

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
COLÉGIO TÉCNICO UNIVERSITÁRIO**

**APOSTILA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL  
MECÂNICA**

**UFJF – CTU**  
**CARGA HORÁRIA – 6h/a**

**Programa**

**1-EMENTA**

Organização e administração da manutenção. Sistemas de manutenção. Almoxarifado. Fatores causadores de danos. Análise de falhas de equipamentos. Manutenção em alguns elementos específicos/lubrificação. Trabalho final.

**2- OBJETIVOS**

2.1\_ Geral:

Desenvolver no aluno a capacidade de promover e gerenciar a manutenção industrial, baseando-se nos conceitos desenvolvidos através de exemplos práticos.

2.2\_ Específicos:

- Desenvolver conhecimento para implantação e desenvolvimento de Manutenção Preventiva, Corretiva e Preditiva;
- Desenvolver conhecimento estratégico para análise de falhas através das taxas de falha, curva da banheira e confiabilidade;

**3- CRONOGRAMA**

20 encontros com 2 horas/aula cada.

15 encontros com 4horas/aula cada.

**4- CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

- Manutenção
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva
- Lubrificação Industrial
- Manutenção Eletromecânica
- Manutenção Hidráulica e Pneumática
- Modos de Falha
- Taxas de Falha e Confiabilidade

**5- ESTRATÉGIAS**

5.1\_ Técnicas: aula expositiva dialogada e trabalhos individuais e em grupo.

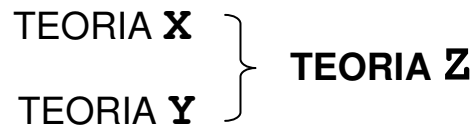
5.2\_ recursos: quadro branco, bibliografias, recursos audiovisuais e computacionais.

**6- AVALIAÇÃO**

Duas provas escritas com igual peso.

**\_OBJETIVO:** “Motivar às pessoas de todas as Áreas da Empresa à fazer e Entender a Manutenção.

**\_EVOLUÇÃO DAS TEORIAS:**



**\_TEORIA X:**

❖ **Taylor:**

- Estudo de Tempos
- Homens extraordinários
- O que? Quando? Como?

❖ **Ford:**

- “Não dá um passo supérfluo”
- Homem ou Máquina?

**\_TEORIA Y:**

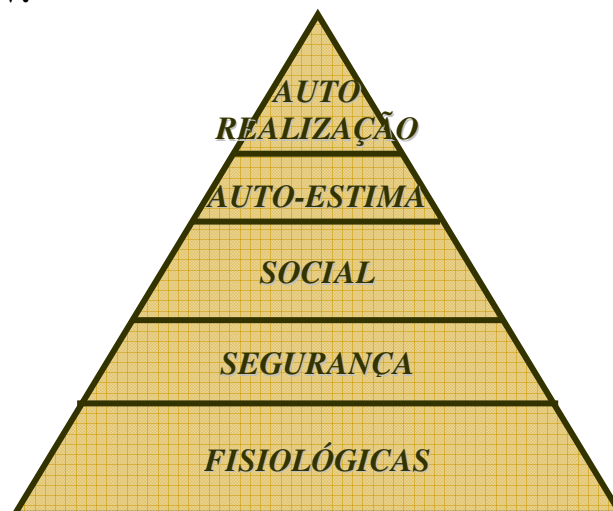
❖ **Mc Gregor**

- O Ser Humano tem Muito Potencial
- Motivação
- Gerência

❖ **Herzberg**

- Necessidades: \_Básicas; \_Mais Elevadas.
- Teoria da Motivação

**\_PIRÂMIDE DE MASLOW:**



**\_TEORIA Z:**

❖ **Premissa Básica**

➤ **Parâmetros a serem analisados**

1. Emprego vitalício
2. Avaliação e promoção lentas
3. Trajetórias não especializadas
4. Apto-controle
5. Consenso
6. Responsabilidade coletiva
7. Interesse holístico

➤ **Valores cultivados:** amizade, confiança, cooperação, harmonia, estabilidade, igualdade e trabalho em equipe.

➤ **Estratégia para mudança**

1. Acreditar no potencial dos funcionários
2. Construir a lealdade entre empregados
3. Investir em treinamento
4. Reconhecer as realizações
5. Descentralizar a tomada de decisões

## 6. Gerar cooperação

### MODELO SUECO:

#### ❖ Fases para o enriquecimento de cargos

- Substituição de instruções detalhadas pelo esclarecimento dos objetivos
- Aumento de responsabilidade
- Atividade de coordenação ao invés da inspeção
- Projetar o trabalho – maior satisfação
- Desenvolver equipes eficazes

#### ❖ Gupos Semi-Autônomos

- Plano de Remuneração Claro
- Rotatividade no Trabalho
- Autonomia Individual (descentralização)
- Liderança Escolhida
- Eliminação das Especialidades

### ATUALMENTE:

❖ Gerenciamento de Pessoas  CONFLITO

❖ Profissional Moderno: \_Técnica; \_Gerenciar Pessoas (primordial).

