



**Centro de Formação Profissional Pedro Martins Guerra**

# ***MÉTODOS DE MANUTENÇÃO***

***Itabira***

***2005***

**FIEMG**  
**CIEMG**  
**SESI**  
**SENAI**  
**IEL**

**Sistema FIEMG**



**Presidente da FIEMG**

Robson Braga de Andrade

**Gestor do SENAI**

Petrônio Machado Zica

**Diretor Regional do SENAI e**

**Superintendente de Conhecimento e Tecnologia**

Alexandre Magno Leão dos Santos

**Gerente de Educação e Tecnologia**

Edmar Fernando de Alcântara

**Elaboração**

Equipe Técnica - Núcleo Metalmeccânica

**Unidade Operacional**

Centro de Formação Profissional Nansen Araújo

**Revisão**

Equipe técnica – Centro de Formação Profissional Pedro Martins Guerra  
Itabira – MG / 2005



# Sumário

APRESENTAÇÃO .....	4
1. INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO .....	5
2. MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	10
3. MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	16
4. MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	23
REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA .....	30

## Apresentação

**“Muda a forma de trabalhar, agir, sentir, pensar na chamada sociedade do conhecimento.”**  
**Peter Drucker**

O ingresso na sociedade da informação exige mudanças profundas em todos os perfis profissionais, especialmente naqueles diretamente envolvidos na produção, coleta, disseminação e uso da informação.

O **SENAI**, maior rede privada de educação profissional do país, sabe disso, e consciente do seu papel formativo, educa o trabalhador sob a égide do conceito da competência: **“formar o profissional com responsabilidade no processo produtivo, com iniciativa na resolução de problemas, com conhecimentos técnicos aprofundados, flexibilidade e criatividade, empreendedorismo e consciência da necessidade de educação continuada”**.

Vivemos numa sociedade da informação. O conhecimento, na sua área tecnológica, amplia-se e se multiplica a cada dia. Uma constante atualização se faz necessária. Para o **SENAI**, cuidar do seu acervo bibliográfico, da sua infovia, da conexão de suas escolas à rede mundial de informações – Internet - é tão importante quanto zelar pela produção de material didático.

Isto porque, nos embates diários, instrutores e alunos, nas diversas oficinas e laboratórios do **SENAI**, fazem com que as informações, contidas nos materiais didáticos, tomem sentido e se concretizem em múltiplos conhecimentos.

O **SENAI** deseja, por meio dos diversos materiais didáticos, aguçar a sua curiosidade, responder às suas demandas de informações e construir *links* entre os diversos conhecimentos, tão importantes para sua formação continuada !

**Gerência de Educação e Tecnologia**

# 1. Introdução à manutenção

## Um breve histórico

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI, na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia e manutenção.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos. Esta modificação deu origem à manutenção preventiva.

Em suma, nos últimos vinte anos é que tem havido preocupação de técnicos e empresários para o desenvolvimento de técnicas específicas para melhorar o complexo sistema **Homem / Máquina / Serviço**.

## Conceito e objetivos

Podemos entender “manutenção”, como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a **conservação**, a **adequação**, a **restauração**, a **substituição** e a **prevenção**.

Por exemplo, quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as. Se estivermos retificando uma mesa de desempenho, estaremos restaurando-a. Se estivermos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o.

De modo geral, a manutenção de uma empresa tem como objetivos:

- Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Para alcançar esses objetivos requer; manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados.

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção, durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

### **Serviços de rotinas e serviços periódicos**

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes; são exemplos dos serviços da manutenção de rotina.

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção, mas também de todos os operadores de máquinas. Salientemos que há, também, manutenção de emergência ou corretiva que será estudada logo adiante.



Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento.

Esses procedimentos envolvem várias operações:

- Monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes.
- Ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados.
- Exame dos componentes antes do término de suas garantias.
- Replanejar, se necessário, o programa de prevenção.
- Testar os componentes elétricos, etc.

Os serviços periódicos de manutenção podem ser feitos durante as paradas longas das máquinas, por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado) ou outras falhas, ou durante o planejamento de novo serviço, ou ainda, no horário de mudança de turnos.

As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são

recondicionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho.

Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de **manutenção corretiva**. Por exemplo, se uma furadeira de bancada estiver em funcionamento e a correia partir, ela deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada.

O acompanhamento e o **registro** do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são fatores importantes em qualquer programa de manutenção.

### **Tipos de manutenção**

Há dois tipos de manutenção: **a planejada** e **a não planejada**.

A manutenção planejada classifica-se em quatro categorias: **preventiva, preditiva, TPM e Terotecnologia**.

A **manutenção preventiva** - consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.

A **manutenção preditiva** - é um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos.

Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos. Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações, monitoramento de mancais.

A **TPM** - (manutenção produtiva total) foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “de minha máquina, cuido eu”.

A **Terotecnologia** - é uma técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção. Com a terotecnologia, obtém-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

Modernamente há empresas que aplicam o chamado *retrofitting*, que são reformas de equipamentos com atualização tecnológica. Por exemplo, reformar um torno mecânico convencional transformando-o em torno CNC é um caso retrofitting.

A manutenção não planejada classifica-se em duas categorias: **a corretiva** e **a de ocasião**.

A **manutenção corretiva** - tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.

A **manutenção de ocasião** - consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

### **Planejamento, programação e controle**

Nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação dos custos etc.

