

# EDUCAÇÃO e --- TECNOLOGIA



Revista do Instituto Politécnico da Guarda

**"EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA"**

Revista do Instituto Politécnico da Guarda

**DIRECTOR: João Bento Raimundo**

**REDACÇÃO: Rua Comandante Salvador do Nascimento**  
**Telef. 21634                      6300 GUARDA**

**PROPRIEDADE: Instituto Politécnico da Guarda**

**EXECUÇÃO GRÁFICA: Secção de Reprografia do IPG**

**Depósito Legal N.º 17.891/87**

**Reprodução total ou parcial proibida**

*"É muito melhor saber um pouco de tudo do que saber tudo de uma só coisa; esta universalidade é a mais bela"*

*B. Pascal*

**Continuamos o nosso esforço de, através da Educação e Tecnologia, dar notícia do que mais se vai experimentando, descobrindo, sabendo, enfim, no Instituto Politécnico da Guarda.**

**Conscientes da inexistência de um saber acabado, do fluir e refluir das mais variadas teses, antíteses e sínteses, o espaço aberto que sempre pretendemos fosse, esta revista granjeou já uma implantação sólida.**

**Constitui, diríamos, uma amostra do que é o próprio IPG, em termos do seu alargamento e da sua aceitação.**

**Diremos que o todo que é o Instituto, (que não cremos seja a simples soma das partes, mas a interpretação de todas elas), continua em crescimento e em afirmação.**

**Os novos cursos lançados no presente ano lectivo - Engenharia de Construção Civil e Engenharia de Manutenção Industrial - vieram alargar o âmbito do intercâmbio científico, tecnológico e pedagógico-didático.**

**Contribuir para o desenvolvimento sócio-cultural e económico desta região tão carenciada é, também, e muito especialmente formar os seus filhos, abrindo todo um leque de opções que lhes venha a permitir uma inserção na vida activa em conformidade com potencialidades pessoais e do meio ainda não exploradas.**

**Efectivamente no IPG não se faz tudo, nem - muito menos - de tudo se sabe tudo.**

**Continuaremos a tentar fazer o melhor, que de muito se saiba muito e, desse tudo, se testemunhe o máximo.**

**João Bento Raimundo**

Presidente da C. I. do  
Instituto Politécnico da Guarda

# **A MANUTENÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA**

## **Primeira parte ASPECTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS**

---

**Christian VAUGE** - Chefe do Dep. de Medidas Físicas IUT - Créteil

---

Este artigo tem por objectivo resumir os principais conhecimentos e processos úteis à implantação ou ao melhoramento da manutenção do parque de instrumentos de medida e de análise de uma empresa ou de um laboratório.

A grande diversidade de materiais não permite um estudo exaustivo. Mais ou menos, poder-se-á reduzir a dificuldade decompondo cada tipo de aparelhos em sub-conjuntos de tecnologias distintas (mecânica, óptica, electrónica, informática, etc.). Combinar-se-ão os resultados de cada sub-conjunto (taxas de defeito, frequência das revisões, por exemplo), para precisar as regras aplicáveis à aparelhagem completa. Salvo indicação contrária, o que se segue refere-se a sub-conjuntos funcionais homogêneos. As noções teóricas resumidas no presente artigo serão ilustradas pelo estudo de um caso que aparecerá ulteriormente, assim como a bibliografia.

### **A MANUTENÇÃO**

Segundo a norma AFNOR NF X 60-010, a manutenção é o "conjunto de acções que permitem conservar ou restaurar um bem dentro de uma situação específica ou em medida de assegurar um determinado serviço". Poder-se-ia acrescentar "ao custo global óptimo", quando se refere o aspecto económico da manutenção. Esta inscreve-se, pois, dentro do conceito global de "qualidade industrial" e faz apelo às noções de fiabilidade, de durabilidade, etc. aplicadas a um bem ou a um serviço industrial.

A manutenção comporta aspectos preventivos (sistemáticos ou condicionais) e aspectos correctivos (reparações). O diagrama

abaixo, adaptado da norma NF X 60-010, precisa os diferentes aspectos da noção de manutenção (ver fig. 1).

