

Colecção

O Gestor
Área da Produção

CADERNO N.º 3 - GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Julho de 1994

ÍNDICE

INTRODUÇÃO À COLECÇÃO

CAPÍTULO I - OBJECTO E IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

1. Missão e Objecto
2. Objectivos da Manutenção
3. Importância da Manutenção
4. Manutenção e Qualidade
5. Manutenção e Ambiente
6. Manutenção e Poupança Energética
7. Manutenção e Higiene, Saúde e Segurança

CAPÍTULO II - CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

1. Evolução histórica
2. Formas de Manutenção
3. Comportamento dos Materiais
4. Padrões de Avaria
5. Manutenção e Processo Produtivo
6. Níveis de Manutenção
7. Fiabilidade
8. Mantenibilidade
9. Disponibilidade

CAPÍTULO III - GESTÃO ADMINISTRATIVA DE STOCKS

1. Introdução
2. Participação de Avarias
3. Diagnóstico e Reparação da Avaria
4. Registos Históricos

CAPÍTULO IV - MANUTENÇÃO PROGRAMADA

1. Introdução
2. Desenvolvimento do Programa de Manutenção
3. Tarefas de Manutenção Preventiva

CAPÍTULO V - MANUTENÇÃO CONDICIONADA

1. Introdução
2. Técnicas de Manutenção Predictiva
3. Programa de Manutenção Predictiva

CAPÍTULO VI - ESTRUTURA DE MANUTENÇÃO

1. A Posição da Manutenção na Empresa
2. Factores que determinam a Organização da Manutenção
3. Organização por Operações
4. Organização por Zona
5. Organização por Oficinas
6. Funções da Manutenção

CAPÍTULO VII - RECURSOS HUMANOS

1. Quadro de Pessoal
2. Chefias
3. Formação

CAPÍTULO VIII - INFRAESTRUTURAS E RECURSOS MATERIAIS

1. Instalações
2. Materiais e Produtos
3. Ferramentas e Equipamentos
4. Transportes

CAPÍTULO IX - PLANEAMENTO E CONTROLO DE MANUTENÇÃO

1. Introdução
2. O Processo de Planeamento em Manutenção
3. Planificação de Manutenção
4. Planeamento de Manutenção. Ordens de Trabalho
5. Preparação e Lançamento de Trabalhos
6. Controlo de Manutenção. Registos de Manutenção

CAPÍTULO X - ENGENHARIA E QUALIDADE

1. Engenharia e Qualidade em Manutenção
2. A Manutenção Começa na Compra
3. A Documentação Técnica

CAPÍTULO XI - POLÍTICA DE MANUTENÇÃO

1. Estratégia de Empresa e Estratégia de Manutenção
2. Objectivos da Manutenção
3. Política de Manutenção

CAPÍTULO XII - ECONOMIA DE MANUTENÇÃO

1. Introdução
2. Resultados Económicos da Manutenção
3. Proveitos de Manutenção
4. Custos de Não-Manutenção
5. Custos de Manutenção
6. Custo por Ciclo de Vida

CAPÍTULO XIII - CONTROLO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

1. Indicadores de Gestão
2. Quadro de Bordo

CAPÍTULO XIV - SUBCONTRATAÇÃO

1. Introdução
2. A Decisão de Subcontratar
3. O Que Pode Ser Subcontratado
4. Contratos de Manutenção
5. Selecção dos Subcontratantes
6. Administração dos Contratos

CAPÍTULO XV - SUBCONTRATAÇÃO

1. Introdução
2. O Uso de Computadores em Manutenção
3. Definição das Necessidades de Informação
4. Selecção de um Sistema de Informação para Gestão da Manutenção

BIBLIOGRAFIA

INTRODUÇÃO À COLECÇÃO

A organização científica do trabalho tem por base, como todos sabemos, a distribuição de funções (tarefas) e o estabelecimento dos respectivos *interfaces* por forma a se assegurarem os padrões de produtividade, economia e sucesso pretendidos.

O eco desta atitude organizacional ao nível da gestão das grandes (e muitas médias) empresas industriais fez desenvolver as técnicas de gestão por disciplinas, criando reflexos culturais e psicológicos conducentes à especialização por áreas bem definidas. Como todos sabemos, neste tipo de empresas, a estrutura orgânica (conjunto dos órgãos da empresa) funciona em sobreposição com a estrutura funcional, ou seja, a produção é um departamento e tem um responsável que a gere, os aprovisionamentos a mesma coisa, a manutenção também e o mesmo se passa com outras áreas próximas ou afastadas da produção industrial.

Este tipo de estrutura sistémica não é, necessariamente, aplicável à maioria das PME industriais e, ao contrário do que muitos pensam, não o é apenas por impossibilidade económica de suportar os encargos inerentes a tão elevado número de gestores, mas sim porque tal não é adequado à própria cultura das PME. Na verdade a sua dimensão não ocuparia, em tempo, esses responsáveis e isso é tanto mais real quanto mais elevado for o nível tecnológico da empresa e dos meios técnicos de apoio de que dispõe. A contrapartida desta realidade reside na necessidade que existe de que os gestores da PME tenham competência alargada, abrangendo áreas com afinidade.

Esta realidade é, afinal, muita antiga: hoje consciencializa-se melhor e faz-nos meditar e rever a crítica algo depreciativa tanta vez feita ao "antigo patrão" da pequena indústria que desempenhava ele próprio as funções de director da produção, da manutenção, dos aprovisionamentos, da qualidade, do pessoal, das vendas, e até da tesouraria, deixando o resto ao chefe do escritório e a alguns encarregados.

Hoje, perante um mercado bastante mais competitivo e uma tecnologia muito mais avançada, existem meios de apoio à gestão mais eficazes e um nível cultural mais elevado por parte dos empresários e dos seus quadros, permitindo-lhes agir num espectro bastante mais amplo, sem prejuízo da qualidade ou profundidade com que os assuntos são tratados. Diríamos mesmo que esta polivalência aplicada sobre a

pluridisciplinaridade da área produtiva até veio facilitar as actividades de coordenação e permitir a realização, quase intuitiva, de uma gestão integrada.

A **Colecção de CADERNOS** de que o presente faz parte visa responder em simultâneo a duas questões aparentemente antagónicas:

- Por um lado abordar com suficiente profundidade técnica as disciplinas que em conceito "latu" constituem a área da **Produção de uma Empresa Industrial**, de qualquer dimensão;
- Por outro realçar as interactividades integrantes dos respectivos sistemas, que nas PME industriais assumem importância decisiva para quem tem por função geri-las de forma eficaz.

A presente colecção tem tudo isto em conta e, sem confundir matérias e técnicas (que de facto são distintas), procura fornecer aos gestores da área produtiva das PME industriais de hoje uma "ferramenta" de trabalho para os ajudar na resolução dos problemas do seu quotidiano.

Os CADERNOS que constituem esta COLECÇÃO têm, individualmente, o seu interesse específico, mas, pelas razões já expostas, é no seu conjunto que eles vão constituir o apoio desejado para os gestores industriais das PME.

Trata-se de uma obra do Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento - IAPMEI - que contou, para a executar, com colaboração de uma equipa de consultores técnicos coordenados pela IBER, Projectos e Consultoria de Gestão e Organização, L.da.. É constituída pelos seguintes CADERNOS:

CADERNO N.º 1 - GESTÃO DA PRODUÇÃO NAS PME

CADERNO N.º 2 - GESTÃO DOS APROVISIONAMENTOS

CADERNO N.º 3 - GESTÃO DA MANUTENÇÃO

CADERNO N.º 4 - GESTÃO DA QUALIDADE

CADERNO N.º 5 - SEGURANÇA INDUSTRIAL

CADERNO N.º 6 - A ENERGIA NAS PME INDUSTRIAIS

CADERNO N.º 7 - MEIO AMBIENTE E IMPACTE AMBIENTAL

CADERNO N.º 8 - GESTÃO DE TRANSPORTES

O conjunto destes Cadernos constitui um verdadeiro **MANUAL DO GESTOR DA PRODUÇÃO NAS PME**. A execução desta COLECÇÃO foi precedida de um inquérito baseado em entrevistas suportadas por questionários elaborados pelos diferentes autores, visando conhecer em profundidade o universo das PME industriais portuguesas.

Esse estudo teve a colaboração da ESEO, Estudos de Mercado, L.da. e serviu de base à objectivação da matéria exposta. Alguns dos autores fazem referência directa aos resultados obtidos, para os quais se chama a atenção do leitor, permitindo-lhe conhecer (um pouco) aquilo que vulgarmente se designa por "estado da arte".

CAPÍTULO I

OBJECTO E IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

1. MISSÃO E OBJECTO

Todos os equipamentos, sistemas e instalações, sejam eles mecânicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos ou pneumáticos, estão sujeitos a ver degradadas as suas condições normais de operacionalidade, com o decorrer do tempo, em consequência do uso e até por causas fortuitas. É missão da Manutenção repor essa operacionalidade em níveis correctos.

Para cumprir a sua missão, a Manutenção recorre a um conjunto diversificado de tarefas seleccionadas e programadas de acordo com as características e utilização do seu objecto e os padrões de serviço que lhe foram fixados. Essas tarefas são, por exemplo, a lubrificação, a limpeza, o ensaio, a reparação, a substituição, a modificação, a inspecção, a calibração, a revisão geral ou o controlo de condição.

Em termos temporais, a tendência é no sentido de a acção da Manutenção se exercer não apenas durante a fase de operação do seu objecto, mas ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção ou especificação, até ao seu abate ou desactivação.

Podem ser objecto de acção da Manutenção não só as máquinas e equipamentos industriais, mas também ferramentas especiais, equipamentos de ensaio, instalações de energia, gases e fluidos, redes de comunicações, veículos, edifícios e logradouros, etc. Numa perspectiva mais alargada, a Manutenção pode incluir funções de limpeza e segurança.

2. OBJECTIVOS DA MANUTENÇÃO

A Manutenção tem de estar subordinada a objectivos claramente definidos e coerentes com os objectivos globais da empresa. De facto, a acção da Manutenção pode desenvolver-se segundo linhas de força divergentes, para

as quais é essencial determinar a resultante que melhor serve os interesses do negócio:

- **Segurança:** a segurança (das pessoas, dos equipamentos, da comunidade, dos utentes) deve ser uma referência omnipresente e inegociável.
- **Qualidade:** um dos objectivos da Manutenção é conseguir o melhor rendimentos das máquinas, um mínimo de defeitos de produção, melhores condições de higiene, melhor tratamento do ambiente.
- **Custo:** a Manutenção procura as soluções que minimizem os custos globais do produto considerando, portanto, a par dos custos próprios de produção, os custos provocados pela manutenção ou pela não-manutenção.
- **Disponibilidade:** pretende-se da Manutenção que disponibilize os equipamentos para operação o máximo de tempo possível, reduzindo ao mínimo possível tanto as imobilizações programadas como as paragens por avaria e contribuindo, assim, para assegurar a regularidade da produção e o cumprimento dos prazos planeados.

É, obviamente, impossível otimizar todos estes factores em simultâneo. É responsabilidade da gestão da Manutenção encontrar o compromisso mais satisfatório compatível com os objectivos da empresa e pautar por ele as suas decisões futuras.

Se se quisesse exprimir agora, de um forma mais completa, a missão da Manutenção, poderíamos dizer que a Manutenção é **um conjunto integrado de actividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança.**

3. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

A importância da Manutenção é determinada pelas razões que a justificam. Faz-se manutenção por três ordens de razões:

- **Económicas** - Para obter o máximo rendimento dos investimentos feitos em instalações e equipamentos, prolongando ao máximo a sua vida útil e

mantendo-os em operação o máximo de tempo possível; para reduzir ao mínimo os desperdícios, rejeições e reclamações de produtos; para apoiar o esforço de vendas da empresa evitando atrasos ou interrupções da produção; para reduzir os custos dos consumos em energia e fluidos; para conseguir o melhor aproveitamento dos recursos humanos da empresa.

- **Legais** - A legislação obriga a prevenir situações que possam constituir factor de insegurança (risco de acidente, individual ou colectivo), de incómodo (ruído, fumos, cheiros), de poluição (emissões gasosas, descargas líquidas, resíduos sólidos) ou de insalubridade (temperatura, humidade). Algumas actividades económicas são abrangidas por legislação especial cuja aplicação é verificada por organismos próprios.
- **Sociais** - Os grupos sociais afectados pela operação dos equipamentos ou instalações podem exercer pressões para que sejam reduzidos ou anulados os efeitos incómodos ou nocivos dessa operação. Mesmo que não haja uma imposição legal, a preservação da imagem da empresa pode justificar a adopção de medidas de manutenção adequadas.

4. MANUTENÇÃO E QUALIDADE

A crescente integração na legislação portuguesa de normas comunitárias de qualidade e, sobretudo, o julgamento de consumidores cada vez mais exigentes, requerem uma especial atenção para com a qualidade do produto acabado e tudo o que a possa prejudicar. A Manutenção pode intervir na conservação ou melhoria de qualidade do produto através de :

- verificação periódica de tolerâncias e folgas de mecanismos susceptíveis de degradação;
- garantia de boa operação de mecanismos de regulação e controlo;
- calibração programada de todos os instrumentos de indicação e medida por comparação com padrões devidamente aferidos;
- criação de condições ambientais adequadas à boa operação dos equipamentos e à boa conservação dos produtos;

5. MANUTENÇÃO E AMBIENTE

Está também a ser produzida legislação regulamentadora de emissões gasosas, efluentes líquidos e resíduos sólidos. Quer as emissões poluentes sejam consequência de degradação ou desafinação das máquinas, quer o sejam de inadequação ou insuficiência dos equipamentos, é normal caber à Manutenção toda a acção neste domínio, designadamente:

- construção ou ligação a estações de tratamento de águas residuais;
- estudo, instalação, divulgação e gestão dos processos de recolha e envio para destino adequado dos resíduos industriais poluentes;
- práticas de manutenção tendentes a reduzir o risco de fugas contaminantes e de emissões poluentes.

6. MANUTENÇÃO E POUPANÇA ENERGÉTICA

No domínio da gestão eficiente da energia, cabe também à Manutenção um papel significativo, quer apoiando a selecção de soluções mais económicas, quer prevenindo, detectando e corrigindo todas as situações que representem desperdício de energia como, por exemplo:

- fugas em condutas de vapor, água, ar comprimido, gases e outros fluídos;
- iluminação excessiva, desnecessária ou inadequada;
- aquecimento ou climatização inadequados ou desregulados;
- isolamentos deficientes ou inexistentes;
- consumos excessivos de combustíveis, energia ou lubrificantes por equipamentos desafinados, com folgas, descomandados, etc. .

7. MANUTENÇÃO E HIGIENE, SAÚDE E SEGURANÇA

A legislação nacional e comunitária é rigorosa no que respeita à protecção da saúde, higiene e segurança dos trabalhadores. Para lá das preocupações de carácter social está também aqui subjacente o conceito de que uma empresa que se subtrai às suas obrigações neste domínio está a conseguir custos de produção mais baixos em violação das regras da concorrência leal.

Compete à Manutenção, nesta matéria, criar condições para detecção e correcção atempada de todas as situações potencialmente violadoras das disposições legais, de forma a evitar que atinjam proporções muito mais onerosas ou mesmo incontroláveis.

Cabe também à Manutenção a responsabilidade de criar condições adequadas de limpeza, temperatura e humidade nos locais de trabalho, potenciadoras de maior produtividade do trabalho e maior longevidade dos equipamentos.

CAPÍTULO II

CONCEITOS E FORMAS DE MANUTENÇÃO

1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A História da Manutenção é longa, mas os seus desenvolvimentos mais relevantes ocorreram todos na segunda metade do nosso século. É possível balizar a evolução da Manutenção nas seguintes etapas:

Etapa 1: Reparar a Avaria - Se considerarmos que, desde sempre, o Homem terá procurado reparar os utensílios que lhe tinham custado um investimento em trabalho e materiais, podemos dizer que a manutenção é tão antiga como o engenho humano.

O termo "manutenção", na sua versão inglesa, é registado pelos dicionários desde o séc. XVI com o significado de "acto de manter reparado". No entanto, é só pela terceira década do séc. XX que se começa a sentir a necessidade de autonomizar a função manutenção, atribuindo a sua responsabilidade a equipas especificamente constituídas para o efeito.

Nesta primeira etapa a preocupação dominante é, portanto, a recuperação do investimento feito nos bens de equipamento através da restauração da sua operacionalidade. O protagonista desta etapa foi, fundamentalmente, o operador.

Etapa 2: Evitar a Avaria - O grande esforço de produção associado à 2ª Guerra Mundial e à recuperação económica do pós-guerra impuseram às linhas de produção ritmos de trabalho incompatíveis com as demoradas paragens para reparação de avarias.

Houve então necessidade de organizar a manutenção de forma a intervencionar as máquinas durante os tempos mortos da produção mas com uma eficácia que reduzisse ao mínimo as paragens por avaria em plena laboração. Surge assim a manutenção planeada como ainda hoje se pratica.

A preocupação dominante, nesta etapa, era a disponibilidade dos equipamentos. O seu protagonista passa a ser o especialista de manutenção.

Etapa 3: Adivinhar a Avaria - O enorme avanço tecnológico registado desde a década de 60, traduzido na generalização do uso do computador, no maior domínio dos processos de fabrico e no melhor conhecimento dos materiais, permitiu lançar novas formas de manutenção em que se procura, à mesma, evitar a avaria, mas intervindo no equipamento de forma "cirúrgica", isto é, de forma localizada, quando os sistemas de diagnóstico indicam que a avaria está eminente, em vez da intervenção sistemática e periódica característica da etapa anterior.

A manutenção está agora mais orientada para controlar que para intervir. O seu protagonismo transfere-se para o engenheiro de manutenção.

Etapa 4: O fim da manutenção? - De modo nenhum. Pelo menos num futuro próximo. Mas, seguramente, menos manutenção. Já é possível, hoje em dia, conseguir melhorias de fiabilidade de tal ordem que há equipamentos que atravessam toda a sua vida útil sem sofrer uma única avaria. A integração em larga escala, na electrónica, tornou obsoleta a reparação a nível de componente, generalizando o conceito do módulo descartável sendo, muitas vezes, a própria máquina que assinala o módulo deficiente a necessitar de substituição. Mesmo no domínio da mecânica há progressos notáveis, com a introdução de novos materiais sintéticos, como os compósitos, que permitem fazer elementos estruturais tão resistentes como o aço, mas mais leves e imunes à corrosão, ou o "teflon" que permite fazer rolamentos auto-lubrificantes, eliminando uma das tradicionais dores de cabeça dos responsáveis pela manutenção. Em muitos casos tem sido possível substituir mecanismos extremamente sensíveis por módulos electrónicos sem uma única peça móvel: são bem conhecidos os casos dos relógios e dos instrumentos digitais mas aconteceu também, por exemplo, com os giroscópios dos aviões.

O protagonismo da manutenção está agora a transferir-se para o fabricante dos bens de equipamento: cada vez mais a manutenção nasce com o equipamento.

Será que isto indicia o fim da necessidade de manutenção? Evidentemente que não! Em primeiro lugar, porque continuam a coexistir equipamentos - e, dentro do mesmo equipamento, componentes - com tecnologias diferentes e, portanto, com diferentes requisitos de manutenção. E, depois, porque os processos produtivos são muito variados e cada um tem um tipo de manutenção mais adequado. Por isso, não só é necessária manutenção, como é preciso que ela se ajuste perfeitamente à diversidade de situações existentes na empresa: tecnologia dos equipamentos, tipo de produção, regime de laboração e, até, qualificação do pessoal.

2. FORMAS DE MANUTENÇÃO

A forma de manutenção mais antiga é a que consiste em deixar operar o equipamento até à ocorrência de uma avaria para então proceder à sua reparação. É a manutenção designada por **resolutiva**, **curativa** ou **correctiva**. Por reagir ao acontecimento depois da sua ocorrência diz-se que é uma manutenção de tipo **reactivo**.

Esta técnica de manutenção será sempre usada, pelo menos em situações em que não haja meios para prevenir a ocorrência da avaria, como é, por exemplo, o caso da maior parte dos equipamentos electrónicos. Tem o inconveniente de exigir a formação de *stocks* apreciáveis de peças de reserva, de obrigar ao recurso frequente a trabalho extraordinário, de não permitir o planeamento da imobilização das máquinas e de alongar os tempos de paragem. Para minimizar estes inconvenientes é necessário dispor de bons meios de comunicação, equipas bem treinadas e bom apoio técnico e logístico. Uma vantagem deste tipo de manutenção é eliminar o risco de introdução de avarias que sempre existe quando se intervenciona um equipamento que está operacional.

Progressivamente têm vindo a ser introduzidas outras técnicas de manutenção que, por agirem antes da ocorrência da avaria, são designadas por **proactivas**.

Um tipo de manutenção proactiva é a manutenção **preventiva** que consiste na execução planeada, com periodicidades fixadas, de tarefas de manutenção como a lubrificação, a regulação, a substituição ou a revisão geral.

Esta manutenção, que visa reduzir o risco de ocorrência de avarias, é adequada para órgãos, equipamentos ou sistemas que exibam um padrão de comportamento com certa regularidade, que permita estimar com algum rigor quando as suas características se vão degradar abaixo dos níveis mínimos aceitáveis. As vantagens deste tipo de manutenção decorrem, essencialmente, do facto de ser planeada. Permite, por isso, uma redução do trabalho extraordinário, do tempo de imobilização de *stocks* e do número de paragens não planeadas. Os seus inconvenientes são: a redução da vida útil das peças ao substituí-las antes de avariarem; a incapacidade de prever a ocorrência da avaria; e o risco de introduzir danos em equipamentos operativos ao intervencioná-los.

Outra forma de manutenção proactiva é a manutenção **predictiva** ou **condicionada**, na qual as tarefas de manutenção não estão previamente planeadas, antes o são em resultado da análise continuada da condição dos sistemas ou equipamentos.

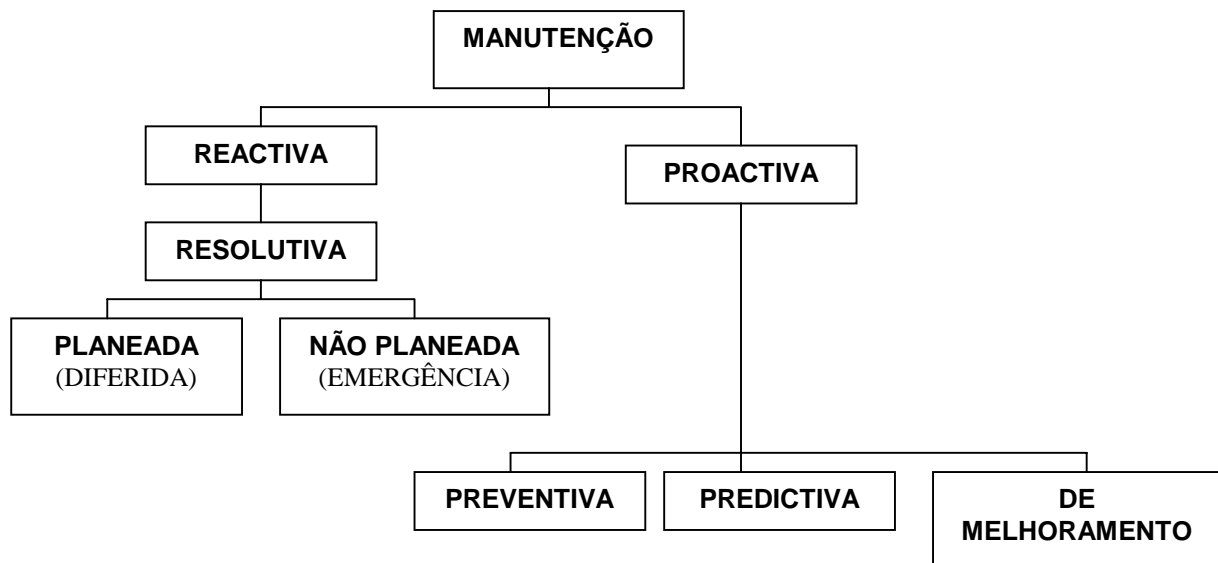
Esta forma de manutenção é adequada para equipamentos cuja avaria possa ser prevista através de uma degradação de características susceptível de ser detectada por medição, observação ou análise. Entre as técnicas utilizadas pela manutenção predictiva incluem-se a análise de vibrações, a termografia, a análise de óleos de lubrificação, a análise de limalhas, a inspecção visual, a inspecção por ultra-sons, a inspecção radiográfica, etc. .

As vantagens deste tipo de manutenção decorrem da sua capacidade de melhor detectar quando e onde é necessária a intervenção da manutenção, permitindo aproveitar ao máximo a vida útil do material, e reduzir, em consequência, a necessidade de peças de reserva. Permite também reduzir o número de avarias imprevistas, com consequente maior disponibilidade do material, e facilitar o diagnóstico da avaria, com consequente redução do tempo de paragem. O principal inconveniente é o de não se poder aplicar a todos os equipamentos e sistemas. Além disso, o equipamento de apoio é caro e requer técnicos qualificados para interpretar correctamente os dados observados.

Uma terceira forma de manutenção proactiva é a **manutenção de melhoramento**. A sua necessidade decorre do facto de as outras formas de manutenção, por mais intensa que seja a sua aplicação, não poderem conferir

aos equipamentos mais fiabilidade que a que é inerente ao seu projecto de construção. A única forma de melhorar a sua resistência à avaria é, portanto, modificar as suas características iniciais, por reconstrução total ou parcial, ou por modificação, substituição ou adição de partes, seja por recomendação do fabricante ou por decisão do utilizador, para corrigir defeito ou omissões de origem ou para melhorar as suas características.

