



# UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

---

## Manutenção Assistida Por Computador - WATCHER

SÉRGIO PRATA MONTEIRO

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM ENGENHARIA ELECTROMECAÂNICA

**Orientador:** Professor Doutor Francisco Miguel Ribeiro Proença Brójo

Covilhã, Agosto 2008



# UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Departamento de Electromecânica



*Sérgio Prata Monteiro*

# Manutenção Assistida Por Computador - WATCHER

Dissertação realizada sob orientação de

**Professor Doutor Francisco Miguel Ribeiro Proença Brójo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Licenciado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Coimbra em 1991, Doutorado pela Universidade de Cranfield (Reino Unido) em 2004, Doutorado pela Universidade da Beira Interior em 2005, trabalhou como estagiário da Companhia de Electricidade de Israel em 1989, Assistente estagiário na Universidade da Beira Interior desde 1991 até 1996, Assistente na Universidade da Beira Interior desde 1996 até 2004, Professor Auxiliar na Universidade da Beira Interior desde 2004 até ao presente. Vencedor do prémio Beginning Engineer Fellowship Award, atribuído pelo International Gas Turbine Institute da American Society of Mechanical Engineers em 1997.

*“O princípio da sabedoria é desejá-la”*

**[Ibn Gabirol]**

# Resumo

Este trabalho tem por objectivo fazer um estudo acerca dos vários tipos de Manutenção considerados como válidos no mundo industrial actual, justificar a necessidade da utilização de apoio informático para fazer a organização e a gestão da informação gerada pela Manutenção, e definir a estrutura e modo de funcionamento de um software a desenvolver. É feita uma observação geral da forma como a Manutenção é encarada na actualidade e como tem sido vista ao longo dos tempos. São apresentados os tipos de Manutenção e as suas principais características, tentando fazer realçar os melhores e piores aspectos, bem como os objectivos de cada tipo de Manutenção. É feita uma análise aos benefícios da utilização de computadores na Manutenção, e feita a apresentação da motivação, a estruturação e modo de funcionamento de um software.

# Palavras-chave

Manutenção

TPM

RCM

GMAC

Fiabilidade

Computador

Software

PME

# Abstract

This work aims to make a study on the various types of maintenance considered as valid in the current industrial world, justify the need for the use of IT support to the organisation and management of information generated by the Maintenance, and define the structure and mode of operation of one software to develop. There is a general observation of how the Maintenance is seen at present and as has been seen over time. Furthermore, the types of maintenance and their main features, trying to highlight the best and worst aspects, and the objectives of each type of maintenance. It made an analysis to the benefits of the use of computers in the Maintenance, and made the presentation of motivation, structure and operation of software.

# Keywords

Maintenance

TPM

RCM

GMAC

Reliability

Computer

Software

PME

# Agradecimentos

Desejo expressar os meus mais sinceros agradecimentos, ao Professor Doutor Francisco Miguel Ribeiro Proença Brojo, responsável como orientador desta dissertação de mestrado. A qualidade das suas orientações de trabalho, a atenção e a disponibilidade reveladas durante todo o ano foram sem dúvida essenciais para a elaboração desta dissertação de mestrado.

Aos professores do departamento de Engenharia Electromecânica da Universidade da Beira Interior, pela disponibilidade e apoio dado, em especial ao Professor Doutor Carlos Cabrita.

Ao Eng. Humberto Santos, pela forma amigável e interessada com que se entregou a este trabalho, mas que por traição da vida não pode acompanhar.

À minha família, e amigos, que nas horas boas e nas menos boas estiveram do meu lado e sempre me apoiaram tanto nas questões académicas como nas pessoais.

À Tânia, por todo o carinho, dedicação e compreensão.

# Índice

1	Introdução .....	1
2	Qualidade e a Manutenção .....	5
2.1	Qualidade. Como? .....	6
2.2	Norma ISO 9001:2000 .....	7
2.3	Manual da Qualidade .....	8
2.4	Certificado de Qualidade .....	8
3	Índices de Manutenção .....	9
3.1	Motivar para Gerir .....	10
3.2	Medir para Agir .....	12
4	Estratégias de Manutenção .....	14
4.1	Manutenção Correctiva (MC) .....	15
4.2	Manutenção Preventiva (MP) .....	16
4.2.1	Manutenção Sistemática .....	18
4.2.2	Manutenção Condicionada .....	18
5	RCM .....	20
6	TPM .....	28
6.1	Origem .....	29
6.2	Objectivo .....	34
6.3	Metodologia de Implementação .....	38
7	GMAC .....	45
7.1	Principais Vantagens .....	48
7.2	GMAS e as PME's .....	50

8 WATCHER .....	51
8.1 Estrutura .....	54
8.2 Funcionamento .....	56
8.2.1 Identificação .....	56
8.2.2 Corpo Principal .....	57
8.2.3 Equipamento .....	62
8.2.4 Armazém .....	64
8.2.5 Histórico Digital .....	66
9 Conclusão .....	68
Referência Bibliográficas .....	71

# Lista de Tabelas e Figuras

<b>Tabela 6.1:</b> Itens associados aos indicadores de desempenho .....	33
<b>Figura 1.1:</b> Balanço entre custos de perda de produção e custos da Manutenção .....	3
<b>Figura 2.1:</b> Modelo de um Sistema de Gestão da Qualidade .....	7
<b>Figura 4.1:</b> Fiabilidade de um Sistema Reparável .....	16
<b>Figura 4.2:</b> Curva de tendência de um parâmetro de funcionamento numa máquina .....	19
<b>Figura 6.1:</b> TPM de 1ª geração, Manutenção assente em 5 pilares .....	30
<b>Figura 6.2:</b> 8 pilares de sustentação de desenvolvimento da TPM .....	31
<b>Figura 6.3:</b> Iceberg da falha - causas invisíveis que geram uma falha visível .....	36
<b>Figura 8.1:</b> Estrutura Base .....	55
<b>Figura 8.2:</b> Identificação do Utilizador .....	57
<b>Figura 8.3:</b> Divisão da janela de trabalho por zonas .....	58
<b>Figura 8.4:</b> Utilizador .....	60
<b>Figura 8.5:</b> Administrador .....	61
<b>Figura 8.6:</b> Apresentação base do módulo Equipamento .....	63
<b>Figura 8.7:</b> Apresentação base do módulo Armazém .....	65
<b>Figura 8.8:</b> Apresentação base do módulo Histórico .....	67

---

CAPÍTULO

1

# Introdução

---

Como primeira abordagem, é apresentada uma breve introdução à Manutenção e a razão pela qual se deve fazer Manutenção, tendo por objectivo construir uma base que justifique a necessidade de elaborar um Plano de Manutenção, e a utilização de um sistema informático para fazer a gestão e a organização da Manutenção.

## 1. Introdução

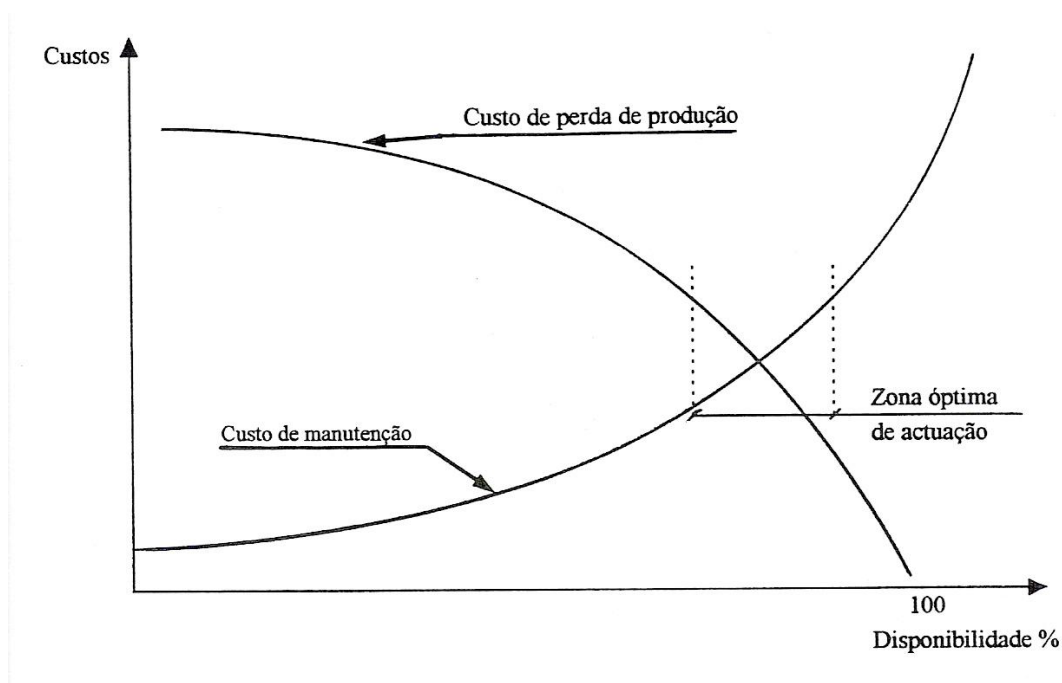
No mercado da actualidade as empresas assentam num modelo de desenvolvimento contínuo que se caracteriza por um aumento da competitividade das mesmas. Para fortalecer a sua posição no mercado as empresas estudam a melhor forma de baixar os custos de produção, optimizando a sua estrutura a todos os níveis, o que resulta na necessidade de inovar e melhorar os seus recursos, traduzindo-se este esforço no binómio Qualidade/Custo.

A gestão dos recursos afecta directamente toda a empresa, desde a Qualidade até à Produtividade de tal forma, que o seu fracasso ou sucesso depende dela quase por inteiro. De forma a optimizar os níveis de qualidade e produtividade, é necessário que todos os sectores da empresa funcionem e contribuam convenientemente para este esforço comum, que é a obtenção de lucro através da venda de bens e/ou serviços que a empresa comercializa. É precisamente aqui que a Manutenção desempenha um papel fundamental e decisivo.

Até há algum tempo atrás, a Manutenção foi encarada como um mal necessário, e as empresas efectuavam a Manutenção com um pequeno grupo de técnicos, trabalhando independentemente uns dos outros, na reparação das máquinas, numa manutenção puramente de emergência. Estes técnicos estavam constantemente sujeitos a muitas horas de trabalho, sobre grande pressão e com recursos bastante limitados. Numa visão muito superficial, este tipo de Manutenção aparenta ter um baixo custo de execução. Mas se realmente se contabilizar todas as implicações que ela acarreta verificamos que os custos são elevadíssimos, uma vez que teremos de ter em conta não apenas o custo da reparação, mas também o tempo de paragem da produção que

se situa entre os 25% e os 35% <sup>[3]</sup> neste tipo de Manutenção, a alteração dos prazos de entrega, e conseqüentemente a insatisfação dos clientes, que no limite poderá conduzir à perda do cliente.

Na figura 1.1 é feito o balanço entre os custos da perda de produção e os custos da Manutenção, de forma a conseguir uma zona óptima de actuação, que será a meta a atingir por um correcto sistema de Manutenção organizada.



*Figura 1.1: Balanço entre custos de perda de produção e custos da Manutenção*

Partindo do princípio que o principal objectivo de uma empresa é ter lucro, podemos inferir que este é a diferença entre o valor total resultante das vendas e a soma do custo de produção com o custo de venda. Entre outros factores, a rentabilidade e o lucro de uma empresa, são afectados pelo custo da Manutenção. Se por um lado, o trabalho de Manutenção eleva o nível de disponibilidade e desempenho do equipamento, por outro, agrava os custos de operação do dito equipamento. Aqui

entra em cena o departamento de Manutenção que se deve organizar de forma a obter o melhor balanço entre estes dois parâmetros, ou seja, o balanço que maximize o contributo da Manutenção para a rentabilidade e o lucro da empresa.

Com o crescente aumento de complexidade das estruturas das empresas, e com a implementação de um Plano de Manutenção, a quantidade de informação gerada torna-se demasiado pesada, pelo que se torna vital recorrer ao apoio de computadores para poder dar uma resposta real e em tempo oportuno às exigentes solicitações que toda a estrutura cobra ao departamento de Manutenção.

Para um correcto processamento e armazenamento da informação é necessário recorrer a um software, que deve ser mais ou menos complexo dependendo da estrutura e da dimensão da organização.

Tendo a plena consciência da necessidade deste dinamismo numa aplicação informática deste género, decidi desenvolver uma aplicação informática modular, que consegue ser flexível ao ponto de poder ser implementada desde uma micro empresa até uma grande empresa, sem perder a sua simplicidade, robustez e fiabilidade.

---

CAPÍTULO

# 2

## Qualidade e a Manutenção

---

É apresentada a relação entre a Qualidade e a Manutenção. Descreve-se como é que a Manutenção deve ser orientada e organizada de forma a contribuir para a qualidade do produto final e consequentemente para a criação e manutenção de uma boa imagem da empresa no mercado, respeitando sempre as normas de qualidade globais da empresa.

## 2. Qualidade e a Manutenção

### 2.1. Qualidade. Como?

Vulgarmente, ao pensarmos em Manutenção, imaginamos um grupo de pessoas, vestidas com bata ou fato de macaco, empunhando ferramentas ou peças, debruçados sobre uma qualquer máquina a efectuar uma reparação. Sem dúvida que esta é uma visão verdadeira e muito importante da Manutenção. Porém, por detrás de todo este cenário está um longo trabalho de planeamento e organização que não é visível na hora da Manutenção, mas que sem ele, nunca chegaríamos a ter uma Manutenção organizada e eficiente.