Para evitar esses problemas, as empresas introduziram, em termos administrativos, o planejamento e a programação da manutenção. No Brasil, o planejamento e a programação da manutenção foram introduzidos durante os anos 60.

A função **planejar** significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões.

A função **programar** significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos.

Um plano de manutenção deve responder às seguintes perguntas:

- Como?
- O quê?
- Em quanto tempo?
- Quem?
- Quando?
- Quanto?

As três primeiras perguntas são essenciais para o planejamento e as três últimas, imprescindíveis para a programação.

O plano de execução deve ser controlado para se obter informações que orientam a tomada de decisões, quanto a equipamentos e equipes de manutenção.

O controle é feito por meio de coleta e tabulação de dados, seguidos de interpretação. É desta forma que são estabelecidos os padrões ou normas de trabalho.

### **Organização e administração**

Por organização do serviço de manutenção podemos entender a maneira como se compõem, se ordenam e se estruturam os serviços para o alcance dos objetivos visados.



A administração do serviço de manutenção tem o objetivo de normatizar as atividades, ordenar os fatores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

O maior risco que a manutenção pode sofrer, especialmente nas grandes empresas, é o da perda do seu principal objetivo, por causa, principalmente, da falta de organização e de uma administração excessivamente burocratizada.

## 2. Manutenção corretiva

Consideremos, uma linha de produção de uma fábrica de calçados e que a máquina que faz as costuras no solado pare de funcionar por um motivo qualquer.

Se providências não forem tomadas imediatamente, toda a produção de calçados com costura no solado ficará comprometida.

Diante de situações como esta, a **manutenção corretiva** deverá entrar em ação, e nesta aula veremos como são elaborados os documentos que compõem a manutenção corretiva.

### Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é aquela de atendimento imediato à produção. Esse tipo de manutenção baseia-se na seguinte filosofia: “equipamento parou, manutenção conserta imediatamente”.

Não existe filosofia, teoria ou fórmula para dimensionar uma equipe de manutenção corretiva, pois nunca se sabe quando alguém vai ser solicitado para atender aos eventos que requerem a presença dos mantenedores. Por esse motivo, as empresas que não têm uma manutenção programada e bem administrada convivem com o caos, pois nunca haverá pessoal de manutenção suficiente para atender às solicitações. Mesmo que venham a contar com pessoal de manutenção em quantidade suficiente, não saberão o que fazer com os mantenedores em épocas em que tudo caminha tranqüilamente.

É por esse motivo que, normalmente, a manutenção aceita serviços de montagem para executar e nunca cumpre os prazos estabelecidos, pois há ocasiões em que terá de decidir se atende às emergências ou continua montando o que estava programado.

Como as ocorrências de emergência são inevitáveis, sempre haverá necessidade de uma equipe para esses atendimentos, mesmo porque, não se deve ter 100% de manutenção preventiva. Dependendo do equipamento, às vezes é mais conveniente, por motivos econômicos, deixá-lo parar e resolver o problema por atendimento de emergência.

Mesmo em empresas que não podem ter emergências, às vezes elas ocorrem com resultados geralmente catastróficos. Exemplo: empresas aéreas.

Nas empresas que convivem com emergências podem redundar em desastres, deve haver uma equipe muito especial de manutenção, cuja função é eliminar ou minimizar essas emergências.

A filosofia que deve ser adotada é: “emergências não ocorrem, são causadas. Elimine a causa e você não terá novamente a mesma emergência”.

### Atendimento

A equipe de manutenção corretiva deve estar sempre em um local específico para ser encontrada facilmente e atender à produção de imediato.

Como a equipe não sabe o local onde vai atuar, o usuário com problemas deverá solicitar o atendimento por telefone, porém, para efeitos de registro e estatística, ele deverá emitir um documento com as seguintes informações:

Equipamento ..... da seção ..... parou às ..... horas do dia .....

Uma analista da equipe de manutenção corretiva atende ao chamado, verifica o que deve ser feito e emite uma ficha de execução para sanar o problema.

Um modelo de ficha de execução é dado a seguir.

**FRENTE**

<b>Ficha de Execução</b>				
Unidade		Equipamento		Data
		Conjunto		Subconjunto
Inspeção				Parada de Produção
Trabalho a realizar				Natureza de Avaria
Trabalho realizado				Causa de Avaria
	Prevista	Realizada	Parada de Produção	Visto

**VERSO**

Ficha de Execução	chapa	Data	Início	Termino	Duração

O preenchimento da frente da ficha de execução deve seguir os passos:

- Preencher o campo **unidade** ou área onde o equipamento está localizado;
- Preencher o campo **data**;
- Preencher o campo **equipamento** citando o nome do equipamento;
- preencher os campos **conjunto e subconjunto**;
- Preencher o campo trabalho a realizar especificando exatamente o que fazer e onde fazer;
- Preencher o campo **trabalho realizado**;
- Preencher o campo parada da produção colocando código 00 quando for emergência (serviço não programado) e código 11 quando for preventiva (serviços programados);
- Preencher os campos natureza de avaria e causas de avaria citados nos anexos 1 e 2:

NATUREZA DA AVARIA	CÓDIGO
Deslocamento do equipamento	00
Ruptura	01
Cisalhamento	02
Trinca	03
Esmagamento	04
Entalhe	05
Perfuração	06
Corrosão	07
Erosão	08
Oxidação	09
Engripamento	10
Estrangulamento	11
Entupimento	12
Descarrilhamento	13
Aquecimento	14
Desregulagem	15
Desaperto	16
Curto-circuito	30
Colamento	31
Perda de propriedades físicas	32
Perda de propriedades químicas	33
Perda de propriedades térmicas	34
Perda de propriedades elétricas	35

Anexo 2	
CAUSAS DA AVARIA	CODIGO
Introdução de líquidos gordurosos exteriores ao equipamento	11
Introdução de líquidos não gordurosos exteriores ao equipamento	12
Introdução de pó químico na máquina	15
Incrustação	16
Introdução de corpo sólido exterior à máquina	17
Falta de filtragem	18
Introdução de ar no sistema	19
Introdução de líquidos gordurosos procedentes da máquina	21
Introdução de líquidos não gordurosos procedentes da máquina	22
Introdução de pó procedente da máquina	25
Introdução de corpo sólido	27
Influência da umidade	31
Influência de temperatura baixa	32
Influência de temperatura elevada	33
Atmosfera corrosiva	35
Desgaste excessivo	41
Falta de isolamento térmico	42
Abaixamento do solo	43
Modificações geométricas dos suportes	44
Ligação errada	49
Defeito de material	50
Erro de fabricação	51
Peça de reposição não adequada	52
Erro de concepção	53
Defeito de montagem	54
Má ajustagem	55
Manobra errada da operação	56
Falta de limpeza	60
Excesso de carga	61
Desaperto	62
Falta de lubrificação	72
Choques	73
Vibração anormal	74
Atrito	75

As relações de natureza e causa dos anexos 1 e 2 não são definitivas. Elas podem e devem ser ampliadas.

Salientemos que, para se colocar o código de natureza e causa de avaria é necessário analisar profundamente o problema, pois existe sempre uma causa fundamental. Às vezes uma natureza de avaria pode vir a ser causa para outro tipo de natureza de avaria. Exemplo: desgaste de um eixo.

Nesse exemplo, temos como **natureza** o desgaste do eixo e como **causa** do desgaste a falta de lubrificação, porém, o que causou a falta de lubrificação?

O preenchimento do verso da ficha de execução deve seguir os passos:

- preencher o campo **chapa** com a identificação do funcionário;
- preencher o campo **data**;
- preencher os campos **início**, **término** e **duração** do trabalho.

Os campos 'data', 'início', 'término' e 'duração' do trabalho na primeira linha do verso apresentarão apenas eventos previstos. Somente a partir da segunda linha é que apresentarão eventos realizados, de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

Quando o trabalho tiver sido executado, fecha-se a coluna 'duração' e transfere-se o resultado obtido (horas, dias) para o campo 'realizada', existente na frente da ficha. Após isso, pede-se para a chefia colocar o visto no respectivo campo para a liberação do equipamento.

A equipe de manutenção, evidentemente, deverá eliminar as emergências; porém, sempre se preocupando em deixar o equipamento trabalhando dentro de suas características originais, de acordo com seu projeto de fabricação.

Após o conserto e a liberação do equipamento para a produção, o analista da manutenção corretiva é obrigado a enviar para o setor de Engenharia da Manutenção um relatório de avaria. Nesse relatório o analista pode e deve sugerir alguma providência ou modificação no projeto da máquina para que o tipo de avaria ocorrida – e solucionada – não venha a se repetir.

### Modelo de relatório de avaria

Abaixo apresentamos um modelo de relatório de avaria e mostramos como preenchê-lo.

RELATÓRIO DE AVARIA	
UNIDADE .....	.....
EQUIPAMENTO .....	CONJUNTO .....
SUBCONJUNTO .....	DATA .....
NATUREZA DA AVARIA .....	
.....	
.....	
CAUSA DA AVARIA .....	
.....	
.....	
SUJESTÃO .....	
.....	
.....	

O preenchimento do relatório de avaria deve seguir os passos:

- preencher o campo **unidade** com nome e código;
- preencher o campo **equipamento** com nome e código;
- preencher o campo **conjunto** com código;
- preencher o campo **subconjunto** com código;
- preencher o campo **data** com a data de ocorrência;
- preencher o campo natureza da avaria com código (anexo 1) e relatar a ocorrência;
- preencher o campo causa da avaria com código (anexo 2) e relatar a causa fundamental;
- preencher o campo sugestão indicando alguma providência ou modificação no projeto.

**Observação:** *É conveniente ressaltar que os modelos de ficha de execução e os modelos de relatório de avaria mudam de empresa para empresa, bem como os códigos de natureza da avaria e suas causas. Não há, infelizmente, uma norma a respeito do assunto.*

Numa unidade de pintura, o equipamento de exaustão, pertencente ao subconjunto nº 83 do conjunto nº 235 responsável pela retirada do excesso de concentração de solventes, parou inesperadamente por motivo de desregulagem da correia. Esta desregulagem foi causada pelo mau ajuste na montagem do aparelho.

Prevendo que para consertar a desregulagem serão gastas duas horas de trabalho, marque com um X a alternativa correta dos exercícios.

### 3. Manutenção preventiva

Consideramos o motor de um automóvel. De tempos em tempos o usuário deverá trocar o óleo do cárter. Não realizando essa operação periódica, estará correndo risco de danificar os elementos que constituem o motor.

Como o usuário faria para controlar essa troca periódica do óleo do motor?