Podemos esquematizar assim as diferentes formas de manutenção:



3. COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS

A definição das acções de manutenção mais adequadas passa pelo conhecimento do comportamento dos materiais em operação. Para identificar as melhores soluções correctivas é importante conhecer os tipos e modos de avaria característicos de cada material, equipamento ou sistema, determinar a origem das avarias e então estabelecer as medidas correctivas apropriadas.

As avarias, definidas como a alteração ou interrupção da capacidade de um bem desempenhar a função para que foi criado, podem ser classificadas nos seguintes **tipos**:

- (a) quanto a velocidade de propagação: **explosivas** ou **por degradação**;
- (b) quanto ao grau de importância: **parciais** (provocam alteração do funcionamento) ou **totais** (provocam interrupção do funcionamento);

- (c) quanto ao período de aparição: **precoces**, **aleatórias** ou **de uso**;
- (d) quanto à frequência de ocorrência: **intermitentes** ou **sistemáticas** (ligadas de forma segura a uma causa que só pode ser eliminada por modificação do projecto, do modo de fabrico, do modo de utilização, da documentação ou de outros factores apropriados);
- (e) quanto às causas: **intrínsecas ou primárias** (imputáveis a defeitos próprios do equipamento), **extrínsecas** (imputáveis a condições fora dos limites de especificação do equipamento) ou **secundárias** (induzidas por avarias de equipamentos associados);
- (f) quanto à gravidade das consequências: **menores**, **maiores** ou **críticas**.

As avarias são tornadas visíveis pelos seus efeitos. Os diferentes modos de avaria estão relacionados com o processo de degradação do material, com a tecnologia utilizada e com as condições de utilização. Alguns exemplos de **modos de avaria**:

- (a) avarias associadas a defeitos de material ou de fabrico: **chochos de fundição**, **tensões internas** na laminagem, **sobreaquecimento** na soldadura, **choques** na montagem de rolamentos, etc.;
- (b) avarias associadas ao funcionamento de órgão mecânicos: **choques**, **sobrecargas** (provocando deformação ou ruptura), **fadiga** (esforços alternados provocando ruptura), **fadiga térmica** (originando dilatação, deformação plástica, queimaduras ou fusão), **desgaste** em consequência de atrito, abrasão, **erosão**, **corrosão**;
- (c) avarias em equipamentos eléctricos e electrónicos: **interrupção de ligações eléctricas**, **quebra de soldaduras**, **colagem ou desgaste de contactos**, **ruptura de componentes**, etc.;
- (d) avarias devidas a condições ambientais: **corrosão electroquímica** (afecta metais em ambiente aquoso), **corrosão atmosférica** (em que a humidade atmosférica é o electrólito), **corrosão galvânica** (entre dois metais em contacto), **corrosão química** (por contacto com produtos corrosivos), **corrosão eléctrica** (por efeito de correntes de fuga devidas a má ligação à terra ou cargas electrostáticas), **corrosão bacteriana** (devida a microorganismos habitando o meio líquido em contacto com o equipamento),

corrosão de contacto (em peças em contacto sujeitas a vibração), **corrosão de cavitação** (em materiais em contacto com líquidos turbulentos).

Perante uma situação em que se conhece o tipo e modo de avaria, procurar-se-á identificar a sua causa e desenvolver o conjunto de acções correctivas adequado. Estas podem ir desde uma reformulação do programa de manutenção, a alterações do modo de operação, formação dos operadores, revisão da documentação técnica, modificação ou reconstrução do equipamento, uso de materiais ou tecnologias de fabrico diferentes, etc. .

4. PADRÕES DE AVARIA

Uma análise da frequência com que ocorrem as avarias de um tipo de componente, órgão ou equipamento, ao longo da sua operação, permite traçar o seu padrão de avaria.

A **taxa de avarias** pode ser definida por:

$$Z(t) = \frac{\text{Número de avarias}}{\text{Tempo de utilização}}$$

A representação gráfica de $Z(t)$ permite visualizar o **padrão de avaria** do equipamento.

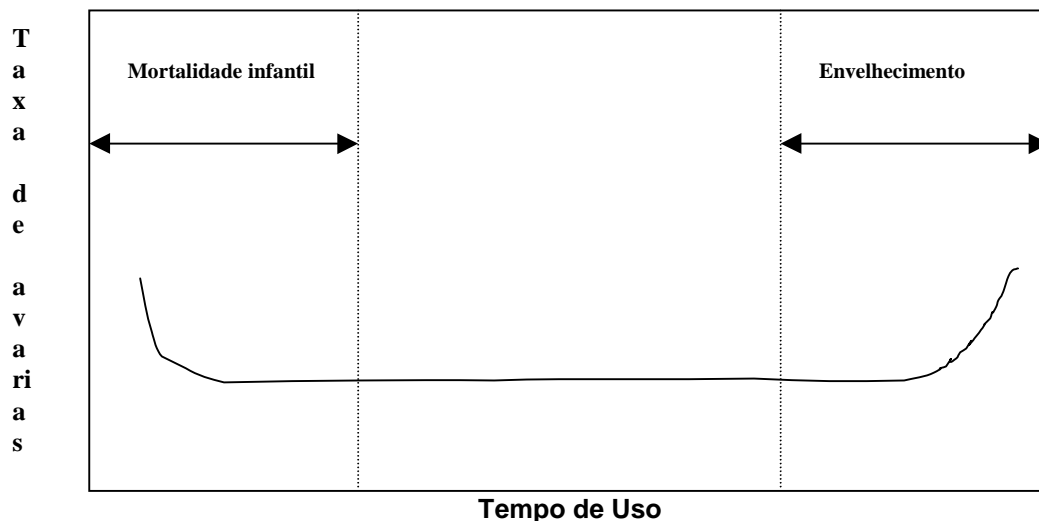
Padrão Geral - Um padrão como o do Gráfico 2.1, conhecido como "curva da banheira", é uma boa representação da distribuição de avarias de uma larga gama de equipamentos.

Neste gráfico distinguem-se três regiões:

- uma região com elevado número de avarias, coincidente com as primeiras horas de operação, devidas a deficiências de fabrico, problemas de transporte ou instalação, ou inexperiência do operador. É designada por período da **mortalidade infantil**. É o período em que, nos equipamentos mecânicos, se faz a rodagem e nos equipamentos electrónicos se faz uma pré-selecção de componentes deficientes.

- uma segunda região, com distribuição de avarias sensivelmente uniforme ao longo do tempo, corresponde à fase da **maturidade**. É o período de maior rendimento do equipamento. A taxa de avarias é praticamente constante, as avarias são aleatórias e não há, geralmente, degradação prévia visível.
- a terceira região assinala o aproximar do fim da vida do equipamento. Há um aumento do número de avarias à medida que cresce o número de horas de operação. É a fase do **envelhecimento**. A degradação é acelerada até atingir o ponto em que o equipamento já não cumpre o fim para que foi construído. Ocorre então o abate, a reconstrução ou a reconversão. Os critérios a utilizar nesta decisão são tanto técnicos como económicos.

**Gráfico 2.1 - Distribuição de Avarias
Padrão Geral**



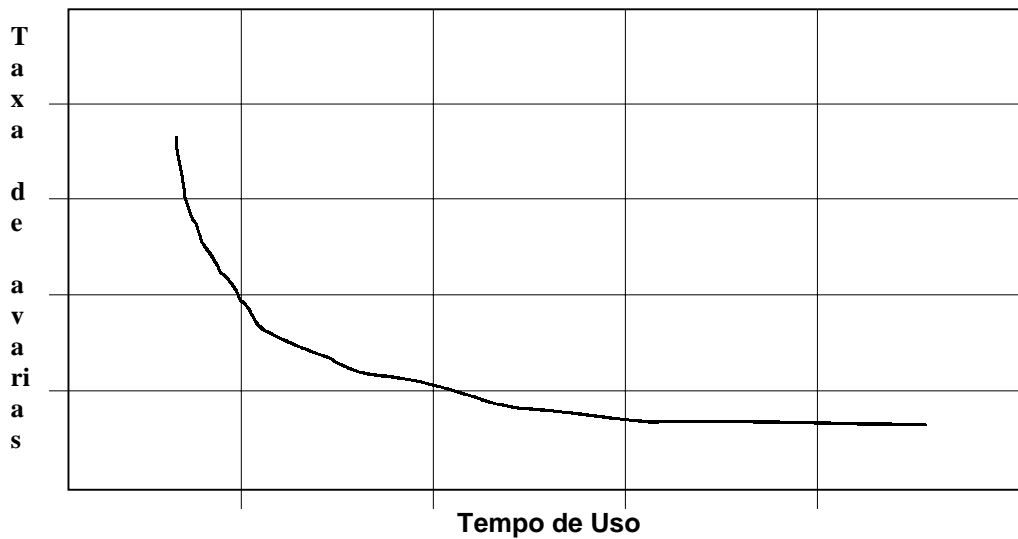
Alguns equipamentos, mais homogéneos na sua tecnologia, apresentam padrões de avaria mais característicos.

Padrão A - Os equipamentos electrónicos tendem a exibir um padrão de avaria semelhante ao do Gráfico 2.2, que é característico dos componentes electrónicos.

Este padrão revela uma mortalidade infantil muito elevada e uma quase ausência de envelhecimento. Em equipamentos que exibem este padrão de avaria não se pode fazer manutenção preventiva. Um período inicial de "rodagem", eventualmente feito pelo próprio fabricante, pode atenuar o impacto da mortalidade infantil. Depois, apenas há necessidade de acompanhar a condição

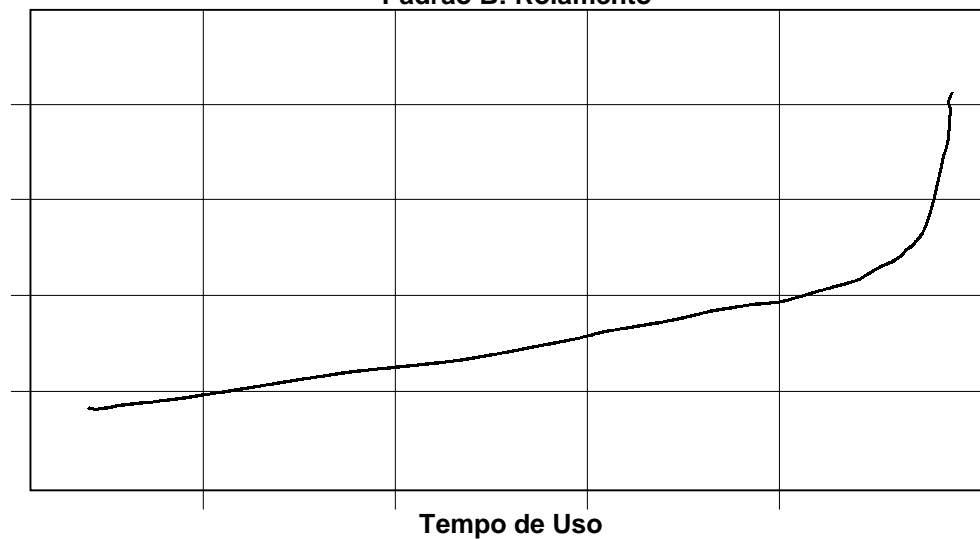
do equipamento, geralmente por métodos estatísticos, para detectar eventuais alterações de comportamento que justifiquem introdução de modificações.

**Gráfico 2.2 – Distribuição de Avarias
Padrão A: Transistor**



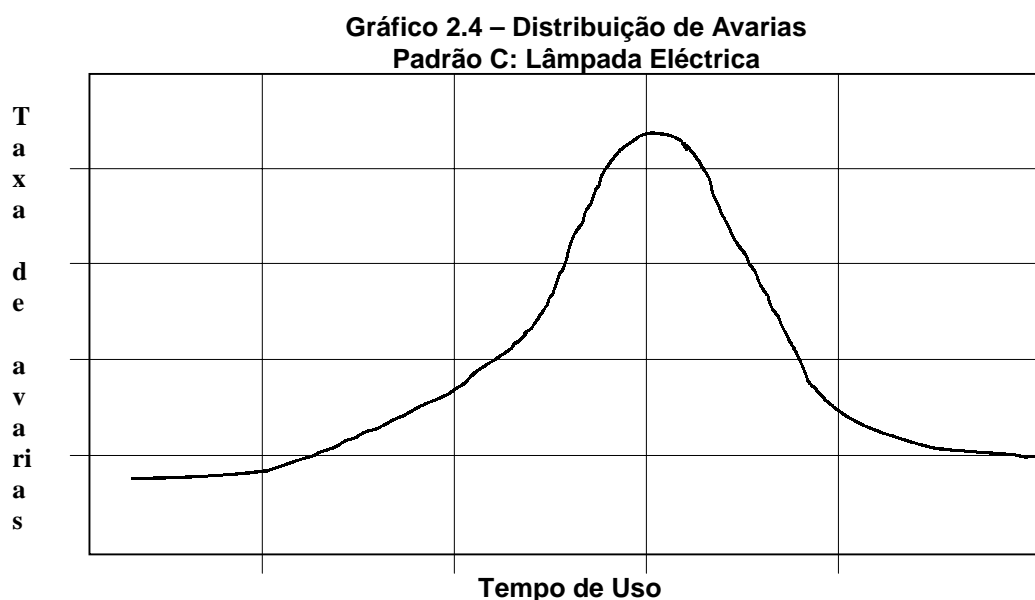
Padrão B - Este padrão, representado no Gráfico 2.3, é característico dos equipamentos mecânicos, com partes móveis, sujeitas a desgaste com o uso.

**Gráfico 2.3 – Distribuição de Avarias
Padrão B: Rolamento**



Este padrão revela uma fase de envelhecimento muito nítida, tornando os equipamentos que o exibem claramente elegíveis para um programa de manutenção preventiva que prolongue a fase de maturidade, adiando o início do envelhecimento.

Padrão C - O Gráfico 2.4 ilustra o comportamento de componentes e equipamentos que têm falhas fatais muito concentradas no tempo sem serem precedidas de degradação significativa. Um bom exemplo é o das lâmpadas eléctricas.

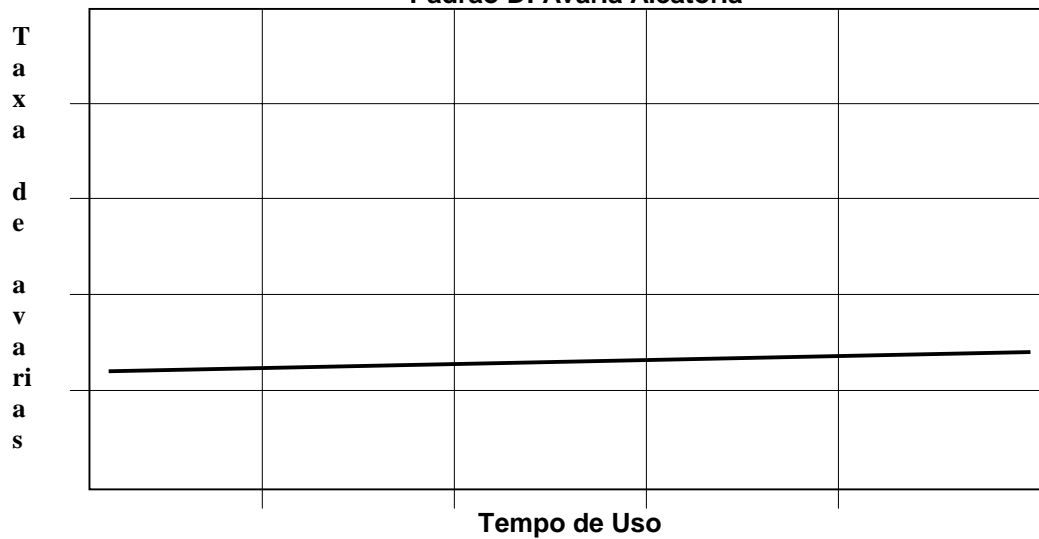


Para o material que exhibe este comportamento a solução mais adequada pode ser a substituição sistemática ao aproximar-se o período previsível do fim de vida.

Padrão D - O padrão ilustrado no Gráfico 2.5 corresponde a equipamentos que pouco se degradam com o tempo, não têm avarias características, mas que estão sujeitos a danos ou falhas em consequência da operação, os quais podem ocorrer em qualquer altura.

Estamos também perante equipamentos aos quais não são aplicáveis programas de manutenção preventiva, mas que podem ser objecto de manutenção predictiva.

**Gráfico 2.5 – Distribuição de Avarias
Padrão D: Avaria Aleatória**



5. MANUTENÇÃO E PROCESSO PRODUTIVO

Na selecção do tipo de manutenção a adoptar há também que considerar a especificidade do processo produtivo.

Atendendo às características do fluxo produtivo podemos identificar os seguintes tipos de situações:

- (a) **Produção em contínuo** - Neste processo o fluxo produtivo é ininterrupto o que significa que uma disrupção em qualquer ponto da linha de produção implica uma paragem do processo. Nestas condições é indispensável um bom programa de manutenção preventiva, perfeitamente articulado com o plano de produção, que aproveite as paragens planeadas para fazer as intervenções de manutenção. Com o processo a decorrer é possível aplicar as técnicas da manutenção predictiva.
- (b) **Produção por séries** - Este processo tem quebras entre grupos de produção que podem permitir a criação de *stocks*. Em cada grupo de produção pode haver várias máquinas de cada tipo. Pode, assim, escolher-se o tipo de manutenção que seja mais económico que pode até ser a manutenção resolutive.
- (c) **Produção por unidade** - São processos de grande complexidade em que se exige que os equipamentos, no momento da sua entrada em operação,

estejam perfeitamente ajustados e aptos a trabalhar sem quebras. A sua manutenção tem que ser bem cuidada e planeada.

Uma outra determinante do tipo de manutenção é a tecnologia dos equipamentos.

Equipamentos com **tecnologia clássica** não permitirão mais que manutenção resolutive e algumas tarefas simples de manutenção preventiva.

Equipamentos de **tecnologia avançada** permitirão programas completos de manutenção preventiva e mesmo de manutenção predictiva.

6. NÍVEIS DE MANUTENÇÃO

As normas francesas identificam os seguintes cinco **níveis de manutenção**:

- 1º nível:** regulações simples, previstas pelo fabricante, por meio de órgãos acessíveis sem necessidade de desmontagem ou abertura do equipamento, ou troca de elementos consumíveis (lâmpadas, fusíveis, etc.) acessíveis em completa segurança. Este nível pode ser executado pelo operador, no local, com recurso a ferramenta de uso geral e com o apoio das instruções de operação. A necessidade de material de consumo é reduzida.
- 2º nível:** resolução de avarias por troca de elementos previstos para esse efeito e operações menores de manutenção preventiva tais como lubrificação ou controlo de funcionamento. Este tipo de intervenção é efectuado por um técnico habilitado, no local, com ferramentas portáteis definidas nas instruções de manutenção e a ajuda dessas mesmas instruções. As peças de substituição podem ser encontradas em local próximo sem demora.
- 3º nível:** identificação e diagnóstico de avarias, reparação por troca de componentes ou de elementos funcionais, reparações mecânicas menores, e todas as operações correntes de manutenção preventiva. Este trabalho deve ser realizado por técnico especializado, no local ou nas instalações de manutenção, com a ajuda de equipamento previsto nas instruções de manutenção, mais aparelhos de medida e regulação e, eventualmente, bancos de ensaio. Utiliza a documentação necessária e peças aprovisionadas para o efeito.

4º nível: todos os trabalhos importantes de manutenção correctiva ou preventiva com excepção da renovação e reconstrução. Este nível compreende também a regulação dos aparelhos de medida utilizados para a manutenção e, eventualmente, a verificação de padrões por organismos especializados. Para este trabalho é, geralmente, requerida uma equipa completa enquadrada por um técnico muito especializado, numa oficina especializada dotada com equipamento de ensaio e controlo específico.

5º nível: trabalhos de renovação, reconstrução ou reparações importantes, confiados a uma oficina central ou a uma unidade exterior. A execução está a cargo de uma equipa completa e polivalente utilizando meios próximos dos do construtor.

7. FIABILIDADE

Há três indicadores em Manutenção que permitem acompanhar a forma como os equipamentos estão a cumprir a missão para que foram construídos: a fiabilidade, a manutenibilidade e a disponibilidade.

A **fiabilidade** é a capacidade de um equipamento se manter conforme à sua especificação de origem durante a sua vida.

Designa-se por **fiabilidade intrínseca** a que é inerente a um equipamento, que só depende da sua qualidade e que varia apenas com a idade e com factores externos fora da intervenção humana (humidade, temperatura, vibrações, etc.). A **fiabilidade extrínseca** é a que resulta das condições de operação, da qualidade da manutenção e, de uma forma geral, de acções resultantes da intervenção humana.

A fiabilidade de um equipamento reparável pode ser medida pela **taxa de avarias** $Z(t)$ ou pelo **tempo médio entre avarias** MTBF (*Mean Time Between Failures*):

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo de Funcionamento}}{\text{Número de Avarias}}$$

Para equipamentos não reparáveis, em vez do MTBF usa-se o MTTF (*Mean Time to Failure*) ou **vida média**.

O projectista e o construtor do equipamento preocupam-se em determinar a sua **fiabilidade previsional** ou **teórica**. Esta é calculada a partir da fiabilidade, conhecida ou estimada, dos seus componentes e da forma como estão associados.

Ao utilizador interessa mais a **fiabilidade operacional** ou **real**, calculada a partir da distribuição das avarias efectivamente ocorridas em operação normal.

A distribuição de avarias de um equipamento, ou família de equipamentos idênticos, ao longo da sua vida, pode ser representada por várias **leis de probabilidades**, tanto discretas (binomial e Poisson), como contínuas (Weibull, exponencial, normal e lognormal).

Das distribuições discretas, a binomial é mais adequada para a interpretação de ensaios, enquanto a de Poisson descreve bem fenómenos raros como acidentes, avarias ou defeitos de fabrico.

De entre as distribuições contínuas, a de Weibull é particularmente bem adaptada ao estudo estatístico de avarias. A taxa de avarias nesta distribuição, ou seja a probabilidade de ocorrência de uma avaria entre o instante t e $t + \Delta t$ é:

$$Z(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^{\beta - 1}$$

O parâmetro β define a forma da curva. Na "curva da banheira", a zona correspondente à mortalidade infantil é descrita por $Z(t)$ com $\beta < 1$, à zona da maturidade corresponde $\beta = 1$ e o envelhecimento é descrito por $\beta > 1$. Os parâmetros γ e η determinam, respectivamente, a localização da curva (no eixo dos tempos) e a sua escala.

A distribuição exponencial é aplicável ao período da taxa de avarias constante. A distribuição normal aplica-se a durações de vida concentradas em torno de um valor central. A distribuição lognormal descreve melhor o comportamento de certos semicondutores em que é o logaritmo da duração de vida que segue a distribuição normal.

O conhecimento do perfil de avaria de um equipamento permite determinar o programa de manutenção mais adequado para repor a sua fiabilidade em valores próximos dos de origem. No entanto, nenhuma forma de manutenção curativa, preventiva ou condicionada, pode dar a um equipamento uma fiabilidade melhor que a que é inerente ao seu projecto. Para tal é necessário recorrer à manutenção de melhoramento.

Em **programas de manutenção centrados na fiabilidade** (RCM - *Reliability Centred Maintenance*) é feito um cálculo regular da fiabilidade operacional de cada equipamento ou família de equipamentos análogos e comparado o valor com limites de controlo, superior e inferior, previamente fixados. Só a ultrapassagem dos limites obriga, neste caso, a analisar detalhadamente a situação, o que pode conduzir a uma revisão do programa de manutenção, a uma alteração dos métodos operativos, à introdução de modificações no equipamento, etc. .

8. MANTENIBILIDADE

A **manutenibilidade** é o conjunto de características do equipamento que determina a maior ou menor facilidade com que pode ser feita a sua manutenção. Uma medida da manutenibilidade é o tempo de imobilização para manutenção, o qual traduz, não só o tempo de execução das operações de manutenção, como também o tempo que o equipamento está imobilizado à espera de materiais, de pesquisas de avarias, de ensaios, etc. .