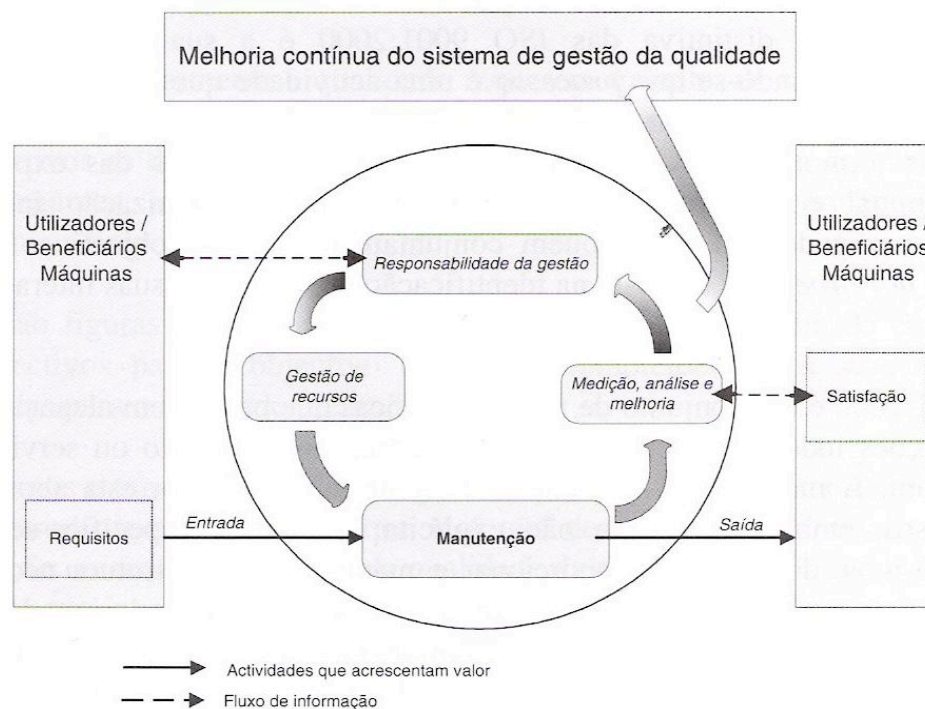
Este trabalho de organização da Manutenção deverá ter em consideração a gestão da qualidade da empresa, o que implica incorporar a filosofia da ISO 9001:2000 na Manutenção, que, ao ser bem feito contribuirá em muito para o desenvolvimento global da empresa.

## 2.2. Norma ISO 9001:2000

Esta norma, actualmente em vigor, para além de garantir a qualidade do produto, procura garantir também a satisfação do cliente, enumerando um conjunto de regras de forma a alcançar todas as organizações, independentemente do seu tamanho ou tipo. A Manutenção e a sua organização estão directamente citadas: no #6.3 “... a organização deve determinar, proporcionar e manter a infra-estrutura necessária para atingir a conformidade com os requisitos do produto, designadamente, equipamento de processo (tanto *hardware* como *software*) ...” e no #7.5.1 “... a organização deve planear e levar a cabo a produção e o fornecimento do serviços sob condições controladas, incluindo, designadamente, a utilização de equipamento apropriado ...”.

[5]

A figura 2.1 apresenta um modelo de um sistema de gestão da Qualidade



**Figura 2.1:** Modelo de um sistema de Gestão da Qualidade

### **2.3. Manual da Qualidade**

O Manual da Qualidade, é um documento que estabelece os procedimentos e regras de qualidade na empresa, e que tomando por base os requisitos da Norma ISO, explicita a filosofia global da empresa. O Manual é sempre acompanhado pelos procedimentos (documento que descreve ou especifica a execução, responsabilidade e controlo de uma actividade) e pelo registo (documento ou formulário concebido para registar eventos ou realizações e o respectivo enquadramento), remetendo para estes qualquer informação mais específica que seja necessária.

### **2.4. Certificado de Qualidade**

O mecanismo de controlo da qualidade é resultado da acção do próprio responsável, sendo o mecanismo de controlo formal a auditoria. Estas auditorias devem ser independentes, documentadas e sistemáticas, efectuadas com o objectivo de verificar a adequabilidade e o cumprimento do que está estabelecido no Manual da Qualidade. O certificado emitido no final de cada auditoria tem a validade de 3 anos e será o documento que comprova que a organização faz o que afirma fazer.

---

CAPÍTULO

# 3

## Índices de Manutenção

---

É apresentada a necessidade de motivar os homens para dessa forma conseguir seccionar as variáveis do processo produtivo e tomar controlo sob uma parte do mesmo, ficando mais facilitado o trabalho de definir índices de medida para aferir o funcionamento da Manutenção.

## 3. Índices de Manutenção

### 3.1. Motivar para Gerir

Analisando a manutenção na actualidade podemos ver que:

- Na maioria das vezes as acções de manutenção têm uma curta duração em função da complexidade das máquinas;
- Uma falha num destes equipamentos influencia parcialmente a perda de capacidade de produção do grupo de máquinas, minimizando o custo da sua indisponibilidade;
- A aplicação de técnicas sofisticadas de manutenção não é recomendada em função do seu custo *versus* benefício;
- A simultaneidade de máquinas em espera para serem alvo de uma intervenção da manutenção, pode ser aceitável desde que não comprometa a capacidade de produção da linha em que se inserem. No entanto as paragens não programadas podem comprometer todo o desempenho gerando tensão na relação produção/manutenção.

Desta forma, cada vez mais se torna evidente que a principal fonte de evolução da manutenção se deve basear na acção humana, tornando-se fundamental que os resultados do desempenho do equipamento estejam ao alcance de todos.

A tendência natural é começar a transferir a responsabilidade da melhoria da produtividade para a secção de manutenção.

Neste sentido pode-se salientar:

- Dificuldade em encontrar profissionais que dominem as funções de produção e de manutenção;
- Dificuldade de comprometer terceiros a níveis desejados;
- Dificuldade de consciencializar que devemos manter para o futuro e não para o momento;
- Dificuldade de relacionamento interpessoal.

A manutenção tem no seu cerne características que podem vir a comprometer o bom desempenho da instalação na medida que divide as pessoas entre produzir / manter.

Assim sendo, o departamento de manutenção tem que ser considerado como um “negócio” rentável e competitivo, o que implica um bom ambiente de trabalho, com pessoas entusiasmadas, com novas atitudes, comportamentos e orgulhosas dos resultados obtidos. Deve ter-se sempre o homem como o centro do processo , pelo que devemos:

1. Melhorar o ambiente de trabalho, demonstrando respeito pelas pessoas a todos os níveis;
2. Criar as condições necessárias para que todos os colaboradores possam acompanhar os resultados obtidos pelo sector em que se inserem;
3. Dar condições para que todos possam contribuir com sugestões de melhorias e autonomia para as concretizar;
4. Responsabilizar a todos pelos resultados alcançados.

### 3.2. Medir para Agir

Dada a complexidade do parque de máquinas do tecido empresarial actual pode-se tornar complicado, aferir o desempenho da Manutenção, e a sua real contribuição para o desenvolvimento da empresa.

Para além de trabalhar junto dos funcionários, motivando-os para as suas funções, e tendo desta forma controlo sobre uma grande parte das variáveis de produção, pode-se então passar ao passo seguinte. Este passo consistirá em desenvolver métodos e rotinas que permitam de forma inequívoca detectar a evolução da produção e consequentemente aferir o funcionamento da Manutenção.

À medida que o tempo for passando o gestor da Manutenção pode recorrer ao histórico da Manutenção e a partir deste tirar conclusões acerca do seu funcionamento. Ainda que este não seja o método mais indicado, um gestor perspicaz e competente consegue guiar os trabalhos olhando para o passado e prevendo o futuro.

Na actualidade, ainda que o histórico seja uma poderosa ferramenta, ele por si só não é suficiente para conseguir o nível de competitividade necessário para manter a empresa na disputa pela liderança do seu segmento de mercado.

Para conseguir tal objectivo é necessário que o gestor da Manutenção conheça a unidade e todo o processo de fabrico, para a partir daí definir pontos de medida (tempos, velocidades, nº peças, etc) e com estes dados construir uma base de dados de consulta rápida, que lhe permita tomar decisões o mais acertadas possível.

A informação pode ser tratada e apresentada sob diversas formas (tabelas, gráficos, esquemas, etc.), podendo ser também usada para apresentar resultados junto da administração, ainda que o principal objectivo seja auxiliar o responsável pela Manutenção.

---

CAPÍTULO

# 4

## Estratégias de Manutenção

---

Neste capítulo vão ser apresentadas as clássicas estratégias de Manutenção, é feita uma análise de cada uma delas por forma a dar uma noção base para se perceber a real complexidade das formas combinadas e mais avançadas de Manutenção.

## 4. Estratégias de Manutenção

### 4.1. Manutenção Correctiva (MC)

A Manutenção correctiva pode dividir-se em dois grupos principais:

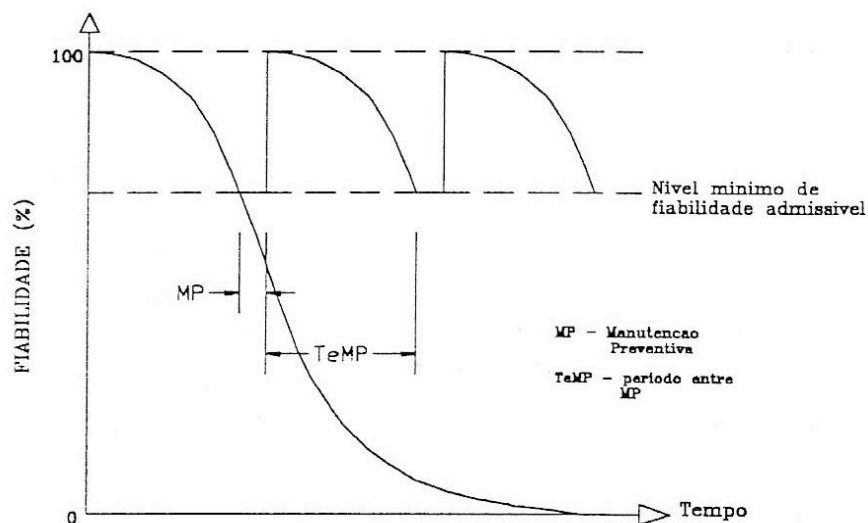
- **Manutenção Correctiva de Emergência (MCE)** – quando as intervenções são realizadas sem serem previamente planeadas. Este tipo de Manutenção diz-se reactiva pois reage ao acontecimento (avaria) após a sua ocorrência;
  
- **Manutenção Correctiva Planeada (MCP)** – devemos distinguir dois tipos:
  - Em funcionamento: embora a grande parte das avarias ocorra de um modo aleatório, estas são esperadas, e os procedimentos para as reparar estão preparados;
  
  - Em paragem: actividade de Manutenção cujo objectivo é corrigir anomalias ou adaptar o equipamento a um determinado modo de funcionamento;

## 4.2. Manutenção Preventiva (MP)

O conceito de Manutenção Preventiva fundamenta-se no estudo da fiabilidade dos equipamentos e seus componentes, e na relação com a probabilidade de avarias devidas ao uso e desgaste dos componentes do equipamento.

A Manutenção Preventiva engloba a definição dos períodos de intervenção preventiva, bem como o tempo entre cada intervenção. Ambos os tempos são constantes, e dependem dos estudos de fiabilidade e probabilidade de falha para cada equipamento.

A figura 4.1 representa a evolução da fiabilidade de um sistema, com o evoluir do tempo.



**Figura 4.1:** Fiabilidade de um sistema reparável

É muito comum actualmente proceder-se à substituição da Manutenção Correctiva pela Manutenção Preventiva, com o principal objectivo de atingir os objectivos propostos por esta, que são:

1. Objectivos Directos:

- Limitar o aparecimento de avarias, diminuindo o tempo de paragem do equipamento, e aumentando a sua disponibilidade;
- Reduzir os custos directos e indirectos da manutenção;
- Reduzir o risco de acidentes graves nos equipamentos, aumentando a segurança das pessoas e instalações.