Para realizar esse controle, o usuário deverá acompanhar a quilometragem do carro e, baseado nela, fazer a previsão da troca do óleo.

Essa previsão nada mais é do que uma simples manutenção preventiva, que é o assunto desta aula.

#### Conceitos

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades.

O controle das peças de reposição é um problema que atinge todos os tipos de indústria. Uma das metas a que se propõe o órgão de manutenção preventiva é a diminuição sensível dos estoques. Isso se consegue com a organização dos prazos para reposição de peças. Assim, ajustam-se os investimentos para o setor.

Se uma peça de um conjunto, que constitui um mecanismo, estiver executando seu trabalho de forma irregular, ela estabelecerá, fatalmente, uma sobrecarga nas demais peças que estão interagindo com ela. Como conseqüência, a sobrecarga provocará a diminuição da vida útil das demais peças do conjunto. O problema só pode ser resolvido com a troca da peça problemática, com **antecedência**, para preservar as demais peças.

Em qualquer sistema industrial, a improvisação é um dos focos de prejuízo. É verdade que quando se improvisa pode-se evitar a paralisação da produção, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode ser evitada por meio de métodos preventivos estabelecidos pelos técnicos de manutenção preventiva. A aplicação de métodos preventivos assegura um trabalho uniforme e seguro.

O planejamento e a organização, fornecidos pelo método preventivo, são uma garantia aos homens da produção que podem controlar, dentro de uma faixa de erro mínimo, a entrada de novas encomendas.

Com o tempo, os industriais foram se conscientizando de que a máquina que funcionava ininterruptamente até quebrar, acarretava vários problemas que



poderiam ser evitados com simples paradas preventivas para lubrificação, troca de peças gastas e ajustes.

Com o auxílio dos relatórios escritos sobre os trabalhos realizados, são suprimidas as inconveniências das quebras inesperadas. Isso evita a difícil tarefa de trocas rápidas de máquinas e improvisações que causam o desespero do pessoal da manutenção corretiva.

A manutenção preventiva é um método aprovado e adotado atualmente, em todos os setores industriais, pois abrange desde uma simples revisão – com paradas que não obedecem a uma rotina – até a utilização de sistemas de alto índice técnico.

Á manutenção preventiva abrange cronogramas nos quais são traçados planos e revisões periódicas completas para todos os tipos de materiais utilizados nas oficinas. Ela inclui, também, levantamentos que visam facilitar sua própria introdução em futuras ampliações do corpo da fábrica.

A aplicação do sistema de manutenção preventiva não deve se restringir a setores, máquinas ou equipamentos. O sistema deve abranger todos os setores da indústria para garantir um perfeito entrosamento entre eles, de modo tal que, ao se constatar uma anomalia, as providências independam de qualquer outra regra que porventura venha a existir em uma oficina. Essa liberdade, dentro da indústria, é fundamental para o bom funcionamento do sistema preventivo.

O aparecimento de focos que ocasionam descontinuidade no programa deve ser encarado de maneira séria, organizando-se estudos que tomem por base os relatórios preenchidos por técnicos da manutenção. Estes deverão relatar, em linguagem simples e clara, todos os detalhes do problema em questão.

A manutenção preventiva nunca deverá ser confundida com o órgão de comando, apesar dela ditar algumas regras de conduta a serem seguidas pelo pessoal da fábrica. À manutenção preventiva cabe apenas o lugar de apoio ao sistema fabril.

O segredo para o sucesso da manutenção preventiva está na perfeita compreensão de seus conceitos por parte de todo o pessoal da fábrica, desde os operários à presidência.

A manutenção preventiva, por ter um alcance externo e profundo, deve ser organizada. Se a organização da manutenção preventiva carecer da devida solidez, ela provocará desordens e confusões. Por outro lado, a capacidade e o espírito de cooperação dos técnicos são fatores importantes para a manutenção preventiva.

A manutenção preventiva deve, também, ser sistematizada para que o fluxo dos trabalhos se processe de modo correto e rápido. Sob esse aspecto, é necessário estabelecer qual deverá ser o sistema de informações empregado e os procedimentos adotados.

O desenvolvimento de um sistema de informações deve apresentar definições claras e objetivas e conter a delegação das responsabilidades de todos os elementos participantes. O fluxo das informações deverá fluir rapidamente entre todos os envolvidos na manutenção preventiva.

A manutenção preventiva exige, também, um plano para sua própria melhoria. Isto é conseguido por meio do planejamento, execução e verificação dos trabalhos que são indicadores para se buscar a melhoria dos métodos de manutenção, das técnicas de manutenção e da elevação dos níveis de controle. Esta é a dinâmica de uma instalação industrial.

Finalmente, para se efetivar a manutenção preventiva e alcançar os objetivos pretendidos com sua adoção, é necessário dispor de um período de tempo relativamente longo para contar com o concurso dos técnicos e dos dirigentes de alto gabarito. Isso vale a pena, pois a instalação do método de manutenção preventiva, pela maioria das grandes empresas industriais, é a prova concreta da pouca eficiência do método de manutenção corretiva.

### **Objetivos**

Os principais objetivos das empresas normalmente são: redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil dos equipamentos e redução de acidentes do trabalho.