A manutenibilidade pode ser melhorada de diversas formas:

- (a) reduzindo o tempo necessário à detecção das avarias, pela incorporação no equipamento de instrumentos de medida ou de indicação ou meios manuais ou automáticos auxiliares de diagnóstico;
- (b) reduzindo o tempo de localização das avarias, não só através da incorporação dos meios de apoio ao diagnóstico já referidos, como também tornando acessíveis pontos de teste e medida e fornecendo boa documentação de apoio;
- (c) reduzindo o tempo necessário à reparação, através da racionalização do acesso aos componentes substituíveis, da facilidade de montagem e desmontagem de peças e órgãos, da intermutabilidade de componentes;

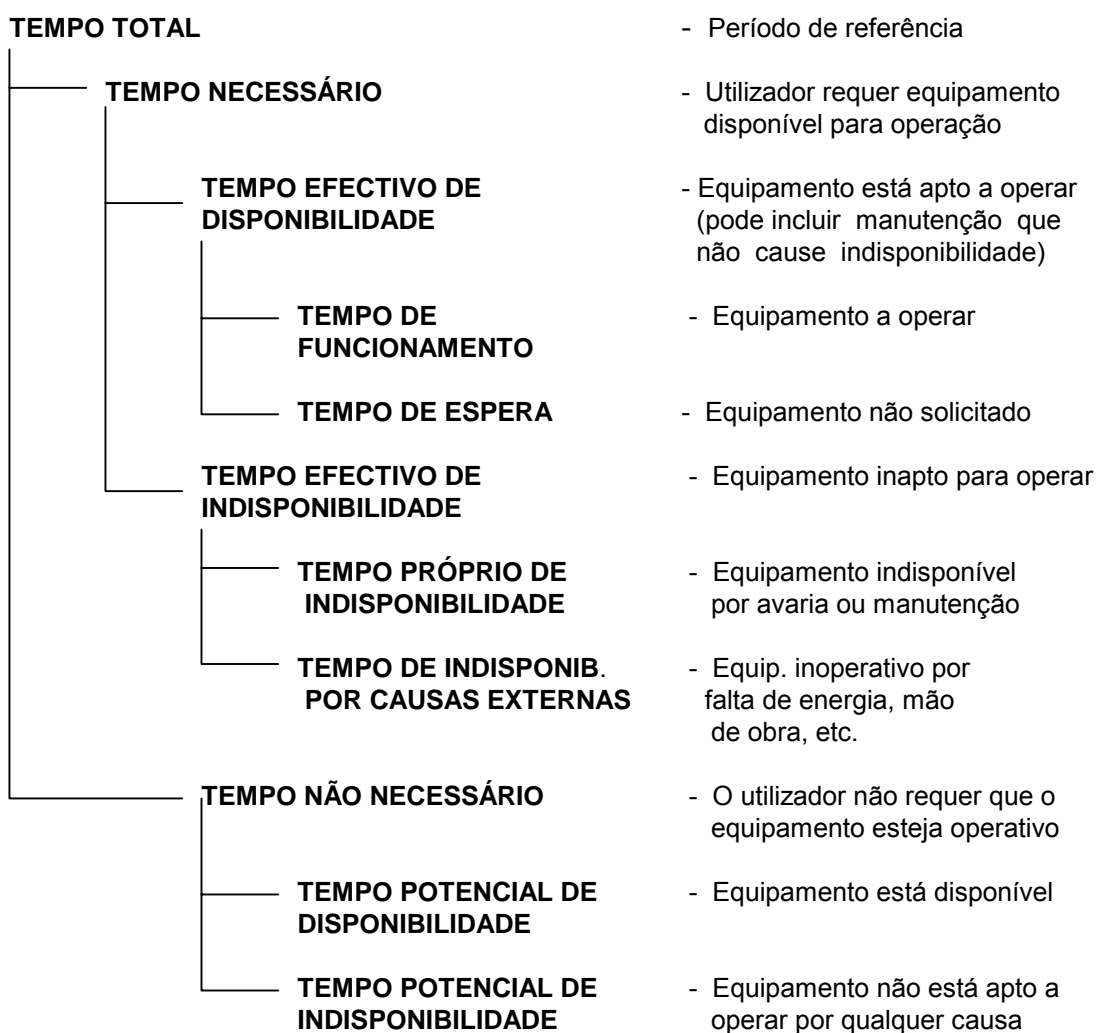
- (d) reduzindo o tempo de verificação das acções de manutenção, permitindo o recurso a ensaios em operação e divulgando métodos e valores de ensaio e controlo.

9. DISPONIBILIDADE

A **disponibilidade** é definida como a aptidão de um equipamento para se encontrar em estado de funcionar nas condições requeridas.

A disponibilidade de um equipamento é condicionada pela frequência de ocorrência de avarias, pela duração das reparações, pelo tempo gasto em manutenção preventiva, etc. .

Para melhor entender a forma de calcular a disponibilidade é necessário classificar os diferentes tempos como são entendidos em manutenção, para o que se seguirá a classificação das normas francesas:



Nestas condições, a disponibilidade é dada por:

$$D = \frac{\text{Tempo Efectivo de Disponibilidade}}{\text{Tempo Necessário}}$$

Na perspectiva do construtor do equipamento, o que interessa é a **disponibilidade intrínseca**, que é consequência da fiabilidade e da manutenibilidade inerentes ao equipamento:

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

onde MTTR (Mean Time to Repair) é o tempo médio de imobilização para intervenção de manutenção.

No entanto, na óptica do utilizador, o que interessa é a **disponibilidade operacional** em que, aos factores que intervêm na disponibilidade intrínseca, são adicionados os constrangimentos de ordem logística (MTL):

$$D_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL}$$

A taxa de avarias depende da tecnologia de base, das condições de utilização e do tipo de manutenção aplicado. A taxa de reparação depende também da tecnologia de base, e ainda da política de manutenção e da logística de manutenção.

CAPÍTULO III

ANÁLISE E RESOLUÇÃO DE AVARIAS

1. INTRODUÇÃO

Por ser a solução economicamente mais apropriada, por ser a mais ajustada ao processo produtivo, por ser a única compatível com a tecnologia utilizada, por ser um complemento de outras técnicas de manutenção ou apenas como solução de recurso, a manutenção resolutive ainda é hoje largamente utilizada.

De qualquer forma, e como temos referido, a manutenção resolutive, desde que conscientemente assumida, é uma forma de manutenção com estatuto idêntico ao das restantes e até, porventura, mais exigente em termos de capacidade dos técnicos de manutenção.

2. PARTICIPAÇÃO DE AVARIAS

As avarias podem ser detectadas, fundamentalmente, de duas maneiras:

- pelo operador ou utilizador do equipamento ou instalação;
- pelo técnico de manutenção no decurso de uma operação de manutenção planeada.

Em qualquer dos casos é importante organizar o processo de resposta à participação da avaria de modo a dar a máxima satisfação ao utente do equipamento com o mais eficiente aproveitamento dos recursos do departamento de manutenção.

O tratamento das participações de avaria pode ser esquematizado nas seguintes fases:

(1) Recepção da participação da avaria;

(2) Atribuição de prioridade à reparação;

- (3) Elaboração de orçamento da reparação;
- (4) Emissão da ordem de reparação;
- (5) Diagnóstico da avaria;
- (6) Execução da reparação;
- (7) Elaboração do relatório da reparação;
- (8) Registo histórico de avarias;
- (9) Processamento de custos;

Se não forem estabelecidas algumas regras quanto à elaboração e recepção das participações de avarias, facilmente se instala a confusão, a ineficiência e a insatisfação.

Para isso, deve ser estabelecido que só são aceites participações feitas por um responsável do sector onde se encontra o equipamento (o bom senso determinará quais as situações de perigo eminente em que esta regra pode ser violada). A participação deve identificar claramente o equipamento avariado (através do respectivo código, se o tiver), o local onde se encontra instalado, os sintomas da avaria e possíveis sugestões quanto à sua causa e um parecer sobre a urgência da reparação.

A **recepção dos pedidos de reparação** deve estar o mais possível centralizada num ponto onde esteja sempre um responsável ou, na sua ausência, um atendedor automático de chamadas. O dia e hora da recepção do pedido serão registados no impresso em que foi feita a participação ou a sua transcrição, caso a comunicação tenha sido telefónica.

O elemento do departamento de manutenção responsável pelo processamento dos pedidos de reparação de avarias procederá então à atribuição de um **grau de prioridade** ao pedido. Um bom método consiste em atribuir uma prioridade ao tipo de avaria (prioridade 5 para uma avaria que imobilize o equipamento ou represente perigo eminente para pessoas ou bens; prioridade 1 para uma avaria sem consequências no curto prazo) e uma prioridade à função do equipamento (prioridade 5 para um equipamento que paralise produção ou afecte a segurança; prioridade 1 para equipamentos sem impacto na produção). A prioridade atribuída ao pedido será o produto das duas variando, portanto, de 1 a 25. De acordo com as características específicas de cada empresa serão construídas as escalas de prioridades mais apropriadas.

Depois de ordenados os pedidos de reparação por prioridades, será feito o seu **orçamento**: estimativa de mão de obra necessária, custo dos materiais previsto (se houver elementos suficientes) e tempo previsto de imobilização do equipamento.

Segue-se a emissão da **ordem de reparação** que deve referenciar o número do pedido de reparação, identificar os técnicos destacados para efectuar o trabalho, mencionar as estimativas de mão de obra, materiais e imobilização do equipamento, e assinalar eventuais requisitos especiais em ferramentas, equipamentos de ensaio, etc. .

3. DIAGNÓSTICO E REPARAÇÃO DA AVARIA

Uma vez na presença do equipamento avariado, o técnico de manutenção procederá ao **diagnóstico da avaria**. Em algumas situações, em que os danos são evidentes, o diagnóstico pode ser simples, mas avarias intermitentes ou defeitos ocultos podem ser muito difíceis de isolar. Enquanto num sistema mecânico o tempo de intervenção pode ser da ordem de 10% para detecção da avaria e 90% para reparação, num sistema electrónico a relação pode ser precisamente a inversa.

Daqui se vê a importância de o técnico de manutenção se munir previamente de todos os possíveis meios de apoio ao diagnóstico: documentação técnica com esquemas eléctricos, diagramas, árvores de pesquisa de avarias; registo histórico de avarias do equipamento; aparelhos de medida e ensaio.

Se a máquina dispuser de sistemas de auto-diagnóstico incorporados devem, evidentemente, ser usados em toda a extensão possível. Alguns destes sistemas registam os sintomas anteriores, os quais devem ser identificados e correlacionados para apoio ao diagnóstico.

Os factores mais importantes para uma eficaz detecção de avarias são, claro está, a formação, experiência e competência do técnico. Mas há alguns aspectos comportamentais que importa ter em conta, por mais competente que seja o técnico de manutenção:

- não pode confundir a causa com o efeito, o defeito com o sintoma;

- tem que evitar ideias preconcebidas que podem, inconscientemente, fazer negligenciar pistas importantes;
- deve ser metódico e sistemático na sua análise; não se pode apoiar só na intuição;
- deve ser cuidadoso com as evidências demasiado óbvias;
- não pode confiar exclusivamente na memória: deve consultar a documentação técnica apropriada;

Uma vez isolada a avaria, procede à sua **reparação**. Nesta altura torna-se evidente a importância de ter o material necessário (peças de substituição, produtos e materiais de consumo, ferramentas, equipamentos de ensaio) rapidamente acessível e de poder contar com uma oficina de apoio para efectuar pequenas reparações ou manufacturas de momento.

Segue-se uma fase de ajustes e ensaios e o trabalho do técnico de manutenção conclui-se com a elaboração de um **relatório da reparação** onde referencia o equipamento intervencionado e regista as deficiências encontradas, o trabalho efectuado, o tempo gasto e o material consumido. Deve ainda anotar qualquer factor que tenha perturbado o eficiente desempenho do seu trabalho e eventuais recomendações sobre trabalhos adicionais ou complementares a programar para uma futura oportunidade.

4. REGISTOS HISTÓRICOS

Cada equipamento deve ter o seu registo histórico no qual constem, além da sua identificação e localização, todas as intervenções de manutenção, resolutive, preventiva ou de melhoramento.

Dele constarão, nomeadamente, a data de cada participação de avaria, a descrição da avaria e da respectiva acção correctiva, a identificação dos componentes substituídos, a mão-de-obra gasta e o tempo de paragem do equipamento, e os custos da reparação, em mão-de-obra e materiais.

As modificações ou reconstruções também serão aqui registadas, com indicação da data, do trabalho realizado, dos componentes afectados, etc. .

Finalmente, para completar a história do equipamento, são registadas na sua ficha todas as intervenções de manutenção preventiva, com indicação da data e da tarefa de manutenção que foi efectuada.

Este registo é essencial não só para apoio à pesquisa de avarias, como vimos, mas também para habilitar a tomar decisões de carácter económico como, por exemplo, a oportunidade óptima de proceder à substituição do equipamento por se ter tornado antieconómica a sua manutenção.

O ficheiro histórico pode ser explorado, designadamente, para:

- (a) **Fiabilidade** - Determinação das leis de fiabilidade, perfil de avaria, taxa de avaria, etc. .
- (b) **Disponibilidade** - Determinação da disponibilidade média do equipamento.
- (c) **Métodos** - Determinação de pontos fracos do equipamento (para melhoramento) e de avarias mais frequentes (para melhor preparação de materiais, documentação e mão-de-obra).
- (d) **Gestão de stocks** - Determinação dos consumos habituais de peças e módulos.
- (e) **Gestão de manutenção** - Determinação de custos por equipamento, por oficina, por tipo de avaria, por tipo de intervenção, etc. . Construção do quadro de bordo.

Para exploração do ficheiro histórico são utilizados diversos modelos matemáticos, normalmente suportados em computador. Os mais correntes são:

- (a) **Leis 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 (por exemplo associando a cada uma o respectivo tempo de imobilização) e ordenação por peso decrescente das avarias por natureza e por motivo. A aplicação de uma análise ABC permite identificar as avarias sobre as quais deve incidir análise mais detalhada.
- (b) **Teste de Spearman** - É um teste de correlação que permite determinar se há correlação significativa entre avarias e suas causas.

- (c) **Leis de desgaste** - A determinação do perfil, de desgaste de órgãos ou componentes, em função do tempo de utilização, permite identificar a forma de manutenção mais adequada e o tempo mais indicado para efectuar a intervenção.
- (d) **Leis de fiabilidade** - Determina-se 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.

CAPÍTULO IV

MANUTENÇÃO PROGRAMADA

1. INTRODUÇÃO

Depois de se ter abordado, na secção anterior, a reparação de avarias, ou seja a manutenção curativa, e reservando-se para a secção seguinte o tratamento da manutenção condicionada, seria lógico que se abordasse agora o tema da manutenção preventiva. Porquê então este título de Manutenção Programada? Essencialmente porque entendemos que todas as acções de manutenção se devem articular no seio de um programa de manutenção global que inclui tanto tarefas de manutenção preventiva como tarefas de manutenção condicionada. Ao tratar em conjunto a manutenção preventiva e a manutenção programada enfatiza-se a necessidade de usar a manutenção preventiva de uma forma programada e integrada e não como um somatório de tarefas avulsas e desconexas.

A manutenção preventiva, consistindo na realização periódica e sistemática de intervenções físicas sobre o equipamento com o objectivo de minimizar o risco de ocorrência de avarias graves, é particularmente adequada para os componentes, órgãos ou sistemas que têm um padrão de avaria do tipo do representado no Gráfico 2.3, em que é possível estabelecer, por projecto ou por métodos estatísticos, um tempo de utilização do equipamento a partir do qual, com forte probabilidade, a sua operacionalidade se degrada para além de limites aceitáveis.

Em relação à manutenção resolutive ou curativa, a manutenção preventiva apresenta as seguintes vantagens:

- **prolonga a vida útil dos equipamentos** evitando a ocorrência de avarias graves;
- **aumenta a disponibilidade dos equipamentos** para operação porque reduz a taxa de paragens por avaria;
- **melhora o aproveitamento da mão de obra de manutenção** porque permite efectuar um planeamento da sua utilização;

- **melhora as relações com a produção** porque as paragens das máquinas podem ser (dentro de certos limites) programadas respeitando as conveniências da produção;
- **melhora a produtividade dos técnicos da manutenção** porque as tarefas são repetitivas, permitindo aprender com a experiência, e previsíveis, permitindo formação planeada;
- **reduz a necessidade de imobilizar material em *stock*** porque se pode conjugar a sua compra com a data prevista para a sua utilização;
- **reduz a necessidade de manter equipamentos de reserva** para entrar em substituição dos avariados;
- **aumenta a segurança** dos operadores e do equipamento.

No entanto, porque a manutenção preventiva se faz, como se disse, de forma periódica e sistemática, independentemente da condição do material, apresenta alguns inconvenientes em relação à manutenção condicionada:

- ao intervencionar os equipamentos há sempre o **risco de introduzir avarias**, por acidente ou negligência;
- ao substituir peças antigas por novas há sempre o risco de que estas apresentem **defeitos de origem** susceptíveis de afectar a operação;
- ao substituir as peças antes do termo da sua vida útil **perde-se tempo de vida** que representa desperdício de material.

Cada forma de manutenção tem as suas vantagens e os seus inconvenientes. Algumas formas de manutenção não são aplicáveis a determinado tipo de equipamentos, não são compatíveis com o tipo de processo produtivo da empresa ou não são justificáveis do ponto de vista económico. É, por isso, necessário estabelecer um programa de manutenção que tenha em perfeita conta as características de cada componente e do seu impacto no processo produtivo e estabeleça a forma de manutenção que mais se lhe adequa. Com frequência cada vez maior, a manutenção é considerada no próprio projecto do equipamento, pelo que o seu fabricante apresenta já, muitas vezes, um programa recomendado.

2. TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

As principais tarefas de manutenção preventiva são:

- (a) **Lubrificação** - Consiste na introdução de líquidos ou massa lubrificantes em locais apropriados dos equipamentos - pontos de lubrificação - com o objectivo de separar peças móveis em contacto evitando o seu desgaste, reduzir o calor gerado pelo atrito, remover contaminantes e materiais resultantes do desgaste das peças e proteger contra corrosão.

O programa de lubrificação deve ter em conta a identificação do equipamento, a localização dos pontos de lubrificação (em desenho ou fotografia, de preferência), a escolha do lubrificante, o método de aplicação, a periodicidade da lubrificação, eventuais necessidades de acessos e quem é responsável pela execução do trabalho.

As informações iniciais para o estabelecimento do programa de lubrificação podem ser originadas no fabricante do equipamento, no distribuidor de lubrificantes ou noutro operador, mas devem ser sempre ajustadas em função da experiência própria. As vivências do operador da máquina, do lubrificador e do técnico de manutenção são essenciais para o contínuo aperfeiçoamento do programa.

Apesar de ser uma operação relativamente simples, a lubrificação exige grande sentido de responsabilidade do seu executante, bom domínio da técnica e um constante estado de alerta para todo e qualquer indício significativo que surja no decorrer do seu trabalho.

A lubrificação está geralmente associada a outras tarefas, como a limpeza ou mudança de filtros, a mudança do óleo, etc. . Pode também ser complementada com técnicas de manutenção condicionada como a análise de óleos e a análise de limalhas. É conveniente manter um registo dos consumos de lubrificante em cada ponto de lubrificação e analisá-lo para detectar eventuais anormalidades de consumo.

- (b) **Outros Serviços** - São operações simples, como limpezas, abastecimento de fluídos, etc., que por alguma razão devam figurar no programa de manutenção.

- (c) **Inspecção Visual Simples** - Esta tarefa pressupõe que o técnico de manutenção utiliza essencialmente os seus sentidos (e, sobretudo, o seu conhecimento e experiência), sem necessidade de recurso a equipamentos adicionais que não sejam, eventualmente, escadas ou plataformas, para detectar sinais evidentes de danificação ou mau estado geral. Não terá que abrir quaisquer acessos que requeiram ferramentas especiais. É o tipo de inspecção que pode ser feito numa ronda programada para cobrir em sequência todos os aspectos relevantes de uma instalação industrial.
- (d) **Inspecção Visual Completa** - Este tipo de inspecção já pode requerer a abertura de acessos para permitir uma inspecção mais detalhada, eventualmente com recurso a lanternas, espelhos ou lupas, com a finalidade de detectar vestígios de fugas de líquidos, falta de limpeza, corrosão, fracturas, má fixação, aperto insuficiente, deformação, sobreaquecimento, etc. . É aplicável a elementos estruturais, condutas, tubagens, cablagens, equipamentos eléctricos, fichas, tomadas, órgãos de transmissão e outros. Uma inspecção visual efectuada por um elemento experiente é um elemento essencial de qualquer programa de manutenção pois permite, de uma forma expedita, detectar problemas que muitas vezes escapariam a outro tipo de acções de manutenção.
- (e) **Ensaio Operacional** - Consiste em verificar a condição de funcionamento de um equipamento, em regime normal, sem recurso a equipamento adicional de ensaio ou medida. É o tipo de ensaio que é normalmente requerido na sequência da reparação de uma avaria, mas pode ser usado na pesquisa de avarias ou como procedimento regular de manutenção preventiva, em particular no caso de equipamentos que desempenham funções ocultas (estas são funções que, ou não estão normalmente activas e não há indicação de ocorrência de avaria a não ser quando a função é requerida - exemplo: grupo gerador de emergência -, ou estão normalmente activas mas a sua eventual avaria passa despercebida ao operador - exemplo: sistema de detecção de incêndio).
- (f) **Ensaio Funcional** - É um ensaio completo em que se procura simular diferentes regimes e situações de funcionamento do equipamento ou sistema, para determinar se os seus parâmetros de operação se encontram dentro dos limites correctos. Requer, normalmente, o recurso a equipamentos externos de ensaio e medida. A excedência dos valores limite admissíveis

pode ser sintoma de existência de microavarias que requeiram acção correctiva antes de evoluírem para uma avaria grave.

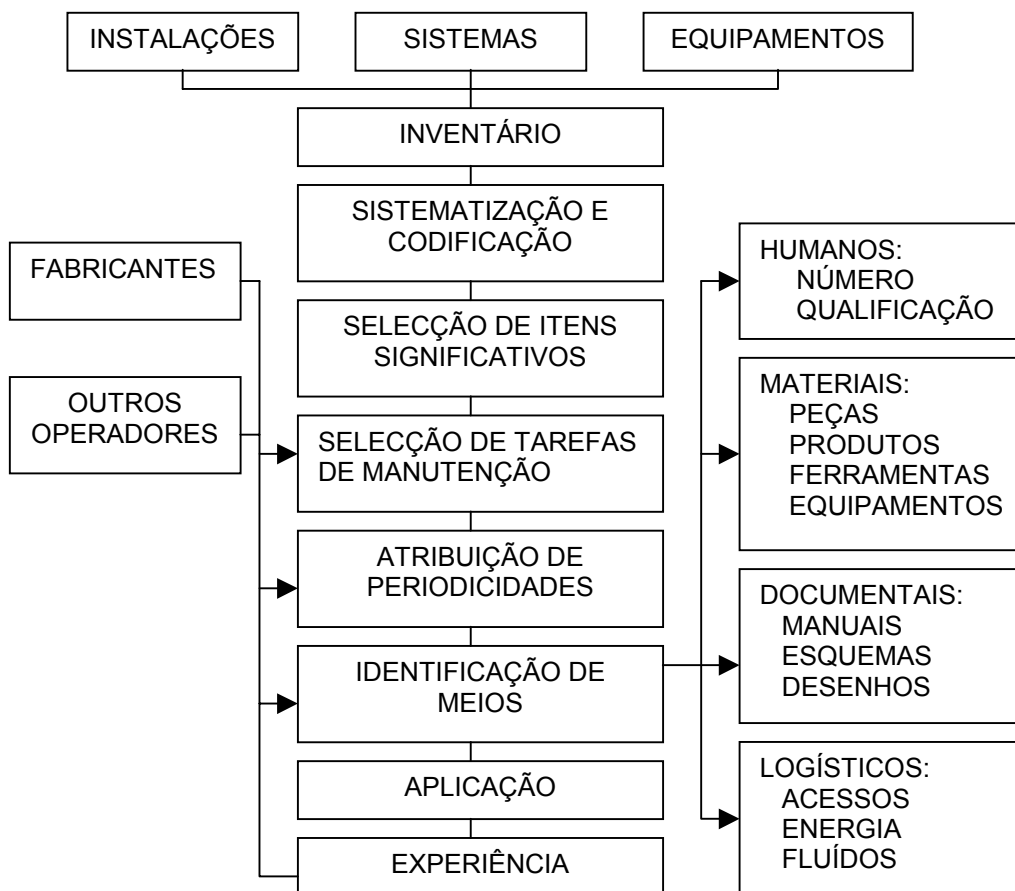
- (g) **Ensaio Oficial** - É semelhante a um ensaio funcional, mas pressupõe a desmontagem do componente do equipamento ou sistema em que se encontra instalado e o seu envio a uma oficina para ser ensaiado em banco.
- (h) **Ajuste** - É uma tarefa que consiste na reposição do valor nominal de uma característica física do equipamento (binário de aperto, força de uma mola, folga entre superfícies, etc.). É sempre 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 o parâmetro.
- (i) **Abate** - Consiste na remoção da parte ou componente e seu abate. Aplica-se a componentes sujeitos a avarias do tipo "explosivo" e não reparáveis (exemplo: lâmpada eléctrica) ou componentes com vida limitada e cuja condição não é detectável por ensaio (exemplo: extintor de incêndio). Para ser eficaz a tarefa deve ser executada antes da previsível ocorrência da avaria.
- (j) **Revisão Parcial** - Consiste na desmontagem, verificação, limpeza, substituição de peças, ajuste, montagem e ensaio de parte de um equipamento ou sistema. A parte do equipamento ou sistema a ser sujeita a revisão pode ser determinada por um programa que prevê a execução de sucessivas revisões parciais, desfasadas no tempo, até cobrir todo o equipamento, ou pode resultar das indicações de ensaios ou outros métodos de manutenção condicionada ou de diagnóstico que aí localizaram uma avaria real ou potencial.
- (l) **Revisão Geral** - Consiste na desmontagem completa de um equipamento, verificação, limpeza e substituição - onde necessário - de peças, montagem e ensaio. É uma acção de manutenção adequada para equipamentos ou componentes sujeitos a desgaste progressivo com a operação e com um número limitado de modos de avaria.

Estas são, como se disse, as principais tarefas de manutenção preventiva. As características específicas de um dado equipamento ou sistema podem

aconselhar a definição de outras tarefas ou conjuntos de tarefas que deverão ser acrescentadas a estas.

3. DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

O esquema proposto para desenvolvimento de um programa de manutenção segue uma metodologia de análise "de cima para baixo", isto é, do mais geral para o mais particular, em aprofundamentos sucessivos e envolvendo várias etapas, que se pode esquematizar deste modo:



Não é muito provável que uma empresa que não tenha qualquer programa de manutenção desenvolva e implemente de imediato um programa que cubra a totalidade das suas instalações e equipamentos. Poderá haver constrangimentos de ordem técnica, económica ou mesmo cultural que recomendem uma implementação parcelada e progressiva. Em qualquer caso, recomenda-se vivamente a

utilização da metodologia descrita, ainda que a intenção seja a de cobrir apenas uma secção fabril, uma linha de produção ou até mesmo um só equipamento. A vantagem deste tipo de aproximação é que, com muita facilidade, se alarga o âmbito do programa ou se procede à sua revisão.

