidade, Instituto Português da.** *NP EN 13306 Terminologia de Manutenção.* 2007.
4. **AFNOR.** *NF X60-010.*
5. **Miranda, António Sousa.** *Apontamentos da disciplina de Manutenção Mecânica do 4º ano de Eng. Mecânica.* Guimarães : Universidade do Minho, 1993.
6. **Pinto, Vitor M.** *Gestão da Manutenção.* Lisboa : IAPMEI, 1994. 972-9205-57-4.
7. **Cabral, José Paulo Saraiva.** *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática.* Lisboa : Lidel, 2006. 978-972-757-440-7.
8. **Souris, Jean-Paul.** *Manutenção Industrial - custo ou benefício?* Lisboa : LIDEL, 1992. 972-9018-25-1.
9. **Cabral, José Paulo Saraiva.** *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios.* Lisboa : Lidel, 2009. 978-972-757-591-6.
10. **Moubray, John.** *Reliability-Centered Maintenance.* s.l. : Industrial Press, 1997. 9780831130787.
11. **Didelet, Filipe e Viegas, José.** *Manutenção.* Setúbal : Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, 2003.
12. **Assis, Rui e Julião, Jorge.** *Gestão da Manutenção ou Gestão de Activos? (custos ao longo do Ciclo de Vida).* Lisboa : Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa.
13. **Ben-Daya, M., et al.** *Handbook of Maintenance Management and Engineering.* s.l. : Springer, 2009. 978-1-84882-471-3.

14. **Pinto, Carlos Varela.** *Organização e Gestão da Manutenção.* s.l. : Monitor, 1999. 972-9413-39-8.
15. **Patton Jr., Joseph.** *Preventive Maintenance.* USA : The International Society for Measurements and Control, 1995. 1556175337.
16. **Qualidade, Instituto Português da.** *Instruções para a preparação de contratos de manutenção.* Caparica : IPQ, 2007.
17. **Torres, José Manuel Farinha.** *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão.* Lisboa : Monitor, 2011. 978-972-9413-82-7.
18. **Billinton, Allan.** *Reliability Evaluation of Engineering Systems - Concepts an Techniques.* s.l. : Springer, 1992. 978-0306440632.
19. **S.A., Pizarro.** [Online] [Citação: 23 de Março de 2011.] <http://www.pizarro.pt>.
20. **S.A., Pizarro.** *Documento interno - Organigrama da empresa.*
21. **Tonello.** [Online] [Citação: 12 de Março de 2011.] <http://www.tonello.com>.
22. **S.A., Pizarro.** Documento interno - Layout dos equipamentos.
23. **Pegasus.** [Online] [Citação: 10 de Maio de 2011.] <http://www.pegasus.co.jp>.
24. **Sroque.** [Online] [Citação: 12 de Maio de 2011.] <http://www.sroque.pt/>.
25. **Wikipedia.** [Online] 17 de Maio de 2011. <http://pt.wikipedia.org/>.
26. **Copco, Atlas.** [Online] [Citação: 19 de Maio de 2011.] <http://www.atlascopco.pt>.
27. **Sepsancho.** [Online] 9 de Junho de 2011. <http://www.sepsancho.com>.
28. **ColorService.** [Online] [Citação: 5 de Julho de 2011.] <http://www.colors-service.net/>.
29. **Easylift.** Easylift. [Online] [Citação: 12 de Junho de 2011.] <http://easylift-engenharia.com>.
30. **S.A., Pizarro.** *Documento interno - Plantas das instalações.*

- 
31. **Filipe, Filipe Manuel Correia.** *Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias.* Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.
32. **Coulibaly, S., Kouam, P. e Page, M.** Organisation de la maintenance preventive en milieu hospitalier. *ITBM-RBM 2001.* Editions scientifiques et medicales Elsevier SAS, 2001, Vol. 22.
33. **Pinto, Carlos Varela.** *Introdução ao Planeamento da Manutenção em Empresas Industriais.* Lisboa : Datainvest, 1986.
34. **Muchiri, Peter, et al.** Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *Int. J. Production Economics.* Elsevier, 2010.
35. **Groote, P. De.** Maintenance performance analysis: a practical approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering.* 1995, Vol. 1.
36. **Márquez, A. Crespo, de León, P. Moreu e Fernández, J.F. Gómez.** The maintenance management framework. *Journal of Quality Maintenance Engineering.* Emerald, 2009, Vol. 15.
37. **Mobley, R. Keith, Higgins, Lindley e Wikoff, Darrin.** *Maintenance Engineering Handbook - 7ª Edição.* s.l. : McGraw Hill, 2008. 9780071546461.
38. **Mobley, R. Keith.** *Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers.* s.l. : Butterworth-Heinemann, 2007. 0-7506-7862-3.
39. **Mobley, R. Keith.** *An Introduction to Predictive Maintenance.* s.l. : Butterworth-Heinemann, 2002. 0-7506-7531-4.
40. **Telles, Pedro.** *Tubulações industriais - Materiais, projecto, montagem.* 8. s.l. : LTC, 1994. 85-216-1007-6.