2. Objectivos Indirectos:

- Racionalizar a utilização dos recursos humanos afectos à Manutenção com a conseqüente redução de custos;
- Melhorar o ambiente de trabalho na fábrica, eliminando a tensão e o stress no trabalho;
- Aumentar a economia de energia evitando o prolongamento de situações de fugas;

#### 4.2.1. Manutenção Sistemática (MS)

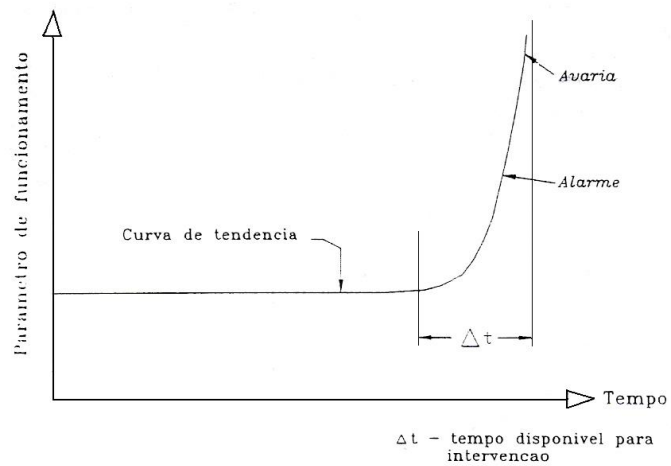
A Manutenção Sistemática é um Tipo de Manutenção Preventiva que é realizada em intervalos de tempo pré definidos ou segundo um número definido de unidades de funcionamento (horas de trabalho, km's percorridos, unidades produzidas, etc.). Este tipo de Manutenção tem como característica a não averiguação do estado do elemento a substituir. Um bom exemplo disto é a substituição de um filtro de óleo num automóvel que se realiza sistematicamente de 10 000 km em 10 000 km sem se averiguar o estado do mesmo.

#### 4.2.2. Manutenção Condicionada (MC)

A Manutenção Condicionada é um tipo de Manutenção Preventiva realizada com o equipamento em funcionamento. De acordo com o acompanhamento da condição do equipamento, a manutenção Condicionada pode classificar-se em:

- Manutenção Condicionada em contínuo: este tipo de controlo é normalmente aplicado em máquinas de grande porte, sendo os parâmetros registados permanentemente, permitindo um acompanhamento contínuo ou em tempo real das condições da máquina;
- Manutenção Condicionada periódica: este tipo de controlo é realizado em períodos fixos, num modo semelhante ao esquema de Manutenção Preventiva. Periodicamente os parâmetros das máquinas são analisados, e quando estes se encontram fora dos limites preestabelecidos, é desencadeada uma intervenção;

Quer o controlo seja efectuado em tempo real, ou com base nas medições realizadas periodicamente, nesta filosofia de Manutenção só há intervenção nos equipamentos quando os parâmetros de funcionamento exibirem a possibilidade de alcançar um nível de alarme, tal como é exibido na figura 4.2.



**Figura 4.2:** Curva de tendência de um parâmetro de funcionamento numa máquina

---

# CAPÍTULO

# 5

# RCM

---

Neste capítulo vai ser abordado uma filosofia de Manutenção que dado o seu principio de funcionamento é bastante interessante e geralmente consegue alcançar os resultados esperados. Estamos a falar de uma forma de Manutenção que não pretende apenas devolver o estado de funcionamento inicial ao equipamento, mas reorganiza-lo e optimiza-lo de forma a que este ganhe capacidade de se manter a operar neste nível de qualidade.

## 5. RCM

Mais recentemente, o papel da Manutenção está a mudar. As alterações devem-se ao aumento da automação, à maior complexidade do equipamento, às novas técnicas de Manutenção e à mudança dos pontos de vista da organização e responsabilidades da Manutenção. A Manutenção também está a responder às novas expectativas, com a nova ênfase colocada na segurança, na protecção ambiental e na qualidade.

Estes novos desafios estão a testar ao limite os conhecimentos e a experiência de todos os ramos da indústria. Os operários da manutenção terão que adoptar novas formas de pensar e actuar. Ao mesmo tempo, as limitações da Manutenção têm-se tornado cada vez mais evidentes, independentemente do facto de a Manutenção estar computadorizada ou não.

Para responder a esta nova situação, a indústria tem procurado um novo método de Manutenção que evite as faltas, paragens e arranques, que são sempre origem de grandes transtornos.

O que tem sido procurado é uma plataforma estratégica que reuna os novos desenvolvimentos num padrão conciso de tal forma que possam ser avaliados e aplicados de um modo mais sensível e coerente às empresas.

É aqui que a Reliability Centred Maintenance (RCM) entra em cena. Quando aplicada correctamente, transforma as relações existentes entre diversas funções, equipamentos e instalações, e as pessoas que operam e mantêm esses bens. A RCM também possibilita a instalação rápida e eficaz de novos equipamentos e instalações com precisão e confiança.

Cada equipamento, sistema ou instalação é posto em funcionamento para desempenhar uma determinada função, portanto, sempre que é sujeito a Manutenção, é com a intenção de que continue a desempenhar as suas funções originais. A Manutenção apenas pode devolver a um determinado equipamento a sua condição inicial. Se um equipamento não pode atingir o nível de desempenho esperado, no início da sua actividade, não vai ser recorrendo à Manutenção que isso se vai conseguir. Em tais casos apenas uma modificação ou correcção ao equipamento pode fazê-lo atingir o desempenho desejado.

A RCM (Reliability Centered Maintenance) reconhece que a Manutenção pode fazer algo mais que devolver a capacidade inicial instalada. A função do equipamento pode ser definida num grande número de formas. Como consequência deste facto, qualquer tentativa para formular ou reestruturar a função da Manutenção deverá começar pelas funções do equipamento e pelos padrões de funcionamento que lhe estão associados no contexto operacional.

Podemos dizer que a RCM é um processo para determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer equipamento continue a realizar a sua função no presente contexto operacional. Focando deste modo a relação entre a empresa e os seus equipamentos, antes de se poder explorar esta relação, é necessário saber em detalhe quais os equipamentos que a empresa possui, e decidir quais os que devem ser submetidos ao processo de revisão RCM.

Depois de criado um registo completo de todos os equipamentos da empresa, a RCM coloca 7 questões fundamentais:

### **1. Funções e Padrões de Desempenho**

A compra de cada um dos equipamentos que constam do registo de equipamentos teve um propósito bem definido. A perda parcial ou total das suas funções afectará de alguma forma a empresa. Este efeito depende de factores como:

- Função do bem no contexto operacional;
- Desempenho desejado para esse bem no contexto operacional.

Como resultado disto a RCM começa pela definição das funções e dos padrões de desempenho associados a cada equipamento no seu contexto operacional. Após a definição do desempenho desejado para cada item, a RCM coloca grande ênfase na necessidade de quantificar, sempre que possível, os padrões de desempenho. Estes padrões visam o *output* do equipamento, a qualidade dos produtos, serviço ao cliente, capacidade, custo de produção, questões ambientais, e segurança.

### **2. Falhas Funcionais**

Depois de definir as funções e o desempenho de cada equipamento, o próximo passo é a identificação do modo como o equipamento falha na realização das suas funções. Isto leva-nos ao conceito de Falhas Funcionais, as quais são definidas como a incapacidade de um equipamento ou componente em atingir os desejados padrões de desempenho.

### **3. Modos de Falha**

O passo seguinte é a tentativa de identificar os Modos de Falha, que são provavelmente as causas das perdas de funções do equipamento. Quando este passo é executado, o que é mais importante é identificar as causas de cada falha, o que assegura que os esforços não são gastos nos sintomas, mas sim na raiz do problema. Simultaneamente, cada Modo Falha deverá ser considerado ao nível mais apropriado, de modo a evitar a perda demasiada de tempo na análise.

### **4. Efeitos das Falhas**

Durante a identificação dos Modos de Falha, os Efeitos das Falhas também, serão registados. Neste passo, é possível avaliar a importância de uma avaria para todo o sistema e deste modo avaliar o nível de manutenção Preventiva necessário.

### **5. Consequências das Falhas**

Neste passo do processo RCM, ir-se-á avaliar como e em quanto cada falha importa. Só com a resposta a esta questão, é possível avaliar se será vantajoso ou não prever as falhas. Se a resposta for positiva dará também a indicação do nível desejado na Manutenção Preventiva. A RCM classifica as consequências das falhas em 4 grupos: - Consequências Escondidas (não têm impacto directo no sistema produtivo); - Consequências Ambientais e de Segurança (colocam em perigo a integridade da pessoas e violam de alguma forma normas ambientais definidas pela comunidade); - Consequências Operacionais (afecta o sistema de

produção); - Consequências não-Operacionais (não afectam a segurança nem a produção).

Se uma falha tem um efeito significativo nalguma destas categorias, é importante tentar preveni-la. Por outro lado, se as consequências não são significativas, então não se justifica o desperdício de recursos na tentativa de prevenir tais falhas. Para este último caso, os serviços de limpeza e de lubrificação serão suficientes.

## **6. Tarefas Preventivas**

A RCM reconhece 2 categorias de tarefas de Manutenção Preventiva:

- Tarefas programadas *on-condition*: a necessidade permanente de prevenir a ocorrência de certos tipos de falhas e a crescente incapacidade das técnicas clássicas em acompanhar a sua evolução estão na origem de novas técnicas de prevenção de avarias. A maioria destas novas técnicas baseia-se no facto de que grande parte das avarias denuncia a sua existência através de determinados sintomas. Estes sintomas são conhecidos como Potenciais Falhas e são definidos como condições físicas reconhecíveis que indicam que um a dada falha funcional está para acontecer no processo actual.

- Tarefas programadas de Restauração e Substituição: a restauração programada envolve a reconstrução e reacondicionamento de um componente ou sistema de um equipamento independentemente da sua condição ou tempo de funcionamento. A substituição envolve a retirada de funcionamento de um equipamento, independentemente da sua condição ou tempo de funcionamento.

Um dos pontos fortes da RCM é o modo simples, preciso e facilmente compreendido de estabelecer critérios de decisão se a aplicação de uma tarefa preventiva é ou não técnica e economicamente viável num determinado contexto.

## **7. Tarefas Comuns por Defeito**

A RCM para além de questionar a viabilidade técnica das tarefas preventivas, também questiona a sua viabilidade económica. A sua resposta depende da forma como essas tarefas lidam com as consequências das falhas que elas tentam prevenir.

Ao pôr esta questão, a RCM combina a avaliação e selecção num único processo de decisão, baseado nos seguintes princípios:

- Uma tarefa com o objectivo de prevenir uma falha de uma função não aparente só é vantajosa se reduzir, até um baixo nível, o risco de ocorrência de múltiplas falhas associadas a essa função;
- Uma tarefa com o objectivo de prevenir as falhas que têm consequências ambientais e de segurança apenas são vantajosas se, através delas, reduzirem o risco de ocorrência deste tipo de falhas.
- Se a falha tem consequências operacionais, uma tarefa de Manutenção Preventiva só é vantajosa se o seu custo total, durante um dado período de tempo, não exceder os custos das consequências operacionais juntamente com os custos de reparação no mesmo período de tempo.

- Se a falha não tem consequências operacionais, a manutenção Preventiva só é vantajosa se o seu custo total durante um dado período de tempo, não exceder os custos das reparações no mesmo período de tempo.

A filosofia RCM tem sido aplicada numa grande variedade de empresas Britânicas e Norte-Americanas nos últimos anos. Quando correctamente aplicada a RCM pode prover os seguintes benefícios às empresas: - Maior segurança e protecção ambiental; - Melhoria do desempenho do sistema produtivo; - Grande redução dos custos de manutenção; - Aumento do tempo de utilização dos equipamentos caros; - Criação de bases de dados de Manutenção; - Grande motivação das pessoas e melhor trabalho em equipa.

A RCM é facilmente ajustada ao desenvolvimento de programas de Manutenção para todo o tipo de equipamentos, em especial equipamentos complexos que disponham de pouca ou nenhuma informação histórica.

---

# CAPÍTULO

# 6

# TPM

---

Neste capítulo vai ser abordado uma filosofia de Manutenção que dado o seu principio de funcionamento é a mais utilizada um pouco por todo o mundo, e que apesar de ter um processo complexo de implementação e coordenação, quando bem executada traduz-se em excelentes resultados. A Manutenção Produtiva Total (TPM) pretende atingir a eficiência máxima do sistema produtivo, maximizar o ciclo total de vida útil dos equipamentos aproveitando todos os recursos existentes na procura da perda nula.

## 6. TPM

### 6.1 ORIGEM

A manutenção produtiva total ou TPM, é o conjunto de actividades onde se mantém o compromisso voltado para o resultado. O seu objectivo é atingir a eficiência máxima do sistema produtivo, maximizar o ciclo total de vida útil dos equipamentos aproveitando todos os recursos existentes na procura da perda nula.

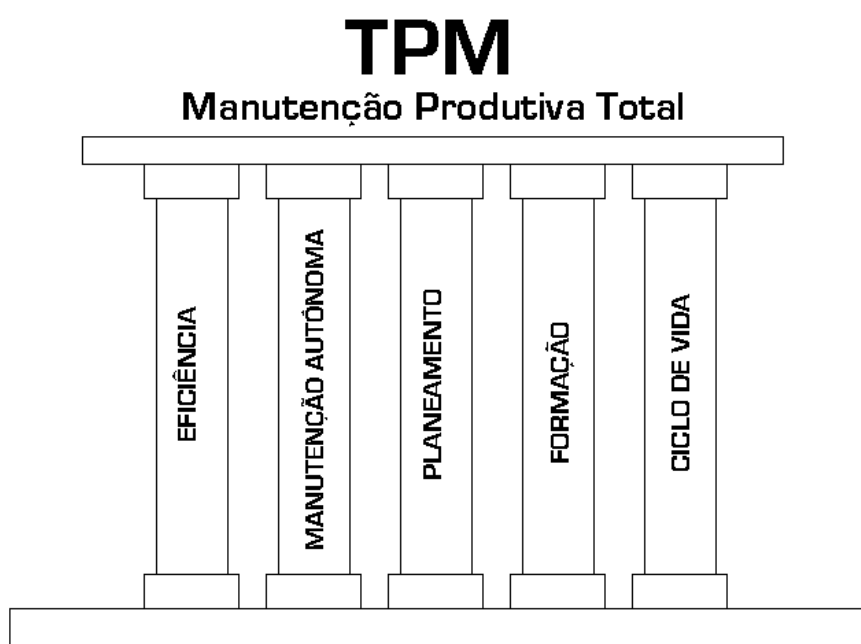
A partir de 1969 [9] a Nippondenso, pertencente ao grupo Toyota e sediada no Japão introduziu a Manutenção Produtiva Total, partindo da Manutenção Produtiva e evoluindo-a a ponto de ganhar a PM AWARD em 1971. Dado o óptimo desempenho obtido por esta empresa, a TPM foi desenvolvida e promovida pela JIPE e posteriormente pela Japan Institute of Plant Maintenance.