Detalhemos então cada uma das fases do desenvolvimento do programa de manutenção.

(1) **Inventário** - A primeira etapa na elaboração do programa de manutenção é a inventariação de todos os edifícios, instalações, máquinas e equipamentos que devem ter controlo, de manutenção. Para cada um deve ser aberta uma ficha, ou um registo no sistema informatizado de gestão de manutenção, se houver um. A informação a registar é, tipicamente:

- número de código
- designação
- fabricante
- modelo ou tipo
- número de série
- data de compra e número do respectivo processo
- preço de compra
- características principais
- dimensões e peso
- localização
- identificação dos subconjuntos ou componentes substituíveis em linha
- condições particulares de operação
- outras anotações

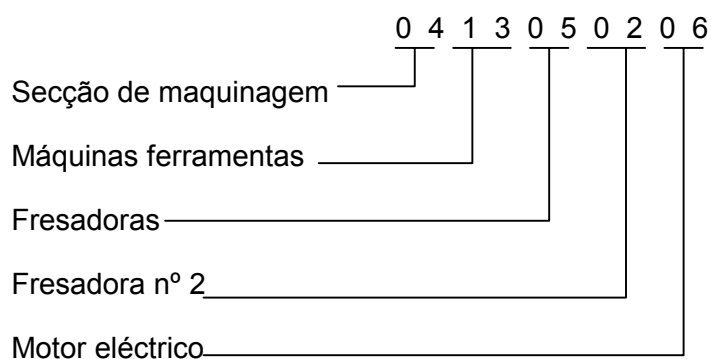
Este é o registo para efeitos de inventário. Complementarmente a este virão a ser criados registos para todas as acções de manutenção efectuadas no equipamento e para as operações contabilísticas sobre ele lançadas.

(2) **Sistematização e Codificação** - Esta segunda etapa é importante para a organização do processo de manutenção pois permite, de forma sistemática, abranger todos os itens susceptíveis de ser integrados no programa de manutenção, sem risco de omissões ou duplicações. Para isso, é feita uma listagem de todos os itens partindo do mais geral - a totalidade da unidade produtiva, ou as várias unidades produtivas da empresa - para o mais particular - o menor subconjunto ou componente susceptível de ser

substituído em linha - em subdivisões sucessivas por localização, função ou características técnicas. A cada item é atribuído um número de código construído pelo mesmo processo .

Uma forma de sistematização possível é a seguinte:

- A unidade industrial é dividida em secções, atribuindo-se um número a cada uma, sem omitir as áreas comuns e de apoio.
- Em cada secção é feita uma decomposição que cobre todos os equipamentos e sistemas nela existentes como, por exemplo, sistema eléctrico, sistema de climatização, sistema de água e despejos, estrutura e revestimentos, máquinas ferramentas, etc. .
- Dentro da linha de máquinas ferramentas poderemos considerar diferentes tipos de máquinas e, dentro de cada tipo, ordenar sequencialmente as várias máquinas existentes. Se cada máquina tiver subconjuntos ou componentes substituíveis em linha deverão ser também listados.
- Repete-se este procedimento até ter coberto a totalidade das instalações, sistemas, equipamentos, subconjuntos e componentes.
- À medida que se vai elaborando a listagem vai-se construindo o código de cada item que pode ter uma estrutura como esta:



Um aspecto interessante deste método é que permite trabalhar em todo o detalhe apenas uma determinada secção onde, por exemplo, se decidiu iniciar a aplicação do programa de manutenção. Quando se decidir alargar o programa a outras secções faz-se, só nessa altura, a respectiva análise de detalhe mantendo sempre, todavia, a perspectiva do estado de desenvolvimento do programa.

(3) **Seleção de Itens Significativos para Manutenção** - Nem todos os itens que foram listados e codificados como se referiu têm a mesma relevância do ponto de vista de manutenção. Devem ser considerados significativos do ponto de vista de manutenção todos os itens cuja avaria:

- possa afectar a segurança de pessoas ou bens, ou
- tenha um impacto económico ou operacional significativo, ou
- não seja detectável durante a operação normal (avaria oculta)

Estes itens são identificados na lista anteriormente elaborada com o código ISM.

(4) **Seleção de Tarefas de Manutenção** - Para todos os itens identificados com o código ISM há agora que definir uma ou mais tarefas de manutenção, de entre as listadas em 4.2 para a manutenção preventiva, ou em 5.2 para a manutenção predictiva. Neste ponto e nos seguintes, as recomendações podem partir dos fabricantes ou de outros operadores, mas a experiência própria é essencial para ir melhorando a adequação do programa de manutenção.

No entanto é importante ter presente que só faz sentido estabelecer uma tarefa de manutenção se ela for eficaz para resolver o problema que levou à classificação do item como significativo para manutenção (isto é, garantir a segurança, melhorar a economia, assegurar a disponibilidade para operação ou confirmar a existência de uma função oculta).

(5) **Atribuição de Periodicidade** - Uma vez identificada a tarefa de manutenção, a etapa seguinte é atribuir-lhe uma periodicidade que pode ser expressa em tempo calendário (dias, semanas, meses, anos), em horas de operação, em ciclos de operação, etc. É conveniente que a cada periodicidade seja associada uma certa tolerância que dê margem para se poder agrupar tarefas afins. Tal como os outros elementos do programa de manutenção a periodicidade pode - e deve - ser revista em função da experiência que se for reunindo.

(6) **Identificação de Meios** - Para a execução das tarefas de manutenção constantes do programa é necessário dispor de meios humanos, materiais, documentais e logísticos. A enumeração desses meios, pelo menos dos mais

específicos, no programa de manutenção facilita o posterior planeamento dos trabalhos.

Os meios a identificar são: número e qualificação dos técnicos de manutenção; peças, produtos, ferramentas ou equipamentos de ensaio; manuais, esquemas e desenhos; meios especiais de acesso; energia eléctrica, hidráulica, pneumática.

Depois de concluídas estas etapas, resta proceder à aplicação do programa e aproveitar a experiência para ir procedendo aos ajustes que se revelem necessários.

CAPÍTULO V

MANUTENÇÃO CONDICIONADA

1. INTRODUÇÃO

Sempre que seja possível prever a ocorrência de uma avaria pela deterioração do valor de algum parâmetro indicativo da condição de uma máquina ou sistema, e se isso puder ser feito com tempo suficiente para se poder planejar uma intervenção correctiva, então estamos perante uma situação em que a manutenção predictiva ou condicionada é aplicável.

Entre as técnicas usadas em manutenção predictiva, algumas das quais são descritas em maior detalhe mais adiante, incluem-se: análise de vibrações, termografia, análise de óleos de lubrificação, análise de partículas, ferrografia, inspecção por ultrasons, inspecção radiográfica, etc. .

A manutenção predictiva não substitui integralmente os métodos mais tradicionais de manutenção resolutive e manutenção preventiva. Pode, no entanto, ser um complemento muito poderoso quando integrada num programa global de manutenção.

A manutenção predictiva apresenta as seguintes vantagens:

- **menor número e gravidade de avarias** - Como a condição das máquinas é vigiada regularmente, é possível intervir antes de se verificarem avarias graves.
- **menor tempo de imobilização para reparação** - A análise da condição da máquina permite, frequentemente, identificar os componentes responsáveis pela avaria, reduzindo drasticamente o tempo dedicado ao diagnóstico.
- **custos de manutenção mais baixos** - Como consequência lógica dos dois pontos anteriores, há menor dispêndio tanto em materiais como em mão de obra.
- **menos material em stock** - Em vez de manter material em stock à espera da ocorrência da avaria, é possível agora planejar a sua encomenda para qual a entrega coincida com a data planeada para a intervenção.

- **maior duração dos equipamentos** - Estando menos sujeitos a avarias graves, e sendo submetidos a manutenção preventiva com prazos e eficácia aferidos pelo programa de controlo de condição, os equipamentos vêm a sua duração significativamente aumentada.
- **maior disponibilidade dos equipamentos** - Como o número de intervenções de manutenção obrigando a paragem do equipamento é menor, e a oportunidade das paragens pode ser conciliada com as conveniências da produção, os equipamentos ficam mais tempo disponíveis para o seu fim primário.
- **maior segurança** - A possibilidade de detectar a tempo deteriorações de condição susceptíveis de conduzir a avarias catastróficas permite tomar as medidas adequadas para evitar a sua ocorrência, anulando assim possíveis efeitos nefastos sobre pessoas e bens.

2. TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO PREDICTIVA

O sucesso de um programa de manutenção predictiva passa pela selecção de um conjunto de técnicas que, complementando-se, retrate o mais fielmente possível a condição dos equipamentos. As técnicas mais correntemente utilizadas são as seguintes:

- (a) **Análise de vibrações** - Esta técnica, que é a mais divulgada, assenta no conhecimento de que a vibração (ou ruído) de um órgão mecânico em movimento é característico da sua condição. É assim que uma pessoa experiente se apercebe de que uma máquina está com problemas quando tem um "trabalhar" diferente, isto é, quando há uma alteração em intensidade e/ou frequência no som normalmente emitido pela máquina. No entanto, como o ouvido humano não tem sensibilidade para detectar as pequenas variações que indiciam o aparecimento dos defeitos, de modo a permitir uma intervenção antes que eles se agravem, há que utilizar detectores apropriados para medir as vibrações.

Nas configurações mais simples estes detectores, ou sensores, são portáteis e são levados pelo operador a cada máquina, a intervalos determinados, para efectuar as medições apropriadas, sendo os valores anotados para posterior análise. No outro extremo, há configurações em que os sensores estão

permanentemente instalados nas máquinas e as suas leituras são automaticamente transmitidas a um computador que as regista, analisa, compara com os valores de referência e lança o alarme se os limites admissíveis forem excedidos. Entre os dois extremos é possível encontrar soluções não muito dispendiosas e extremamente eficazes.

A técnica de análise de vibrações é aplicável a, virtualmente, qualquer tipo de máquina e é usada com muita frequência em motores, geradores, turbinas, compressores, bombas, etc. É possível definir três níveis de profundidade na análise de vibrações:

- **Análise em banda larga:** é medida a intensidade das vibrações numa gama larga de frequências. A ultrapassagem dos limites de controlo permite determinar a degradação do estado geral da máquina;
- **Análise em banda estreita:** é medida a intensidade das vibrações em bandas de frequência estreitas, cada uma delas característica de um órgão ou componente. A excedência do limite de controlo numa determinada banda permite identificar o órgão ou componente que se está a degradar.
- **Análise de assinatura:** é feito um registo gráfico da intensidade de vibração em função da frequência. Por comparação com um registo da máquina em nova (a "assinatura") é possível determinar a existência de falhas em progressão e a sua localização.

- (b) **Termografia** - Esta técnica baseia-se na propriedade que todos os corpos têm de emitir radiações cuja intensidade e frequência ("cor") são função da sua temperatura. Assim, medindo a intensidade da radiação na gama dos infra-vermelhos, é possível detectar variações anormais na temperatura do corpo.

São susceptíveis de ser detectadas por esta técnica todas as avarias que sejam precedidas de um aumento ou abaixamento significativo de temperatura como, por exemplo, as que ocorrem em motores eléctricos, transformadores, quadros de distribuição e outros equipamentos eléctricos em sobrecarga ou curto circuito; instalações e equipamentos de aquecimento,

refrigeração ou permuta de calor sujeitos a sobrepressão, com fugas ou com deficiência de isolamento; órgãos mecânicos sujeitos a atrito anormal por deficiência de lubrificação.

Tal como nas outras técnicas de manutenção predictiva, o resultado das medições efectuadas tem que ser comparado com um padrão para se concluir da existência de defeito e da sua potencial gravidade. É, por isso, necessário que as observações sejam efectuadas em condições que não introduzam perturbações nas leituras (ventos ou correntes de ar, poeiras ou vapor de água no ambiente, fontes de calor ou frio externas, etc.) e os resultados sejam analisados por pessoas experientes.

Consoante o tipo de aplicação pretendido podem ser usados aparelhos mais simples, como os termómetros de infravermelhos ou os rastreadores lineares, que medem a temperatura num ponto ou ao longo de uma linha, ou aparelhos mais sofisticados que, à semelhança de uma câmara de vídeo, traçam a imagem térmica de um equipamento, uma conduta, uma parede, etc., num tempo mínimo.

- (c) **Tribologia** - Significando, etimologicamente, a "ciência do atrito" a tribologia estuda o comportamento dos órgãos mecânicos sujeitos a atrito de rotação, seu desgaste e forma de o evitar.

Três técnicas do domínio da tribologia são particularmente interessantes:

- **Análise de óleos de lubrificação:** consiste na medição das características físicas e químicas dos óleos bem como na detecção da eventual presença de contaminantes líquidos (água, combustível) ou sólidos (limas). O objectivo desta análise é, primariamente, ajudar a definir o programa de lubrificação mais adequado ao equipamento, tanto no que respeita à selecção do lubrificante, como no que concerne aos intervalos das lubrificações; acessoriamente, a análise pode revelar a presença de contaminantes indiciando o surgimento de uma avaria.
- **Análise de limas:** consiste na determinação da forma, dimensão, quantidade e composição química das limas presentes no óleo de lubrificação e resultantes de desgaste em peças do equipamento. A forma e composição química das limas podem indicar o órgão de onde são provenientes; a dimensão e quantidade, assim como a sua variação entre duas

colheitas consecutivas, indicam a gravidade da avaria e o seu ritmo de progressão.

- **Ferrografia:** é também um método de análise de partículas só que, em vez de a sua recolha ser feita com uma amostra de óleo de lubrificação, elas são separadas por campos magnéticos, normalmente por bujões magnéticos que são intercalados nos circuitos hidráulicos. Por isso, é um método que só é aplicável a partículas de materiais ferrosos.

Uma precaução a ter para garantir o êxito destas técnicas é a de escolher o local adequado para efectuar a colheita das amostras: o ideal é um ponto na linha de retorno, antes de qualquer filtro - que, ao reter as partículas falseava os resultados por defeito - mas que não seja um ponto de dreno - onde a acumulação de impurezas falsearia os resultados por excesso.

- (d) **Inspecção ultra-sónica** - Esta técnica baseia-se na detecção de sons transmitidos através dos equipamentos ou estruturas. Difere da análise de vibrações porque aqui os sons se situam para além da gama audível, no domínio dos ultra-sons.

Esta técnica pode ter duas aplicações distintas. Numa aplicação, destinada a detectar fugas em condutas, percorre-se com o sensor a conduta em busca de altas frequências características da passagens de fluidos através de uma passagem apertada, como seria o caso da fuga. Noutra aplicação, destinada a detectar fracturas internas, chochos de fundição, etc., é aplicado de um dos lados da superfície um gerador de ultra-sons e do outro lado um sensor, procurando-se irregularidades internas que perturbem a normal transmissão do som.

- (e) **Outras técnicas** - Outras técnicas de ensaios não destrutivos, com aplicações mais restritas, podem ser utilizadas para detectar em tempo útil o estágio inicial de uma avaria numa máquina ou numa estrutura. São utilizadas com este fim, nomeadamente, as inspecções radiográficas, as emissões acústicas, os líquidos penetrantes, as correntes residuais ("eddy-currents"), as partículas magnéticas e a gamagrafia.

3. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREDICTIVA

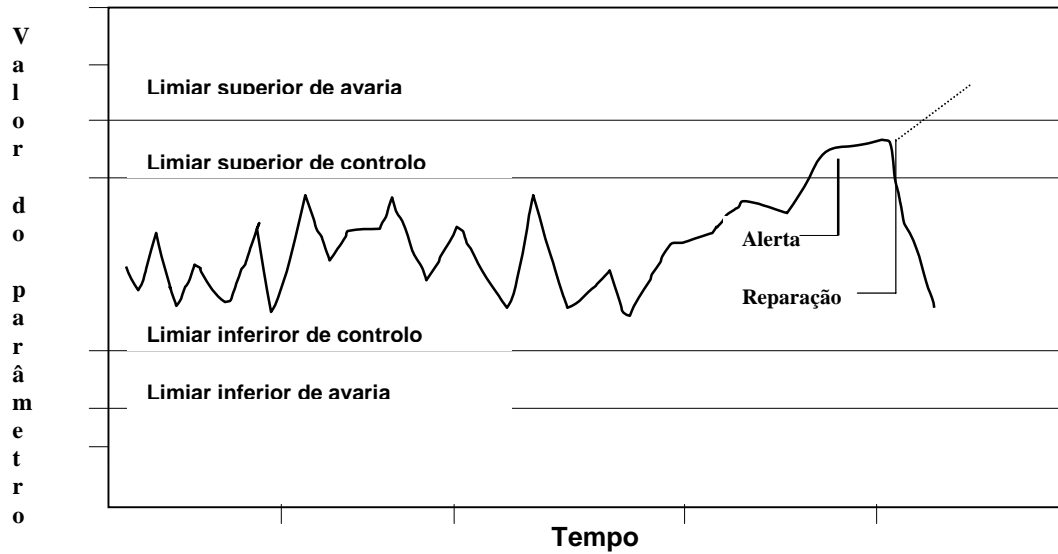
O estabelecimento de um programa de manutenção predictiva desenvolve-se nas seguintes fases:

- (a) **Seleção das instalações e equipamentos** - Pode pretender-se cobrir toda a área fabril com um programa deste tipo. O mais natural será começar por seleccionar um conjunto de equipamentos e instalações que, por serem vitais para o processo produtivo ou por terem componentes de custo muito elevado, se pretende manter em operação o maior tempo possível, eliminando paragens programadas para substituição de componentes que não estão avariados ou evitando paragens provocadas por avarias evitáveis.
- (b) **Seleção das técnicas** - Como vimos, cada técnica é vocacionada para uma determinada gama de aplicações. Não é, todavia, viável que uma pequena ou média indústria utilize toda a gama de técnicas de manutenção preventiva. Por isso, é recomendável seleccionar uma como principal e, na medida do possível, utilizar algumas outras como complementares. Numa instalação com grande número de equipamentos eléctricos pode ser adequado escolher a termografia como técnica de base. Já se recomendará preferencialmente a análise de vibrações para fábricas com predominância de equipamentos mecânicos.
- (c) **Definição do programa** - Uma vez identificadas as máquinas e escolhidas as técnicas, há agora que definir em que pontos vão ser tomados os registos e com que periodicidade. Estas definições são ajustáveis em função da experiência que for sendo reunida.
- (d) **Definição dos padrões** - Uma característica comum a todos os processos de manutenção predictiva é que não há valores absolutos. Para cada parâmetro, medido em cada ponto, há um valor de referência (a linha de base) e limites de alerta. É essa referência que é necessário estabelecer. Isto pode ser feito a partir de elementos fornecidos pelo fabricante dos equipamentos ou por experiência adquirida na empresa, quando tem instalado um programa de manutenção preventiva e pretende transitar para um de manutenção predictiva.
- (e) **Colheita de dados** - A colheita de dados pode ser feita por operadores que se deslocam até aos equipamentos, nas oportunidades determinadas pelo

programa, e fazem o registo dos parâmetros especificados. Também pode ser feita automaticamente por sensores integrados nas máquinas e transmitidas directamente ao computador.

- (f) **Análise de Dados** - Dado o grande volume de informação a tratar é pouco adequado que o tratamento dos dados seja feito manualmente. Em alguns casos um computador pessoal com um programa de cálculo relativamente simples será uma solução satisfatória. Noutras situações será necessário recorrer a soluções informáticas mais potentes e especializadas. Qualquer que seja a forma como se assegure esta função ela deve assegurar um registo histórico dos dados referentes a cada ponto de análise de cada equipamento, a construção de um gráfico de tendência e a emissão de um alerta quando forem excedidos os limites de controlo.
- (g) **Análise e Correção das Avarias** - Perante um alerta emitido pelo sistema de manutenção predictiva há que decidir se ele é suficiente para caracterizar a avaria ou se é necessário completá-lo com outros meios auxiliares de diagnóstico, eventualmente repetindo a mesma técnica com intervalos mais curtos ou usando outras técnicas. São então programadas as acções necessárias que poderão culminar com a paragem do equipamento para reparação no momento que, sendo compatível com a progressão da avaria dentro dos limites de segurança, mais convenha à produção (Gráfico 5.1).

Gráfico 5.1 – Gráfico de Controlo



Este programa pode ser totalmente executado pela própria empresa, mas é mais natural que haja que recorrer a apoio exterior. Neste caso, o prestador do serviço deve ser cuidadosamente seleccionado, não só para garantir que tem os meios técnicos e os conhecimentos apropriados, mas também para assegurar que tem a disponibilidade suficiente para se integrar no processo e escolher o programa mais adequado e ainda para estabelecer com o utilizador uma ligação eficaz que lhe permita tirar todo o proveito dos investimentos feitos.

CAPÍTULO VI

ESTRUTURAS DE MANUTENÇÃO

1. A POSIÇÃO DA MANUTENÇÃO NA EMPRESA

A organização da manutenção melhora o rendimento do trabalho, aumenta a disponibilidade das máquinas e reduz os custos de manutenção.

No entanto, a importância da manutenção nem sempre é bem entendida na empresa, sendo-lhe frequentemente atribuído um papel de subalternidade em relação à produção. É frequente exigir-se da manutenção uma resposta pronta em caso de avaria, mas não se lhe dar os meios e o reconhecimento devidos, nem permitir que ponha em prática uma política de manutenção programada.

Em empresas onde a gestão é mais esclarecida, compreende-se a importância da manutenção e atribui-se-lhe um estatuto de igualdade com a produção ou o fabrico. A manutenção fica então com a incumbência de gerir a posse dos equipamentos o que implica, nomeadamente, a participação na sua selecção, a intervenção na sua recepção e instalação, a gestão do seu programa de manutenção e a optimização do seu rendimento.

A manutenção não tem que ter, necessariamente, uma estrutura vasta e complexa. O que é importante é que cubra as funções essenciais, defina claramente responsabilidades e competências (ainda que em acumulação) e proporcione os meios indispensáveis ao exercício da sua actividade.

2. FACTORES QUE DETERMINAM A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Numa pequena empresa cuja actividade seja compatível com uma manutenção essencialmente resolutiva, é possível dispensar uma organização formal do sector de manutenção, podendo a distribuição do trabalho pelo pessoal executante ser feita pelo respectivo supervisor.

À medida que a dimensão da empresa aumenta, o tipo de actividade não permite paragens frequentes por avaria, ou as máquinas se tornam mais complexas, passa a ser indispensável enquadrar o pessoal envolvido nas actividades de manutenção numa estrutura que o oriente e apoie.

Entre os factores que determinam o tipo de estrutura de manutenção mais adequado podemos enumerar os seguintes:

- (a) tipo, quantidade, mobilidade e tecnologia dos **equipamentos** a manter;
- (b) regime de **operação da empresa** (produção contínua, por lotes ou individual; número de turnos; número de dias semanais de laboração);
- (c) **dispersão** dos equipamentos e instalações (concentrados num edifício; dispersos por vários edifícios próximos; dispersos por edifícios geograficamente afastados);
- (d) **dimensão** da empresa;
- (e) número e qualificação do **pessoal** de produção;
- (f) **âmbito** dos serviços cometidos ao departamento de manutenção;

Consoante a situação da empresa no que respeita a cada um dos factores referidos, assim se justificará uma organização de tipo centralizado ou descentralizado, com mais ou menos pessoal e níveis hierárquicos.

No caso de a manutenção ser centralizada, ela é integralmente assegurada por um único serviço. Se for descentralizada, certas responsabilidades são transferidas para os serviços de produção e fabrico.

A descentralização aproxima o controlo dos custos das áreas de produção mas, em contrapartida, gera o risco de coexistência de políticas de manutenção contraditórias.

3. ORGANIZAÇÃO POR OPERAÇÕES

A organização por operações consiste na criação de grupos especializados na realização de cada uma das diferentes operações da manutenção. Este tipo de organização é adequado para empresas que têm um tipo de equipamento bastante homogéneo (por exemplo, empresas de transportes).

As operações diferentes que devem ser consideradas podem variar de empresa para empresa e não têm que levar, forçosamente, à constituição de grupos separados: o melhor aproveitamento dos recursos pode determinar a junção de algumas das operações.

As operações de manutenção habitualmente consideradas são as seguintes:

- (a) **Inspecção** - Envolve a inspecção periódica dos equipamentos e ferramentas, o controlo de qualidade do trabalho executado pelo pessoal de manutenção, a inspecção dos materiais e peças recebidos dos fornecedores, a definição da possibilidade de recuperação dos materiais e peças removidos durante as reparações e revisões gerais, a verificação do cumprimento do programa de manutenção estabelecido.
- (b) **Manutenção** - Consiste nas operações de lubrificação, ajuste, ensaio, substituições, etc. que fazem parte do programa de manutenção preventiva.
- (c) **Reparação** - Abrange a reparação de equipamentos com avarias detectadas durante a operação ou no decorrer das inspecções, incluindo as reparações de emergência.
- (d) **Revisão Geral** - Envolve a desmontagem, substituição, montagem e ensaio de equipamentos.
- (e) **Modificação** - Integra as actividades de manufactura, modificação, transformação ou reconstrução de equipamentos.
- (f) **Conservação e Limpeza** - Cobre a conservação e limpeza de edifícios e logradouros. Pode incluir também a recolha e recolocação de sucata e resíduos industriais.