A instrumentação de medida relaciona-se com manutenção, enquanto parte integrante do processo de produção industrial. A sua importância evidencia-se no caso preciso dos laboratórios (análises bio-médicas, ensaios, controle de qualidade, investigações, etc.). Nas empresas é a metrologia que se relaciona,

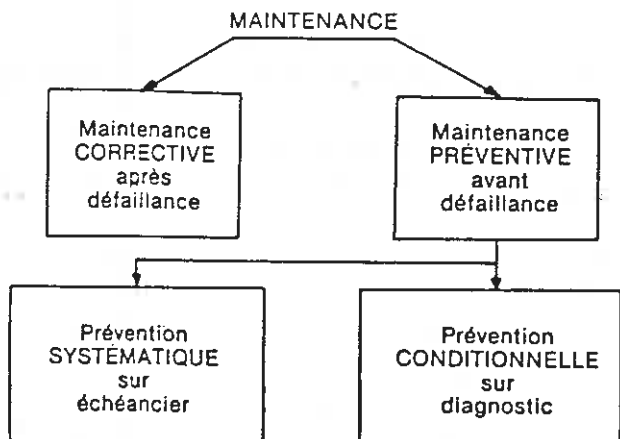


Figura 1: As diferentes formas de manutenção

em primeiro lugar com, a função "Manutenção" na sua organização técnica e económica, mas, de facto, não há quase nenhum sector que lhe não esteja relacionado pelo menos, através do conceito de "qualidade" evocada mais acima

## FIABILIDADE EM INSTRUMENTAÇÃO

A fiabilidade de um instrumento de medida corresponde à conservação, através do tempo, das suas qualidades metroológicas. A manutenção tem o objectivo de garantir esta fiabilidade ao melhor custo.

## ANÁLISE PROBABILÍSTICA

A noção de fiabilidade pode ser estabelecida graças à teoria das probabilidades.

Se se designa  $R(t)$  a probabilidade de funcionamento sem defeito durante o tempo  $t$ , dispõe-se de uma medida precisa da fiabilidade do dispositivo de medida estudado, a probabilidade de ter, pelo menos, uma falha antes de que do instante  $t$ . Então sendo  $F(t)$ : é a função de distribuição das primeiras falhas, tem--se evidentemente:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

visto que, durante o período  $t$ , o dispositivo está, quer avariado,

densidade da probabilidade de defeito ou falha.

Uma outra noção importante é a taxa de defeito instantânea:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Concretamente, para uma população de  $N$  dispositivos idênticos, é a proporção, levada à unidade de tempo  $dt$ , dos dispositivos que têm um defeito entre os instantes  $t$  e  $t+dt$ . É também, para um dado aparelho, a mesma relação, calculada sobre uma série de  $N$  defeitos consecutivos (histórico). Neste último caso, será necessário tornar a pôr o sistema no estado funcional inicial. De qualquer forma, para que uma estatística tenha um sentido preciso, é necessário que  $N$  seja suficientemente grande ( $N > 50$ , por exemplo). No caso contrário, utilizam-se factores de correcção, por exemplo, para a frequência acumulada  $F(t)$ :

$$F(t) = \frac{\sum n_i}{N} \quad (N > 50)$$

$$F(i = t) = \frac{i}{N} \quad (N < 50)$$

O gráfico das variações temporais de  $\Omega(t)$  apresenta geralmente o aspecto de uma curva em "banheira" (ver fig. 2).

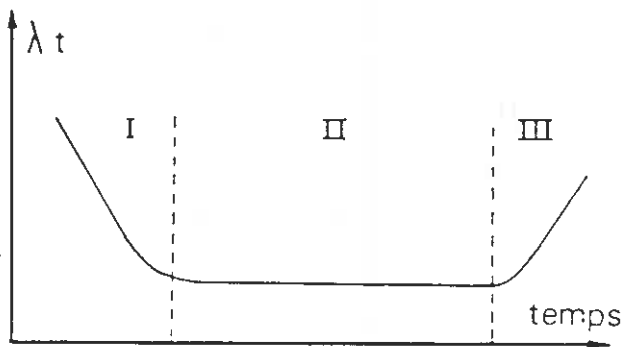


Figura 2:

Taxas de defeito de um sistema (curva em "banheira").

Esta curva apresenta três partes:

Parte I - Defeitos precoces ("défauts de jeunesse"), cuja manifestação e correcção constituem a "dévérminage" \* para os dispositivos electrónicos. A manutenção é correctiva.

Parte II - Defeitos aleatórios, de fraca frequência, típicos de um dispositivo estabilizado dentro das suas

\* eliminação dos vermes, aqui no sentido da eliminação de pequenas incorrecções. (nota da tradutora)

características funcionais (maturidade). A manutenção é do tipo correctivo.