A TPM tem por objectivo aumentar a eficiência da instalação e do equipamento. Para tal é utilizada a Manutenção Autónoma, onde os próprios operários desenvolvem rotinas de inspecção, lubrificação e limpeza. Os próprios operadores são instruídos de forma a que eles mesmos detectem as anomalias e resolvam pequenos problemas.

Há várias causas para um eventual insucesso da implementação da TPM, sendo as principais commumente reconhecidas, como a falta de preparação, a metodologia incorrecta e a falta de participação da alta gerência.

Analisando o percurso da TPM desde o seu aparecimento, podemos dividi-la em três fases:

1ª nascimento e desenvolvimento no Japão, onde tinha o seu foco na produção caracterizado pelo ideal da falha zero, assentando em cinco pilares estruturais (Figura 6.1);



*Figura 6.1 – TPM de 1ª geração. Manutenção assente em 5 pilares*



3ª a partir de 1997, que proponha alcançar a satisfação global, juntando o bom desempenho e rendimento à redução de custos, assentando também esta fase em 8 pilares estruturais (Figura 6.2).

Com a utilização desta técnica é possível eliminar as perdas que têm origem na má qualidade ou não conformidade, dos produtos, processos, equipamentos, e até mesmo a nível do atendimento. Para além disso, a sua grande vantagem reside no facto de ser possível obter indicadores de desempenho, produtividade, performance e qualidade, comparando-os com um referencial de excelência (benchmarking).

Na tabela 6.1 podem-se observar os itens associados a cada um dos indicadores de desempenho obtidos através da aplicação da Manutenção produtiva Total.

Tabela 6.1 – Itens associados aos indicadores de desempenho

<b>(Produção)</b>		<b>(Qualidade)</b>	
1.	Produtividade da mão-de-obra	1.	Redução de defeitos no processo
2.	Produtividade do equipamento	2.	Redução de reclamações de clientes
3.	Produtividade com valor agregado	3.	Redução do índice de rejeição
4.	Rendimento da produção	4.	Redução de contra medidas para eliminar os defeitos de qualidade
5.	Índice de operação da instalação	5.	Redução de reaproveitamento
6.	Optimização da mão-de-obra		
<b>(Custo)</b>		<b>(Entrega/Pontualidade)</b>	
1.	Redução de horas de manutenção	1.	Redução de atrasos nas entregas
2.	Redução de custo com manutenção	2.	Redução de inventários e produtos
3.	Redução de custos com itens de consumo	3.	Redução no índice de movimentação
4.	Economia de energia	4.	Redução do stock de peças de substituição
<b>(Segurança, Higiene e Meio Ambiente)</b>		<b>(Moral, Capacidade, Motivação, Comprometimento)</b>	
1.	Redução de paragens por acidente	1.	Aumento de sugestões de melhorias
2.	Redução do número de acidentes	2.	Melhoria na frequência em grupos autónomos
3.	Eliminação das emissões poluentes	3.	Incremento de anomalias detectadas
4.	Optimização nas exigências de protecção ambiental		

A existência destes itens e o conhecimento dos resultados da empresa através do seu reflexo nos indicadores, permitirá aos gestores da Manutenção maximizar a disponibilidade do equipamento para a produção, e maximizar a capacidade produtiva das instalações para obter este desempenho ao menor custo possível.

## 6.2 OBJECTIVO

A TPM é acima de tudo um conceito que começa pela libertação da criatividade normalmente escondida e inexplorada de um grupo de trabalhadores. Estes trabalhadores, normalmente ocupados em tarefas repetitivas têm muito com o que contribuir, tendo a gerência que começar por lhe dar espaço para isso. A ideia é passar a ideia de que mais do que um posto de trabalho, aquele local é também deles, e a máquina ou máquinas com que operam são também de alguma forma propriedade de cada um deles. Isto vai fazer com que eles se empenhem muito mais na limpeza e conservação, bem como na busca de soluções para eventuais problemas que venham a aparecer.

Podemos afirmar que o objectivo da TPM é melhorar a estrutura da empresa, melhorando a qualidade do equipamento e do pessoal. As pessoas devem adquirir novas competências e ter formação em áreas variadas.

Para atingir a eficiência global do equipamento, a TPM visa a eliminação das perdas. Tradicionalmente a identificação das perdas era realizada analisando estatisticamente os resultados da utilização do equipamento, objectivando a determinação de um dado problema e só depois investigando as causas.

A TPM veio revolucionar esta maneira de agir, examinando a produção de “inputs” como causa directa. A TPM é mais proactiva do que reactiva, uma vez que corrige as deficiências do equipamento, do operador, e o conhecimento da gerência em relação ao equipamento.

O objectivo da TPM é eliminar todas as perdas, e tal como as perdas por quebra, perdas por demora na troca de ferramentas e afinação, perda por operação em espera,

perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal, perdas por defeito de produção, e perdas por queda de rendimento, as deficiências de “input” são também consideradas perdas.

As melhorias devem ser conseguidas a partir dos seguintes passos:

- a) Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária;
- b) Capacitar os técnicos de manutenção para serem polivalentes;
- c) Capacitar os engenheiros para projectarem equipamentos que dispensem manutenção;
- d) Incentivar estudos e sugestões para alterar o equipamento existente de forma a melhorar o seu rendimento.

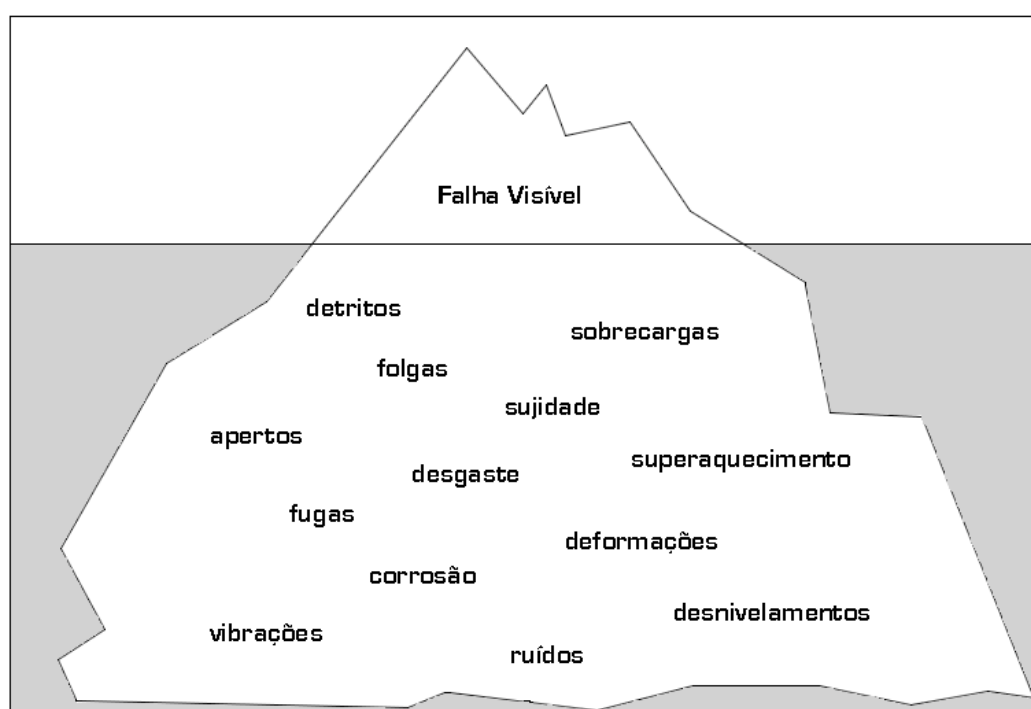
Aplicar o programa dos 8S:

1. Seiri = organização; implica eliminar o supérfluo.
2. Seiton = arrumação; implica identificar e colocar tudo em ordem.
3. Seiso = limpeza; implica limpar sempre e não sujar.
4. Seiketsu = padronização; implica manter a arrumação, limpeza e ordem em tudo.
5. Shitsuki = disciplina; implica a auto-disciplina para fazer tudo espontaneamente.
6. Shido = treinar; implica a busca constante de capacitação pessoal.
7. Seison = eliminar as perdas.
8. Shikaro yaro = realizar com determinação e união.

Aplicar as cinco medidas para obtenção da “falha zero”

1. Estruturação das condições básicas.
2. Respeito pelas condições de uso.
3. Regeneração do envelhecimento.
4. Sanar as falhas de projecto.
5. Incrementar a capacitação técnica.

A falha zero baseia-se no conceito de que a falha é a parte visível do problema. A parte invisível tem origem num conjunto de causas e pode-se comparar a um iceberg (Figura 6.3).



*Figura 6.3 – Iceberg da falha - causas invisíveis que geram uma falha visível*

Assim sendo, se os operadores e os técnicos de manutenção estiverem conscientes de que devem evitar a parte invisível da falha, provavelmente esta nunca vem a ter uma parte visível, ou seja, nunca vem a ocorrer.

### 6.3 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Para a eliminação das 6 grandes perdas do equipamento, implementam-se 8 grandes actividades designadas como os “8 pilares de desenvolvimento da TPM” (figura 6.2), proposto pelo JIPM.

Na sua génese, a TPM contava com 5 pilares estruturais, sendo posteriormente incluídos mais três, e assim ficamos com:

- 1 - melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência;
- 2 - elaboração de uma estrutura de manutenção autónoma do operador;
- 3 - elaboração de uma estrutura de manutenção planeada por parte do departamento de manutenção;
- 4 - formação para melhoria do trabalho do operador e do técnico de manutenção;
- 5 - elaboração de uma estrutura de controlo inicial do equipamento;
- 6 - manutenção com vista a melhorar a qualidade;
- 7 - gestão;
- 8 - segurança, higiene e meio ambiente.

O tempo médio de implementação da TPM é de 3 a 6 meses para a primeira fase (preparação), e de entre 2 a 3 anos para iniciar o estágio de consolidação, desde que seja feita segundo as doze etapas sugeridas pela metodologia do JIPM.

### **1ª etapa - Comunicado por parte da administração sobre a decisão de introduzir a TPM**

A decisão da administração acerca da adopção da TPM deve ser comunicada a todos os funcionários numa reunião geral e posteriormente deve ser divulgada numa circular interna. Desta forma todos os que vão intervir no processo poderão começar a tomar consciência das metas que terão que atingir.

### **2ª etapa - Campanha de divulgação e treino para introdução da TPM**

A TPM pretende aperfeiçoar a empresa aprimorando os equipamentos e as pessoas que nela trabalham. Assim sendo, à medida que se vai divulgando e dando formação aos vários níveis hierárquicos, consegue-se obter uma maior compreensão acerca do assunto, e uma maior motivação, começando até a utilizar-se uma determinada linguagem, aumentando assim a vontade de vencer o desafio proposto pela TPM.

Devem ser utilizados cartazes com slogans motivadores para que toda a empresa incorpore o espírito da mudança, pois não basta a administração optar pela TPM, é preciso que todos os colaboradores percebam do que se trata e desejem alcançar este objectivo que deverá ser comum.

Nesta etapa a formação deve abranger todos os departamentos da empresa, para que todos tomem conhecimento do que é esperado que cada um deles faça.

### **3ª etapa - Estruturação para implementação da TPM**

Nesta etapa, o objectivo é criar uma estrutura matricial para promover a TPM, que junte a estrutura horizontal formada por comissões e equipas de projecto, com a estrutura formal, hierárquica e vertical.

Deve-se constituir uma comissão da TPM onde participem membros de todos os departamentos da empresa. Da mesma forma deve-se criar uma comissão de promoção da TPM em todas as divisões ou filiais, e nomear uma pessoa que será a responsável por todo o programa.

O sucesso ou insucesso da implementação da TPM depende muito deste responsável pelo programa pois ele estará encarregue de promover e orientar reuniões onde todos os executivos e responsáveis de primeira linha da empresa troquem informações e sugiram melhorias no processo de implementação da TPM.

### **4ª etapa - Definição de directrizes básicas e metas para a TPM**

A partir de o momento que uma empresa decide implementar a TPM, esta deve passar a integrar os seus objectivos e a fazer parte dos seus planos a médio e longo prazo.

É importante definir claramente a postura desejada para cada nível hierárquico num horizonte temporal de 3 a 5 anos após a introdução da TPM.