**Anexo A – *Layout* das instalações**



**Figura A.1 - Layout das instalações.**

## **Anexo B – Manual técnico do equipamento**



# Manual técnico do equipamento

Data da última revisão:

<b>Ficha de registo</b>	<b>NºFicha:</b>
<b>Código:</b>	

**Designação:**

**Centro de custos:**

**Grupo Funcional:**

**Sistema:**

**Tipo:**

**Equipamento:**

**Criticidade**

**Documentação técnica**

[Fotografia/desenho]

<b>Ficha técnica</b>		
<b>Identificação</b>	<b>Especificação</b>	<b>Outras</b>
Marca Modelo N° Série Ano Representante	Potência (kW) Intensidade (V) Tensão (V) Peso (kg)	

<b>Subconjuntos</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Código</b>

<b><i>Peças de substituição</i></b>			
<b>Código</b>	<b>Designação</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Local de aplicação</b>

<b>Ficha de desempenho e segurança</b>	<b>NºFicha:</b>
<b>Código:</b>	

**Designação:**

<i>Parâmetros de desempenho</i>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>

<i>Parâmetros de segurança</i>	
<b>Em utilização</b>	
<b>Em manutenção</b>	



## **Anexo C – Manutenção preditiva em tubagens**

## **Causas de falha em tubagens**

Antes de conhecer as formas de manutenção em tubagens é necessário conhecer a causa das falhas e degradação do funcionamento. O primeiro passo para um programa de manutenção preventiva de tubagens envolve eliminar, tanto quanto possível, as causas da manutenção excessiva. Essas causas incluem a corrosão, o golpe de ariete e a disposição incorrecta das tubagens. As consequências podem ser a erosão da superfície interna e externa da tubagem, o aparecimento de fissuras, perdas térmicas e deformações.

### **Corrosão**

A corrosão é o principal inimigo das tubagens e causa da maioria dos trabalhos de manutenção em tubagens. A corrosão consiste na deterioração do metal por acção química ou electroquímica. A corrosão interna dos tubos é geralmente causada por oxigénio atmosférico dissolvido na água e só pára quando todo o oxigénio é removido ou gasto para atacar o metal. Num circuito de vapor e condensado, o oxigénio entra pela água de alimentação da caldeira ou através de fugas. A solução está em minimizar tais fugas e purgar a água de alimentação da caldeira. Por vezes é usado o sulfito de sódio para remover o oxigénio. A corrosão das linhas de condensado é normalmente causada pela entrada de ar em pontos onde existe vácuo. A corrosão externa acontece quando um tubo estiver constantemente húmido no exterior. Para resolver, deve ser retirada a causa da humidade do tubo ou isolá-lo (37).

### **Golpe de Ariete**

O golpe de ariete ocorre quando uma coluna de água num tubo pára repentinamente ou é retardada. Uma razão para o aparecimento do golpe de ariete é a drenagem de condensado. Para evitar este problema deve ser certificado o correcto funcionamento dos purgadores e que não há formação de bolsas de condensado, assim como a inspecção dos suportes das tubulações para que não haja oscilações que potenciem os danos (37). A manutenção preventiva do golpe de ariete passa então pelo correcto controlo da linha de condensados.

A manutenção das tubagens e acessórios, como em qualquer outro equipamento, deve ser organizada para obter melhores resultados no imediato e no futuro. Os procedimentos devem ser compostos por inspecções periódicas e o ponto de partida deve ser um desenho do sistema

de tubagens onde podem ser anotadas as mudanças e reparações efectuadas. Segundo Mobley (38), as técnicas usadas para detectar problemas ligados a tubagens e componentes de tubagens são a termografia por infravermelho, a detecção de fugas por ultra-sons e os testes (não destrutivos) de material.

### **Termografia por infravermelho**

O princípio da termografia baseia-se no facto de todos os objectos de temperatura superior ao zero absoluto emitirem energia ou radiação. A radiação infravermelha é uma dessas energias. A termografia por infravermelhos é uma técnica de manutenção preditiva que pode ser usada para monitorar a emissão de energia infravermelha (calor) para determinar a condição de estruturas, equipamentos, sistemas, etc. Contudo, a medição por este princípio torna-se difícil devido às três fontes de energia que podem ser detectadas provenientes de qualquer objecto: a energia emitida pelo objecto em si, a energia que este reflecte e a energia transmitida pelo objecto. Apenas a energia emitida é relevante para a termografia para um programa de manutenção preditiva. Os equipamentos normalmente usados na termografia por infravermelhos podem ser de três tipos:

- Pirómetro de infravermelho;
- *Scanners* de linha;
- Câmaras termográficas.