Parte III - Defeitos de uso, traduzindo o desgaste do dispositivo. Trata-se bem de um envelhecimento do material, distinto de "l'obsolescence" causada pela mutação tecnológica (caso de numerosos aparelhos de medida dos anos 70, que permanecem funcionais na sua finalidade principal, mas que não possuem os requintes micro-informáticos dos aparelhos actuais). A manutenção torna-se preventiva (condicional ou sistemática). Há tabelas e bancos de dados de fiabilidade, por tipos de materiais (eléctrico, mecânico, electrónico, etc.). Na ausência de dados precisos de exploração sobre um material, elas fornecem ordens úteis de grandeza. Desde que a lei que descreve a taxa de defeito  $\lambda(t)$  é conhecida, a probabilidade de bom funcionamento do dispositivo no momento traduz-se por:

$$R(t) = \exp \left( - \int_0^t \lambda(t) dt \right)$$

Quadro 1: Lei da probabilidade de defeito (segundo a norma NFx06-501)

Type de distribution et formes mathématiques	Moyenne et écart type	Forme graphique	Taux de défaillance	Estimation des paramètres
<p>Distribution normale</p> $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ $R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$	$\mu$ $\sigma$		$\lambda(t) = \frac{t - \mu}{\sigma^2}$	$\hat{\mu} = \frac{\sum t_i}{n}$ $\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \hat{\mu})^2}{n - 1}}$
<p>Distribution de Poisson</p> $f(k) = \frac{(\lambda T)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda T}$	$\mu = \lambda T$ $\sigma = \sqrt{\lambda T}$		$\lambda(t) = \lambda$	<p>En fiabilité</p> <p>1 Sans remplacement des défectueux :</p> $\hat{\lambda} = \frac{k}{\sum_{i=1}^k t_i + (n - k)T}$
<p>Distribution exponentielle</p> $f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad t > 0$ $R(t) = e^{-\lambda t} \quad \lambda > 0$	$\mu = 1/\lambda$ $\sigma = 1/\lambda$			<p>2 Avec remplacement ou à effectif constant :</p> $\hat{\lambda} = \frac{k}{n \cdot T}$
<p>Distribution de Weibull</p> $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta}$ $R(t) = e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta}$ $\beta > 0; t \geq \gamma$	$\mu = \gamma + \eta \Gamma \left( \frac{\beta+1}{\beta} \right)$ $\sigma = \eta \sqrt{\Gamma \left( \frac{\beta+2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left( \frac{\beta+1}{\beta} \right)}$		$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$	

Notação:  $t$  : variável de tempo;  
 $t_i$  : instante do primeiro evento  
 $T$  : tempo de observação  
 $k$  : números de eventos durante a observação  
 $n$  : efectivo sobre o qual incidem as observações  
 $\mu$  : média de uma distribuição

$\sigma$  : espaço-tipo  
 $\lambda(t)$  : taxa de defeito /ce  
 $\beta$  : parâmetro de forma  
 $\eta$  : parâmetro de escala  
 $\gamma$  : parâmetro de localização  
 $\Gamma$  : função gamma

(exemplo: parte mecânica, óptica, electrónica, etc.), determinam-se, em princípio, os elementos em série, do ponto de vista da fiabilidade, cuja falha arrasta a de um grupo de sub-conjuntos e em seguida, os elementos "em paralelo" (redundantes). A função de fiabilidade do conjunto é então:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \dots R_n(t) \text{ Elementos em série}$$

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_1(t) \cdot R_2(t) \text{ Dois elementos em paralelo}$$

O caso geral necessita de uma análise bastante complexa (ver, por exemplo, a fórmula AFNOR NFx01-501).

Poder-se-á, então deduzir de  $R(t)$  global, a duração média entre duas falhas do dispositivo, isto é, a esperança matemática da variável  $t$ .

$$E(t) = \int_0^{\infty} R(t) \cdot dt$$

Na prática, chama-se MTBF (Mean Time Between Failures traduzido por Média de Tempo de Bom Funcionamento).

## DIFERENTES LEIS DE SOBREVIVÊNCIA

Diversas leis matemáticas têm sido propostas para descrever as variações de taxa de defeito  $y(t)$ .

A mais simples é:  $y(t) = \text{constante}$  válida, por exemplo para a região II da curva de "Banheira" (materiais electrónicos especialmente). A II corresponde-lhe uma probabilidade de bom funcionamento no instante ( $t$ ).

$$R(t) = \exp(-y \cdot t)$$

$$\text{e uma MTBF } E(t) = 1/y$$

A mais cómoda de empregar é a lei de Weibull, função de três parâmetros  $Y$ ,  $B$ ,  $N$ , que pode ser ajustada a quaisquer taxas de defeito.