Devem-se propor metas ambiciosas, tais como reduzir o índice de defeitos de 10 para 1, ou aumentar a produtividade em 50%. Além disso é importante a criação de um slogan que eleve a moral de todos os funcionários e seja facilmente entendido tanto pelas pessoas de dentro da empresa como as de fora.

### **5ª etapa - Elaboração de um plano director para implementação da TPM**

Deve ser elaborado um plano de metas que englobe desde os preparativos para a introdução da TPM, até à etapa de avaliação dos resultados. Ao elaborar este plano deve-se ter em mente o propósito a alcançar e a sua avaliação numa base anual.

Inicialmente deve-se elaborar um cronograma contendo as 12 etapas previstas no programa de desenvolvimento do TPM, indicando claramente o que deve ser feito e até quando. Este cronograma geral da empresa é denominado de plano director. Tenso por base este cronograma, cada departamento, secção ou unidade deverá estabelecer o seu próprio cronograma.

Anualmente faz-se uma comparação entre o previsto e o real fazendo-se assim uma avaliação do progresso e fazem-se alguns ajustes caso sejam necessário.

Para que seja possível aprimorar as pessoas e os equipamentos é necessário que haja tempo para que estes resultados surjam, sendo este o principal objectivo do plano director.

### **6ª etapa - Início do programa TPM**

Findada a fase preparatório, é o momento de iniciar a implementação do programa. É agora o momento de eliminar as seis grandes perdas dos equipamentos, procurando que cada funcionário da empresa compreenda as directrizes da administração, elevando desta forma a moral de todos, desafiando as condições actuais e atingindo as metas visadas.

Para marcar a data de início do programa e o fim de período de treino em que todos os funcionários já foram elucidados do que se está a planear, deve-se organizar uma

cerimónia onde estejam presentes todos os funcionários, clientes, empresas coligadas e empresas fornecedoras, a fim de reafirmar a decisão da administração em implementar a TPM, explicar o procedimento de promoção da TPM bem como as suas directrizes básicas, as suas metas, o plano directos e outros aspectos. Durante a cerimónia é feita por um dos funcionários uma declaração solene de aceitação do desafio a que toda a empresa se está a propor.

### **7ª etapa - Melhoria individualizada nos equipamentos para melhor rendimento operacional**

Em cada um dos departamentos deve ser escolhido um equipamento piloto e definida uma equipa de projecto de forma a efectuar melhorias individualizadas destinadas a aumentar o rendimento do equipamento e reforçar os efeitos positivos da TPM.

O equipamento deve ser escolhido segundo a sua criticidade, ou onde estejam a ocorrer perdas crónicas ao longo de pelo menos 3 meses, para dessa forma, se poder obter um termo de comparação entre os resultados do antes e do depois.

### **8ª etapa - Estruturação para a Manutenção Autónoma**

Nesta etapa é definida a atitude com que cada operador cuida do equipamento com que trabalha. A ideia é que cada operador trate da manutenção básica do seu posto de trabalho. Para isto ele deve receber formação apropriada e deve perceber que o equipamento não é apenas uma máquina da empresa, mas sim algo seu.

Numa primeira fase o operador deve começar por efectuar a limpeza do próprio posto de trabalho e identificar zonas de possíveis defeitos. Em seguida ele deverá

elaborar acções contra focus geradores de problemas e proceder à melhoria do acesso a pontos difíceis de alcançar. Desta forma vai ser possível começar a encurtar os tempos de limpeza e lubrificação. Depois de o operador ter estas rotinas bem definidas e as integrar no seu procedimento normal de trabalho deve-se começar o treino das técnicas específicas de inspecção (por exemplo: ajustes de parafusos porcas ou batentes), fazendo com que o próprio operador execute pequenas afinações durante a inspecção que faz, eliminando assim pequenos defeitos de funcionamento, permitindo ao equipamento alcançar o estado de funcionamento para que foram concebidos.

### **9ª etapa - Estruturação da manutenção programada pelo departamento de manutenção**

Nesta etapa, a produção e a manutenção complementam-se, ficando a manutenção autónoma a cargo da produção, e o planeamento e condução dos trabalhos a cargo da manutenção.

Isto liberta o departamento de manutenção para iniciar uma nova fase de trabalho que passa pela incorporação de melhorias nos equipamentos e no sistema de produção.

### **10ª etapa - Treino para melhoria do nível de capacitação da operação e da manutenção**

Nesta etapa a empresa deve investir na formação técnica dos seus colaboradores. Esta formação passa por aulas teórico-práticas onde todos os colaboradores devem apreender habilidades e complementar os seus conhecimentos de forma a facilitar e otimizar a sua contribuição para o todo da TPM.

### **11ª etapa - Estruturação do controlo da fase inicial de operação dos equipamentos**

Esta etapa está especialmente orientada para os engenheiros da empresa, tanto no que se refere aos processos, como no que se refere à idealização ou construção de equipamento, trabalhando para alcançar o máximo rendimento operacional.

É nesta fase que se faz o levantamento das inconveniências e as imperfeições, e se efectiva a incorporação de melhorias no parque de máquinas. Mesmo nas máquinas novas se deve analisar a possibilidade de melhorar o seu desempenho no contexto real e muito próprio do sistema produtivo da empresa, tendo sempre como objectivo final conquistar a falha zero.

### **12ª etapa - Execução total da TPM e elevação do nível geral**

Esta é a última etapa e é aqui que se faz a consolidação da TPM incrementando o nível geral da sua performance. Ao chegar a este patamar a empresa estará assim habilitada a candidatar-se ao prémio PM de Excelência em Manutenção concedido pelo JIPM.

---

CAPÍTULO

7

GMAC

---

Neste capítulo vai ser abordado uma forma de gestão da Manutenção, recorrendo a sistemas informáticos. Dado o volume de informação resultante da aplicação de uma qualquer forma de Manutenção das apresentadas anteriormente, não é lucrativo investir numa equipa de gestores muito extensa, mas sim numa pequena equipa de gestores auxiliados por ferramentas informáticas

## 7. GMAC

Hoje em dia a melhor forma de reduzir custos com a Manutenção, conseguindo ao mesmo tempo aumentar a eficácia da mesma é o recurso ao uso de sistemas informáticos.

O volume de informação a tratar é tal, especialmente na Manutenção planeada, que é quase intuitiva a necessidade de recorrer ao apoio informático. A adopção de um sistema de Gestão da Manutenção Assistido por Computador (GMAC), provoca a implementação de novos procedimentos e circuitos, pelo que sempre que possível é de todo favorável a estruturação deste sistema aquando da reorganização ou implementação do sistema de Manutenção.

O sistema de GMAC deverá emitir as intervenções de Manutenção Preventiva Sistemática (MPS), provenientes do planeamento definido no arranque da instalação, que entretanto deverá ser actualizado ao longo do tempo conforme a informação que se vai retirando do processo. Complementarmente, o GMAC assinalará os pedidos de carácter correctivo, sejam eles planeados ou não, que vão sendo solicitados pelos serviços utilizadores da Manutenção.

Para isto ser possível, existe a necessidade de prever uma determinada quantidade de horas-homem para intervenções planeadas a médio prazo e para rotinas periódicas (MPS), ficando a parte restante disponível para as intervenções de emergência.

O planeamento deverá ir sendo actualizado, quer seja através da informação que se vai colhendo, fruto da experiência, quer de informações complementares provenientes do estado de funcionamento dos equipamentos. Desta forma os

programas de manutenção vão sendo progressivamente actualizados tornando o planeamento, um processo dinâmico.

## 7.1. Principais Vantagens

- **Maior produtividade da Manutenção** – que é uma consequência directa da melhor utilização dos recursos disponíveis;
- **Reduções dos tempos de imobilização** – estes sistemas informáticos reduzem fortemente o número de avarias imprevistas, apoiando a Manutenção Planeada;
- **Redução dos custos de Manutenção** – conhecendo mais rápida e rigorosamente todos os factores de custo, é possível tomar decisões mais correctas em tempo oportuno;
- **Aumento do ciclo de vida dos equipamentos** – que é uma consequência directa da Manutenção Planeada;
- **Redução dos tempos de espera** – que é uma consequência directa de uma melhor organização dos recursos da Manutenção. Existindo informação actualizada reduz-se o tempo de procura de materiais, peças e ferramentas;
- **Menor perturbação na produção** – com um sistema melhor organizado e estruturado, há uma maior facilidade de articular o Plano de Manutenção e o Plano de Produção;

- **Maior eficácia na gestão da Manutenção** – uma decisão tomada, apoiada em informação técnica actualizada, traduz-se numa decisão mais correcta e consequentemente mais eficiente;
- **Melhor organização da Manutenção** – para além de todos os factores já referidos, isto acontece devido á necessidade de acerto de algumas incorrecções, insuficiências, desajustes ou redundâncias existentes na estrutura da Manutenção aquando da implementação do sistema GMAC;

## 7.2. GMAC e as PME's

As pequenas e médias empresas, por definição, são organizações de dimensões reduzidas, que empregam entre 10 a 250 trabalhadores, podendo ser no seu caso menos complexo, uma pequena organização com uma gestão da manutenção relativamente simples, mas também pode ter uma estrutura que torne impossível a realização otimizada dessa gestão. É portanto evidente que existe a necessidade de implementar um sistema GMAC neste tipo de empresas.

Numa organização desta dimensão será interessante possuir um sistema que permita fazer o registo de todos os elementos passíveis de sofrer manutenção, ter uma lista detalhada de todos os seus componentes, bem como de todos os seus consumíveis, ter a possibilidade de organizar um plano de manutenção detalhado, e complementado com descrições de serviços e operações para cada objecto registado, bem como de receber pedidos de serviço que ocorram de forma não programada. O programa deverá possibilitar a emissão de Ordens de Trabalho, e gerar relatórios de serviço, bem como guardar um histórico de todas as ocorrências e todos os serviços efectuados. O software deverá ainda fazer uma gestão de stock de peças, identificar os elementos rotáveis e definir um intervalo de quantidades recomendado de aprovisionamento, tendo em conta a probabilidade de avaria, os trabalhos programados, e o histórico da manutenção. O programa deverá ainda ter disponível a possibilidade de gerar relatórios de custos e serviços efectuados, filtrando por funcionário, equipamento, ou periodicidade de serviço.

---

# CAPÍTULO

# 8

# WATCHER

---

Neste capítulo vai ser descrita a motivação de criação de um software de organização e gestão da Manutenção. Vai ser apresentada a estrutura de funcionamento e definidas as relações necessárias entre os vários módulos, de forma a que o programa seja capaz de alcançar o objectivo proposto.

## 8. WATCHER

Actualmente podemos encontrar no mercado várias opções de software para tentar dar resposta às necessidades das PME's, no entanto estes programas são em regra geral bastante complexos e possuem muitas ferramentas que não se aplicam numa PME. Desta forma as empresas têm de pagar licenças caras, de onde não obtém o retorno justo face ao investimento efectuado. Dada a sua complexidade, este tipo de programas tem normalmente um processo de aprendizagem bastante lento, e exige formação específica para obter resultados, o que acaba por se traduzir em mais custos para as empresas.

Surge então naturalmente a necessidade de um software que seja capaz de dar resposta às necessidades de cada empresa, combinado com uma facilidade de utilização que permita intuitivamente a qualquer pessoa da área da manutenção, obter os resultados esperados.

Nasce desta necessidade a ideia de criar um programa completamente personalizável, e que ofereça a flexibilidade de ser utilizado desde o terminal de serviço do mecânico até ao computador do engenheiro responsável e da administração da empresa. Assim sendo, e porque no panorama empresarial actual o escritório deixou de ser fixo para passar a ser móvel, seria também interessante, dotar este programa da capacidade de poder ser acedido através da internet a partir de qualquer local.