4. ORGANIZAÇÃO POR ZONA

Um departamento de manutenção organizado por zona distribui os seus grupos de manutenção, com os respectivos chefes, por localizações geográficas ou áreas distintas. Cada grupo terá que ser polivalente, para cobrir todas as necessidades de manutenção da zona que está à sua responsabilidade.

As vantagens deste tipo de organização são:

- menores tempos de deslocação até junto do equipamento;
- contacto mais frequente com o equipamento levando a um conhecimento mais íntimo do mesmo;
- maior familiaridade com as necessidades específicas da área assistida facilitando a relação entre a manutenção e a produção;

Também há, todavia, inconvenientes neste tipo de organização:

- possível desaproveitamento de mão de obra, em caso de quebra da carga de trabalho, por ser difícil transferi-la para outro local;
- possível ineficiência na utilização de ferramentas e materiais de que se tenha constituído *stock* localmente;

Em consequência do que se disse, a organização por zona é apropriada quando as distâncias entre áreas são grandes, o conhecimento específico e aprofundado dos equipamentos é importante, e o eventual sub-aproveitamento da mão de obra é menos importante que o valor do equipamento sujeito a manutenção.

5. ORGANIZAÇÃO POR OFICINAS

Neste tipo de organização os grupos estão geograficamente centralizados e reunidos por especialização. As oficinas consideradas pode ser, por exemplo, **Electricidade, Ar Condicionado, Serralharia, Pintura, Carpintaria, Conservação**, etc. .

Esta organização tem as seguintes vantagens:

- maior rendimento do trabalho devido a maior especialização;
- mais fácil organização do trabalho;
- melhores condições para formação do pessoal;
- maior possibilidade de dispor de equipamento de ensaio de muito boa qualidade;

Os inconvenientes deste tipo de organização são:

- aumento do tempo de trânsito dos equipamentos;
- menor sensibilidade para com as necessidades e problemas específicos da produção.

Esta forma de organização é mais adequada quando o tempo de trânsito de e para o local dos equipamentos é pequeno ou pode ser reduzido por bom planeamento, pode conseguir-se com facilidade a entrega antecipada dos materiais e ferramentas necessários, e o bom aproveitamento da mão de obra e do equipamento oficial é mais importante que o valor do equipamento mantido.

6. FUNÇÕES DA MANUTENÇÃO

A partir de certa dimensão e complexidade da manutenção torna-se necessário estabelecer secções de apoio para imprimir maior eficiência à actividade e libertar o pessoal executante de tarefas laterais à sua função principal.

As funções possíveis de se constituírem em órgãos separados, dentro da organização da manutenção são:

- (a) **armazém** de materiais, produtos e sobressalentes;
- (b) **aprovisionamento** de material de manutenção;
- (c) **ferramentaria**;
- (d) **controlo financeiro**;
- (d) **administração de pessoal** de manutenção;
- (e) **transportes**;

- (f) **preparação do trabalho;**
- (g) **planeamento e controlo** do trabalho;
- (h) **estudos e projectos;**
- (i) **administração de subcontratos;**

Algumas destas funções são analisadas em maior detalhe nas secções seguintes.

CAPÍTULO VII

RECURSOS HUMANOS

1. QUADRO DE PESSOAL

A Manutenção é assegurada por pessoas que devem ter a qualificação necessária, ser em número suficiente e estar integradas numa estrutura orgânica com a dimensão adequada à extensão e complexidade do trabalho a desenvolver.

Provável consequência de uma menor consideração pela actividade de manutenção - que existiu e tarda a desaparecer - nem sempre estas condições estão reunidas, mas é uma situação que tem de ser modificada por força da crescente exigência de responsabilidade e de conhecimentos que impende sobre o pessoal de manutenção.

A definição do quadro correcto de pessoal de manutenção, em número e qualificação, pressupõe a resposta às seguintes questões:

- (1) **qual** o trabalho a realizar?
- (2) **onde** vai ser feito o trabalho?
- (3) **como** vai ser feito o trabalho?
- (4) **quando** deve ser feito o trabalho?
- (5) **quem** vai fazer o trabalho?

O trabalho a realizar pode englobar, como se viu, tarefas de manutenção resolutiva (avarias expectáveis ou pendentes), de manutenção preventiva (lubrificação, afinações, ensaios, inspecções, revisão geral, etc.), de manutenção predictiva (leituras de indicadores, análise de registos, ensaios laboratoriais, etc.) e de manutenção de melhoramento (reconstrução, modificação). Como base para a avaliação do trabalho podem ser usados: o programa de manutenção, o plano de trabalhos para o ano em curso, a carteira de trabalhos pendentes, elementos estatísticos de anos anteriores. Na utilização de elementos históricos não pode ser esquecida a necessidade de eventuais ajustamentos impostos por alterações,

já decididas ou planeadas, no número de equipamentos a instalar ou remover, inovações tecnológicas, alteração do processo produtivos, modificação das condições laborais, etc. .

O facto de a manutenção ser feita no local, em instalações ou equipamentos fixos, ou de ser feita em oficina sobre equipamentos que para aí são levados, determinando as distâncias a percorrer e as condições físicas em que o trabalho é realizado, influencia também a constituição da equipa de manutenção.

Da mesma forma é influente a forma como vai ser feito o trabalho. Por exemplo: privilegia-se a reparação local das avarias ou a substituição de módulos que serão posteriormente reparados em oficina ou no exterior?

Também se deve inquirir qual a periodicidade das intervenções programadas, a frequência habitual das chamadas de emergência, o número de turnos em que o pessoal de manutenção deve trabalhar para satisfazer as necessidades da produção, a melhor oportunidade para efectuar as paragens para manutenção, a eventual sazonalidade da actividade produtiva, etc. .

Finalmente, deve decidir-se quem vai executar as diferentes tarefas de manutenção: o que vai ser cometido ao pessoal de produção, o que vai ser da responsabilidade da manutenção e o que vai ser subcontratado. Nesta decisão devem pesar a complexidade da tarefa, a capacidade do executante e a possibilidade de associar, na mesma intervenção, tarefas complementares.

A profundidade com que é feita esta avaliação depende da dimensão da organização de manutenção. No entanto, mesmo em pequenas organizações, onde o dimensionamento é feito em bases históricas, com ajustes pontuais forçados pelas circunstâncias, parece adequado fazer uma reflexão segundo estas linhas, já que ela pode revelar insuficiências, desajustamentos ou redundâncias causadoras de agravamentos de custos e perdas de eficiência.

2. CHEFIAS

Desde que a equipa de manutenção ultrapasse uma certa dimensão (tipicamente 6 a 8 pessoas) torna-se necessário enquadrá-la por um elemento que coordene as suas actividades, designadamente:

- distribuir as ordens de trabalho pelos elementos da equipa de acordo com a sua disponibilidade e qualificação;
- assegurar que os trabalhos são executados nos tempos previstos;
- assegurar a qualidade do trabalho executado;
- identificar e procurar remover obstáculos à boa produtividade da equipa;
- promover o aperfeiçoamento profissional e a formação do seu pessoal.

Não se considera, todavia, como da competência do chefe da equipa a execução de funções de planeamento, preparação de trabalho, controlo de *stocks* ou gestão da documentação técnica, que deverão ser assegurados por outras pessoas, de menor qualificação, em exclusividade ou em acumulação.

O crescimento da actividade de manutenção obrigará à diversificação dos grupos em que se integram os técnicos de manutenção, ao alargamento da estrutura hierárquica e à autonomização das funções de apoio. Em qualquer caso, a estrutura deve manter flexibilidade suficiente para poder responder com facilidade a qualquer alteração do contexto empresarial, sendo particularmente importante preservar uma estreita ligação com a produção para não perder de vista as suas necessidades. É necessário ter sempre presente que a manutenção não é um fim em si, mas antes um meio para que a empresa, no seu conjunto, atinja os seus fins.

Sempre que possível, as chefias devem ser recrutadas entre o pessoal da manutenção. Tem-se a vantagem de obter chefes já bem identificados com a actividade de manutenção e de incentivar o seu pessoal oferecendo-lhe perspectivas de progressão.

Quando isto não seja possível, o recrutamento noutros departamentos da empresa, em especial na produção, tem ainda assim o mérito de melhorar as relações inter-sectoriais e de permitir conhecer também o perfil dos potenciais candidatos.

O recurso ao exterior só parece justificável quando não há na empresa pessoal com a qualificação necessária.

3. FORMAÇÃO

A formação do pessoal de manutenção deve assegurar-lhe as competências básicas necessárias para o desempenho da sua actividade e os conhecimentos específicos determinados pelas características dos equipamentos a intervir. A nível de supervisão e direcção a formação proporciona o conhecimento de técnicas de liderança e sensibiliza para as questões específicas da gestão de manutenção.

A formação para manutenção pode ser distribuída pelos seguintes níveis:

- (1) **Formação técnica de base** - Proporciona qualificação profissional em electricidade, electrónica, mecânica, hidráulica, pneumática, etc. É uma formação obtida nas escolas profissionais ou em programas de aprendizagem e, na manutenção moderna, não pode ser suprida apenas pela experiência.
- (2) **Formação geral sobre manutenção** - Complementa a formação de base com o conhecimento operativo dos conceitos, técnicas e meios próprios da manutenção. Sempre que possível, há vantagem em esta formação ser feita na própria empresa por proporcionar desde logo uma ligação à realidade concreta em que o trabalhador vai actuar.
- (3) **Formação específica de manutenção** - Aprofunda conhecimentos em alguns domínios específicos como o das técnicas de manutenção preventiva ou condicionada, ou o do diagnóstico e resolução de avarias, ou então estuda em detalhe algum equipamento específico, tanto do ponto de vista da sua operação, se se tratar de equipamento de ensaio ou medida, como do da sua manutenção, se se tratar de equipamento industrial.
- (4) **Formação de chefias de manutenção** - Associa um conhecimento mais aprofundado das técnicas de manutenção e suas funções de apoio a uma formação básica em técnicas de chefia.
- (5) **Formação em gestão de manutenção** - Destinada às chefias superiores da manutenção, esta formação alarga o âmbito dos conhecimentos do domínio puramente técnico para o da gestão dos recursos (humanos, materiais, financeiros), da organização e dos sistemas de informação.

Para os cursos que não seja possível realizar na empresa haverá que recorrer ao exterior, tanto a consultores que venham à empresa desenvolver acções de formação, como a firmas especializadas que organizam cursos sobre os temas referidos. Para os cursos sobre equipamentos é habitual recorrer ao fabricante ou seus distribuidores.

Em qualquer caso, há que ter presente que, se uma boa formação valoriza e motiva o pessoal, aumentando a sua eficiência, em contrapartida uma má formação desbarata recursos e desmotiva o pessoal. Por isso, a escolha de uma entidade para ministrar formação deve ser feita com o mesmo cuidado com que se faz a escolha de qualquer outro fornecedor.

CAPÍTULO VIII

INFRAESTRUTURAS E RECURSOS MATERIAIS

1. INSTALAÇÕES

O pessoal de manutenção necessita, para desenvolver a sua actividade, de determinados meios materiais: instalações; equipamentos de medida e ensaio; ferramentas gerais e de uso individual; materiais e produtos consumíveis; peças sobressalentes; meios de transporte.

A parte das instalações reservada à manutenção deve prever espaços, com boas condições de habitabilidade e meios de comunicação adequados, para:

- funções de coordenação (chefias, preparação de trabalho, controlo do trabalho);
- funções de apoio (documentação, gabinete técnico, planeamento e controlo de manutenção);
- oficinas de apoio geral ou especializadas (electricidade, electrónica, pintura, ar condicionado, etc.), com os adequados fornecimentos de energia e fluidos e meios de drenagem e exaustão;
- armazéns centrais e periféricos para materiais, produtos, peças, ferramentas, etc. ;
- estacionamento de veículos de transporte e movimentação, se os houver.

A consideração destas necessidades logo no projecto inicial garante melhores condições de trabalho à manutenção e evita despesas mais elevadas no futuro com adaptações que se venham a revelar necessárias e que poderão nunca ser totalmente satisfatórias.

Há também que introduzir no projecto uma grande flexibilidade nas instalações, por exemplo no traçado dos circuitos de energia e fluídos e na localização das suas tomadas, de modo a permitir uma fácil modificação dos espaços oficiais se as necessidades da manutenção assim o impuserem.

Outro aspecto a ter presente na especificação destas instalações é o da segurança, tanto no que respeita à protecção dos valores patrimoniais, como no que concerne à prevenção de acidentes.

2. MATERIAIS E PRODUTOS

Os materiais e produtos são elemento preponderante na eficiência da manutenção e podem ter peso muito relevante nos seus custos. Uma eficaz gestão de materiais tem por objectivo:

- assegurar uma boa disponibilidade do material;
- responder sem demora aos pedidos de material;
- definir as previsões de necessidades;
- imobilizar apenas o capital estritamente necessário, minimizando os custos totais de operação.

Algumas funções associadas à gestão de materiais que merecem uma referência mais detalhada são: o aprovisionamento, a armazenagem, a gestão de *stocks* e a manufactura e reparação.

(a) **Aprovisionamento** - No aprovisionamento de materiais de consumo, produtos ou peças sobressalentes, há que distinguir claramente duas situações:

- os materiais que são normalmente usados em reparações de urgência; e
- os materiais que se destinam a intervenções programadas.

Para os primeiros é necessário dispor de um *stock* que permita reduzir o tempo de imobilização necessário à reparação da avaria. A determinação dos materiais a aprovisionar e dos níveis de *stock* ideais é feita com base nas recomendações dos fabricantes ou instaladores dos equipamentos e ajustada pela experiência própria ou de outros operadores. No entanto, dado o elevado custo que representa a posse em armazém de material não movimentado, é essencial distinguir os equipamentos críticos, cujas imobilizações têm que ser reduzidas ao absoluto mínimo, daqueles cuja paragem é compatível com o tempo necessário ao aprovisionamento dos

materiais que se revelem necessários. Neste caso não é, obviamente, recomendada a criação de *stocks*.

Para os segundos, o seu aprovisionamento deve ser articulado com o momento previsto para a sua utilização. Aqui há que considerar não só os materiais que programadamente vão ser consumidos ou substituídos, como também aqueles que a experiência revela serem habitualmente necessários. Uma eficaz gestão do aprovisionamento, que passa por uma criteriosa selecção dos fornecedores, permitirá ter os materiais disponíveis na altura exacta, sem provocar atrasos na execução do trabalho mas também sem imobilizar o material desnecessariamente em armazém.

- (b) **Armazenagem** - A localização dos armazéns deve ser cuidadosamente decidida. Uma localização centralizada facilita o controlo dos *stocks* e reduz o número de itens armazenados. A existência de armazéns descentralizados reduz os tempos de espera quando a área abrangida pela manutenção é muito dispersa. De qualquer forma o controlo de existências deve ser sempre centralizado.

Quando existam armazéns descentralizados eles devem conter os materiais utilizados em exclusivo nessa área e os materiais comuns que aí são usados com muita frequência. O reabastecimento destes armazéns é feito a partir do armazém central.

Materiais de uso comum de grande consumo e baixo custo podem ser colocados em caixas abertas à disposição do pessoal da manutenção já que as eventuais quebras que se verificarem são de menor monta que o custo associado ao tempo gasto com o preenchimento de requisições e o seu aviamento.

Todos os materiais existentes em armazém devem ser codificados para facilitar a sua inventariação, localização e custeio.

No armazém de materiais de manutenção devem ser tidas em conta as regras de boa gestão comuns a todos os tipos de materiais. Destacaremos apenas alguns cuidados específicos muito sensíveis no caso de material de manutenção:

- todos os orifícios, canhões de ligação, tomadas, etc. devem ser protegidos com tampões;
 - nas peças que o requeiram deve ser verificada periodicamente a presença de lubrificante;
 - nos produtos, como as colas, vedantes, tintas, borrachas sintéticas, etc. que tenham tempo limite de armazenagem definido, este deve ser respeitado;
 - componentes electrónicos sensíveis à electricidade estática devem ser manuseados com as precauções recomendadas pelo fabricante;
 - componentes delicados, como por exemplo os que têm rolamentos de precisão, devem ser protegidos contra choques.
- (c) **Gestão de Stocks** - Juntamente com o aprovisionamento, esta é uma função muito importante para se encontrar o equilíbrio correcto entre o risco de *stocks* excessivos, conduzindo a elevados custos de posse do material (juros pagos ou não recebidos por ter o capital imobilizado; custo do espaço ocupado com a armazenagem; despesas com pessoal, transporte e controlo; perdas por deterioração e obsolescência) e o perigo de ruptura de *stocks* que desorganiza a produção, provoca atrasos e pode penalizar as vendas.

A reposição de *stocks* será feita de forma diferente consoante o tipo de material:

- para materiais de uso corrente, grande consumo e baixo custo, de forma automática sempre que se atinja o ponto de encomenda;
- para materiais associados às reparações de emergência, após apreciação caso a caso a seguir a ter-se atingido o ponto de encomenda;
- para materiais associados a intervenções planeadas, só nas datas e quantidades requeridos pelo plano de trabalhos.

A definição dos *stocks* envolve duas operações:

- a selecção dos materiais para os quais se vai constituir *stock*, e
- a definição das quantidades a manter em *stock*

A decisão de constituir *stock* de um determinado material ou peça de substituição assenta na avaliação de parâmetros como a sua probabilidade de falha, a criticidade para a operação de uma avaria provocada pela sua falha, a possibilidade da sua obtenção expedita em caso de necessidade, o seu custo por comparação com o impacto económico da imobilização devida à sua falha, etc. .

Para o cálculo de quantidades, pode recorrer-se a métodos empíricos expeditos ou a algoritmos baseados em leis de probabilidades (distribuição de Poisson).

No primeiro caso é usual estabelecer uma percentagem (10 a 25 % conforma a criticidade do item) do número de itens iguais instalados no equipamento. Se houver n equipamentos idênticos e for q a quantidade que se aprovisionaria para um, aprovisiona-se no total $q \cdot n$.

No segundo caso recorre-se a ábacos que dão o número de reservas recomendadas partindo do conhecimento do tempo de aprovisionamento ou de reparação, da taxa média de avarias e da taxa de serviço pretendida. Em versões alternativas pode substituir-se o critério de taxa de serviço pela comparação entre os custos de aquisição e posse do material e o custo da imobilização devida à ruptura de *stocks*.

- (d) **Manufacturas e Reparações** - Algumas peças poderão ser economicamente manufacturadas e/ou recuperadas nas oficinas de apoio. Para efeito de gestão de *stocks* estas oficinas deverão ser tratadas como fornecedores externos a quem é pedida responsabilidade pelo cumprimento dos prazos de entrega. As condições técnicas de manufactura e recuperação devem ser as definidas pelo fabricante do material original ou pelo gabinete técnico da manutenção.

3. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Os trabalhos de manutenção requerem frequentemente o uso de ferramentas e equipamentos específicos.

Com excepção das ferramentas de uso individual, que ficam à responsabilidade de cada executante, as restantes ferramentas e equipamentos devem ser

fornecidos a partir de um posto central (ou postos periféricos, se justificado) onde seja feito o seu controlo patrimonial e se assegure também a sua conservação, reparação e calibração.

A decisão de aprovisionar ferramentas e equipamentos deve seguir a mesma lógica de oportunidade já referida para os materiais e produtos. Não deve ser descurada a hipótese de os obter por empréstimo ou aluguer, em alternativa à compra.

A sua conservação pode ser feita na empresa, se se dispuser de oficinas apetrechadas para o efeito, ou no exterior, em oficinas reconhecidas.

Os equipamentos de medição e ensaio e algumas ferramentas de precisão têm que ser periodicamente sujeitos a verificação e calibração para garantir o rigor dos resultados da sua utilização. Esta calibração tem que ser feita em laboratório acreditado.

4. TRANSPORTES

As distâncias a percorrer ou o peso e volume dos equipamentos a movimentar podem obrigar o pessoal de manutenção a ter que recorrer a veículos de transporte e outros meios de movimentação de cargas. No entanto, a menos que a utilização prevista seja muito elevada, ou não exista uma coordenação centralizada dos transportes da empresa que garanta a sua disponibilidade rápida em caso de necessidade, não é recomendável criar uma frota própria para manutenção.

CAPÍTULO IX

PLANEAMENTO E CONTROLO DE MANUTENÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O trabalho de manutenção pode ser extremamente improdutivo. Mais de metade do tempo de presença do pessoal de manutenção pode ser perdido por razões como:

- deslocações de um local para outro em resultado de os circuitos estarem mal organizados;
- espera por material que pode nem sequer existir em *stock*;
- espera por ferramentas e equipamentos de ensaio e medida ou deslocações para os trocar por outros por estarem inoperativos ou não serem os adequados;
- falta da documentação técnica (manuais, esquemas, desenhos) necessária à execução do trabalho;
- interrupções de trabalho para atender a outros considerados mais urgentes;
- falta de trabalho distribuído;
- indisponibilidade da produção para parar o equipamento que deveria ser submetido a manutenção.

Estas situações serão familiares à maior parte das empresas. A única forma de lhes pôr termo é instalar um sistema adequado de planeamento e controlo. Não necessita ser muito grande ou muito complexo: deve ter apenas a dimensão e a complexidade ajustadas às necessidades da empresa. Em empresas com equipas de manutenção reduzidas, o planeamento deve ser feito pelo respectivo supervisor. Quando a dimensão aumenta, digamos que acima de 20 pessoas ligadas à manutenção, já se justifica ter pessoas especificamente dedicadas a essa actividade. Em qualquer dos casos o que é essencial é que haja sensibilidade para a importância desta função.

2. O PROCESSO DE PLANEAMENTO EM MANUTENÇÃO

O processo de planeamento em manutenção desenvolve-se em várias etapas.

Na primeira etapa define-se, essencialmente numa perspectiva técnica de salvaguarda da operacionalidade dos equipamentos, o conjunto de tarefas de manutenção que é mais adequado para cada um. É a fase da **programação de manutenção** que culmina com a produção do programa de manutenção, uma listagem de todos os equipamentos, sistemas e instalações sujeitos a manutenção, com indicação do seu número de código, designação, tipo e modelo, tarefas de manutenção aplicáveis e respectiva periodicidade. Esta etapa foi coberta em detalhe na secção 4.

A segunda etapa faz a compatibilização entre o programa de manutenção e o tipo e plano da produção. É a fase da **planificação de manutenção** em que as tarefas são organizadas e agrupadas de acordo com as características do processo produtivo. Algumas tarefas serão agrupadas em rondas como, por exemplo, a lubrificação, enquanto outras são destinadas à paragem anual da fábrica. Entre umas e outras há variadas possibilidades de escalonar no tempo e no espaço as tarefas de manutenção, como se verá adiante em mais detalhe.

Segue-se a terceira etapa, em que se faz a compatibilização dos trabalhos em carteira com os recursos necessários. Está-se agora na fase do **planeamento de manutenção**, em que se juntam os pedidos de reparação, os trabalhos de manutenção preventiva e os de manutenção condicionada, os trabalhos pendentes e as ordens de modificação, e se equaciona a sua execução face à disponibilidade de mão de obra, na quantidade e com a especialidade necessária, de materiais, de instalações.

Na etapa seguinte, a quarta, assegura-se que a equipa de manutenção que vai executar o trabalho tem à sua disposição todos os recursos de que necessita: materiais de consumo, peças de substituição, ferramentas especiais, equipamentos de ensaio e medida, meios de acesso, transporte e movimentação, etc. . É a fase da **preparação e lançamento do trabalho**.

Depois da execução do trabalho, ou da sua não execução por qualquer motivo, segue-se a quinta etapa, o **controlo da manutenção**, que tem por objectivo permitir a actualização do planeamento e alimentar os registos de manutenção.

3. PLANIFICAÇÃO DE MANUTENÇÃO

A planificação de manutenção faz, como se disse, a compatibilização entre o programa de manutenção e as características da produção.

O programa de manutenção estabelece todas as tarefas de manutenção preventiva e condicionada que são necessárias, definindo-lhes uma periodicidade e uma tolerância. Mas como não é possível nem desejável mandar executar cada tarefa no preciso momento em que ela se tornar devida, por ter expirado o respectivo prazo, seja ele em tempo calendário ou em tempo de operação, é necessário definir regras para agrupamentos de tarefas que facilitem o trabalho do planeamento e permitam o melhor aproveitamento de todos os dispendiosos recursos envolvidos.

Consoante as suas características os trabalhos de manutenção podem ser efectuados numa das seguintes quatro situações:

A - Em funcionamento: São trabalhos compatíveis, do ponto de vista técnico e de segurança, com a continuidade de operação da máquina.

B - Em paragem de rotina: São trabalhos que requerem que a máquina esteja parada e que podem ser feitos durante os períodos normais de paragem por razões de produção. Estas paragens de rotina podem ser subdivididas consoante a sua periodicidade:

B 1 - Paragem diária - Paragem ao fim de cada dia de trabalho;

B 2 - Paragem semanal - Paragem durante a interrupção semanal da produção;

B 3 - Paragem anual - Paragem durante o período de férias anuais.

C - Em paragem programada: Se o tipo de actividade produtiva não tiver paragens regulares que possam ser aproveitadas pela manutenção, ou se a extensão do trabalho não for compatível com a duração dessas paragens, há necessidade de negociar com a produção paragens especiais para manutenção.

D - Em paragem por avaria - Não são, obviamente, paragens planeadas, mas podem ser aproveitadas pelo planeamento para associar à reparação da avaria algum trabalho para o mesmo equipamento eventualmente existente em carteira.