Os pirómetros de infravermelhos são desenhados para providenciar a temperatura superficial num espaço relativamente pequeno numa superfície. Num programa de manutenção preditiva, o pirómetro de infravermelho é usualmente usado em conjunto com outros instrumentos de medição de vibração para monitorar a temperatura em partes críticas de um equipamento. A principal limitação deste tipo de equipamento está ligado ao facto de o valor de temperatura ser apenas dado para um ponto. Os *scanners* de linha fornecem um perfil de temperatura. Quando combinados com deslocamento permitem obter mapas térmicos.

As câmaras termográficas, ao contrário das técnicas anteriores, são capazes de fornecer dados sobre a emissividade de um equipamento ou linha. O utilizador é capaz de ver o perfil térmico de uma área ampla, em tempo real, olhando apenas pela objectiva. Este tipo de

instrumentos pode variar entre modelos a preto e branco, modelos com imagens a cores, com capacidade de armazenamento de imagens ou sem armazenamento.

## **Ultra-sons**

A manutenção preditiva por ultra-sons usa princípios similares à análise de vibrações, com a excepção de que a técnica por ultra-sons monitora as frequências altas (i.e. ultra-sons). A gama de monitoração normal da análise de vibrações é de 1 Hz a 30000 Hz. Nos ultra-sons a gama é de 20000 Hz a 100 kHz (39). As aplicações dos ultra-sons num programa de manutenção preditiva são:

- Detecção de fugas em tubagens, válvulas, purgadores e outros equipamentos;
- Teste de material;
- Análise do som.

A análise do som tem como objectivo medir o nível do som ambiente numa empresa por obrigações regulamentares de protecção. A detecção de fugas é a principal aplicação da monitorização por ultra-sons. O escoamento de um fluido turbulento por um orifício produz um registo de frequência alta que pode ser facilmente detectado por técnicas de ultra-sons. Este facto faz com que esta técnica seja ideal para detectar fugas em válvulas, purgadores, tubagens e outros componentes de distribuição de vapor. O teste de materiais consiste em introduzir uma fonte de energia num material a ser testado e registar a resposta característica usando instrumentos de ultra-som. A medição de ultra-sons baseia-se na medição do tempo e amplitude ou força de um sinal entre a emissão e a recepção. Devido à diferença de propriedades acústicas entre materiais, o som reflete parcialmente, dependendo do rácio de impedâncias acústicas entre dois materiais. Quanto maior for o rácio, mais fácil é a detecção de uma anomalia. Como exemplo, num tubo de aço, numa descontinuidade de interface aço/ar, haverá uma reflexão de valor considerável que permite a detecção da falha (39). Segundo Mobley (39), as técnicas de monitorização por ultra-sons são comumente usadas para monitorar a condição de rolamentos. Apesar das frequências naturais dos elementos rolantes caírem na gama dos instrumentos de ultra-sons, esta não é uma técnica válida para determinar a condição de rolamentos. Um equipamento típico com vários elementos mecânicos irá gerar uma quantidade considerável de frequências dentro da gama dos instrumentos. Estas frequências não poderão

ser separadas das frequências geradas pelo funcionamento do rolamento o que impossibilita a monitorização da sua condição.

## **Inspeção visual**

A inspeção visual é o tipo de manutenção preditiva que requer menor investimento. Esta forma de manutenção deve fazer parte de qualquer programa de manutenção preventiva. Na maioria dos casos, a inspeção visual detecta potenciais problemas, por vezes não detectados por outras técnicas preditivas. Segundo Mobley (39), todos os equipamentos e sistemas numa dada instalação, devem ser visualmente inspeccionados numa base regular. Os dados obtidos das inspeções podem ser usados para melhorar e potenciar o plano de manutenção de um equipamento. A razão principal para a falha dos métodos de inspeção visual são a subjectividade que lhe está associada. A inspeção deve ser quantificável e o pessoal responsável pela tarefa deve aplicar os métodos de forma universal. Os métodos podem variar entre a utilização dos sentidos, a utilização de instrumentos de medição ou o uso de sensores. Porém, em todos os casos os métodos usados devem definir claramente como deve ser feita a inspeção, o critério a avaliar e a gama de aceitação. A utilização dos sentidos para inspeção em manutenção, apesar de ser intuitiva necessita de uma boa dose de método e treino. Os sentidos humanos são capazes de detectar grandes diferenças mas são pouco sensíveis para detectar pequenas alterações. A metodologia usada é a de usar um termo de comparação para a avaliação como fotografias, especificações técnicas, amostras, etc., com os parâmetros a controlar devidamente marcados. Para melhores resultados deve-se simplificar a decisão para o tipo “passa/não passa”.