A plataforma que parece ser a mais adequada para o software que está em estudo será o PHP que é uma linguagem de programação livre e muito utilizada para gerar conteúdos dinâmicos. O PHP é uma poderosa linguagem orientada a objectos. Tem a

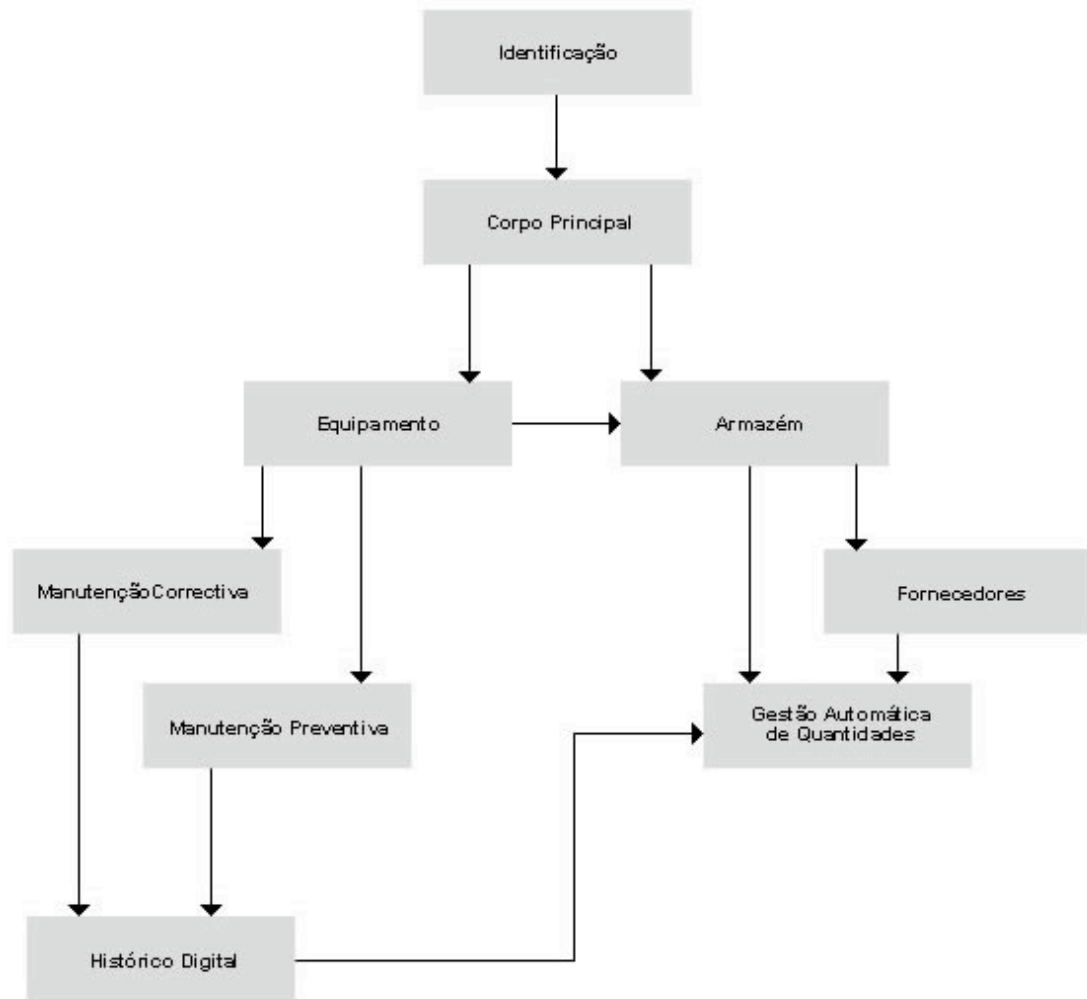
capacidade de funcionar em qualquer sistema operativo uma vez que utiliza o navegador da internet para funcionar. Interage com a maioria das bases de dados existentes e não exige um computador com grande capacidade de processamento, uma vez que tudo funciona do lado do servidor, pelo que é garantido que vai funcionar em qualquer computador com acesso à internet, ou à rede interna da empresa.

## 8.1. Estrutura

O programa deverá ter uma estrutura modular como foi descrito anteriormente, sendo que se divide em 3 blocos principais. O primeiro é constituído pela identificação e pelo corpo principal do programa que se divide em dois módulos, o de Equipamento e o do Armazém. O segundo bloco é constituído pelos vários sub-módulos dependentes dos módulos anteriores (Equipamento e Armazém), e que têm a capacidade de comunicar entre si. O terceiro bloco é o módulo referente ao Histórico Digital que obtém informação do módulo de Manutenção e comunica com o sub-módulo Gestão Autónoma de Quantidades. É apresentado na figura 8.1 um esquema da estrutura base do software.

Será sempre possível adicionar mais módulos ao programa, conforme a necessidade da empresa. Um exemplo que poderá ser interessante será um módulo de Gestão de Frota, sendo que este pode não ser necessário para todas as empresas, mas que é facilmente integrado no departamento de Manutenção.

Com esta elasticidade, é bastante fácil dar resposta à necessidade real de cada empresa em questão, fazendo com que estas poupem dinheiro e obtenham um produto à medida das suas necessidades e principalmente do seu orçamento.



*Figura 8.1: Estutura base*

## 8.2. Funcionamento

Tal como foi já referido, uma das ideias base deste software é que ele seja tanto intuitivo quanto possível e que tenha um tempo de adaptação e aprendizagem de funcionamento extremamente reduzido. Para isso segue-se a ideia “keep it simple”, mostrando claramente ao utilizador as opções que dispõe para realizar a tarefa desejada, utilizando botões de comando bem definidos e com designações claras e inequívocas.

### 8.2.1. Identificação

Este será o primeiro ecrã com que o utilizador tem contacto ao aceder ao software. O utilizador deverá proceder à sua identificação seleccionando a empresa a que pertence, indicando o seu nome, numero de identificação e senha de acesso. Surge aqui o campo designado por empresa, pois o software poderá ser adquirido por um grupo económico que englobe mais que uma empresa, mas que pretenda ter o software alojado no seu servidor principal e disponibilizar este serviço a todas as empresas. No caso de ser aplicado apenas a uma empresa, este campo estará automaticamente preenchido. Neste ecrã pode ainda ser consultada a hora e data do servidor. É apresentada uma imagem exemplificativa do ecrã em questão na figura 8.2.

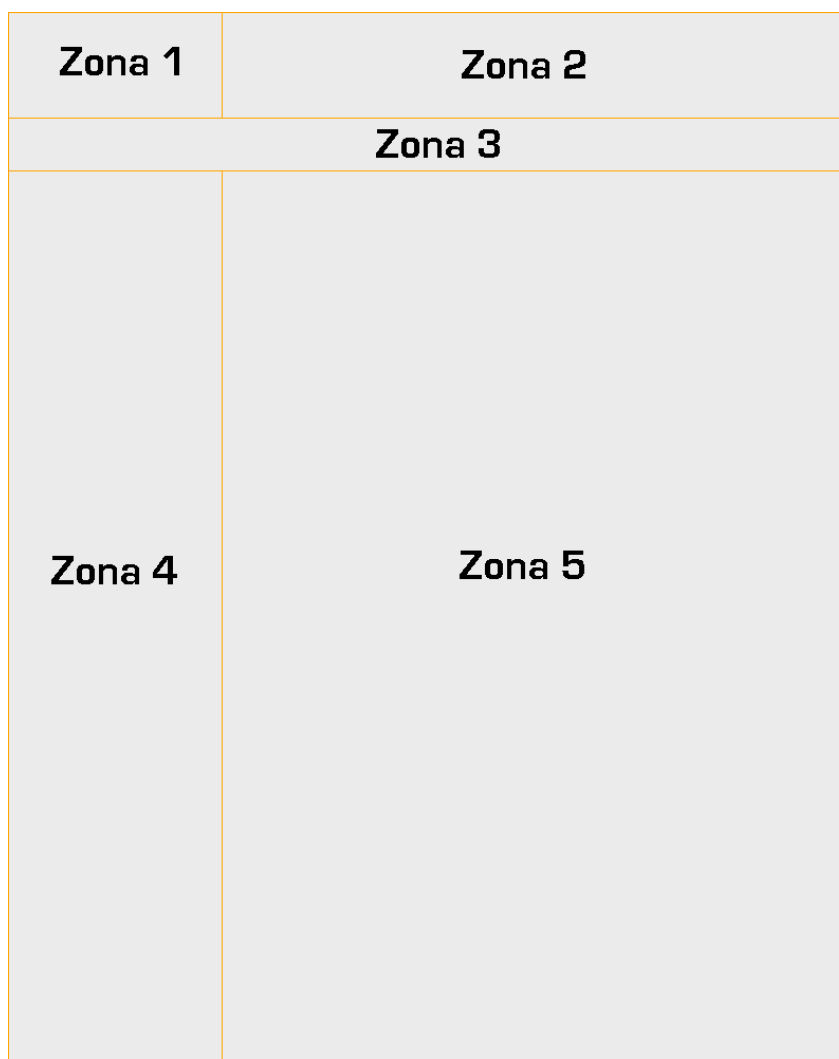
**Figura 8.2:** *Identificação do utilizador*

Ao clicar no botão “ENTRAR”, caso o utilizador tenha acesso e tenha introduzido correctamente a informação em todos os campos, para para o ecrã de inicio, caso contrário todos os campos ficam limpos e deve introduzir a informação novamente. Após três tentativas sem sucesso, o botão “ENTRAR” desaparece, e o utilizador fica bloqueado sendo necessário o administrador do software dar permissão para que este volte a entrar.

### 8.2.2. Corpo principal

Depois de identificado o utilizador temos duas hipóteses de apresentação do ecrã inicial, sendo que a principal diferença entre elas é o menu de administração do software que apenas fica disponível para quem esteja registado como administrador. As figuras 8.4 e 8.5 mostram uma apresentação exemplificativa do ecrã de utilizador e de administrador respectivamente.

A janela do programa está perfeitamente dividida por zonas, tal como indicado na figura 8.3.



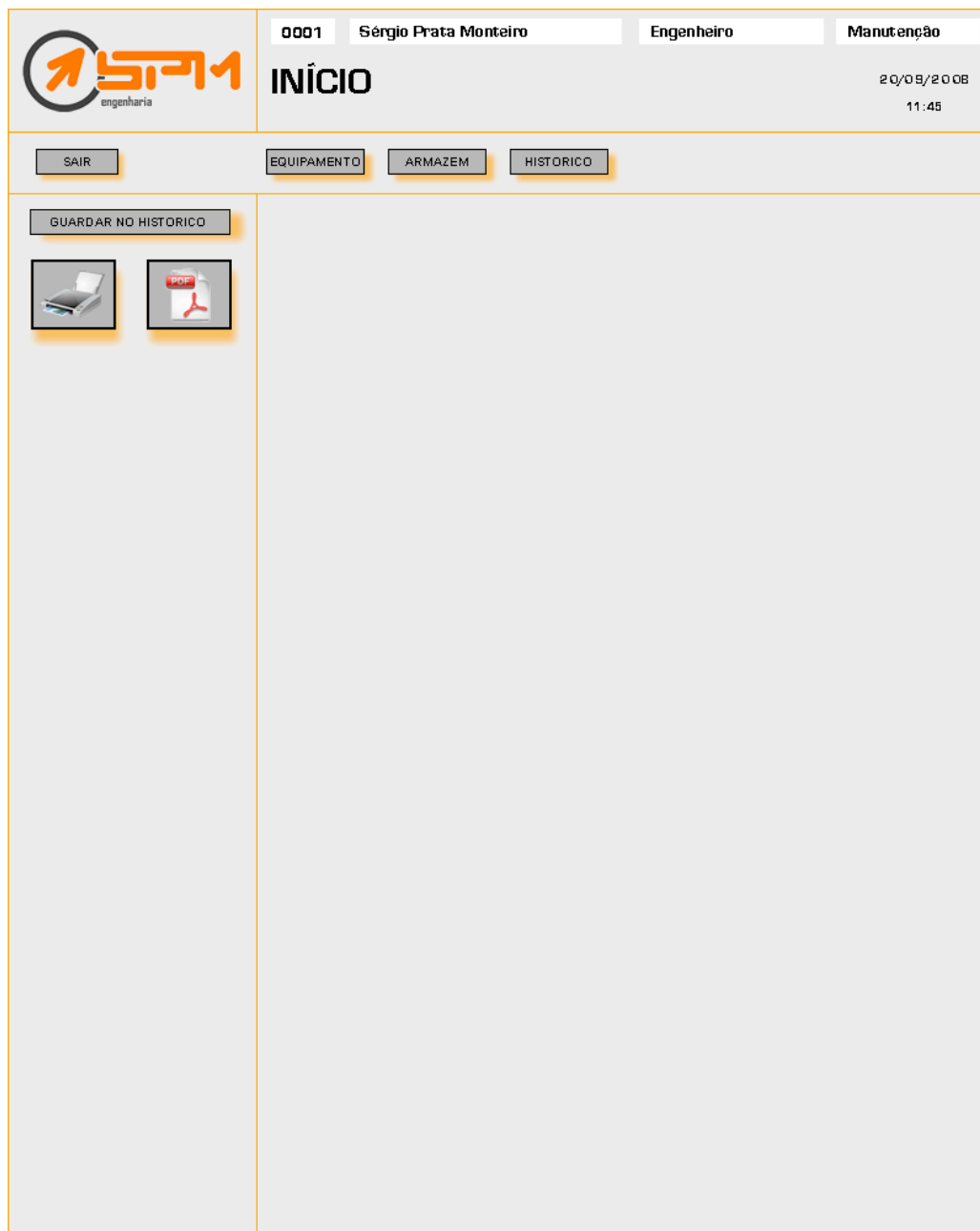
*Figura 8.3: Divisão da janela de trabalho por zonas*

Na zona 1 temos a identificação da empresa através do seu logotipo. No caso de esta não possuir um logotipo, esta será identificada através de texto.

Na zona 2 temos disponíveis várias informações. Na parte superior temos a identificação do utilizador, através do seu numero de identificação, nome, cargo e departamento a que pertence. Em seguida em letras maiúsculas, é identificada a parte do programa em que nos encontramos, e logo por baixo, em letras mais pequenas é apresentado o percurso percorrido até à localização actual. Do lado direito é apresentada a data e hora do servidor.