- decrescentes (região I)
- constantes (região II)
- crescentes (região III)

$$\text{Seja: } \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \text{ et } R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (t > \gamma)$$

O MTBF é uma função linear dos parâmetros

$$E(t) = \text{MTBF} = \gamma + 2\Gamma(1 + 1/\beta)$$

onde  $r$  designa uma função "eurérienne" de segunda espécie (calculável) por computador ou tabelada.



A lei normal de Gauss é pouco utilizada, porque ela não parece adaptada senão a tipos de defeito bastante raros, localizados à volta de um valor médio nas extremidades da curva em "Banheira".

O quadro I resume as propriedades destas diferentes leis.

## **MANUTENÇÃO E DISPONIBILIDADE**

Para um sistema reparável, todo o defeito é seguido de uma noção de manutenção correctiva, à qual se referem as probabilidades:

- de colocação no estado funcional anterior;
- de duração de intervenção correctiva.

O conceito de manutenção reagrupa estes dois aspectos, visto que para a norma AFNOR NFx60-010 "é a probabilidade de restabelecer um sistema nas condições de funcionamento específicas, nos limites de tempo desejados, quando a manutenção é realizada dentro das condições e com os meios prescritos".

A partir daí, é possível desenvolver uma análise probabilística da manutenção, copiada sobre a da fiabilidade, que se definirá assim:

- uma taxa de reparação
- uma probabilidade para que um sistema suspenso no tempo  $t=0$  esteja em serviço no tempo  $t$ , seja  $M(t)$
- uma Média dos Tempos Técnicos de Reparação MTTR
- uma densidade da probabilidade de duração da reparação  $g(t)$ .

O quadro II resume a comparação entre as principais grandezas de manutenção e de fiabilidade,

Fiabilidade	Maintenabilité
Probabilité « de durée de bon fonctionnement ». $R(t) = P(T_p > t)$	Probabilité de « durée de réparation ». $M(t) = Pr(T_k < t)$
$t$ : temps de fonctionnement Densité de probabilité du temps avant défaillance	$t$ : temps de réparation. Densité de probabilité du temps de réparation.
$f(t)$	$g(t)$
Fiabilité	Maintenabilité :
$R(t) = \int_t^{+\infty} f(t) dt = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$	$M(t) = \int_0^t g(t) dt = 1 - e^{-\int_0^t \mu(t) dt}$
Taux de défaillance $\lambda(t)$	Taux de réparation $\mu(t)$
$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$	$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$
MTBF = Mean Time Between Failures	MTTR = Mean Time To Repair
$MTBF = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt = \int_0^{+\infty} R(t) dt$	$MTTR = \int_{-\infty}^{+\infty} t g(t) dt$
Relation fondamentale	Relation fondamentale
$f(t) = \lambda(t) e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$	$g(t) = \mu(t) e^{-\int_0^t \mu(t) dt}$
Lois usuelles	Lois usuelles :
si $\lambda$ = constant, loi exponentielle	si $\mu$ = constant, loi exponentielle
$R(t) = e^{-\lambda t}$	$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$
si $\lambda(t)$ est variable, loi de Weibull (loi à 3 paramètres)	si $\mu(t)$ est variable, loi log-normale (distribution fréquente des durées d'interventions de maintenance), paramètres $m$ et $\sigma$ .
Une modélisation par la loi de Weibull avec $2 < \beta < 3$ est possible.	Une modélisation par la loi de Weibull avec $2 < \beta < 3$ est possible.
Application : systèmes réparables ou non.	Application : systèmes réparables.

Se se admite que um sistema não pode estar senão em estado de funcionar (com uma eficácia variável, eventualmente) ou em reparação, definir-se-á a disponibilidade média "(ou asymptotique)" por:

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

Segundo a política escolhida, a manutenção pode ter por objectivo assegurar uma disponibilidade máxima dos equipamentos (aqui, da instrumentação). Uma outra escolha é de admitir um nível de disponibilidade não máxima, mas a um custo mínimo.

Isto leva a precisar algumas noções económicas relativas à manutenção.