O trabalho do responsável pela planificação de manutenção é, então, definir as rotinas que melhor se ajustam ao tipo de produção e classificar cada tarefa de manutenção numa dessas rotinas. Nos casos em que a periodicidade da tarefa não coincida com uma das rotinas, podem ser usados múltiplos da mesma. Assim, por exemplo, um trabalho que tenha que ser feito mensalmente numa paragem de rotina, será classificado como 4 x B 2, isto é, é repetido de quatro em quatro semanas. Como resultado desta actividade será produzido um **plano de manutenção**.

4. PLANEAMENTO DE MANUTENÇÃO. ORDENS DE TRABALHO.

O planeamento de manutenção vai partir de uma carteira de trabalhos constituída trabalhos programados, trabalhos pendentes, ordens de modificação e outros pedidos de trabalho adicionais e vai produzir ordens de trabalho agrupadas ou não em pacotes de trabalhos.

A **ordem de trabalho** é o documento que vai ser entregue ao executante ou ao chefe da equipa e, não só deve conter toda a informação necessária à preparação e execução do trabalho, como também deve permitir a recolha de informação indispensável ao controlo do trabalho e actualização dos registos técnicos e contabilísticos.

Para isso, a ordem de trabalho deve conter:

(1) Número da O.T. - Número sequencial;

- (2) Referência do Equipamento - Identificação do equipamento a intervir com designação, tipo e modelo, número de série e código (se houver);
- (3) Tipo de Trabalho - Classificação do trabalho a efectuar (reparação de avaria, manutenção programada, melhoramento, etc.);
- (4) Tarefa de Manutenção - Designação e código (se houver);
- (5) Oportunidade - Em funcionamento ou em paragem normal ou planeada (código da paragem, se houver);
- (6) Descrição do Trabalho - Se houver outro documento (carta de trabalho) que descreva o trabalho em detalhe, pode ser referido na O.T. pelo seu número e anexado a ela;
- (7) Mão de Obra - Estimativa da mão de obra necessária com o tempo para cada especialidade;
- (8) Materiais - Lista de materiais necessários para a execução do trabalho, incluindo peças de substituição, materiais de consumo corrente e produtos, com excepção dos que estejam habitualmente disponíveis para o pessoal de manutenção sem necessidade requisição;
- (9) Ferramentas e Equipamentos - Ferramentas que não constem da mala de ferramenta do executante e equipamentos de ensaio e medida que sejam necessários;
- (10) Meios de Acesso e Movimentação - Se forem necessários meios especiais de acesso, como plataformas ou escadas, ou meios de elevação ou movimentação de cargas, como empilhadores, guinchos, cadernais e outros, devem ser mencionados;
- (11) Energia e Flúidos - Requisitos especiais em matéria de energia e flúidos, como ar comprimido, gases liquefeitos, etc.
- (12) Documentação Técnica - Manuais, esquemas, desenhos ou outras publicações necessários à execução do trabalho ou à interpretação dos seus resultados, incluindo possível diagnóstico em caso de ser detectada alguma avaria;

Depois de executado o trabalho, a O.T. é completada com a seguinte informação:

- (13) Trabalho Efectuado - Descrição do trabalho executado, de discrepâncias encontradas e de soluções que lhes tenham sido dadas na altura;
- (14) Trabalho Pendente - Descrição de trabalho que não tenha podido ser efectuado, e razões justificativas, ou de avarias que tenham sido detectadas e cuja resolução tenha que ser planeada para outra oportunidade;
- (15) Mão de Obra Gasta - Tempo e número de pessoas de cada especialidade (horas normais e extraordinárias);
- (16) Materiais Gastos - Materiais requisitados e consumidos ou peças substituídas;

Uma das tarefas que o planejador tem que executar para poder preencher a O.T. é estimar a mão-de-obra necessária. Para isso pode utilizar padrões eventualmente existentes na indústria para o mesmo tipo de trabalho, utilizar os resultados de um estudo de métodos com cronometragem de tempos ou utilizar os valores médios de anteriores realizações do mesmo trabalho.

Outra função importante do planejador é a articulação com a produção. É desejável que se crie o hábito de efectuar reuniões regulares entre a manutenção e a produção para análise da carteira de trabalhos. Uma reunião semanal, a meio da semana, permitiria passar em revista todos os trabalhos planeados para a semana seguinte, com indicação dos equipamentos a intervencionar e do tempo de imobilização previsto para cada um, enquanto uma reunião "ad-hoc" seria agendada para discutir os casos em que fosse necessário planear paragens longas dos equipamentos por razões de manutenção. Este tipo de reuniões, desde que bem preparadas e apoiadas em documentos informativos, é preferível ao envio de memorandos porque enriquece a troca de informações e sensibiliza cada uma das partes para as necessidades da outra.

De posse do conjunto das ordens de trabalho, o planejador tem agora que definir a forma como elas vão ser executadas com os recursos humanos de que a manutenção dispõe. Ele vai lidar com ordens de trabalho referentes a trabalhos programados, que já devem ter uma indicação da oportunidade recomendada para a sua execução, mas também tem que acolher trabalhos diferidos de inspecções anteriores, avarias não solucionadas e ordens de modificação. Para

isso ele vai constituir **pacotes de trabalhos** de acordo com a forma como vão ser executados. Alguns poderão ser destinados a rondas, como é o caso de lubrificações ou leituras de registos, outros destinar-se-ão a paragens normais da produção, alguns outros serão destinados a paragens planeadas de manutenção e outros ainda aproveitarão a oportunidade de paragens por avaria para realizar trabalhos que não comprometam o tempo de imobilização do equipamento.

Este trabalho deve ser feito com antecedência em relação aos trabalhos programados e pendentes, e depois completado com os pedidos de última hora. Para isso é conveniente que ao planejar os trabalhos programados e pendentes, o planejador deixe ficar uma margem de mão-de-obra, que a experiência mostra qual é habitualmente (em percentagem da mão de obra total), para acolher os trabalhos de manutenção resolutive que vierem a surgir. Uma das vantagens de se fazer este planeamento com a devida antecedência é permitir encomendar o material necessário de forma a chegar a tempo da realização do trabalho, evitando a sua imobilização desnecessária em *stock*. Por esta razão, os prazos de planeamento devem ser estabelecidos em função dos tempos expectáveis de obtenção dos recursos.

Quando recebe de volta a informação sobre os trabalhos lançados, o planejador tem ainda duas actividades a desenvolver:

- em relação às tarefas de manutenção programada que foram efectuadas, actualizar o respectivo "contador" e abrir uma ordem de trabalho para a realização seguinte;
- em relação aos trabalhos que não foram efectuados ou problemas que foram detectados no decurso da sua execução, replanear a execução dos que não foram cumpridos e abrir ordens de trabalho para os novos trabalhos.

5. PREPARAÇÃO E LANÇAMENTO DE TRABALHOS

Um bom planeamento de trabalhos de manutenção acautela as conveniências da produção e procura ajustar o mais possível a carga de trabalho às disponibilidades de mão de obra para reduzir os tempos mortos e aliviar as sobrecargas de trabalho. Mas o combate à improdutividade passa também por assegurar que o pessoal, quando se dispõe a executar o trabalho, tem ao seu alcance todos os meios de que necessita.

Para isso, as ordens de trabalho elaboradas pelo planejador são agora passadas ao preparador do trabalho que vai reunir todos os meios necessários à execução do trabalho.

A tarefa do preparador inclui, então:

- assegurar que existe o material de consumo, de substituição e produtos necessários. Se não houver, proceder à sua encomenda. Sempre que viável deve organizar o material em "kits" que são entregues à equipa de manutenção juntamente com a ordem de trabalho;
- assegurar que existem as ferramentas e equipamentos de ensaio e medida requeridos, e providenciar para que estejam à disposição da equipa de manutenção no local onde vai executar o trabalho;
- se forem necessários meios especiais de acesso ou de movimentação de cargas, ou requisitos especiais em energia ou fluídos, providenciar também para que sejam postos à disposição da equipa;
- juntar às ordens de trabalho toda a documentação técnica que seja requerida;
- se houver várias ordens de trabalho relacionadas, estabelecer as sequências de trabalhos que melhor aproveitem os recursos utilizados

Só depois de se assegurar que todos os meios estão reunidos poderá dar viabilidade para ser lançado o trabalho.

9. CONTROLO DE MANUTENÇÃO. REGISTOS DE MANUTENÇÃO.

A função de controlo de manutenção fecha o ciclo do processo de planeamento de manutenção. Cabe-lhe informar os outros intervenientes do processo do resultado dos trabalhos efectuados e manter actualizados os registos técnicos e contabilísticos de manutenção.

Quando recebe da equipa de manutenção a ordem de trabalho já efectuada, o controlo desenvolve as seguintes acções:

- dá conhecimento ao planeamento dos trabalhos que foram cumpridos, dos que ficaram adiados e de novos trabalhos resultantes da execução dos anteriores;
- lança no registo histórico do equipamento a informação sobre o trabalho efectuado ;
- lança na ficha contabilística do equipamento a informação sobre os custos do trabalho efectuado;
- dá informação à Contabilidade sobre os custos do trabalho para apuramento dos custos de manutenção.

Os custos de manutenção são discutidos em detalhe na secção 12. O planeamento de trabalhos já foi anteriormente abordado nesta secção. Vamos agora dedicar alguma atenção aos registos de manutenção dos equipamentos.

Para cada equipamento é necessário efectuar três tipos diferentes de registos. Uma hipótese é fazer cada um deles numa ficha separada. Outra hipótese é agrupar alguns deles ou mesmo todos na mesma ficha. Referiremos aqui o tipo de informação que nos parece importante registar e deixamos ao cuidado do utilizador a selecção de formato mais ajustado às suas necessidades.

Os três tipos de registos necessários para cada equipamento são:

- (1) **Registo de Inventário:** Contém todos os dados relacionados com a aquisição e instalação do equipamento. Foi referido na secção 4.
- (2) **Registo Técnico:** Contém toda as ocorrências técnicas significativas ao longo da vida do equipamento, designadamente:
 - avarias detectadas e sua resolução;
 - acções de manutenção programada efectuadas e resultados encontrados;
 - modificações, reconstruções, transformações parciais e outros melhoramentos;
 - acidentes ou incidentes devidos ou equipamento ou com efeito nele.

Para cada ocorrência é indicada a respectiva data.

A utilidade principal de um registo deste tipo é apoiar a pesquisa de avarias pelo conhecimento de ocorrências anteriores com possível relação com a

avaria, sugerir a revisão do programa de manutenção no caso de ele não se estar a revelar eficaz, e indiciar a substituição ou modificação do equipamento se a sua condição se estiver a degradar acentuadamente.

(3) **Registo Contabilístico:** Contém toda a informação sobre os custos de aquisição e manutenção do equipamento, nomeadamente:

- custo de aquisição;
- custo de cada intervenção de manutenção (programada, curativa ou de melhoramento), em mão de obra, materiais e subcontratos;
- valor actual do equipamento, descontando as amortizações e acrescentando valorizações devidas a melhoramentos introduzidos.

Este registo destina-se a apoiar as decisões de carácter económico como, por exemplo, reparar ou substituir, ou a avaliar a eficácia do programa de manutenção pela comparação dos gastos em manutenção programada com os de manutenção curativa.

CAPÍTULO X

ENGENHARIA E QUALIDADE

1. ENGENHARIA E QUALIDADE EM MANUTENÇÃO

Quando o departamento de manutenção é responsável por uma quantidade apreciável de trabalhos de modificação e recuperação ou quando as máquinas instaladas são de tecnologia avançada, é mais vantajoso, em custo, prazo e eficiência, ter uma equipa técnica própria, em vez de recorrer ao exterior ou a outros departamentos da empresa. Esta equipa teria por funções:

- elaborar os cadernos de encargos e discutir as especificações técnicas dos edifícios e equipamentos a construir ou adquirir;
- assistir na recepção e instalação dos equipamentos;
- preparar e actualizar os programas de manutenção;
- apoiar os técnicos de manutenção na procura de soluções para avarias complexas ou repetitivas;
- estudar modificações dos equipamentos, para melhorar a sua fiabilidade, para satisfazer requisitos dos utilizadores, ou para melhorar as suas condições de higiene e segurança;
- elaborar estudos de melhoria dos sistemas e processos de manutenção e da sua organização;
- fazer análise de viabilidade económica de suporte a decisões de manutenção como fazer/subcontratar ou reparar/substituir.

Também no que respeita à gestão da qualidade na manutenção, ela deve ser de responsabilidade de técnicos com a qualificação adequada para desempenhar funções como:

- estabelecer o programa de controlo de qualidade para a manutenção, identificando tarefas que requeiram controlo por um supervisor ou por um inspector de qualidade;

- fazer auditorias aos fornecedores e empresas subcontratadas para assegurar conformidade com os requisitos da empresa em meios humanos e materiais, sistemas de controlo, documentação técnica, formação de pessoal, etc.;
- assegurar determinados trabalhos mais especializados e requerendo grande experiência e conhecimento, como algumas inspecções, ensaios e controlos dimensionais;
- desenvolver a sensibilidade para a qualidade em toda a organização de manutenção, consciencializando as pessoas de que a qualidade não resulta de verificações mais ou menos frequentes mas sim de trabalho bem feito desde o início;
- informar os sectores adequados de todas as discrepâncias que sejam detectadas, a fim de que revejam e corrijam os seus processos.

Em termos organizacionais, e de acordo com a dimensão da estrutura de manutenção, estas funções podem estar reunidas numa só pessoa, cometidas a um Gabinete Técnico integrado, ou repartidas por grupos diferentes para Engenharia e Qualidade.

2. A MANUTENÇÃO COMEÇA NA COMPRA

No projecto de novas instalações e na adjudicação de compra de novas máquinas é sempre tido em conta o fim a que se destinam. Em contrapartida, é frequentemente negligenciada a forma como vai ser feita a sua conservação e manutenção e quanto isso vai custar. E, no entanto, há pormenores que, se forem considerados na fase de projecto ou incluídos na especificação de compra, podem reduzir substancialmente os custos de manutenção, no futuro.

Citemos alguns exemplos no que respeita a edifícios: grandes superfícies vidradas tornam difícil a climatização do edifício e deve ser prevista a forma como se vai fazer a sua limpeza; as redes de distribuição de energia, gases, fluidos e vapores, devem ser desenhadas de modo a permitir que a

implantação dos equipamentos seja alterada com relativa facilidade; todos os pontos da instalação que requeiram qualquer tipo de manutenção devem ter acesso fácil e permitir condições de trabalho seguras; todos os circuitos devem estar cobertos por esquemas detalhados e divididos em secções que permitam que, em caso de avaria, ela possa ficar confinada e reduzir o seu impacto na produção. Além disto há, claro, que prever as instalações adequadas para o departamento de manutenção.

Também quando se especifica e adquire um equipamento é importante ter em conta a forma como vai ser feita a sua manutenção. Dois parâmetros que devem ser analisados aquando da aquisição dos equipamentos são a manutenibilidade e a fiabilidade.

A **manutenibilidade** é o conjunto de características do equipamento que determina a maior ou menor facilidade com que pode ser feita a sua manutenção. Traduz-se, por exemplo:

- pela frequência com que são necessárias operações de manutenção planeada;
- pela facilidade de acesso a pontos vitais do equipamento para manutenção e reparação;
- pela facilidade de detecção de avarias, designadamente, pela incorporação de meios próprios de auxílio ao diagnóstico;
- pela incorporação de instrumentos e controlos que facilitem a determinação da sua condição;
- pela acessibilidade e custo das peças de substituição;
- pela forma como está protegido contra erros do operador susceptíveis de provocar danos graves;
- pela necessidade de ferramentas especiais; etc.

A **fiabilidade** é a capacidade de o equipamento operar sem ocorrência de avarias. É avaliada estatisticamente e mede-se, normalmente, pelo tempo médio entre avarias ou pelo inverso do número de avarias por 1000 horas de operação. A fiabilidade de um equipamento pode degradar-se com o uso, em especial se não tiver cuidados de manutenção apropriados. Mas nenhum equipamento pode ter uma fiabilidade maior que a que é inerente ao seu projecto e fabrico. Por isso, a manutenção preventiva e a manutenção curativa podem repor níveis de fiabilidade próximos dos do equipamento enquanto novo, mas não pode ultrapassá-los. Para tal é necessário recorrer à manutenção de melhoramento.

Uma boa manutenibilidade e uma boa fiabilidade reduzem os gastos com materiais e a utilização de mão de obra, os tempos de paragem para manutenção programada, os tempos gastos com reparação de avarias, a probabilidade de ocorrência de falhas por inadvertência.

Fiabilidade e manutenibilidade podem encarecer o custo de aquisição do equipamento, mas reduzem o seu custo de posse. É na ponderação dos seus custos e dos seus benefícios que deve ser encontrada a orientação para a escolha correcta.

Na compra dos equipamentos devem ainda ser acautelados outros aspectos como:

- fornecimento de documentação técnica completa;
- apoio à elaboração do programa de manutenção do equipamento;
- apoio à formação e treino do pessoal de operação e de manutenção;
- apoio à instalação e arranque;
- garantia de facilidade de obtenção de peças de reserva;
- garantia de assistência pós-venda.

3. A DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

Numa organização de manutenção não é demais realçar a importância de se dispor de documentação técnica adequada, actualizada e disponível para o utilizador.

A informação técnica indispensável, que pode estar reunida num único Manual ou distribuída por documentos e suportes variados, é a seguinte:

- descrição e operação da instalação ou equipamento;
- instruções para desmontagem e montagem;
- instruções para ensaio do equipamento e seus componentes;
- tabelas para pesquisa e resolução de avarias;
- informação detalhada sobre acções de manutenção a efectuar e periodicidade recomendada;
- listas de peças de substituição acompanhadas de desenhos ilustrativos da sua localização e de indicações necessárias à sua aquisição;
- esquemas dos circuitos eléctricos, hidráulicos e pneumáticos, com lista de componentes.

A documentação técnica nem sempre estará disponível em português, embora isso possa ser objecto de negociação na compra do equipamento. Em alternativa, pode ser escolhida uma outra língua que seja do conhecimento do pessoal de manutenção. Se não houver esse conhecimento poderá ter que se proceder à tradução de algumas partes.

A documentação técnica pode estar arquivada numa biblioteca central, onde é requisitada quando necessário, ou estar distribuída pelos potenciais utilizadores. Em qualquer caso, a sua entrada na manutenção deve ser centralizada para que se proceda ao registo da sua entrada e da sua

distribuição. Deve também ser criado um serviço de revisões que garanta que todas as revisões que sejam recebidas são incorporadas de imediato. A documentação deve estar convenientemente protegida contra danos e extravios.

O suporte em que é fornecida a documentação está a evoluir, embora a maioria ainda utilize o suporte clássico em papel. Outras alternativas são o transparente (sobretudo em esquemas, para permitir reprografia), a cartolina plastificada (para livros de bolso de apoio à operação e manutenção), microfilme (manuais, esquemas), microficha (desenhos, esquemas) e, ainda em fase de arranque, o disco óptico. Qualquer que seja o suporte, o importante é que o pessoal disponha dos meios necessários para o utilizar, o saiba fazer e esteja receptivo a fazê-lo

CAPÍTULO XI

POLÍTICA DE MANUTENÇÃO

1. ESTRATÉGIA DE EMPRESA E ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO

A **missão** da Manutenção, recorda-se, é assegurar a disponibilidade das instalações e equipamentos com segurança e nas melhores condições de custo e qualidade.

A forma como o departamento de Manutenção se organiza e o tipo de programa de manutenção que é escolhido são determinados pelas **orientações estratégicas** definidas para a manutenção que, como é óbvio, devem estar em consonância com os objectivos estratégicos da empresa.

É fácil entender que são completamente diferentes as estratégias de manutenção de uma empresa que fabrica produtos de grande consumo que penetram no mercado através do seu baixo preço e que, portanto, exigem um rigoroso controlo dos custos, e a de uma empresa que fabrica produtos especializados em que é a qualidade e não o custo o factor determinante.

Sabendo-se que a manutenção pode ser orientada mais no sentido de minimizar as rupturas da produção, ou no de garantir a máxima precisão dos equipamentos ou ainda no de permitir a maior flexibilidade dos meios de produção, compreende-se a importância de fazer uma reflexão sobre qual será a estratégia mais adequada e proceder periodicamente à sua revisão.

2. OBJECTIVOS DA MANUTENÇÃO

Uma vez definida a orientação estratégica para a Manutenção, ela deve ser concretizada em **objectivos** que orientem a actividade dos responsáveis a todos os níveis.

Os objectivos podem ser organizados em quatro grupos:

- (a) **Objectivos económicos** - Têm que ver com os resultados económicos da actividade de manutenção e com o seu impacto nos resultados globais da empresa.

- (b) **Objectivos técnicos** - Estão relacionados com a qualidade do trabalho da manutenção e com o seu efeito na qualidade do produto final.
- (c) **Objectivos operacionais** - Dizem respeito à disponibilidade, ou antes à "não-indisponibilidade" das instalações e equipamentos por razões imputáveis a manutenção.
- (d) **Objectivos sociais** - Referem-se ao impacto da actividade da manutenção na sociedade em que a empresa se insere: os seus próprios trabalhadores, a localidade onde se situa, os utilizadores dos produtos da empresa, o meio físico que rodeia as instalações.

Os objectivos podem ser de tipo quantitativo (os custos de manutenção não podem ultrapassar 7% dos custos totais de produção; a disponibilidade das máquinas no sector de empacotamento deve ser superior a 95%; a taxa de absentismo do pessoal de manutenção em consequência de acidente deve ser reduzida em 80%) ou de tipo qualitativo (melhorar a qualidade do ambiente reduzindo as emissões poluentes; reduzir o consumo energético específico). Em qualquer dos casos devem ser suficientemente claros para serem entendidos sem ambiguidades por todos os intervenientes.

Os objectivos devem ser hierarquizados na empresa: haverá objectivos mais gerais, aplicáveis à generalidade da empresa, e objectivos cada vez mais específicos à medida que se desce na estrutura organizacional.

É também desejável que os objectivos sejam fixados numa perspectiva de médio prazo (3 a 5 anos) embora sujeitos a verificações e ajustamentos anuais. Desta forma é possível tomar, com mais segurança, decisões cujo efeito se fará sentir num futuro mais distante.

3. POLÍTICA DE MANUTENÇÃO

Fixada uma orientação estratégica e definidos os objectivos para a manutenção, é agora necessário estabelecer uma política de manutenção que os concretize.

A política de manutenção vai implicar a tomada de decisões em diversos domínios. Por exemplo:

- Qual a forma de manutenção que melhor satisfaz os objectivos? De que nível? Com que periodicidade?
- Quando deve ser substituído um equipamento? Quando deve ser modificado?
- Como deve ser repartido o trabalho entre manutenção própria e manutenção subcontratada?
- Qual a política de *stocks* mais apropriada?
- Como aumentar a produtividade do pessoal de manutenção?
- Qual a melhor organização do trabalho da manutenção?

Para que a manutenção possa por em prática a sua política é necessário que estejam reunidas algumas condições essenciais:

- (a) apoio por parte da Direcção da empresa: compreensão da importância da manutenção, participação na discussão das estratégias e na fixação de objectivos, financiamento dos investimentos necessários;
- (b) estrutura organizativa apropriada;
- (c) dotação de meios humanos em número e com a qualificação necessários;
- (d) dotação em meios financeiros para cobrir os orçamentos de investimento e de exploração;
- (e) dotação em meios materiais: equipamentos oficiais, ferramentas, meios de movimentação e transporte, equipamento informático;

- (f) estabelecimento de circuitos de comunicação eficientes, incluindo a criação, arquivo, pesquisa e exploração da informação técnica e da informação de gestão.

Por não estarem reunidos todos os meios requeridos, pode não ser possível pôr em prática, em toda a extensão, a política de manutenção pretendida. Neste caso pode ser aconselhável uma implementação progressiva, começando por equipamentos ou secções operativas mais críticos, e alargando gradualmente a outros equipamentos ou sectores de actividade. É bom não esquecer que ao gestor da manutenção cabe também um papel de "missionário" a quem compete uma acção de sensibilização para a necessidade e importância de manutenção, tanto junto dos trabalhadores e chefias directas da produção, como, se necessário, junto da própria direcção da empresa.

CAPÍTULO XII

ECONOMIA DA MANUTENÇÃO

1. INTRODUÇÃO

As empresas mais sensíveis à importância da Manutenção encaram-na, não como um custo, mas como um investimento. E, como qualquer investimento, do qual se espera extrair um lucro, a Manutenção compensa os seus custos com benefícios directos - os seus proveitos próprios, ou indirectos - a melhoria da rentabilidade do negócio.

Para poder intervir na forma como a Manutenção influencia os resultados globais da operação, é necessário conhecer todos os seus custos, directos e indirectos, internos e externos, decompostos nos seus factores constitutivos.

2. RESULTADOS ECONÓMICOS DA MANUTENÇÃO

Os **resultados económicos da manutenção** podem ser entendidos, de uma forma simplificada, como o saldo de uma conta em que se lança a débito os custos da manutenção e os custos atribuíveis a não manutenção e a crédito os proveitos próprios da manutenção, se os houver:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{RESULTADOS} \\ \text{ECONÓMICOS} \\ \text{DA MANUTENÇÃO} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{PROVEITOS} \\ \text{DA} \\ \text{MANUTENÇÃO} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{CUSTOS DA} \\ \text{NÃO} \\ \text{MANUTENÇÃO} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{CUSTOS} \\ \text{DA} \\ \text{MANUTENÇÃO} \\ \hline \end{array}$$

Os **proveitos de manutenção** são, como bem se depreende, todos os que resultem em receitas decorrentes da actividade de manutenção, geralmente através da prestação de serviços a terceiros ou a outros departamentos da empresa.