Os sensores apesar de não serem um método de inspeção visual, são utilizados como ferramenta de auxílio ao diagnóstico por parte do técnico. Os sensores são usados para fornecer uma monitorização contínua dos parâmetros de um sistema e transmitir essa informação para um indicador externo. Como exemplo de sensores temos os transdutores de pressão, os termopares, os amperímetros, as boias de sinalização de nível, os aceleradores, etc. O padrão normal de operação chamado de “identidade” é estabelecido medindo o desempenho do equipamento a controlar em boas condições. Posteriormente, devem ser feitas comparações em intervalos de tempo pré-definidos para controlar o desempenho actual com o medido, ou dotar o sistema preditivo de sinalização para aviso de uma anomalia. Os instrumentos de medição são

usados como auxílio das tarefas de inspecção. Tal como na inspecção visual, os parâmetros a controlar e o critério de aceitação devem ser definidos para que a inspecção seja objectiva.

## **Anexo D - Codificação dos equipamentos**

**Tabela D.1 - Grupos funcionais, Sistemas e Secções.**

<b>Grupos funcionais</b>	<b>Sistemas</b>	<b>Nº</b>	<b>Secção</b>	<b>Designação</b>
Produção (01)	Lavandaria	01	Acabamentos de ganga	ACG
	Tinturaria	02	Acabamentos de malha	ACM
	Estampagem	03	Adelaides	ADL
	Acabamentos de ganga	04	Amostras	AMO
	Acabamentos de malha	05	Armazém	ARM
	Secagem	06	Cloro	CLR
Auxiliares (02)	Vapor e condensado	01	Escovas	ESC
	Água	02	Estamparia	EST
	Ar-comprimido	03	Fotogravura	FTG
	Esgoto	04	Forno	FRN
	Sal	05	Laboratório	LBT
	Salmoura	06	Laser	LSR
	Cozinhas de cores	07	Lavandaria gangas	LGS
	Transportes	08	Lavandaria tecidos	LTS
	Ventilação e climatização	09	Secadores	SEC
	DMM	10	Tinturaria	TIN
	Viragem de peças	11		
	Produtos auxiliares	12		
	Corantes	13		
Instalações (03)	Rede telefónica	01		
	Rede informática	02		
	Iluminação	03		
	Escritórios	04		
	Lavabos	05		
	Bares	06		

## **Anexo E - Inventário dos equipamentos**

Tabela E.1 - Equipamentos inventariados.