As noções de fiabilidade e de disponibilidade podem ser resumidas e combinadas nos diagramas  $n$ ,  $t$  e  $n.t$  em função dos tipos dos defeitos, ditos "diagramas de Pareto", onde:

- $n$ : nº. de defeitos do tipo  $K$
- $t$ : média das durações de reparação destes defeitos

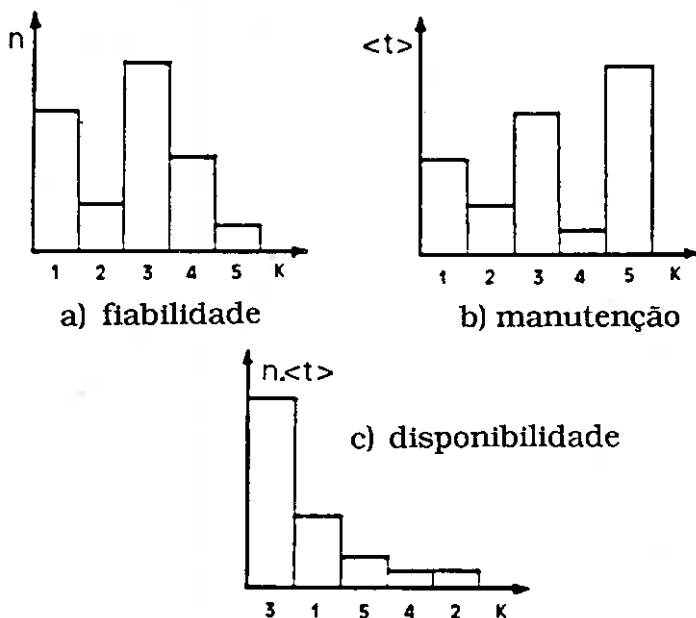


Fig. 3 Diagramas de Pareto

Estes gráficos ajudam a investigação das operações de manutenção prioritárias, em vista de uma melhor disponibilidade do material.

É evidente que os custos de manutenção de instrumentação contribuem para o custo de revenda dos bens ou serviços produzidos por uma empresa.

A estimação dos custos de manutenção participa pois de uma análise do valor do produto. Ela condiciona notavelmente o nível da prevenção contra as falhas, o ritmo de renovação do material, a delegação total ou parcial às empresas subsidiárias etc.

Distingue-se os custos directos e indirectos de manutenção em rotina e em situação de avaria.

## **CUSTOS DIRECTOS**

Em rotina:

- Designados por Dm, eles compreendem as despesas fixas do serviço de manutenção, as despesas de mão de obra, dos produtos consumidos, de serviços subsidiários, etc. Eles são avaliados sobre facturas, sobre taxas de horários, duração de serviços etc..

Em situação de avaria:

- Designados por Cm, são avaliados sobre as mesmas bases que Dm, mas as taxas geralmente superiores (justificadas pela urgência). É importante conhecer as variáveis de Cm em função dos tempos totais da reparação e tomar por objectivo o mínimo eventual,

## **CUSTOS INDIRECTOS CF (de não-produção)**

Estes intervêm quando uma avaria dos instrumentos afecta a produção.

Eles contêm: as perdas de materiais, de clientela, de horas de trabalho, etc.

Para uma dada empresa, a prática conduz à avaliação de uma "taxa de horário de produção suspensa" incluindo estes parâmetros, pela qual se multiplicara os tempos de suspensão a fim de deduzir os custos CF.

## **CUSTO DE DEFEITO**

É a soma:

$$Cd = Dm + Cp$$

Os componentes Dm e Cp evoluem no sentido inverso do aumento das durações de tempo da suspensão, existindo um mínimo na função do custo, donde uma zona de manutenção óptima (sob o aspecto económico) (fig 4).

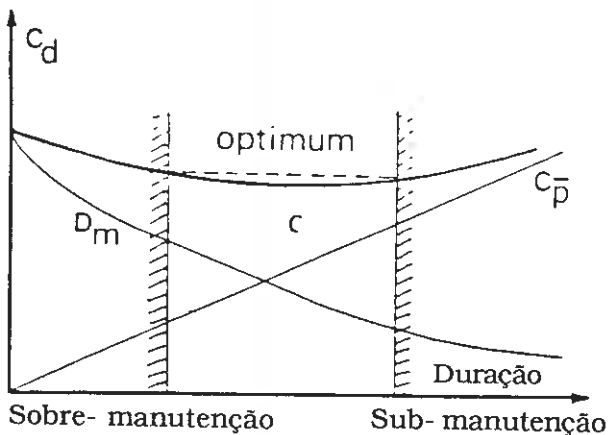


Fig. 4:

Custo do Defeito

### Custos Médios Anuais

- De manutenção  $C_{ma}$

A cada instante (de facto, o ano  $n$  a partir da sua entrada em serviço), um material de medida possui:

- um valor de revenda  $RV$ , sobre o mercado de ocasião
- os custos de enfraquecimento acumulado  $ECD$  de 1 a  $n$  onde o custo médio por ano  $n$  é:

$$C_{ma}(n) = \frac{CVA - RV + \sum_{l=1}^n CD}{n}$$

- De funcionamento  $C_{mf}$

O custo médio anual de funcionamento  $C_{mf}(n)$  extrai-se acrescentando as despesas de exploração  $DF$  acumuladas:

$$C_{mf}(n) = C_{ma}(n) + \frac{\sum_{l=1}^n DF}{n}$$

As variações de  $C_{ma}(n)$  e de  $C_{mf}(n)$  apresentam um mínimo que corresponde (para  $C_{ma}$ ) à duração de vida económica do material.