Os **custos de não-manutenção** são mais difíceis de materializar. Incluímos aqui todas as despesas ou perdas de receita, em qualquer departamento da empresa, em consequência de falta de manutenção, manutenção insuficiente ou manutenção inadequada.

Os **custos de manutenção** são a componente mais fácil de determinar e, frequentemente, a única considerada. Incluem todas as despesas com pessoal, materiais e subcontratos, bem como outros gastos industriais e administrativos e imputações de encargos de estrutura da empresa.

Analisemos mais detalhadamente cada um dos componentes dos resultados económicos da manutenção.

3. PROVEITOS DE MANUTENÇÃO

Um departamento de manutenção tem encargos com pessoal e investimentos em equipamento e infra-estruturas que a actividade própria nem sempre consegue rendibilizar ao máximo. Neste caso, faz sentido procurar obter receitas através da realização de trabalhos para outras entidades.

Algumas actividades susceptíveis de gerar proveitos para a Manutenção são as seguintes:

Prestação de serviços a terceiros - Desde que efectuada sem prejuízo do objectivo principal, que é o de assegurar a operacionalidade da própria empresa, a prestação de serviços a outras empresas (reparações, transformações, manufacturas, etc.) permite ajudar a rendibilizar investimentos, repartir encargos de estrutura e regularizar cargas de mão de obra.

Reparações ao abrigo de garantia - É possível negociar com os fornecedores a reparação local, a preços acordados, de equipamentos avariados durante a garantia, em alternativa à sua devolução para reparação.

Cedência temporária de recursos – Mão-de-obra qualificada, equipamentos, e ferramentas, são recursos que podem ser temporariamente cedidos em períodos de baixa utilização. No que respeita à cedência de mão de obra, no entanto, a legislação em vigor restringe as condições em que pode ser efectuada por empresas cujo objecto não seja essa actividade.

4. CUSTOS DE NÃO-MANUTENÇÃO

Os custos de não-manutenção são, como se disse, todos os que pode ser imputados a falta de eficiência de manutenção. E não se pense que se está perante um mero exercício contabilístico: desde que criteriosamente calculadas, as perdas de produção devidas a paragens de máquinas por avaria ou diminuição de rendimento são tão reais como os salários dos operários ou os gastos com energia eléctrica.

O primeiro cuidado a ter ao calcular os custos de não-manutenção é estabelecer as situações de referência, que serão as condições ideais de operação. A partir daqui, custa dinheiro fazer manutenção para conservar estas condições ideais e também custa dinheiro não fazer a manutenção e deixar degradar as condições. É da comparação das duas verbas que se pode deduzir qual o esforço de manutenção mais adequado.

É também necessário ter o cuidado de só contabilizar as perdas efectivamente incorridas: não é correcto contabilizar hipotéticas perdas de produção cuja venda não estivesse assegurada e, mesmo nestas, só devem ser consideradas as perdas de margem.

Também há que ter cuidado para não efectuar a dupla contabilização de um custo: se a degradação do rendimento de uma máquina não obriga a admissão de pessoal nem a praticar trabalho extraordinário, não há custo adicional incorrido; mas se ocorrer qualquer daquelas situações, então estamos claramente perante um custo de não-manutenção.

Cada empresa, com o seu negócio próprio e o seu tipo de produção, encontrará os custos de não-manutenção que mais se lhe ajustam. Estes são alguns exemplos possíveis:

Perdas de produtividade: como resultado da insuficiência da manutenção os equipamentos perdem rendimento e/ou os seus operadores perdem produtividade. São custos de não-manutenção: os encargos adicionais com

peçoal destinados a assegurar o cumprimento dos objectivos de produção; os custos de equipamentos adquiridos adicionalmente para garantir o fluxo de produção desejado; os lucros perdidos em consequência da não satisfação de encomendas.

Paragens por avaria: por falta de manutenção os equipamentos têm uma taxa de avarias acrescida. Em consequência disso: há encargos com a reparação das avarias que englobam o material consumido e eventuais custos adicionais de pessoal; pode haver lucros perdidos e mesmo penalidades por incumprimento de compromissos de fornecimento.

Acidentes ou avarias graves: a falta de manutenção pode ter consequências muito graves ou mesmo fatais. São custos de não manutenção: custo das reparações; indemnizações consequentes da ocorrência; eventuais agravamentos de prémios de seguros; multas e outras penalidades impostas pelas autoridades.

Defeitos de fabrico: a deficiente operação das máquinas por falta de regulação. afinação ou manutenção pode conduzir à fabricação de produtos deficientes. São custos de não-manutenção o custo de produtos abatidos para sucata, substituídos ou reparados, por apresentarem defeitos de fabrico consequentes de deficiente manutenção das máquinas.

Perda de imagem comercial: se as disrupções de produção forem frequentes e a qualidade dos produtos se degradar, a imagem comercial da empresa é afectada. De todos os custos de não-manutenção este é, porventura, o mais difícil de quantificar, mas é importante que sobre ele se faça uma reflexão e se chegue a uma estimativa de valor que seja consensual.

5. CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os custos de manutenção podem ser divididos em:

Custos directos de manutenção - São os que podem ser directamente relacionados com um determinado trabalho. Decompõem-se, normalmente, em custos de mão-de-obra, custos de materiais e custos de subcontratos

(trabalhos executados no exterior, ou dentro da empresa por pessoal de outra empresa). Os custos de mão-de-obra incluem salários e encargos sociais com o pessoal directamente produtivo e, opcionalmente, com as suas chefias directas. Os custos de materiais incluem os produtos consumidos, as ferramentas de fácil desgaste e as peças substituídas, devendo ser-lhe subtraído o valor de peças eventualmente recuperadas.

Gastos gerais de manutenção - São custos relacionados com a actividade produtiva da manutenção mas que não são relacionáveis com trabalhos individuais. São, designadamente: os custos de posse de materiais; a amortização, aluguer ou "leasing" de instalações e equipamentos industriais exclusivos da manutenção; as despesas com seguros; os consumos de energia e fluídos, etc.

Encargos de estrutura - São a componente imputável à Manutenção dos encargos com chefias e sectores não produtivos, quer da própria Manutenção, quer do resto da empresa.

É o conhecimento dos custos de manutenção com esta constituição alargada que permite tomar decisões de carácter económico na perspectiva ampla do interesse global da empresa e não na perspectiva restrita de interesses sectoriais estanques. É bom recordar que o que se pretende é reduzir o custo final do produto sem prejudicar os padrões de qualidade e serviço definidos.

Não perdendo, portanto, de vista a necessidade de reduzir os custos de manutenção na sua globalidade, é possível sugerir formas de intervenção em diversos pontos do processo:

Aumento de eficiência - Melhor formação e boa preparação do trabalho permitem reduzir utilização de mão de obra e tempos de paragem; melhor operação reduz avarias provocadas por negligência.

Melhor organização - Custos de posse de materiais podem ser reduzidos com melhor gestão de *stocks*; tempos de paragem diminuem se materiais, ferramentas e documentação técnica estiverem convenientemente localizados; encargos de estrutura diminuem com racionalização dos processos administrativos.

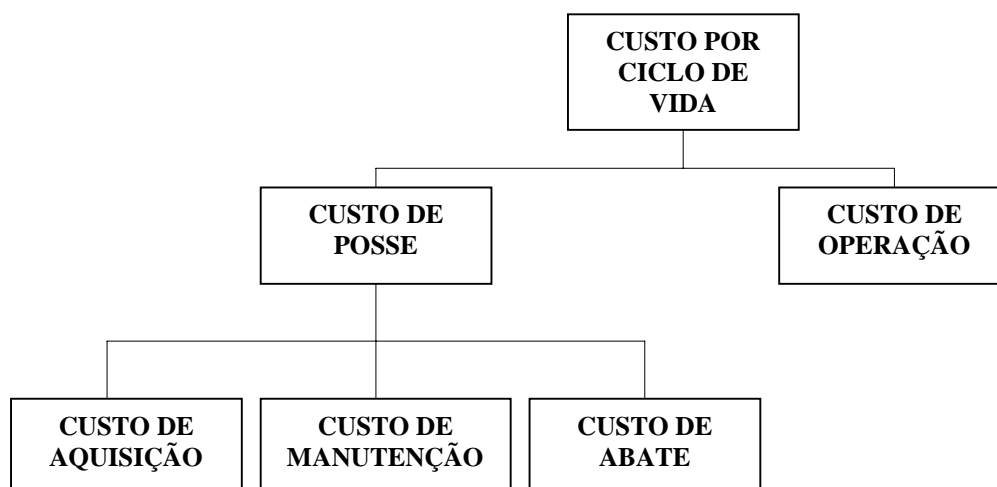
Melhor administração - Uma boa gestão da oportunidade e preços da subcontratação de trabalhos podem ter impacto significativo nos custos de manutenção.

Inovação de processos - A introdução de técnicas de manutenção predictiva pode reduzir os tempos das paragens programadas; a informatização de processos pode reduzir o peso do sector não produtivo; a calibração e ajuste de equipamentos reduzem taxas de rejeição.

6. CUSTO POR CICLO DE VIDA

Quando se torna necessário tomar decisões de carácter económico sobre um equipamento, tais como a escolha entre várias propostas de aquisição, a decisão de reparar ou substituir, ou a escolha do momento em que um equipamento deve ser abatido ao activo, há um processo de cálculo que pode ser de grande utilidade. Trata-se do **custo por ciclo de vida**, que toma em consideração todos os encargos associados a um bem, desde que se inicia o processo da sua aquisição até que se conclui o seu abate. Este processo tem apenas o inconveniente de requerer um grande rigor na preparação dos dados para que os seus resultados sejam de confiança. Parece-nos, no entanto, de interesse fazer aqui uma breve apresentação deste processo, na medida em que ele chama a atenção para aspectos importantes que não podem ser ignorados ao preparar decisões como as que referimos.

O custo por ciclo de vida apresenta-se assim constituído:



Os **custos de aquisição** incluem não só o custo de compra ou aluguer do equipamento mas também todos os encargos incorridos na fase anterior à entrada em operação do equipamento (estudos, consultas, instalação, etc.).

Os **custos de manutenção** incluem todos os custos, directos e indirectos, de pessoal, materiais e subcontratos, incorridos com a manutenção do equipamento, bem como as perdas de produção consequentes de paragens por razões de manutenção.

Os **custos de abate** são constituídos pelas despesas efectuadas com a remoção do equipamento do activo, subtraindo a receita eventualmente obtida com a venda do equipamento.

Os **custos de operação** são compostos pelos encargos com os operadores, consumos de materiais, consumos de energia, etc.

Como este processo se baseia na comparação de custos que ocorrem ao longo de vários anos (a vida expectável do equipamento), há necessidade de **actualizar** todos os custos para um ano de referência que é, normalmente, o ano de início do projecto. Compreende-se a necessidade desta actualização verificando que não é a mesma coisa gastar num bem 100 contos hoje ou

daqui a, suponhamos, dois anos. De facto, se admitirmos que, em vez de gastar os 100 contos hoje, os aplicamos com uma taxa de rendimento de 14%, dentro de dois teríamos quase 130 contos.

$$(100 \times (1,14 \times 0,14))^2 = 129,96$$

Na inversa, os 100 contos que iríamos gastar daqui a dois anos corresponderiam hoje à importância que, posta a render a 14% ao ano, desse um capital de 100 contos dentro de 2 anos, ou seja:

$$\frac{100}{(1+0,14)^2} = 76,95$$

Dizemos então que o valor actualizado para este ano de um custo de 100 contos a ocorrer dentro de 2 anos é de 76,95 contos para uma taxa de actualização de 14%.

A taxa de actualização é estabelecida em função da previsão de inflação e das taxas de juro do mercado. Em geral, para uma *taxa de actualização* α a um *valor futuro* V_f , no *ano* n , corresponde no *ano* 0 um valor actual V_a dado por :

$$V_a = \frac{V_f}{(1 + \alpha)^n}$$

Consideremos algumas aplicações deste processo, forçosamente simplificadas.

Exemplo 1 - Pretende-se adquirir uma nova máquina e, considerados todos os restantes factores, a escolha fica restrita a duas opções que só diferem no aspecto económico. A máquina "A" é mais barata mas tem custos de operação e de manutenção mais elevados. Qual é a melhor opção, considerando uma vida útil de 10 anos? O Quadro 12.1 sintetiza a análise efectuada e mostra que, neste exemplo, a máquina "B" é mais interessante.

Quadro 12.1 - Aquisição de uma nova máquina

Opção "A"							
Ano	Custo Aquis.	Custo Oper.	Custo Manut.	Custo Abate	Total Corrente	Factor Actual.	Total Actual.
0	20000				20000	1.00	20000
1		4000	2000		6000	0.88	5263
2		4100	2000		6100	0.77	4694
3		4200	2500		6700	0.67	4522
4		4300	2500		6800	0.59	4026
5		4400	3000		7400	0.52	3843
6		4500	3000		7500	0.46	3417
7		4600	3500		8100	0.40	3237
8		4700	3500		8200	0.35	2875
9		4800	4000		8800	0.31	2706
10		4900	4000	- 5000	3900	0.27	1052
Total acumulado							54583

Opção "B"

Ano	Custo Aquis.	Custo Oper.	Custo Manut.	Custo Abate	Total Corrente	Factor Actual.	Total Actual.
0	30000				30000	1.00	30000
1		3000	1000		4000	0.88	3509
2		3100	1000		4100	0.77	3155
3		3200	1250		4450	0.67	3004
4		3300	1250		4550	0.59	2694
5		3400	1500		4900	0.52	2545
6		3500	1500		5000	0.46	2278
7		3600	1750		5350	0.40	2138
8		3700	1750		5450	0.35	1911
9		3800	2000		5800	0.31	1784
10		3900	2000	- 7500	-1600	0.27	- 432
Total acumulado							53016

Valores em contos

Taxa de actualização = 14%

Exemplo 2 - Há possibilidade de efectuar uma grande modificação a uma máquina que lhe reduz os custos de operação e manutenção e aumenta o seu valor de inventário. A máquina está no seu 4º ano de operação e tem uma vida expectável de 10 anos. Vale a pena fazer a modificação? A resposta, baseada no Quadro 12.2 é negativa: não vale a pena modificar a máquina.

Quadro 12.2 - Grande modificação de uma máquina

Opção "A" - Não modificar

Ano	Custo Aquis.	Custo Oper.	Custo Manut.	Custo Abate	Total Corrente	Factor Actual.	Total Actual.
4		4000	2000		6000	1.00	6000
5		4100	2000		6100	0.88	5351
6		4200	2500		6700	0.77	5155
7		4300	2500		6800	0.67	4590
8		4400	3000		7400	0.59	4381
9		4500	3000		7500	0.52	3895
10		4600	3500	- 7500	600	0.46	276
Total acumulado							22542

Opção "B" - Modificar

Ano	Custo Aquis.	Custo Oper.	Custo Manut.	Custo Abate	Total Corrente	Factor Actual.	Total Actual.
4	7500	3000	1000		11500	1.00	11500
5		3100	1000		4100	0.88	3596
6		3200	1000		4200	0.77	3232
7		3300	1250		4550	0.67	3071
8		3400	1250		4650	0.59	2753
9		3500	1250		4750	0.52	2467
10		3600	1500	- 10000	- 4900	0.46	-2232
Total acumulado							26620

Valores em contos

Taxa de actualização = 14%

De facto, enquanto os custos da máquina não modificada, até ao final da sua vida útil, são de 22542 contos, eles ascenderiam a 26620 contos no caso da máquina modificada. Conclusão eventualmente distinta poderia ser atingida no caso de a modificação também prolongar a vida útil da máquina.

Exemplo 3 - Um equipamento, que está no seu 4º ano de vida, pode ser vendido e substituído imediatamente por um novo ou mantido em operação até ao 8º ano com custos de operação e manutenção agravados. Qual a melhor solução? O Quadro 12.3 mostra que, neste caso, é mais vantajoso manter o equipamento em operação.

Quadro 12.3 - Substituição de um equipamento

Opção "A" - Não substituir

Ano	Custo Aquis.	Custo Oper.	Custo Manut.	Custo Abate	Total Corrente	Factor Actual.	Total Actual.
4		3000	2000		5000	1.00	5000
5		3200	2250		5450	0.88	4781
6		3400	2500		5900	0.77	4540
7		3600	2750		6350	0.67	4286
8		3800	3000	-2500	4300	0.59	2546
Total acumulado							21153

Opção "B" – Substituir

Ano	Custo Aquis.	Custo Oper.	Custo Manut.	Custo Abate	Total Corrente	Factor Actual.	Total Actual.
4	20000	2000	1000	-7500	15500	1.00	15500
5		2200	1250		3450	0.88	3026
6		2400	1500		3900	0.77	3001
7		2600	1750		4350	0.67	2936
8		2800	2000	-7500	-2700	0.59	-1599
Total acumulado							22865

Valores em contos

Taxa de actualização = 14%

Todos estes exemplos são simulados e muito simplificados. O seu objectivo é apenas o de sensibilizar o leitor para a necessidade de encarar os problemas de decisão económica numa perspectiva multilateral e a longo prazo.

CAPÍTULO XIII

CONTROLO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

1. INDICADORES DE GESTÃO

Uma vez definidos os objectivos de manutenção compatíveis com o posicionamento estratégico da empresa torna-se necessário criar instrumentos que permitam avaliar em que medida eles estão a ser cumpridos ou, pelo contrário, se estão a verificar desvios que obrigam a tomar acções correctivas. A razão de ser desta necessidade é o facto de os objectivos, pelo seu carácter mais geral, não possuírem a precisão e rapidez de resposta que permitam que o gestor seja alertado a tempo de tomar medidas antes que os desvios sejam de recuperação difícil ou mesmo impossível.

Para isso são então criados **indicadores de gestão** associados a cada objectivo e que, se criteriosamente escolhidos, permitem, no seu conjunto, obter um retrato bastante fiel da realidade que se pretende controlar.

Na escolha dos indicadores de gestão devem ser tidas em conta algumas características essenciais:

- **utilidade:** os indicadores devem ser necessários e adequados ao processo de controlo utilizado.
- **clareza:** os indicadores devem ser fáceis de entender por pessoas com a formação e cultura daquelas a quem se destinam.
- **fidelidade:** Os indicadores devem reproduzir com fidelidade e rigor a situação que se pretende controlar.
- **sensibilidade:** Os indicadores devem reagir com a necessária rapidez às alterações do contexto que estão a aferir.
- **unicidade:** Para cada situação a avaliar deve haver um único indicador, para evitar conflitos ou incertezas.

- **hierarquização:** Cada responsável, em cada nível da organização, deve ter apenas os indicadores que respeitam à área que dirige.
- **complementaridade:** Os indicadores devem completar-se uns aos outros e, no seu conjunto, devem cobrir o mais possível a totalidade da actividade de manutenção na empresa.

A escolha dos indicadores só pode ser feita com base na experiência e nos conhecimentos dos responsáveis pela actividade de manutenção na empresa. O processo de estabelecimento de objectivos e a escolha dos indicadores mais adequados é, normalmente, um processo longo, feito de tentativas e correcções, até se atingir a perfeição desejada.

Como método de trabalho sugere-se a criação de listas de indicadores relacionados com cada um dos objectivos fixados e, de seguida, a submissão de cada indicador ao critério de avaliação que foi apresentado, com eliminação dos que não satisfaçam os requisitos exigidos.

No Quadro 13.1 são apresentadas algumas sugestões de indicadores de gestão de manutenção com indicação sobre a forma de os calcular.

Quadro 13.1

Exemplos de Indicadores de Gestão

1. Relação entre Custo de Manutenção e Valor do Imobilizado:

$$\frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Valor do Imobilizado Sujeito a Manutenção}} \times 100 \%$$

2. Relação entre Custo de Manutenção e Custo de Produção:

$$\frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Custo de Produção}} \times 100 \%$$

3. Relação entre Custo de Manutenção e Volume de Vendas:

$$\frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Valor Total das Vendas}} \times 100 \%$$

4. Relação entre Custo de Manutenção e Valor Acrescentado:

$$\frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Valor Acrescentado}} \times 100 \%$$

5. Custo da Manutenção Subcontratada:

$$\frac{\text{Custo da Manutenção Subcontratada}}{\text{Custo Total da Manutenção}} \times 100 \%$$

6. Custo da Manutenção Preventiva:

$$\frac{\text{Custo da Manutenção Preventiva}}{\text{Custo Total da Manutenção}} \times 100 \%$$

7. Custo da Manutenção Resolutiva:

$$\frac{\text{Custo da Manutenção Resolutiva}}{\text{Custo Total da Manutenção}} \times 100 \%$$

8. Custo Horário de Manutenção:

$$\frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Número Total de Horas de Manutenção}} \times 100 \%$$

9. Aproveitamento de Mão de Obra:

$$\frac{\text{Total de Horas de Trabalho em Manutenção}}{\text{Total de Horas de Presença}} \times 100 \%$$

10. Intensidade da Manutenção Preventiva:

$$\frac{\text{Total de Horas Gastas em Manutenção Preventiva}}{\text{Total de Horas Gastas em Manutenção}} \times 100 \%$$

11. Intensidade da Manutenção Resolutiva:

$$\frac{\text{Total de Horas Gastas em Reparação de Avarias}}{\text{Total de Horas Gastas em Manutenção}} \times 100 \%$$

12. Disponibilidade dos Equipamentos:

$$\left[1 - \frac{\text{Tempo de Imobilização por Razões de Manutenção}}{\text{Tempo Máximo de Operação}} \times 100 \% \right]$$

13. Eficácia da Manutenção:

$$\frac{\text{Tempo Total de Operação}}{\text{Tempo Total de Manutenção}}$$

14. Tempo Médio Entre Avarias:

$$\frac{\text{Tempo Total de Operação}}{\text{Número de Avarias}}$$

15. Tempo Médio de Reparação de Avarias:

$$\frac{\text{Tempo de Reparação de Avarias}}{\text{Número de Avarias}}$$

16. Taxa de Serviço de Materiais:

$$\left[1 - \frac{\text{Número de Requisições Não Atendidas}}{\text{Número Total de Requisições}} \times 100 \% \right]$$

2. QUADRO DE BORDO

Para mais rápida visualização é costume organizar um quadro, a que se vem chamando **quadro de bordo**, por analogia com o painel de instrumentos dos veículos, e onde se reúne um conjunto de indicadores, em número restrito mas suficientemente significativos, que permitem a cada gestor, do responsável máximo pela Manutenção, ao chefe de 1ª linha, "pilotar" a sua área com segurança e eficiência.

A analogia que se estabeleceu com os painéis de instrumentos dos veículos não é gratuita. De facto, até mesmo num veículo sofisticado como o avião, a quantidade de informação que, em cada momento, é apresentada ao piloto é relativamente reduzida. Pretende-se que ele tenha conhecimento dos parâmetros essenciais do voo e seja alertado para qualquer anomalia, sem ser distraído por um vasto conjunto de informação subsidiária. Esta informação, que também pode vir a ser importante, por exemplo para fazer o diagnóstico de uma anomalia, só surge quando é expressamente pedida.

Deve ser exactamente neste espírito que é construído o quadro de bordo: contém informação essencial, que permite ao gestor saber se tudo corre bem ou se há sintomas de alguma irregularidade; neste caso o gestor sabe que existe informação complementar que ele pode pedir para aprofundar a análise da situação, mas não é confrontado com uma grande quantidade de informação que lhe dificulta a percepção das questões essenciais.

No Quadro 13.2 apresenta-se um exemplo de um Quadro de Bordo de Manutenção.

Quadro 13.2
Extracto de Quadro de Bordo de Manutenção

QUADRO DE BORDO DE MANUTENÇÃO				
MÊS: Setembro	ANO: 1993	Realizado este mês	Acumulado desde Janeiro	Objectivo
Número de efectivos de manutenção (h)		18	18	
Tempo total de presença (h)		2880	25200	
Horas de manutenção preventiva (h)		1302	10500	
Horas de reparação de avarias (h)		1018	8720	
Aproveitamento de mão-de-obra (%)		80,6	76,3	>80
Intensidade de manutenção preventiva (%)		56,1	54,6	>60
Intensidade de manutenção resolutive (%)		43,9	45,4	≤40
Tempo de operação de máquinas (h)		10640	98630	
Imobilização por razões de manutenção (h)		1850	15320	
Disponibilidade das máquinas (%)		82,6	84,5	>85
Custo de pessoal de manutenção (contos)		2700	27000	
Custo de materiais de manutenção (contos)		850	7920	
Custo horário de manutenção (esc.)		1530	1817	<1600
Número de avarias		35	264	
Tempo médio entre avarias (h)		304	374	>400
Tempo médio para reparação de avarias (h)		29,1	33,0	<30

CAPÍTULO XIV SUBCONTRATAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Subcontratação de manutenção é a transferência, para uma entidade exterior, da responsabilidade pela execução, total ou parcial, de actividades relacionadas com o programa de manutenção da empresa.

A subcontratação varia em âmbito e extensão, podendo ir da simples execução de tarefas, como limpeza ou segurança, até à responsabilidade integral pela totalidade da manutenção da empresa.

A decisão de subcontratar alguma actividade deve ser precedida de uma ponderação das razões que a justificam, das suas vantagens e inconvenientes, da selecção das melhores alternativas. Depois de feita a escolha, há que fazer o acompanhamento do contrato nos seus múltiplos aspectos.

2. A DECISÃO DE SUBCONTRATAR

A decisão de subcontratar pode ter importantes reflexos económicos, técnico e sociais na vida da empresa. Importa por isso que ela seja tomada, em relação a cada actividade ou conjunto de actividades, depois de ponderados todos os factores, frequentemente antagónicos, que a influenciam.