- a) **Redução de custos** – Em sua grande maioria, as empresas buscam reduzir os custos incidentes nos produtos que fabricam. A manutenção preventiva pode colaborar atuando nas peças sobressalentes, nas paradas de emergência etc., aplicando o mínimo necessário, ou seja, sobressalente X compra direta; horas ociosas X horas planejadas; material novo X material recuperado.
- b) **Qualidade do produto** – A concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor custo. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade. Para garantir a meta qualidade do produto, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor, ou seja, máquinas deficientes X máquinas eficientes; abastecimento deficiente X abastecimento otimizado.
- c) **Aumento de produção** – O aumento de produção de uma empresa se resume em atender a demanda crescente do mercado. É preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros, mantendo prazos de entrega dos produtos em dia. A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio: produção atrasada X produção em dia.
- d) **Efeitos no meio ambiente** – Em determinadas empresas, o ponto mais crítico é a poluição causada pelo processo industrial. Se a meta da empresa for a diminuição ou eliminação da poluição, a manutenção preventiva, como primeiro passo, deverá estar voltada para os equipamentos antipoluição, ou seja, equipamentos sem acompanhamento X equipamentos revisados; poluição X ambiente normal.

e) **Aumento da vida útil dos equipamentos** – o aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada. Esse fator, geralmente, é consequência de:

- Redução de custos;
- qualidade dos produtos;
- aumento de produção;
- efeitos do meio ambiente.

A manutenção preventiva, atuando nesses itens, contribui para o aumento da vida útil dos equipamentos.

f) **Redução de acidentes do trabalho** – não são raros os casos de empresas cujo maior problema é a grande quantidade de acidentes. Os acidentes no trabalho causam:

- aumento de custos;
- diminuição do fator qualidade;
- efeitos prejudiciais ao meio ambiente;
- diminuição de produção;
- diminuição da vida útil dos equipamentos.

A manutenção preventiva pode colaborar para a melhoria dos programas de segurança e prevenção de acidentes.

## **Desenvolvimento**

Consideremos uma indústria ainda sem nenhuma manutenção preventiva, onde não haja controle de custos e nem registros ou dados históricos dos equipamentos. Se essa indústria desejar adotar a manutenção preventiva, deverá percorrer as seguintes fases iniciais de desenvolvimento:

- a) Decidir qual o tipo de equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção preventiva com base no “feeling” da supervisão de manutenção e de operação.
- b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto).
- c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção (mão-de-obra, materiais e, se possível, lucro cessante nas emergências), tempo de parada para os diversos tipos de manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos para produzirem, causas das falhas etc.

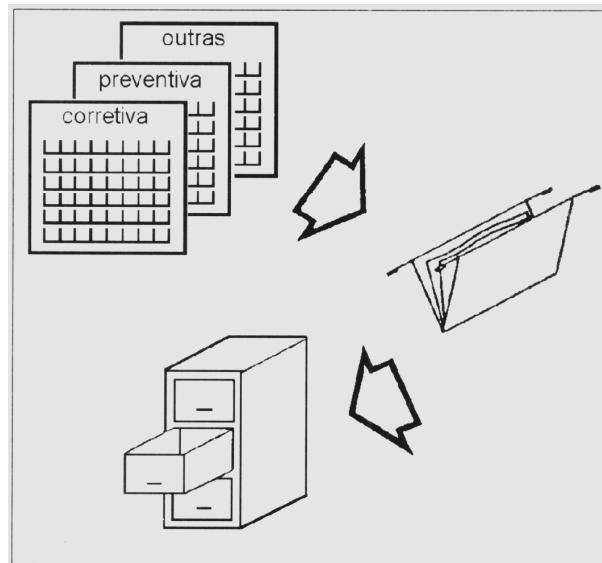
- d) Elaborar os manuais de procedimentos para manutenção preventiva, indicando as freqüências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e as intervenções.
- e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à instalação da manutenção preventiva.
- f) Apresentar o plano para aprovação da gerência e da diretoria.
- g) Treinar e preparar a equipe de manutenção.

### Execução da manutenção preventiva

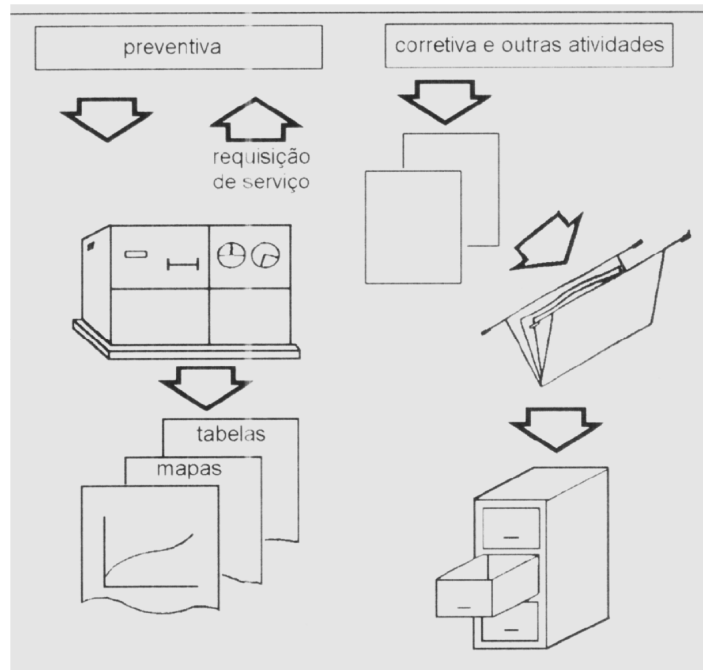
- a) **Ferramental e pessoal** – se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem saiba manuseá-los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém, mais importante é o treinamento da equipe que irá utilizá-los.
- b) **Controle da manutenção** – em manutenção preventiva é preciso manter o controle de todas as máquinas com o auxílio de fichas individuais. É por meio das fichas individuais que se faz o registro da inspeção mecânica da máquina e, com base nessas informações, a programação de sua manutenção.