Dentro de uma análise económica a posteriori, os custos devem ser corrigidos da instabilidade monetária (inflação ou deflação). Para uma análise provisória, podem ser modulados por uma taxa de actualização traduzindo a incidência menor de uma despesa efectuada no caso  $n$ , em relação a uma despesa imediata. Para os projectos de equipamento de tamanho médio (aquisição de instrumento para uma pequena ou média empresa), a taxa de actualização pode ser igual à taxa de empréstimo bancário médio estimado sobre a duração previsível de vida do material.

bases da análise dita LCC (Life Cycle Costs), utilizada para definir as modalidades económicas de uma manutenção eficaz. Este ponto será ilustrado na segunda parte do artigo a publicar posteriormente.

## **Segunda Parte**

### **ASPECTOS PRÁTICOS**

Resumimos numa precedente publicação uma ficha prática com os elementos teóricos e económicos úteis à realização de uma manutenção racional.

A publicação presente ilustra as noções para a instrumentação, a fim de dar aos utentes uma visão de conjunto do que representa a manutenção dentro do conceito global de "qualidade industrial".

### **NÍVEIS DE MANUTENÇÃO**

A manutenção foi já definida na primeira parte. A sua aplicação prática consiste, com efeito, em decidir judiciosamente sobre a periodicidade e as modalidades das operações preventivas e correctivas, que se classificam em cinco níveis de importância crescente:

- 1) - Regulagens simples previstas pelo construtor, efectuadas in loco pelo utente sem ferramentas especiais;
- 2) - Operações menores de manutenção preventiva (lubrificação, limpeza, etc.) considerando substituição normal de peças efectuadas por um técnico de qualificação média.
- 3) - Diagnóstico e reparação de avarias no local ou fora, em oficina, realizadas por técnico especializado capaz de controlar a qualidade da reparação;
- 4) - Todos os trabalhos importantes, de natureza correctiva ou preventiva (com excepção de renovação e de construção) necessitando da intervenção de uma equipa técnica dotada de meios diversificados, em particular para a avaliação do aparelho reparado;
- 5) - Renovação ou reconstrução dos sub-conjuntos confiada aos serviços técnicos do fabricante ou a um seu representante habilitado.

### **SERVIÇO DE MANUTENÇÃO**

A gestão das operações acima prescritas, justifica a

existência de um serviço específico, mesmo se dentro de uma pequena empresa pode não haver mais do que um técnico. Este serviço de manutenção é particularmente justificado pela instrumentação onde a complexidade dos materiais assim como a sua variedade limitam as possibilidades de manutenção pelo operador.

O lugar deste serviço dentro do organigrama da empresa tomou uma importância cada vez maior. Com efeito, um serviço de manutenção tradicional está subordinado ao serviço de produção. As atribuições suplementares (previsão, gestão) justificam a colocação desta função dentro da dependência do serviço técnico no mesmo plano que as funções de produção e estudos. Além das suas tarefas específicas, o serviço de manutenção assume os métodos e a orientação, isto é, a logística dos trabalhos correspondentes.

A centralização hierárquica à volta de "um responsável de manutenção" conduz a métodos técnicos e económicos homogêneos. Todavia, nas grandes empresas, uma descentralização por sectores de materiais pode ser justificada (aparelhos de medida mecânica electrónica, etc.)

## **MISSÕES ESPECÍFICAS**

No caso da instrumentação, e se a dimensão da empresa o justifica, as funções de manutenção podem ser partilhadas entre "meios metrológicos" e "meios de produção". O serviço de manutenção de instrumentação deve garantir a funcionalidade, a disponibilidade, e a rentabilidade dos materiais correspondentes (incluindo os calibres e escalas metrológicas).

Concretamente, esta missão consiste em:

- assegurar a manutenção, as graduações e a reparação dos aparelhos;
- gerir a documentação técnica, histórica e contabilidade correspondente.

Eventualmente, e por delegação da direcção técnica, o serviço de manutenção pode também coordenar, orientar e controlar as compras de material de medida.

A realização destas missões pode ser resumida como segue.