<b>Código</b>	<b>Designação</b>	<b>Código</b>	<b>Designação</b>
1.02.02.01.TIN	T01 - Tupesa TSP3000	2.07.02.02.TIN	DLV 1
1.02.02.02.TIN	T02 - Tupesa TSP3000	2.07.02.03.TIN	DLV 2
1.02.02.03.TIN	T03 - Tonello G1-70LS	2.07.02.04.TIN	DS
1.02.02.04.TIN	T04 - Tonello G1-420 HS	2.07.02.05.TIN	SCC
1.02.02.06.TIN	T06 - Jomarca L500	2.07.02.06.TIN	MPO
1.02.02.07.TIN	T07 - Jomarca L500	2.07.02.07.TIN	TRS
1.02.02.08.TIN	T08 - Tonello G1-420HS	2.07.02.08.TIN	DAP
1.02.02.09.TIN	T09 - Tonello G1330	2.07.02.09.TIN	DLVPS
1.02.02.11.TIN	T11 - Tupesa TSP4000	2.07.02.10.TIN	Silo de corantes
1.02.02.12.TIN	T13 - Avimonte	2.07.02.11.TIN	Unidade de aspiração
1.02.02.14.TIN	T14 - Tupesa TSP3000	2.07.02.12.TIN	Balseiro
1.02.02.15.TIN	T15 - Jomarca	2.12.01.01.TIN	Depósitos da Tinturaria
1.02.02.16.TIN	T16 - Tupesa TSP55CP	2.08.03.01.TIN	Garibaldi 01
1.02.02.17.TIN	T17 - Celso	2.08.04.01.TIN	Plataforma Elevatória
1.02.02.18.TIN	T18 - Celso	1.06.03.01.TIN	Hidro 01
1.02.02.19.TIN	T19 - Cosmotex	1.06.03.02.TIN	Hidro 02
1.02.02.20.TIN	T20 - Avimonte	1.06.03.03.TIN	Hidro 03
1.02.02.21.TIN	T21 - Jomarca	1.06.03.04.TIN	Hidro 04
1.02.02.22.TIN	T22 - Celso	2.10.01.01.TIN	Balança merc. 01
1.02.02.23.TIN	T23 - Tupesa	1.06.04.01.TIN	Prensa extratora 01
1.02.02.27.TIN	T27 - Jomarca LFA-55	1.06.01.01.TIN	ST02 - Secador 02
1.02.02.28.TIN	T28 - Jomarca L500	1.02.01.41.TIN	TA41 - Jomarca
1.02.02.29.TIN	T29 - Jomarca L500	1.02.01.42.TIN	TA42 - Jomarca
1.02.02.30.TIN	T30 - Jomarca	2.01.02.03.TIN	VP.03.3".Ac
1.02.02.31.TIN	T31 - Tupesa TSP4000	2.01.02.12.TIN	VP.12.3".Ac
1.02.02.32.TIN	T32 - Tupesa TSP4000	2.01.02.14.TIN	VP.14.5".Ac
1.02.04.01.TIN	Tina 1	2.01.02.18.TIN	VP.18.4".Ac
1.02.04.02.TIN	Tina 2	2.02.02.01.TIN	AF.01.21/2".I
1.02.03.24.TIN	T24 - Texmatic V098/S	2.02.02.02.TIN	AF.02.6".I
1.02.03.25.TIN	T25 - Tequimaq XBH5250	2.02.02.03.TIN	AF.03.11/2".I
1.02.03.26.TIN	T26 - Tequimaq XBH5250	2.02.01.01.TIN	AQ.01.21/2".I
2.01.04.01.TIN	Depósito de esgoto	2.02.01.02.TIN	AQ.02.6".I
2.01.04.02.TIN	Depósito de esgoto filtrado	2.04.01.01.TIN	EQ.01.8".I
2.01.04.03.TIN	Depósito água quente 15000 L	2.04.02.01.TIN	EF.01.8".I
2.01.04.04.TIN	Depósito água quente 1	2.06.02.01.TIN	SM.01.3".I
2.01.04.05.TIN	Depósito água quente 2	2.07.04.01.TIN	CO.01.3/4".I
2.01.04.06.TIN	Autoclave	2.12.02.01.TIN	PA.01.3/4".I
2.01.04.07.TIN	Permutador 01	2.05.02.01.TIN	SL.01.1".I
2.01.04.08.TIN	Permutador 02	2.03.03.01.TIN	AC.01.11/4".I
2.01.04.09.TIN	Und. de filtragem	2.03.03.02.TIN	AC.02.11/4".I
2.01.04.10.TIN	Filtro de rampa	2.01.03.01.TIN	CD.01.21/2".I
2.07.02.01.TIN	JIT - Just In Time	2.01.03.02.TIN	CD.02.21/2".I

**Tabela E.2 – Inventário total das tubagens.**

<b>Diâmetro</b>	<b>Fluido</b>	<b>Nº Ordem</b>	<b>Isolamento</b>	<b>Material</b>
4''	Vapor	01	S	Aço ao carbono
5''	Vapor	02	S	Aço ao carbono
3''	Vapor	03	S	Aço ao carbono
4''	Vapor	04	S	Aço ao carbono
4''	Vapor	05	S	Aço ao carbono
2''	Vapor	06	S	Aço ao carbono
3''	Vapor	07	S	Aço ao carbono
5''	Vapor	08	S	Aço ao carbono
5''	Vapor	09	S	Aço ao carbono
3''	Vapor	10	S	Aço ao carbono
3''	Vapor	11	S	Aço ao carbono
4''	Vapor	12	S	Aço ao carbono
5''	Vapor	13	S	Aço ao carbono
6''	Vapor	14	S	Aço ao carbono
5''	Vapor	15	S	Aço ao carbono
4''	Vapor	16	S	Aço ao carbono
4''	Vapor	17	S	Aço ao carbono
4''	Vapor	18	S	Aço ao carbono
3''	Salmoura	01	N	Inox
3''	Sal	01	N	Inox
¾''	Prod.auxiliares	01	N	Inox
8''	Esgoto quente	01	N	Inox
8''	Esgoto frio	01	N	Inox
¾''	Corantes	01	N	Inox
2 ½''	Condensado	01	S	Inox
2 ½''	Condensado	02	S	Inox
2 ½''	Água quente	01	S	Inox
6''	Água quente	02	S	Inox
2 ½''	Água fria	01	S	Inox
6''	Água fria	02	S	Inox
1 ½''	Água fria	03	S	Inox
1 ½''	Ar-comprimido	01	N	Inox
1 ½''	Ar-comprimido	02	N	Inox