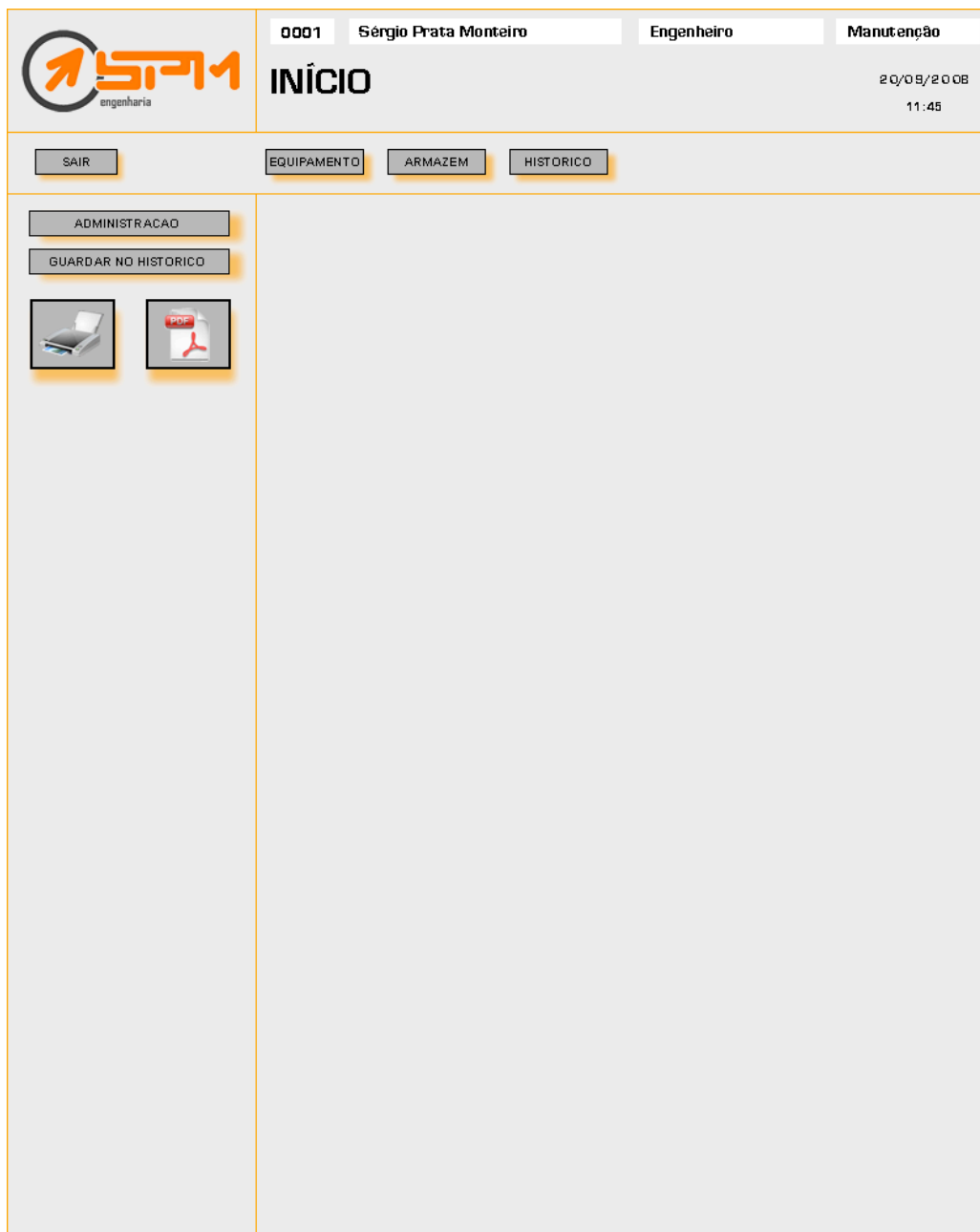
A zona 3 é onde figuram os botões de comando principais que são apresentados em todas as partes do programa. Esta zona será dinâmica e terá tantos botões de comando quantos módulos forem adicionados ao programa.

A zona 4 será onde figuram os botões de comando específicos de cada módulo. Esta será também uma zona dinâmica ajustando-se automaticamente à parte do programa em que se esteja a trabalhar. Apresenta constantemente 3 opções para os utilizadores (figura 8.4) e 4 para os administradores (figura 8.5). Para os utilizadores as opções são “GUARDAR NO HISTORICO” que faz uma cópia do ecrã actual e guarda-a no histórico digital, “Imprimir” representado graficamente por uma impressora, que envia a página actual para uma impressora de forma a que esta fique em suporte de papel, “Guardar como pdf” representado graficamente pelo ícone característico de um documento em pdf, que guarda uma cópia da página actual, no formato pdf, numa localização a definir pelo utilizador.



*Figura 8.4: Utilizador*

Para os administradores as 3 opções anteriores são iguais, sendo que estes têm ainda disponível uma 4ª opção “ADMINISTRAÇÃO”, onde poderão adicionar ou remover utilizadores, bloquear e desbloquear utilizadores, definir graus de permissão que terão repercussões directas nos conteúdos a que cada utilizador poderá aceder.



*Figura 8.5: Administrador*

A zona 5 será a janela onde vai aparecer a informação que pretendemos consultar e os formulários que pretendemos preencher para executar as tarefas. Podemos dizer que esta será a área de trabalho do programa.

### 8.2.3. Equipamento

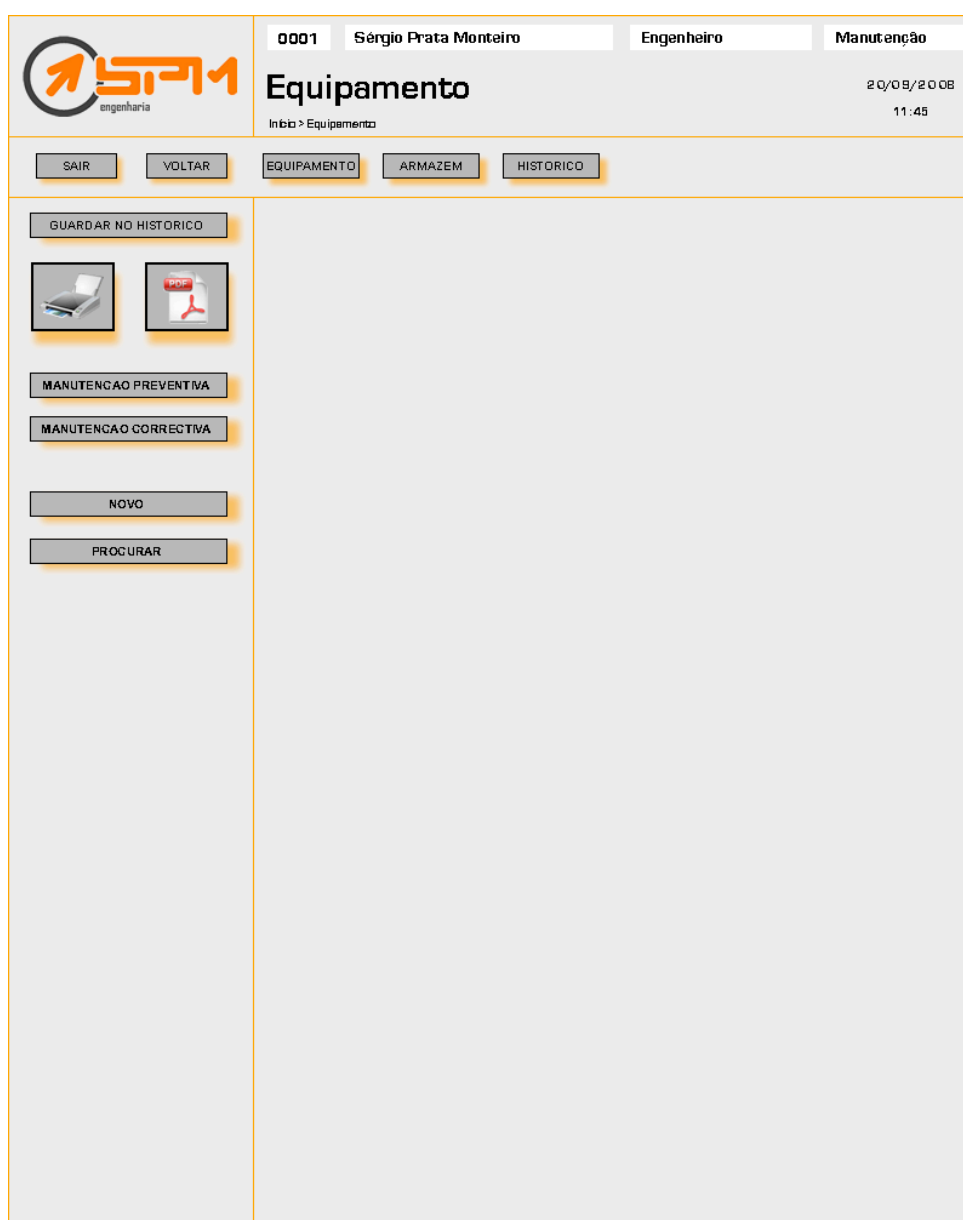
Este é o módulo que faz o registo e a identificação do equipamento de que a empresa dispõe, apresentando-se como um elemento fixo do software pois na base de funcionamento da gestão e organização da manutenção, está o registo dos equipamentos disponíveis e suas características.

Na zona 4 aparecem agora as opções deste módulo, sendo que podem ser configuradas em função do tipo de organização, as hipóteses padrão é o registo de novo equipamento “NOVO”, a pesquisa por equipamento “PROCURAR”, sendo que será possível pesquisar por tipo ou por código definindo o grupo funcional onde ele está inserido. Será ainda possível pesquisar em todos os grupos funcionais. Estão ainda disponíveis dois botões “MANUTENCAO PREVENTIVA” e “MANUTENCAO CORRECTIVA”, que vão ter funções diferentes dependendo da parte do módulo onde o utilizador se encontrar. Se estivermos na primeira página do módulo equipamento, no primeiro botão são apresentados os modelos dos vários documentos afectos à manutenção preventiva os trabalhos agendados, o plano de manutenção preventiva e a descrição dos serviços, com opção para serem alterados, e no segundo são apresentados os modelos de documentos afectos à manutenção correctiva. Se estivermos a consultar um determinado objecto de um equipamento, no primeiro botão temos disponível o plano de manutenção desse objecto específico, as descrições dos serviços a efectuar em cada intervenção, tendo hipótese de emitir qualquer um dos documentos afectos ao serviço (Ordens de Trabalho, Relatórios de Serviço, etc.), onde ficam automaticamente preenchidos os campos relativos à identificação do objecto, do utilizador, data e hora, e a hipótese de alterar o plano de manutenção e a descrição de operações desse objecto. No segundo botão estão

disponíveis as várias opções de documentos (Pedido de Serviço, Ordem de Trabalho, etc.) com os campos referidos anteriormente automaticamente preenchidos.

Sempre que se esteja a consultar um determinado objecto aparecem os botões de comando “ALTERAR” que permite editar as informações do objecto, e “ELIMINAR” que permite apagar o objecto em questão.

A figura 8.6 exemplifica a apresentação base deste módulo.



**Figura 8.6:** Apresentação base do módulo Equipamento

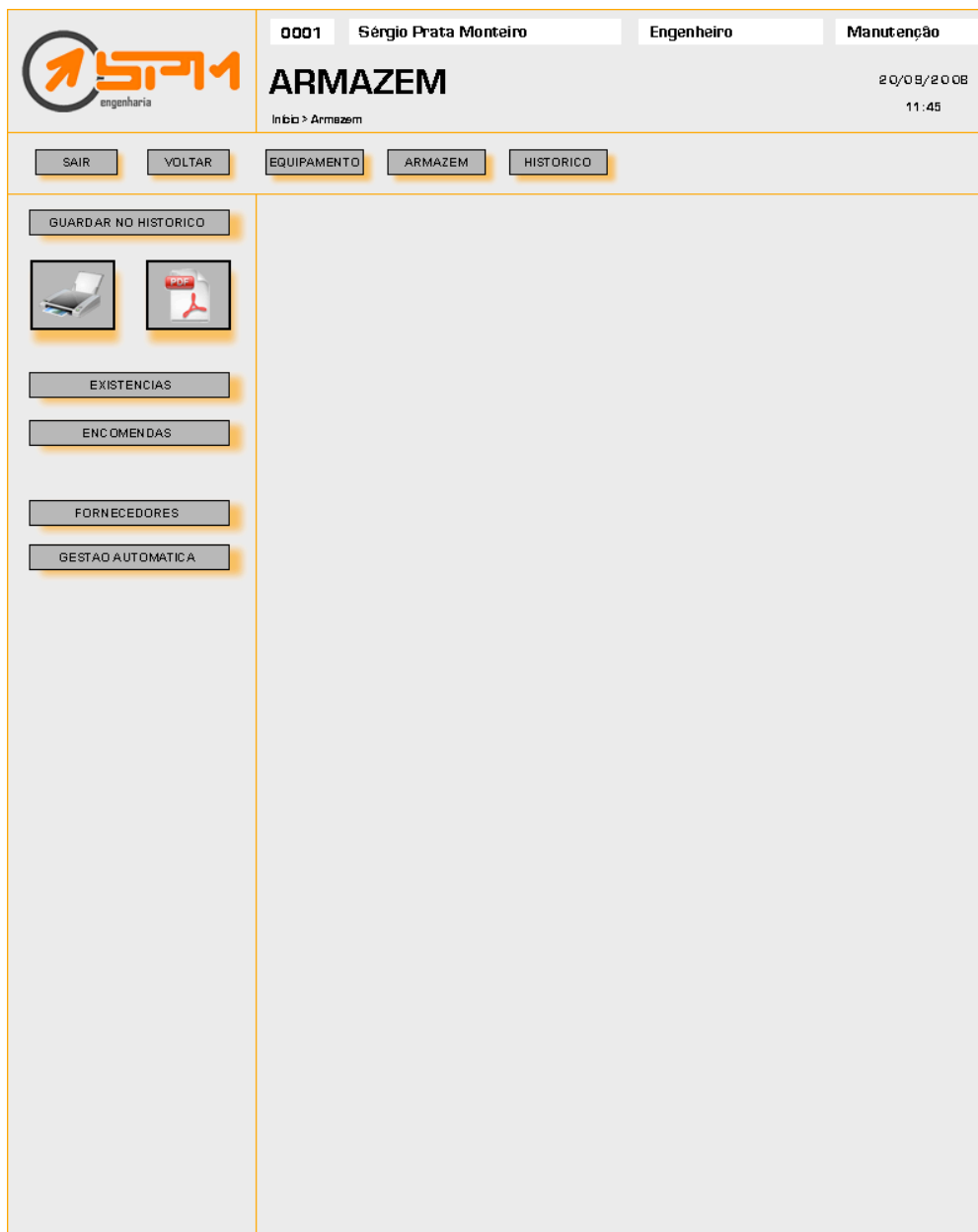
#### 8.2.4. Armazém

Este é o módulo que faz o controlo do stock de componentes e consumíveis da empresa, afectos à manutenção. Comunica com o módulo equipamento de forma a que seja criado na sua estrutura o registo de novo equipamento sempre que este seja adicionado no módulo equipamento “EXISTENCIAS”.