As razões que levam a **optar pela subcontratação** são, por exemplo:

- a manutenção é, em muitos casos, uma actividade muito afastada do objectivo principal da empresa, pelo que não se justifica investir nessa actividade;
- a manutenção de alguns sistemas e equipamentos, mormente os tecnologia mais avançada, requer pessoal muito especializado e equipamentos dispendiosos que empresas de menor dimensão não estão em condições de rendibilizar;

- algumas actividades de manutenção são tão espaçadas no tempo que não permitiriam manter ocupada em permanência uma equipa que a elas se dedicasse em exclusivo;
- quando a actividade de manutenção tem uma sazonalidade muito nítida ou picos muito acentuados, pode ser necessário recorrer a entidades externas para conseguir completar essas tarefas dentro dos prazos previstos;
- algumas tarefas menos frequentes podem ser efectuadas com maior rendimento e economia por pessoal externo que as execute rotineiramente em vez do pessoal da empresa que só as executa ocasionalmente;

Em contrapartida, outros argumentos podem favorecer a decisão de **não efectuar subcontratação**:

- o clima laboral pode ser afectado se os trabalhadores da empresa não entenderem as razões do recurso à subcontratação, em particular se houver na empresa condições adequadas à realização do trabalho;
- se a política da empresa for no sentido da criação de postos de trabalho e, em especial, se houver incentivos nacionais ou comunitários nesse sentido, a subcontratação pode perder interesse;
- a realização da manutenção na empresa permite, normalmente, uma melhor articulação entre o plano de manutenção e o plano de produção e uma adaptação mais rápida às alterações imprevistas;
- a manutenção feita localmente estimula a formação e actualização dos seus trabalhadores, permite um melhor conhecimento dos problemas técnicos ocorridos e facilita a sensibilização dos operadores para uma melhor utilização dos equipamentos;
- quando a formação e especialização do pessoal o viabilize, o trabalho de manutenção pode ser complementar de outras actividades, permitindo uma melhor regularização das suas cargas de trabalho;

3. O QUE PODE SER SUBCONTRATADO

Em princípio toda a manutenção pode ser subcontratada desde que haja interesse nisso e entidades externas habilitadas.

Podem, nomeadamente, ser objecto de subcontratação:

- (a) **Segurança** - A segurança de instalações tende cada vez mais a ser entregue a empresas especializadas que não só prestam o serviço como ainda podem estudar, preparar e instalar sistemas de protecção adequados.
- (b) **Conservação e Limpeza** - A conservação, limpeza e beneficiação de edifícios, vias de acesso e logradouros pode ser adjudicada a empresas especializadas que dispõem de meios que não é, normalmente, justificável que a empresa industrial adquira.
- (c) **Reparação de Avarias** - A reparação de equipamentos portáteis ou transportáveis pode ser efectuada nas oficinas do fabricante, do revendedor ou de um agente autorizado. Estas entidades podem também fazer deslocar ao local equipas para reparação de equipamentos de maior porte. Sempre que o tipo de operação o justifique, os contratos de assistência para reparação de avarias podem prever a permanência na empresa de piquetes prontos a acorrer a qualquer emergência, ou um sistema de prontidão que assegure uma resposta imediata a qualquer chamada.
- (d) **Manutenção Programada** - A manutenção programada pode ser total ou parcialmente adjudicada a uma empresa externa. O contrato pode ser feito para uma única intervenção ou uma sequência limitada de intervenções mas é, normalmente, mais vantajoso contratar um ciclo completo até à revisão geral. O contrato pode contemplar apenas a execução das tarefas, havendo opção de os materiais serem fornecidos por qualquer das partes, mas pode também ser um contrato de manutenção completo, em que toda a responsabilidade é do subcontratado, desde a elaboração do programa à sua execução, passando pela sua preparação, planeamento e controlo.
- (e) **Manutenção Condicionada** - Este tipo de manutenção obriga, em geral, à instalação de aparelhagem complexa e dispendiosa que é, normalmente, adquirida pela empresa. A subcontratação, neste caso, é mais orientada no

sentido do aconselhamento sobre o tipo de programa e equipamento mais adequados, sua instalação, formação de operadores e, eventualmente, apoio na interpretação dos dados e definição de acções subsequentes.

- (f) **Renovação, Reconstrução, Modificação** - São actividades pouco frequentes para as quais a empresa pode não dispor de recursos na quantidade e com a formação requeridos.
- (g) **Calibração** - A calibração de ferramentas e equipamentos de medida requer meios técnicos muito rigorosos e pessoal muito especializado que só é possível encontrar em laboratórios acreditados.
- (h) **Ensaio e Análises** - Pela mesma ordem de razões há um vasto conjunto de ensaio e análises que só podem ser efectuados em laboratórios especializados, devidamente apetrechados.

4. CONTRATOS DE MANUTENÇÃO

Toda a manutenção subcontractada deve ser objecto de um contrato que estipule claramente os direitos e deveres de cada uma das partes e as penalizações por incumprimento.

Um contrato de manutenção deve mencionar, designadamente:

- (a) **Objecto** - Qual o tipo de actividade pretendido; instalação, sistema ou equipamento sobre o qual ela se vai exercer; local onde é feito o trabalho; serviços complementares incluídos; condições de aceitação de trabalhos adicionais ou alterações ao objecto inicial do contrato.
- (b) **Padrões** - É desejável que o contrato mencione ou faça referência a padrões, comumente aceites, que permitam avaliar de forma objectiva a conformidade do trabalho final com as especificações feitas.
- (c) **Recursos** - Identificar claramente quem é responsável pelo fornecimento de cada um dos recursos necessários (mão de obra, materiais de consumo, ferramentas, equipamentos de ensaio, peças de substituição, etc.).
- (d) **Prazos** - Datas previstas para início e fim de cada actividade, datas intercalares de controlo, etc. .

- (e) **Preços** - Preço fixo ou regras para construção dos preços variáveis; taxas e outros encargos; bónus e penalizações; prazos e condições de pagamento.
- (f) **Garantias** - Condições e prazos em que o subcontratado se obriga a corrigir deficiências imputáveis ao trabalho efectuado.
- (g) **Responsabilidades** - Responsabilidade de cada uma das partes, uma em relação à outra, incluindo o seu património e seus trabalhadores, e de cada uma em relação a terceiros, relativamente a danos ocorridos em consequência do trabalho contratado; delimitação de responsabilidades quanto à conformidade com a legislação aplicável.
- (h) **Penalizações** - Penalidades aplicáveis a cada uma das partes em caso de falta de cumprimento das obrigações contratuais.

No que respeita à forma como é fixado o preço há várias alternativas, geralmente relacionadas com o tipo e extensão do trabalho:

- (a) **Preço fixo** - Forma preferida quando é possível definir com rigor o trabalho a contratar. Tem a vantagem de se saber à partida quanto se vai pagar. Importa acordar previamente os padrões pelos quais o resultado final vai ser avaliado e o custo e condições de eventuais alterações ou trabalhos adicionais decididos após a adjudicação.
- (b) **Preço variável** - Necessário quando não se conhece bem a extensão do trabalho requerido (por exemplo uma reparação de que não há experiência conhecida). Neste caso são acordados alguns parâmetros como, por exemplo, o preço horário da mão de obra e as sobretaxas aplicáveis aos materiais consumidos. Este tipo de contrato tem o inconveniente de não se saber antecipadamente quanto vai custar. Convém, por isso, fixar-lhe um limite máximo .
- (c) **Preço misto** - Aplicável em trabalhos como, por exemplo, uma inspecção e reparação de uma instalação ou equipamento. Sendo conhecido o trabalho associado à inspecção, é possível fixar-lhe um preço. Mas para o trabalho de reparação subsequente é normal fixar apenas os preços horários de mão de obra e as sobretaxas de materiais. Caso o subcontratado já tenha experiência do trabalho, pode optar por estabelecer um preço fixo. Outra alternativa utilizada é estabelecer um preço fixo que cobre o trabalho de inspecção e as

reparações que não excedam um certo valor de mão de obra ou de material, sendo o restante trabalho pago de acordo com a sua extensão.

Qualquer que seja o trabalho a adjudicar, há sempre vantagem em tê-lo coberto por um contrato. E, se se prevê que o trabalho assuma um carácter repetitivo, é possível conseguir melhores condições estabelecendo um contrato por um período mais longo. Mesmo quando não se sabe quando o trabalho vai ser necessário, como é o caso, por exemplo, da assistência para desempanagem, é sempre vantajoso ter uma cobertura contratual. A situação mais desvantajosa é sempre a de negociar sob pressão na altura em que o trabalho é necessário com urgência.

5. SELECÇÃO DOS SUBCONTRATANTES

Uma vez decidida a execução, no exterior, de um trabalho, é preciso seleccionar a entidade que o vai executar. O processo de selecção envolve as seguintes etapas:

(a) **Elaboração da lista dos potenciais fornecedores** - É vantajoso manter um ficheiro das firmas a quem interessa dirigir consultas, pelo menos no que respeita aos trabalhos mais frequentemente subcontratados. Este ficheiro pode ir sendo completado com as informações recolhidas sobre cada um e a própria experiência de relacionamento com cada firma. Para que uma empresa seja qualificada para a prestação de serviços de manutenção deve reunir as seguintes características:

- **experiência:** já deve ter, comprovadamente, realizado o tipo de trabalho pretendido ou outro semelhante. A sua aprendizagem à custa do trabalho que vai ser adjudicado sai muito cara.
- **capacidade:** deve possuir todos os recursos necessários para executar o trabalho, incluindo ferramentas, equipamentos e materiais, pessoal treinado, capacidade financeira, conhecimento técnico e suporte administrativo.
- **credibilidade:** é sempre mais seguro negociar com firmas com reputação estabelecida, que possam ser recomendadas pelos seus clientes e certificadas ou acreditadas pelas autoridades competentes, quando seja caso disso. Firms em fase de lançamento podem oferecer condições

interessantes mas que só serão de aceitar se o risco potencial for controlado.

- **disponibilidade:** a despeito da sua capacidade, experiência e reputação, só interessa uma firma que dê garantia de executar o trabalho dentro do prazo estipulado.
- (b) **Elaboração do caderno de encargos** - Mais ou menos extenso, consoante o tipo de trabalho, é sempre vantajoso. Esclarece todas as partes sobre o exacto trabalho pretendido e serve de termo de arbitragem em caso de conflito. Pode ser elaborado pela empresa que adjudica o trabalho, por um consultor externo contratado para o efeito (só para trabalhos complexos de grande dimensão) ou pelo próprio fornecedor, com base em especificações que lhe são fornecidas. O caderno de encargos deve ter o detalhe suficiente para não permitir qualquer dúvida sobre o trabalho pretendido e pode ser referido no contrato ou mesmo ser-lhe anexado.
- (c) **Elaboração do orçamento** - Desde que se disponha de elementos para isso, normalmente recolhidos em trabalhos idênticos anteriormente realizados, é desejável preparar uma estimativa do custo total do trabalho.
- (d) **Consulta aos fornecedores** - Pode ser feita por convite directo ou por concurso público. Em qualquer dos casos é sempre vantajoso consultar mais que uma fonte.
- (e) **Seleção do fornecedor** - Nem sempre a melhor proposta é a mais barata. Interessa seleccionar o fornecedor que, pelo melhor preço e com as melhores condições de pagamento, dê garantias de realizar o trabalho com qualidade dentro do prazo fixado, tenha mais experiência e melhor reputação.
- (f) **Elaboração do contrato** - Feito com base nos termos do caderno de encargos e da proposta seleccionada. Empresas com grande volume de subcontratação têm vantagem em ter um contrato-tipo que procurarão impor como ponto de partida. Desta forma as negociações decorrem em terrenos que lhes são mais familiares.

6. ADMINISTRAÇÃO DOS CONTRATOS

Em qualquer empresa, mas muito em especial naquelas em que a subcontratação assume um peso dominante nas despesas de manutenção, é essencial ter uma pessoa ou um grupo de pessoas dedicados ao acompanhamento dos contratos.

As funções destas pessoas, que recorrerão ao apoio de técnicos especializados sempre que necessário, são:

- (a) elaborar ou orientar a **elaboração dos cadernos de encargos**;
- (b) seleccionar ou dar parecer sobre a **selecção dos fornecedores**;
- (c) seleccionar ou dar parecer sobre as **propostas** recebidas;
- (d) controlar os **prazos de execução** dos trabalhos;
- (e) **recepcionar os trabalhos**, assegurando a sua conformidade com os termos do contrato;
- (f) **recepcionar toda a documentação** relativa aos trabalhos realizados, assegurando que está completa e em devida ordem;
- (g) **conferir as facturas**, verificando se respeitam os termos do contrato e se os valores facturados, no caso de preços variáveis, são correctos;
- (h) manter actualizado o **registo histórico dos fornecedores**, anotando o parecer relativamente a cada trabalho adjudicado e todas as ocorrências relevantes a ele associadas;
- (i) manter actualizado um **registo histórico de trabalhos** e, em particular, do seu custo;
- (j) **gerir as garantias**, centralizando todas as reclamações e estabelecendo os contactos com o fornecedor necessários à sua execução;
- (l) organizar **auditorias aos fornecedores**, sempre que justificável, para avaliar aspectos como as instalações, os equipamentos, o número e qualificação do pessoal especializado, o sistema de controlo de qualidade, a organização da

contabilidade, os registros documentais, etc. A realização de auditorias é um direito de quem subcontrata que, se necessário, será garantida nos contratos;

CAPÍTULO XV

INFORMÁTICA NA MANUTENÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O computador é, nos dias de hoje, uma ferramenta de trabalho acessível e de grande utilidade. No entanto, a despeito das suas múltiplas aplicações na gestão da manutenção, parece não estar ainda muito divulgado.

O custo relativamente acessível de uma gama apreciável de computadores e seus periféricos, e a existência no mercado de um vasto leque de aplicações informáticas susceptíveis de resolver os problemas mais comuns de gestão, justificam uma reapreciação, pelas empresas, das potencialidades de uma poderosa ferramenta que está perfeitamente ao alcance da grande maioria.

2. O USO DE COMPUTADORES EM MANUTENÇÃO

Os computadores podem ter múltiplas aplicações directa ou indirectamente relacionadas com a Manutenção. Algumas delas, no entanto, não serão aqui consideradas por serem do domínio da actividade industrial: comando numérico de máquinas, comando automático de instalações, etc. Outras aplicações, embora respeitando directamente à manutenção, são exclusivamente de carácter técnico e são, por isso, referidas noutra local: diagnóstico interno de avarias, medição de parâmetros de controlo, etc. O objecto deste capítulo é o uso dos computadores em funções relacionadas com a gestão da manutenção.

A utilização de computadores na gestão da manutenção apresenta os seguintes benefícios potenciais:

- (a) **maior produtividade da manutenção**, devido a uma melhor utilização de todos os recursos (mão de obra, materiais, equipamentos, ferramentas, instalações);

- (b) **redução dos custos de manutenção**, porque há conhecimento mais rápido e rigoroso de todos os factores de custo permitindo tomar decisões correctas em tempo útil;
- (c) **redução dos tempos de imobilização não programada** dos equipamentos, porque é possível utilizar de forma mais extensa a manutenção preventiva;
- (d) **aumento do tempo de vida** dos equipamentos, por beneficiarem de mais e melhor manutenção;
- (e) **redução de todos os tempos de espera**, por melhor organização do trabalho e melhor informação sobre as localizações dos materiais, ferramentas, equipamentos, documentação técnica, etc. ;
- (f) **menor tempo de imobilização por avaria**, porque há um acesso mais rápido e selectivo à história da máquina e seus modos de avaria característicos, permitindo uma detecção mais eficaz;
- (g) **menor perturbação do ritmo de produção**, por ser mais fácil articular o plano de manutenção com o plano de produção;
- (h) **maior eficácia da gestão**, porque pode apoiar as suas decisões de carácter técnico ou económico em informações actualizadas e fidedignas, e é alertada para desvios relevantes logo que eles ocorram;
- (i) **melhor organização da manutenção**, porque a análise que precede a especificação de um sistema de gestão informatizada da manutenção revela, geralmente, insuficiências, desajustes ou redundâncias que devem ser corrigidos;

A gestão informatizada da manutenção pode cobrir as seguintes funções:

1. **Planeamento e Controlo de Manutenção**
2. **Manutenção Programada**
3. **Orçamento e Custos de Manutenção**
4. **Informação para Gestão**
5. **Outras funções subsidiárias**, de carácter técnico ou administrativo

Veremos em seguida os passos a dar desde a especificação à instalação do sistema informatizado de gestão da manutenção mais adequado para cada empresa.

3. DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DE INFORMAÇÃO

A primeira etapa no processo de aquisição de um sistema informatizado de gestão da manutenção é a determinação das necessidades de informação do departamento e a avaliação da forma como elas são actualmente satisfeitas.

Um procedimento usual é a realização de uma **análise às funções de manutenção**, feita em conjunto por responsáveis de manutenção e especialistas de sistemas de informação. Esta análise é apoiada em entrevistas aos responsáveis das diversas áreas, na análise dos procedimentos e registos existentes e na inventariação dos documentos utilizados. Com base nesta informação é produzido um diagrama que mostra as diferentes áreas funcionais da manutenção e a informação que circula entre elas. O objectivo final é produzir um documento, que deve ter a aprovação dos responsáveis da Manutenção, descrevendo a **informação requerida em cada área**, a forma como ela é actualmente produzida e o grau de satisfação dos utilizadores com a sua qualidade. É de utilidade, para o caso de o futuro sistema vir a ser desenvolvido ou instalado por fases, definir prioridades para cada uma das necessidades de informação descritas.

Antes de se iniciar o trabalho é conveniente elaborar um guião dos contactos a estabelecer e dos aspectos a analisar, o qual deverá ir sendo ajustado em função dos resultados que vão sendo obtidos e das sugestões que forem sendo feitas. Este guião é elaborado com base na realidade própria de cada empresa. Estes são alguns exemplos de actividades que podem ser consideradas:

(a) **Planeamento e Controlo de Manutenção:**

- planificação de trabalhos
- planeamento de recursos (Mão de obra, materiais, ferramentas, instalações)
- emissão de documentos de trabalho

- controlo de trabalhos realizados, em curso e diferidos
- controlo de recursos utilizados (mão de obra, materiais, subcontratos)
- informação para contabilidade

(b) **Gestão de Materiais:**

- aprovisionamento
- armazenagem, transporte, aviamento
- inventário, controlo patrimonial
- gestão de *stocks*
- controlo do material reparável

(c) **Engenharia e Qualidade:**

- elaboração, actualização e controlo do programa de manutenção
- predição e diagnóstico de avarias
- registo de avarias
- análise de fiabilidade
- controlo da documentação técnica
- estudos, normas, ordens técnicas de execução
- inspecções, auditorias

(d) **Contabilidade e Finanças:**

- orçamento e controlo orçamental
- contabilidade geral
- análise de custos
- pagamentos e recebimentos
- análise de investimentos

(e) **Gestão de Pessoal:**

- dados pessoais
- situação na empresa, carreira profissional
- habilitações, qualificação, formação profissional
- retribuição, subsídios,
- controlo de presença, trabalho extraordinário
- produtividade

(f) **Direcção:**

- informação para gestão
- planeamento e controlo de gestão

Em geral, os responsáveis das áreas são sensíveis às suas necessidades de informação. Em alguns casos, o crescimento da empresa, o aumento do número de trabalhadores, a maior complexidade dos equipamentos, tornam difícil o controlo manual da situação. Neste caso um sistema informático pode ser indispensável. Mas também quando a situação parece satisfatória, um sistema informático pode tornar mais rápido e fiável o acesso e processamento da informação.

4. SELECÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Uma vez feita a definição das necessidades de informação é, agora, possível elaborar uma especificação do sistema pretendido. A partir daqui, três alternativas se oferecem:

1. **Desenvolver o sistema internamente**, se a empresa possuir meios adequados. É uma solução que tem a vantagem de se adaptar completamente às necessidades da empresa e permitir ficar com o conhecimento perfeito do sistema, mas tem o inconveniente de poder ser mais demorada e mais dispendiosa.
2. **Adjudicar o desenvolvimento do sistema** a uma entidade exterior: empresa de serviços informáticos, centro universitário. Esta solução também se adapta aos requisitos da empresa, mas pode ser também dispendiosa e o conhecimento do sistema fica no exterior.
3. **Adquirir um sistema existente**. São várias as fontes que podem ser consultadas:
 - distribuidores de equipamento informático;
 - consultores de organização de manutenção;

- empresas de serviços de informática;
- outras empresas que desenvolveram programas para uso próprio e que os comercializam.

Esta tenderá a ser a solução mais económica e rápida, mas é aquela que requer maior cuidado na selecção para garantir que o produto adquirido é o mais conveniente além de, frequentemente, precisar de alterações para se adaptar à estrutura da empresa.

Na selecção do sistema e do fornecedor há que ter em consideração aspectos relativos a ambos.

No que respeita à **selecção do sistema** podem colocar-se questões como estas:

- (a) Responde às necessidades de informação definidas por cada área?
- (b) É compatível com o equipamento informático já existente na empresa ou permite uma boa escolha do computador em que pode ser instalado?
- (c) Adapta-se à estrutura da empresa sem grandes alterações?
- (d) É fácil de utilizar por pessoas com características daquelas que o vão operar?
- (e) Pode ser instalado por módulos e crescer à medida das necessidades da empresa?
- (f) Há outros utilizadores que comprovem a sua eficácia e possam partilhar desenvolvimentos futuros?
- (g) É compatível com outros sistemas com que haja interesse fazê-lo comunicar?
- (h) Tem protecção adequada contra erros acidentais ou acesso não autorizado?
- (i) Tem documentação adequada, tanto para o utilizador como para o responsável pela sua manutenção?

Quanto à **selecção do fornecedor** deve averiguar-se:

- (a) Pode introduzir no sistema as alterações necessárias para o adaptar aos requisitos da empresa?

- (b) É capaz de fornecer apoio à instalação e assistência após venda?
- (c) Pode dar formação sobre o sistema?
- (d) Pode efectuar ou apoiar futuras modificações e actualizações do sistema?
- (e) Tem reputação de competência e honestidade?

5. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO

Depois de seleccionado o sistema há que preparar a sua instalação. É uma fase a que, frequentemente, não é dada a devida importância, o que é causa de atrasos, desajustamentos e incompreensões. Nesta fase inclui-se:

- (a) **Instalação física do sistema.** Obriga à criação de condições adequadas para a instalação dos computadores e seus periféricos.
- (b) **Formação de pessoal.** Pode ser integralmente ministrada pelo fornecedor ou, parcialmente, por monitores da empresa treinados pelo fornecedor. Em qualquer dos casos é indispensável para uma eficaz utilização do sistema. Uma boa documentação é indispensável para esclarecimento de dúvidas mas não substitui a formação.
- (c) **Apresentação do sistema.** O sistema tem que operar com os trabalhadores e suas chefias e não à margem deles e muito menos contra eles. Uma boa parte do êxito do sistema reside na sua compreensão e aceitação pelo pessoal da manutenção. Vale a pena, por isso, gastar algum tempo a fazer a sua apresentação em todos os sectores envolvidos.
- (d) **Carregamento de dados.** É uma etapa normalmente longa e fastidiosa que requer, geralmente, o recurso a trabalho extraordinário ou pessoal temporário. O fornecedor pode, por vezes, criar programas especiais para facilitar o carregamento inicial dos dados. É importante que os registos tenham sido previamente conferidos para assegurar a sua boa qualidade.
- (e) **Aceitação do sistema.** O sistema não deve ser aceite sem ter estado algum tempo a operar em ambiente real. Apesar dos testes e simulações que possam ter sido feitos, dificilmente terão conseguido reproduzir todas as situações que ocorrem na operação normal.

BIBLIOGRAFIA

Ariza, C. - *Introdução à Manutenção Preventiva de Equipamento Eléctrico Industrial* - Mc Graw Hill do Brasil

Ariza, C. - *Manual de Manutenção Electro-Electrónica* - Mc Graw Hill do Brasil

Ariza, C. - *Manutenção Correctiva de Circuitos CA e CC* - Mc Graw Hill do Brasil

Ariza, C. - *Manutenção Correctiva de Máquinas Eléctricas Rotativas* - Mc Graw Hill do Brasil

Ariza, C. - *Sistema de Administração para Manutenção Industrial* - Mc Graw Hill do Brasil

Bazovsky, I. - *La Fiabilité* - Dunod

Boitel, Daniel e Hazard, Claude - *Guide de la Maintenance* - Nathan Technique

Clifton, R. - *Principles of Planned Maintenance* - Edward Arnold Editors

Corder, A. - *Maintenance Management Techniques* - Mc Graw Hill

Criswell, John W. - *Planned Maintenance for Productivity and Energy Conservation* - The Fairmont Press Inc.

File, William T. - *Cost Effective Maintenance* - Butterworth Heinwmann

Jardine, A. - *Maintenance Replacement and Reliability* - Pitman Publishing

Mobley, R. Keith - *An Introduction to Predictive Maintenance* - Van Nostrand Reinhold

Monchy, François - *La Fonction Maintenance* - Masson

Patton Jr., Joseph D. - *Preventive Maintenance* - Instrument Society of America

Sacristán, F. Rey - *Gestão de Manutenção Mecânica e Eléctrica na Indústria e nas Oficinas* - Edições CETOP

Souris, J. - P. - *Manutenção Industrial: Custo ou Benefício ?* - Lidel Edições Técnicas

UNIDO - *Introdução ao Planeamento da Manutenção em Empresas Industriais* - Datinvest

Weaver, R.L. - *Manager's Guide to Machinery Maintenance (A Master Plan for Organization and Control)* - Prentice Hall Inc.

Wireman, Terry - *Computerized Maintenance Management Systems* - Industrial Press Inc.