## **DOCUMENTAÇÃO**

Sob o ângulo prático, a constituição de uma documentação do material de medida é prioritária. Com efeito, ela permite o registo e a informação de dados precisos sobre os quais se estabelecerá a política da empresa, para a manutenção da instrumentação:

A base documental comporta:

- uma documentação geral (obras e revistas profissionais, normas nacionais e estrangeiras, catálogos, etc.);

peças sobresselentes correspondentes (codificação, classificação e inventário dos aparelhos). Referir-se-á, por exemplo, ao sistema de codificação previsto pela norma AFNOR NF - X 60 210. A classificação é "em árvore descendente", segundo as rubricas sucessivas:

- família de aparelhos (ex.: correcção automática de temperatura, registo, etc.);
- construtor por categoria (ex.: Bioman, Beckblok, etc.);
- tipo por fabricante, completando pelo ano de fabrico (ex.: GW 3002-84);
- lugar de origem (ex.: posto de controle final antes do condicionamento, etc.).

Um código interno pode designar o lugar com a precisão requerida (caso dos aparelhos incorporados a uma unidade de produção).

Um outro reportório geral, a documentação do serviço de manutenção comporta os processos por aparelhos, a saber:

- o dossier técnico, compreendendo:
- os elementos de identificação abaixo (ficha codificada);
- as coordenadas do fornecedor e dos técnicos de reparação agregados (níveis 4 e 5);
- as referências da encomenda (número, data, preço de compra) e condições de garantia;
- as notas fornecidas pelo fabricante: entrada em serviço, modo de emprego, limpeza, regulamentação, transporte, etc.;
- os planos do aparelho, seguidas às reparações: modificação de fios, de tipo de componentes, etc);
- as referências das peças de mudança.

O dossier histórico, reunindo todas as informações datadas sobre a vida do aparelho: datas das limpezas efectuadas, relações das avarias, curvas ou valores de graduação.

A fim de informar a política de manutenção, registar-se-á sobre uma ficha à parte a série das intervenções, sendo para cada uma:

- o número de ordem dos trabalhos,
- a data de execução e a sua tradução em idade de aparelho (horas de funcionamento),
- a designação do trabalho,
- o tempo passado,
- o custo detalhado,
- as modificações eventuais operadas (com a inscrição no dossier técnico).







Esta missão importante do serviço de manutenção destaca-se dos métodos clássicos de prescrição (PERT, GANTT; etc.). Na prática corrente, será útil redigir as fichas de operações e de pictogramas segundo a ideia dos técnicos de manutenção (ver norma NF - E 58065) e reservar a planificação "lourde" para a manutenção excepcional (níveis 4 e 5).

## **TAREFAS SUBSIDIÁRIAS**

Certas empresas podem considerar mais rentável confiar a sua manutenção a empresas subsidiárias. Os contratos são de diversos tipos:

- contrato (total, parcial, parcial limitado).

## **UM EXEMPLO: A MANUTENÇÃO DE ANALISADORES AUTOMÁTOS**

Identificação das avarias mais penalizantes

Uma série de analisadores automáticos apresentou, em exploração, diversas avarias de que se quis saber quais as que mais penalizavam a produção e que era preciso prevenir.

Método: efectuar-se-ão as operações seguintes, a partir das fichas históricas: codificação das causas de avaria:

- 1 - desgaste normal eléctrico
- 2 - desgaste normal mecânico
- 3 - falta de manutenção eléctrica
- 4 - falta de manutenção mecânica
- 5 - utilização incorrecta
- 6 - outras causas

codificação da natureza da avaria

- A - componentes mecânicos
- B - componentes eléctricos
- C - componentes ópticos
- D - regulação e calibragem
- E - vidraria
- F - pneumático
- G - órgãos de comando
- H - célula de análise

Exploração de dados históricos segundo o quadro abaixo (completado, se necessário, pelas curvas de PARETO)

número de defeitos = f (causas)

número de defeitos = f (naturezas)

DATE	DESIGNATION	CAUSE						NATURE								
		1	2	3	4	5	6	A	B	C	D	E	F	G	H	
3/01/83	Remplacement cordon alimentation	x								x						
7/01/83	Lubrification axe cabestan				x					x						
12/01/83	Resserrage colliers tubulaires		x													
etc.	etc.														x	
22/12/87	Echange cellule d analyse					x										x
TOTAL		376	116	195	15	27	8	15	119	105	22	68	19	27	6	8
%		100	31	52	4	7	2	4	32	28	6	18	5	7	2	2

Figura 3 - Quadro de verificação das fichas históricas

#### Conclusões:

O desgaste normal representa aqui 52% das avarias. Um estudo de fiabilidade confirmaria a lei de evolução e sua constante de tempo característica.