Quanto à forma de operação do controle, há quatro sistemas: manual, semi-automatizado, automatizado e por microcomputador.

**Controle manual** – É o sistema no qual a manutenção preventiva e corretiva são controladas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivos. Esquematicamente:



**Controle semi-automatizado** – É o sistema no qual a intervenção preventiva é controlada com o auxílio do computador, e a intervenção corretiva obedece ao controle manual. Esquemáticamente:



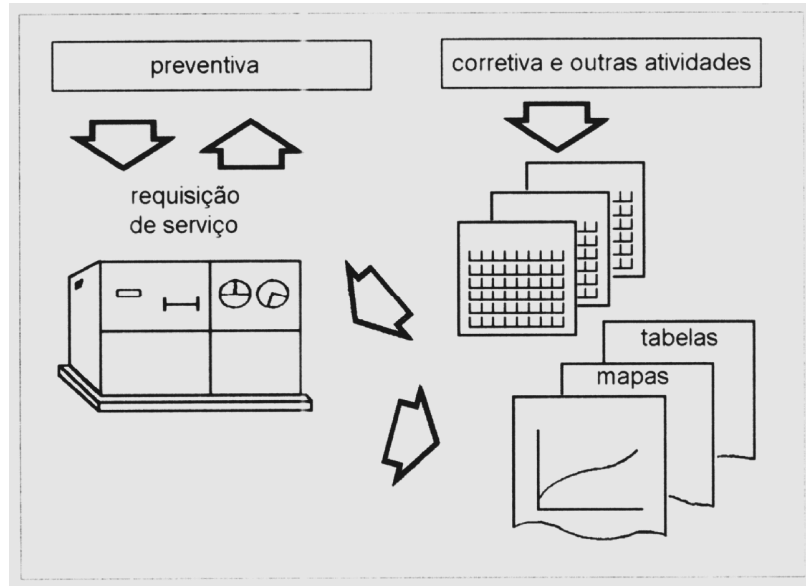
A fonte de dados desse sistema deve fornecer todas as informações necessárias para serem feitas as requisições de serviço, incluindo as rotinas de inspeção e execução. O principal relatório emitido pelo computador deve conter, no mínimo:

- O tempo previsto e gasto;
- Os serviços realizados;
- Os serviços reprogramados (adiados);
- Os serviços cancelados.

Esses dados são fundamentais para a tomada de providências por parte da supervisão.

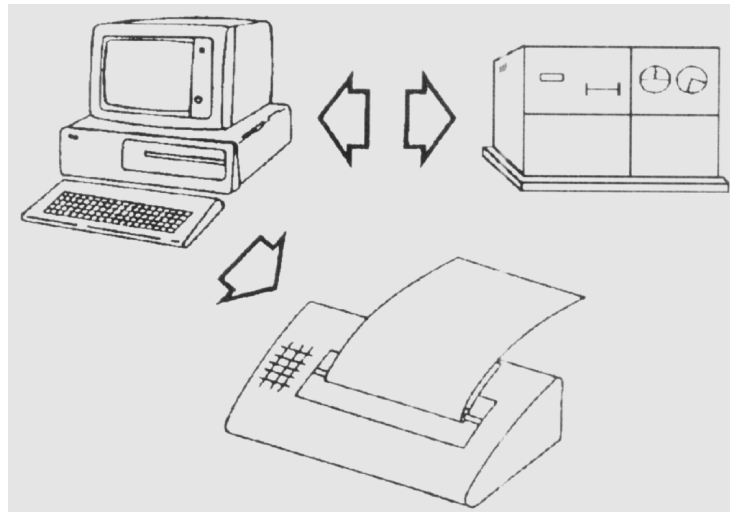
**Controle automatizado** – É o sistema em que todas as intervenções da manutenção têm seus dados armazenados pelo computador, para que se tenha listagens, gráficos e tabelas para análise e tomada de decisões, conforme a necessidade e conveniência dos vários setores da manutenção.

Esquemáticamente:



**Controle por microcomputador** – É o sistema no qual todos os dados sobre as intervenções da manutenção ficam armazenados no microcomputador. Esses dados são de rápido acesso através de monitor de vídeo ou impressora.

Esquemáticamente:



## 4. Manutenção preditiva

Uma empresa vinha desenvolvendo de modo satisfatório um programa de manutenção, porém, o relatório final de produção indicava a possibilidade de aperfeiçoamentos no processo. Estudos posteriores revelaram que, para aperfeiçoar o processo com ganhos de produção, era preciso, entre outros procedimentos, incluir a **manutenção preditiva** no programa de manutenção.

Após muitas reuniões entre dirigentes, gerentes, encarregados, supervisores e operários, chegou-se ao consenso de que a empresa, para instalar um programa de manutenção preditiva, precisaria, antes de qualquer coisa, capacitar uma equipe em manutenção preditiva e orientar todo o pessoal por meio de treinamentos específicos.