## **Anexo F – Fichas de manutenção**



## Fichas de Manutenção

Data da última revisão:

		<b>Ficha de manutenção preventiva</b>		<b>NºFicha:</b>	
		<b>Periodicidade:</b>		<b>Cód:</b>	
<b>Designação:</b>		<b>Código:</b>		<b>Secção:</b>	
<b>Duração prevista:</b>				<b>Data:</b>	
<b><i>Material necessário</i></b>					
<b>Código</b>		<b>Designação</b>		<b>Quantidade</b>	
<b><i>Tarefas</i></b>					
	<b>Descrição</b>			<b>Observações</b>	
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<b><i>Mão-de-obra</i></b>					
<b>Executante</b>				<b>Tempo</b>	
<b><i>Material suplementar gasto</i></b>					
<b>Código</b>		<b>Designação</b>		<b>Quantidade</b>	

	<b>Ficha de lubrificação</b>	<b>NºFicha:</b>
	<b>Periodicidade:</b>	<b>Cód:</b>

<b>Designação:</b>	<b>Código:</b>	<b>Secção:</b>
--------------------	----------------	----------------

<b>Duração prevista:</b>	<b>Data:</b>
--------------------------	--------------

***Material necessário***

Código	Designação	Quantidade

***Tarefas***

	Objecto	Ponto	Lubrificante	Quantidade
<input type="checkbox"/>				

***Mão-de-obra***

Executante	Tempo

***Material suplementar gasto***

Código	Designação	Quantidade

	Ficha de inspecção	NºFicha:
	Periodicidade:	Cód:

Designação:	Código:	Secção:
-------------	---------	---------

Duração prevista:	Data:
-------------------	-------

**Material necessário**

Código	Designação	Quantidade

**Tarefas**

	Objecto	Ponto	Método	Parâmetro	Valor	Obs.
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

**Mão-de-obra**

Executante	Tempo

**Material suplementar gasto**

Código	Designação	Quantidade

	<b>Ficha de limpeza</b> <b>Periodicidade:</b>	<b>NºFicha:</b> <b>Cód:</b>
---	--	--------------------------------

**Designação:** \_\_\_\_\_ **Código:** \_\_\_\_\_ **Secção:** \_\_\_\_\_

**Duração prevista:** \_\_\_\_\_

***Material necessário***

Código	Designação	Quantidade

***Tarefas***

Periodicidade	Operação	Observações

	<b>Pedido de intervenção</b>	<b>Nº Pedido:</b>
---	------------------------------	-------------------

<b>Designação:</b>	<b>Código:</b>	<b>Secção:</b>
--------------------	----------------	----------------

<b>Data e hora do pedido:</b>	<b>Data prevista para intervenção:</b>
-------------------------------	--

***Tipo de trabalho pedido***

Reparação de avaria    
 Apoio à produção    
 Novo projecto    
 Manutenção preventiva

***Avaria [Preencher em caso de avaria]***

Mecânica                      
 Hidráulica                      
 Electrónica

Eléctrica                      
 Pneumática                      
 Outro

***Sintoma [Preencher em caso de avaria]***

Ruído     Vibração     Baixo rendimento     Inoperacional     Qual?

Fractura     Fuga     Produção defeituosa     Outro

***Elemento causador da avaria [Preencher em caso de avaria]***

**Detalhes do pedido:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

***Grau de urgência [Preencher em caso de avaria]***

Emergência    
 Urgente    
 Normal

**Nome do solicitante:** \_\_\_\_\_

	<b>Relatório de reparação de avaria</b>	NºFicha: Nº Pedido:
---	---	------------------------

Designação:	Código:	Secção:
-------------	---------	---------

Data e hora do pedido:	Data de início dos trabalhos:
------------------------	-------------------------------

Contador de funcionamento:

***Natureza da avaria***

Mecânica <input type="checkbox"/>	Hidráulica <input type="checkbox"/>	Electrónica <input type="checkbox"/>
Eléctrica <input type="checkbox"/>	Pneumática <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>

***Sintoma***

Ruído <input type="checkbox"/>	Vibração <input type="checkbox"/>	Baixo Rendimento <input type="checkbox"/>	Inoperacional <input type="checkbox"/>
Fractura <input type="checkbox"/>	Fuga <input type="checkbox"/>	Produção defeituosa <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/> Qual?