Temos o botão de controlo da gestão das encomendas “ENCOMENDAS”. Aqui podemos consultar as encomendas pendentes, as encomendas em processo e podemos ainda efectuar uma nova encomenda.

Como opção temos os sub-módulos “FORNECEDORES” e “GESTAO AUTOMATICA”. O primeiro permite gerir os fornecedores, criando a ficha completa de cada um, permitindo associar os fornecedores às peças de cada objecto, simplificando desta forma o processo de encomenda. Permite também associar preços e tempos de entrega a cada peça, dependendo do fornecedor. O segundo apresenta graficamente as quantidades existentes e define valores mínimos e valores padrão, os quais ao serem atingidos geram uma mensagem de alerta e dão a possibilidade de gerar automaticamente uma nota de encomenda para o fornecedor associado à peça em questão. Estes valores podem ser calculados pelo próprio programa em função da criticidade da peça em questão, e do histórico da empresa, ou podem ser fixados manualmente pelo utilizador.

A figura 8.7 exemplifica a apresentação base deste módulo.



*Figura 8.7: Apresentação base do módulo Armazém*

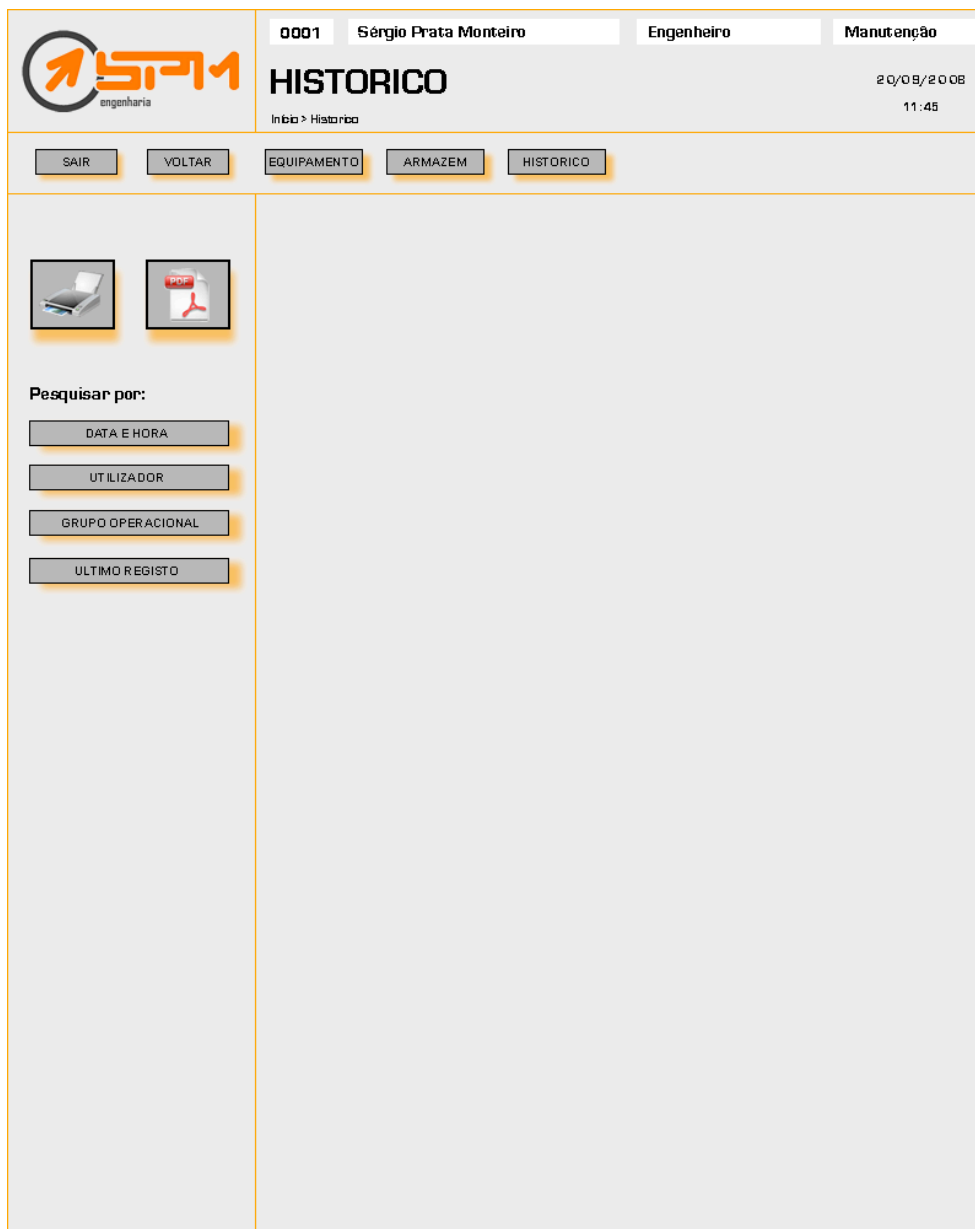
### 8.2.5. Histórico Digital

O histórico digital apresenta-se como o arquivo que permite a qualquer momento visualizar o que se passou com qualquer equipamento que tenha sido sujeito a uma intervenção. Funciona também como base de dados para aquisição de elementos para elaborar relatórios de actividade e de desempenho da instalação.

É através do histórico que se torna possível efectuar a gestão automática de stock, analisando os serviços efectuados permite fazer uma previsão da ocorrência de determinada falha, e assim antecipar a encomenda do material necessário.

Na página do histórico temos a possibilidade de pesquisar a informação guardada, filtrando-a por data e hora, utilizador, grupo operacional e ultimo registo.

A figura 8.8 exemplifica a apresentação base deste módulo.



*Figura 8.8: Apresentação base do módulo Histórico*

---

# CAPÍTULO

# 9

# Conclusão

---

Neste capítulo vai ser encerrada esta parte do trabalho, fazendo a ligação entre o estudo realizado e a meta definida, de forma a fazer um ponto da situação e definir orientações de trabalho futuro.

## 9. Conclusão

Tal como foi focado ao longo de todo o trabalho, a Manutenção ocupa uma posição estrutural e estratégica de qualquer empresa que pretenda vingar no agressivo mercado da actualidade.

Enquadrando-se completamente no parágrafo anterior, uma PME, depende em muito de um bom plano de Manutenção, e de técnicas adequadas, para que esta se consiga manter a laborar pelos maiores períodos de tempo possíveis. Tendo como principal objectivo a produção contínua, todas as verificações, ou trabalhos a efectuar que não surjam de forma aleatória e inesperada, devem ser feitos nos tempos de paragem programados e nunca para além destes, uma vez que iriam estar a interferir com toda a estruturação e planeamento da produção.

Tal como em qualquer sistema avançado de Manutenção, não se pode pensar apenas segundo uma filosofia de Manutenção, mas sim tentar encontrar um ponto de equilíbrio entre os vários princípios, e criar um modelo que se adapte à instalação em questão. Este novo modelo assim criado deve estar em constante mutação, e ir evoluindo juntamente com a instalação, para que cada vez mais, o modelo de Manutenção desenvolvido, seja o reflexo do funcionamento da unidade.

Para o este modelo funcionar, é vital ter um parque perfeitamente organizado, e com estruturas bem definidas, para que, ao ocorrer uma falha, ela seja rapidamente detectada, reportada e principalmente reparada, não havendo lugar para erros ou lapsos ao requisitar o material de substituição, ou ao efectuar a intervenção.

A gestão computadorizada da Manutenção, é hoje uma necessidade, pois com o volume de informação a tratar, tornava-se extremamente difícil conseguir atingir os resultados esperados da Manutenção com uma equipa de trabalho, reduzida ao ponto de ser economicamente viável. Encontra-se hoje em dia num computador, um aliado poderoso, que facilita em muito o trabalho da gestão e organização da Manutenção, bem como no acompanhamento da evolução da unidade.

Com esta necessidade, surgiu o que se pode chamar a segunda parte do trabalho, que foi a estruturação de um programa capaz de dar apoio à organização e gestão da Manutenção numa unidade industrial. Este programa pretende integrar a gestão de stocks com as necessidades reais da manutenção, definindo para isto um ponto óptimo de funcionamento, tendo em atenção as peças disponíveis, a frequência da sua utilização, bem como os tempos de entrega.

Fica assim desenvolvida a estrutura e idealizado o modo de funcionamento, para a partir daqui se iniciar o desenvolvimento da aplicação.

## Referência Bibliográficas

- [1] CAMARGO, C. A. Oliveira *et al.*, ***Estratégia de manutenção baseada no cálculo da confiabilidade sistêmica de uma linha de produção***, Revista Produção, Vol.15, Nº1, Jan./Abr. 2005.
- [2] DIAS, J. A. Mendonça, PEREIRA, Z. Lopes, LEITÃO, A. L. Ferreira, ***A gestão da manutenção industrial pela fiabilidade***, Actas do I Encontro Nacional de Engenharia industrial, Lisboa, 1997.
- [3] DIAS, Acires, ***Confiabilidade na manutenção industrial***, II Encontro de Manutenção, São João Del Rei, 2001.
- [4] SELLITTO, M. Afonso, ***Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos***, Revista Produção, Vol.15, Nº1, Jan./Abr. 2005.
- [5] BARCELOS, H. Barros, SAVELLI, J. Camilo, ***Índices de manutenção: uma ferramenta de gerência motivando os homens***, 17º ENEGEP, 1997.
- [6] SELLITTO, M. Afonso, BORCHARDT, Miriam, ARAÚJO, D. R. Campo, ***Manutenção centrada em confiabilidade: aplicando uma abordagem quantitativa***, 22º ENEGEP, 2002.
- [7] COSTA, H. L. Alves, PEIXOTO, J. A. Assunção, DIAS, L. M. Motta, ***Medir e avaliar desempenho no processo de gestão da manutenção industrial: um estudo de caso***, 26º ENEGEP, 2006.

- [8] GONÇALVESE, A. Jamal, MANTOVANI, J. Luís, **Sistema de manutenção para redução de custos de produção**, Nº1 Revista de Administração Nova Odessa, 2004.
- [9] YAMAGUCHI, C. Toshio, **TPM – Manutenção Produtiva Total**, Monografia, icap del-rei, 2005.
- [10] DAVID, Tiago, **Estratégias de manutenção**, Nº51 Tecnologia & Qualidade, ISQ, Jan./Mar. 2005.
- [11] CABRAL, J. P. Saraiva, **Organização e Gestão da Manutenção**, Quinta Edição, Lidel – Edições Técnicas Lda, Outubro 2006
- [12] ASSIS, Rui, **Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção**, Lidel – Edições Técnicas Lda, Maio 2004
- [13] PINTO, João, **Curso organização e Gestão da Manutenção**, CENERTEC. Junho 1996
- [14] NOBRE, M. J. Palma, **Manutenção e Performance Industrial**, 3ª Jornadas de Produção da UBI
- [15] SILVA C. M. Inácio, CABRITA C. M. Pereira, **Organização e Gestão de Manutenção Pró-Activa: Apresentação de Caso Prático**, Revista Kéramica da Associação Portuguesa da Indústria da Cerâmica, nº 285, Julho-Agosto de 2007
- [16] SILVA C. M. Inácio, CABRITA C. M. Pereira, **Manutenção Centrada na Fiabilidade. Um Caso na Indústria Alimentar Portuguesa**, Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão, Julho-Setembro de 2006, nº 3, Volume 5
- [17] SILVA C. M. Inácio, CABRITA C. M. Pereira, **Organização e Gestão da Manutenção Industrial**, Mestrado em Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial, 2002

[18] CABRITA C. M. Pereira, ***TPM Manutenção Produtiva Total Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho***, Mestrado em Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial, 2003

[19] CABRITA C. M. Pereira, ***Manutenção Industrial Novas Filosofias e Práticas***, Mestrado em Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial, 2006