No caso presente, é preciso intensificar a manutenção preventiva e fixá-la na frequência óptima definida na primeira parte, correspondendo ao menor custo de defeito.

#### Lei de desgaste e de defeito

As fichas históricas revelaram os valores de regulagem referidos a três peças designadas como importantes pelo construtor:

- A - filamento de aquecimento (componente eléctrico)
- B - eixo de carrousel (componente mecânica)
- C - "bras de saisie de tube porte-echantillon" (conjunto óleo-pneumático).

Os tempos de funcionamento (meses) em função do parâmetro de regulação são dados nos três gráficos seguintes:

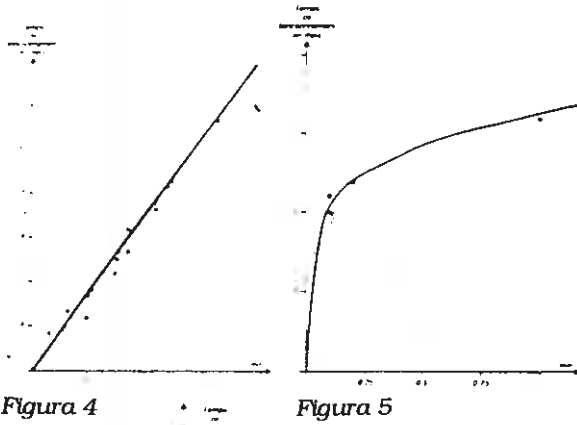


Figura 4

Figura 5

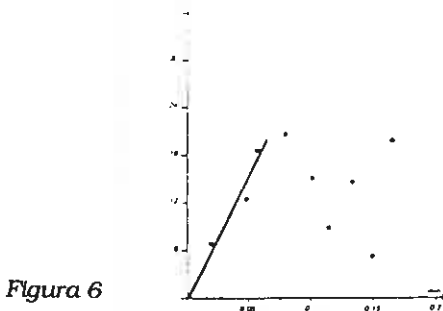


Figura 6

Que decisões de manutenção se deduz da sua leitura?

Peça A:

O desgaste é regular e proporcional ao tempo. O comportamento é normal.

Decisão: a peça será trocada em manutenção preventiva, aquando de uma revisão geral (nível 3).

Peça B:

O desgaste acelera-se ao fim de 12 meses (o exame de uma peça testemunho mostra um desaparecimento do revestimento anti-fricção).

Decisão: é preciso proceder a mudança antes deste limiar, caso contrário haverá o risco de uma avaria catalética (gripagem do eixo). Conservar-se-á, por exemplo, uma frequência de dez meses.

Peça C:

O desgaste é regular na primeira parte da curva; Para além

regime nominal. A inspecção das peças mostra efectivamente uma perda de óleo importante devida à deterioração anormal de uma junta.

Decisões: mudar o sistema de estancamento (articulação, reforçada, aperto mais eficaz). Assinalar a modificação no dossier técnico. Se o defeito persiste, informar o fabricante e, o caso resolvido, procurar um outro fornecedor para o conjunto óleo-pneumático.

- em despesas controladas (integrais, limitadas).
- sob avaliação.

A AFNOR edita um guia das diferentes fórmulas.

## **O CONTROLE DA EFICÁCIA**

A empresa deve poder avaliar a eficácia da sua política de manutenção. Diversos "ratios" fornecem os dados objectivos mas não dispensam uma interpretação crítica.

Os "ratios" inscrevem, separadamente, sobre os parâmetros técnicos e económicos.

Entre os mais correntes, pode-se citar:

- número de avarias/unidades produzidas, duração da manutenção/duração de produção (fiabilidade técnica);
- custo de manutenção/custo de produção, custo de manutenção/valor do produto acrescentado (rentabilidade);
- número de homens/horas abonadas/número de homens-horas passadas (eficácia do pessoal, etc.)

A norma NF X 60 200 exemplificará os diferentes aspectos.

## **A QUESTÃO DE MANUTENÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR (G.M.A.O.)**

A complexidade das operações de manutenção justifica o recurso à informática para o estabelecimento dos valores de fiabilidade, a exploração dos arquivos, a gestão dos programas e do pessoal, seguido dos custos, etc.. Embora existam já alguns "logiciels" de uso sectorial, o assunto está em plena evolução e revela agora os "systèmes-experts". Uma lista de "logiciels", não exaustiva, é dada na publicação AFNOR "Comment reussir votre maintenance".