***Causa da avaria***

Desgaste <input type="checkbox"/>	Falta de limpeza <input type="checkbox"/>	Manutenção ineficiente <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>
Acidente <input type="checkbox"/>	Má utilização <input type="checkbox"/>	Não identificável <input type="checkbox"/>	Qual?

***Elemento causador da avaria***

**Descrição do trabalho:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

***Mão-de-obra***

Executante	Início	Fim	TDM

***Materiais aplicados***

Designação	Código	Quantidade

	<b>Relatório de trabalho de manutenção</b>	<b>Nº Ficha:</b> <b>Nº Pedido:</b>
---	--	---------------------------------------

**Designação:** \_\_\_\_\_ **Código:** \_\_\_\_\_ **Secção:** \_\_\_\_\_

**Data e hora do pedido:** \_\_\_\_\_ **Data de início dos trabalhos:** \_\_\_\_\_

**Descrição do trabalho:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

***Mão-de-obra***

<b>Executante</b>	<b>Tempo</b>

***Materiais aplicados***

<b>Designação</b>	<b>Código</b>	<b>Quantidade</b>



## **Anexo G – Desenhos de tubagens\***

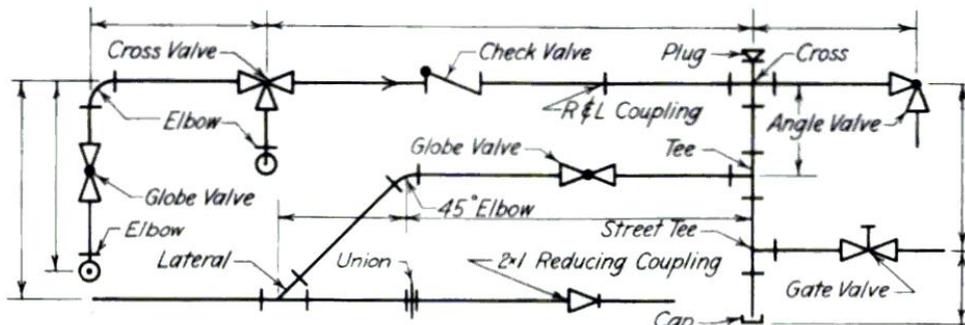
---

\* Segundo Telles, Pedro, *Tubulações industriais – Materiais, projecto, montagem* 8ª Edição, LTC, 1994, 85-216-1007-6.

## Documentação Técnica

Os desenhos de tubagem podem ser:

- Fluxogramas (flow-sheets);
- Plantas de tubagem (piping plans)
- Desenhos isométricos
- Desenhos de detalhes e de fabrico, de suportes, folhas de dados, etc..



**Figura G.1 - Exemplo de representação de tubagens com linha simples.**

## Fluxograma Mecânico

A base lógica para o projecto de tubagens e de todas as plantas de desenhos relativos são os diagramas de fluxo. Este tipo de diagrama é usualmente o desenho inicial do projecto da tubagem. Este documento indica os tipos de equipamentos a serem integrados, os instrumentos requeridos e os sistemas de tubagem necessários. Os diagramas de fluxo são representações esquemáticas entre tubos, instrumentos, e equipamentos dentro do processo.

O fluxograma mecânico é o esquema que dá todas as especificações para tubos, válvulas, vasos, bombas, equipamentos isolamentos e instrumentos, como também dá as indicações do sentido de escoamento (setas nas mudanças de direcção). Identificações básicas para equipamentos, linhas e instrumentos.

- Todos os equipamentos são identificados com o nome e por uma letra, e a área de instalação (exemplo: bomba B – 101 área 100).
- Linhas são identificadas pelo diâmetro nominal, fluidos da linha (vapor), número de ordem da linha, especificação de material; (isolamento quando tiver). Exemplo:

4'' Diâmetro nominal (polegada)	V Fluido de linha (vapor)	01 Nº do Isométrico	A2A Espécie de Material	I Isolamento
---------------------------------------	---------------------------------	------------------------	-------------------------------	-----------------

- Todas as válvulas devem ser indicadas conforme tipo (por meio de simbologia)
- Os instrumentos devem ser indicados no tipo, identificação, tamanho, inclusive flanges de orifício.