O tema desta aula é a manutenção preditiva e a importância de sua aplicação.

### Conceito de manutenção preditiva

Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional e nos Estados Unidos recebe o nome de preditiva ou previsional.

### Objetivos da manutenção preditiva

Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

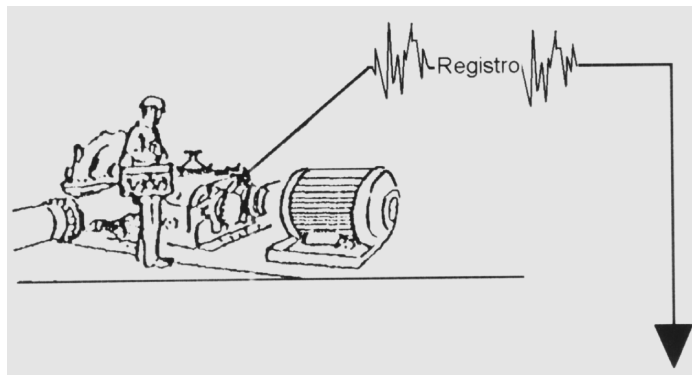
Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

## Execução da manutenção preditiva

Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como:

- vibrações das máquinas;
- pressão;
- temperatura;
- desempenho;
- aceleração.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos.



A manutenção preditiva, após a análise do fenômeno, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados: estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências.

### Diagnóstico

Detectada a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

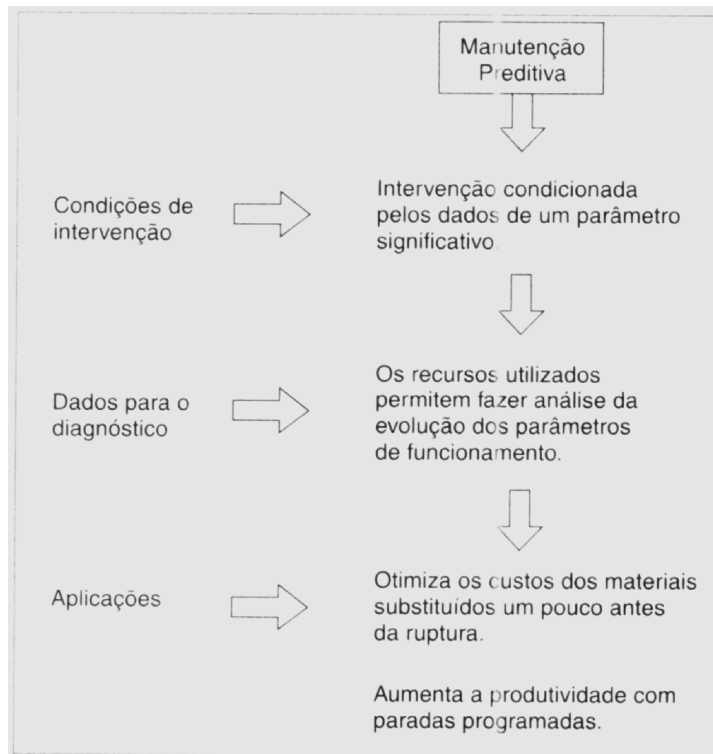
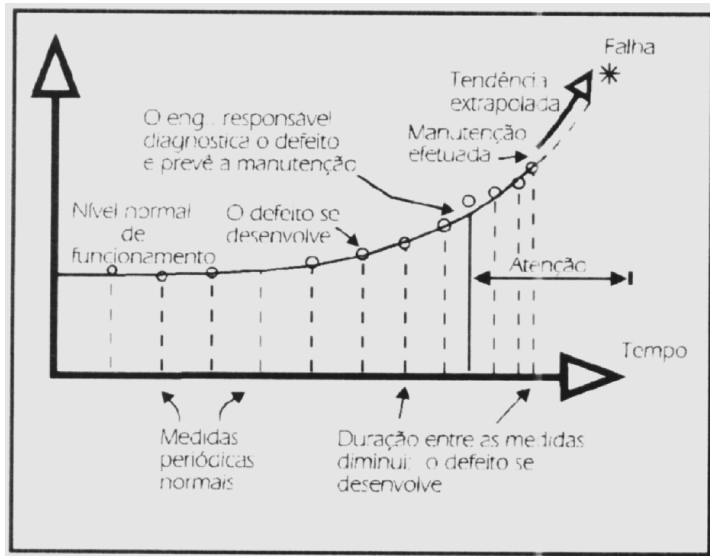
### Análise de tendência da falha

A análise consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exerçam vigilância constante predizendo a necessidade do reparo.



Graficamente temos:

O esquema a seguir resume o que foi discutido até o momento.



A manutenção preditiva, geralmente, adota vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes: estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

## Estudo das vibrações

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deterioração. Essa deterioração é caracterizada por uma modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de vibrações, é possível obter informações sobre o estado da máquina.

O princípio de análise das vibrações baseia-se na idéia de que as estruturas das máquinas excitadas pelos esforços dinâmicos (ação de forças) dão sinais vibratórios, cuja frequência é igual à frequência dos agentes excitadores.