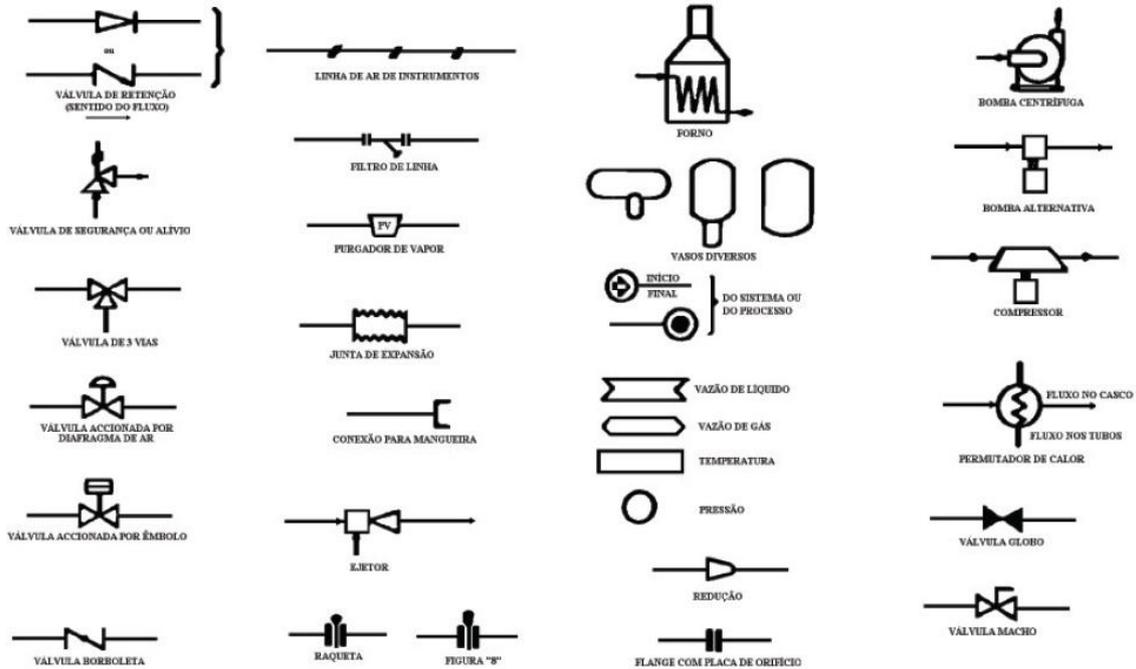


Figura G.2 - Alguma simbologia usada nos fluxogramas (40).

### Layout de tubagem

O diagrama de escoamento, índice de linhas e especificações de projecto são usados pelo projectista de tubagem para determinar o *layout* do sistema, ou trajecto real das linhas, e assim gerar os desenhos do sistema. O trajecto das linhas inicialmente indicado pelo diagrama de escoamento será afectado pela temperatura de operação do sistema, peso da tubagem, configuração do terreno, custos de instalação e de material, perdas de carga, normas aplicáveis e a localização dos principais equipamentos e estruturas.

### Plantas de tubagem

Uma vez determinado o *layout*, são realizados os desenhos e a planta da tubagem. A planta da tubagem é o principal documento de referência usado pelo grupo de projecto de tubagens. Essas plantas usualmente mostram vistas em corte e elevação (a vista em corte é a vista oriunda de um ponto superior; uma vista em elevação é a vista oriunda de um ponto no plano

horizontal). Ambos os tipos de vistas são importantes e necessários para se identificar totalmente o trajecto de uma linha.

## **Isométricos**

Os isométricos de tubagem são representações tridimensionais das linhas representadas em duas dimensões nas plantas. Normalmente são usados para propósitos de montagem e de análise de tensões (estudo da flexibilidade da tubagem).

A secção da linha que não for paralela a qualquer dos três eixos principais pode ser representada pela sua projecção nos planos pertinentes aos eixos. Os trechos rectilíneos da linha são chamados membros, braços ou pernas da linha. Os isométricos não precisam de ser desenhados em escala; as secções da tubagem devem ser desenhadas no tamanho necessário para ser compreendido com clareza.

## **Documentação relativa a tubagens**

Do ponto de vista da manutenção de uma instalação fabril, os documentos de tubagens mais importantes são:

- Lista de linhas (Piping Line List): Lista de todas as linhas de uma instalação, por ordem numérica e/ou alfabética, com indicação de condições de funcionamento e de teste e de locais de início e fim das linhas.
- Linhas de classe de tubagem (Piping Class): Especifica, sob a forma de um código, qual o tipo de tubo, flanges, junta, curva, etc., a usar para cada uma das classes de tubagem. Cada classe de tubagem refere-se, por sua vez, a um conjunto de fluidos, numa determinada gama de pressão e temperatura.
- Especificação de material de tubagem (Piping Specification): Indica todas as características (materiais, dimensões, normas, etc.) de cada um dos códigos referidos na lista de classes de tubagem.
- Diagrama de tubagem e instrumentação (P&I Diagram): Desenho que representa, esquematicamente, a instalação, indicando equipamentos, tubagens entre eles e instrumentação instalada.