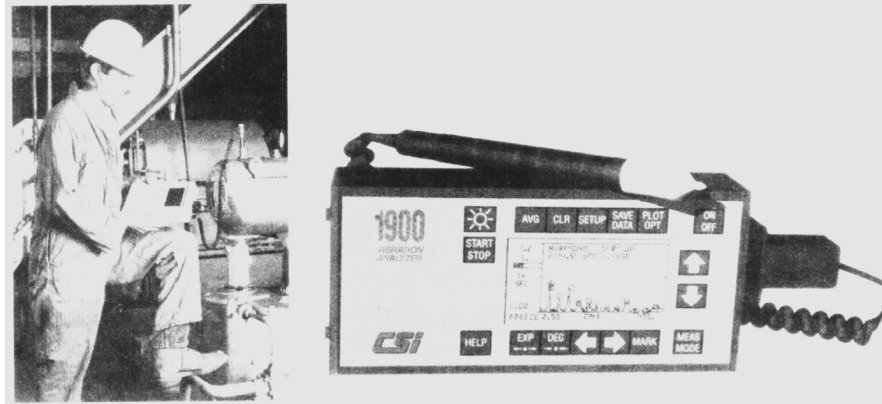
Se captadores de vibrações forem colocados em pontos definidos da máquina, eles captarão as vibrações recebidas por toda a estrutura. O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina operando.

Por meio da medição e análise das vibrações de uma máquina em serviço normal de produção detecta-se, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas:

- rolamentos deteriorados;
- engrenagens defeituosas;
- acoplamentos desalinhados;
- rotores desbalanceados;
- vínculos desajustados;
- eixos deformados;
- lubrificação deficiente;
- folga excessiva em buchas;
- falta de rigidez;
- problemas aerodinâmicos;
- problemas hidráulicos;
- cavitação.

O aparelho empregado para a análise de vibrações é conhecido como **analisador de vibrações**. No mercado há vários modelos de analisadores de vibrações, dos mais simples aos mais complexos; dos portáteis – que podem ser transportados manualmente de um lado para outro – até aqueles que são instalados definitivamente nas máquinas com a missão de executar monitoração constante.

Abaixo, um operador usando um analisador de vibrações portátil e, em destaque, o aparelho.



### Análise dos óleos

Os objetivos da análise dos óleos são dois: economizar lubrificantes e sanar os defeitos.

Os modernos equipamentos permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados em máquinas. É por meio das análises que o serviço de manutenção pode determinar o momento adequado para sua troca ou renovação, tanto em componentes mecânicos quanto hidráulicos.

A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. Essa regulação permite a otimização dos intervalos das trocas.

A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com os óleos. Tais partículas sólidas são geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato.

A análise dos óleos é feita por meio de técnicas laboratoriais que envolvem vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos. Entre os instrumentos e equipamentos utilizados temos: viscosímetros, centrífugas, fotômetros de chama, peagômetros, espectrômetros, microscópios etc. O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e o grau de contaminantes neles presentes.

As principais propriedades dos óleos que interessam em uma análise são:

- índice de viscosidade;
- índice de acidez;
- índice de alcalinidade;
- ponto de fulgor;
- ponto de congelamento.

Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber quanto existe de:

- resíduos de carbono;
- partículas metálicas;
- água.

Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva. É a análise que vai dizer se o óleo de uma máquina ou equipamento precisa ou não ser substituído e quando isso deverá ser feito.

### **Análise do estado das superfícies**

A análise das superfícies das peças, sujeitas aos desgastes provocados pelo atrito, também é importante para se controlar o grau de deteriorização das máquinas e equipamentos.

A análise superficial abrange, além do simples exame visual – com ou sem lupa – várias técnicas analíticas, tais como:

- endoscopia;
- holografia;
- estroboscopia;
- molde e impressão.

### **Análise estrutural**

A análise estrutural de peças que compõem as máquinas e equipamentos também é importante para a manutenção preditiva. É por meio da análise estrutural que se detecta, por exemplo, a existência de fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância.

As técnicas utilizadas na análise estrutural são:

- interferometria holográfica;
- ultra-sonografia;
- radiografia (raios X);
- gamagrafia (raios gama);
- ecografia;
- magnetoscopia;
- correntes de Foucault;

- Infiltração com líquidos penetrantes.

### **Periodicidade dos controles**

A coleta de dados é efetuada periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento. As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis.

A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores:

- Número de máquinas a serem controladas.
- Número de pontos de medição estabelecidos.
- Duração da utilização da instalação.
- Caráter “estratégico” das máquinas instaladas.
- Meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

As vantagens da manutenção preditiva são:

- Aumento da vida útil do equipamento.
- Controle dos materiais (peças, componentes, partes etc.) e melhor gerenciamento.
- Diminuição dos custos nos reparos.
- Melhoria da produtividade da empresa.
- Diminuição dos estoques de produção.
- Limitação da quantidade de peças de reposição.
- Melhoria da segurança.
- Credibilidade do serviço oferecido.
- Motivação do pessoal de manutenção.
- Boa imagem do serviço após a venda, assegurando o renome do fornecedor.

### **Limites técnicos da manutenção preditiva**

A eficácia da manutenção preditiva está subordinada à eficácia e à confiabilidade dos parâmetros de medida que a caracterizam.

## **Referência Bibliográfica**

Abílio José Weber, Dario do Amaral Filho, João Pedro Alexandria Jr., José Antônio Peixoto Cunha, Pedro Araújo. *Telecurso 2000*. Curso Profissionalizante Mecânica – Manutenção. São Paulo. Editora Globo.