## Tribologia

### *I – Aspectos Tribológicos*

**Tribologia** é a ciência que estuda os fenômenos relacionados ao atrito, ao desgaste e à lubrificação.

**Atrito:** Quando duas superfícies estão em contato, existirá uma resistência ao movimento relativo entre as partes. Para que este movimento relativo aconteça é preciso exercer sobre uma destas partes uma força superior à força de atrito. A força de atrito é o somatório da força de adesão, devido à atração molecular, e da força mecânica necessária para vencer as interferências entre as rugosidades superficiais das partes em contato.

**Lei de Coulomb:** A força de atrito ( $F_a$ ) entre duas superfícies é equivalente ao produto do coeficiente de atrito ( $\mu$ ) pela força normal atuante ( $F_N$ ).

$$F_a = \mu F_N$$

A figura 1 mostra a atuação de uma força  $F$  que tende a deslocar um corpo sobre uma base. No sentido contrário à força  $F$  age uma força de atrito segundo a lei de Coulomb.

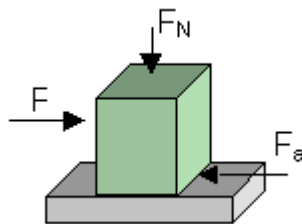


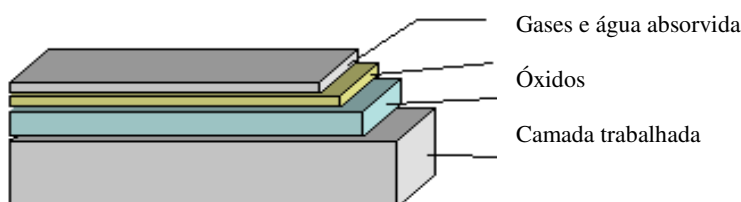
Figura 1 – Força de Atrito

Se  $F_a > F \Rightarrow$  O corpo permanece parado (Atrito estático),

Se  $F_a < F \Rightarrow$  O corpo se moverá.

#### **Superfície de um material metálico**

Quando um material metálico é trabalhado (usinagem, por exemplo), acontece um desequilíbrio atômico das moléculas próximas à superfície. Estas moléculas reagem com gases e água e formam uma camada de óxidos sobre a superfície do metal (figura 2).



**Superfície de Contato**

Figura 2 - Superfície de um material metálico

Quando existe o contato “seco” entre duas superfícies, as moléculas próximas à superfície de um metal reagem com as moléculas próximas à superfície do outro metal, compondo assim a força de adesão entre as superfícies, devido à atração molecular.

A figura 3 mostra o contato “seco” entre duas superfícies. A área de contato será influenciada pelas características da peça, como o perfil, a rugosidade, as ondulações e os erros de forma.

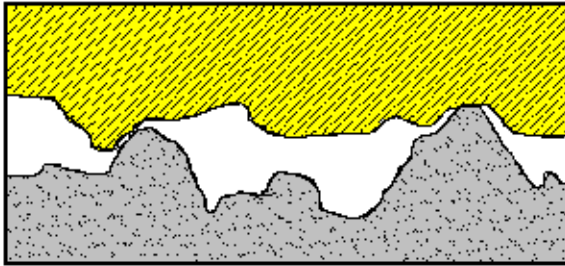


Figura 3 - mostra o contato “seco” entre duas superfícies

Assim, verifica-se que a força de atrito ocorre em função da adesão e da força mecânica atuante entre as superfícies.



$$F_a = F_{adesão} + F_{mecânica}$$



Sendo a força de adesão provocada pela atração molecular entre as superfícies, quanto maior a área de contato entre os metais, maior será a adesão entre eles. No entanto, observa-se na figura 2 que sobre os materiais trabalhados existe uma camada de óxidos sobre a superfície do metal, que minimiza os efeitos da adesão.

Conclui-se ainda, que para materiais iguais, devido à formação atômica similar, a adesão será ainda mais forte. Por isso é muito comum utilizar-se materiais diferentes em materiais sujeitos ao atrito dinâmico, como por exemplo, utilizando-se mancal de bronze para eixos de aço a adesão será minimizada.

Em materiais iguais, de baixa rugosidade superficial, ao retirar-se os gases e a umidade entre eles, a adesão será muito grande (contato íntimo), como exemplo, os blocos padrões de Metrologia que parecem imantados ao serem colocados em contato íntimo.

Em determinados casos, a adesão pode ser maior que a resistência mecânica da rugosidade do material, ocasionando a fratura da “crista” desta, ocasionando um fenômeno conhecido como “micro-solda”, conforme mostra a figura 4.

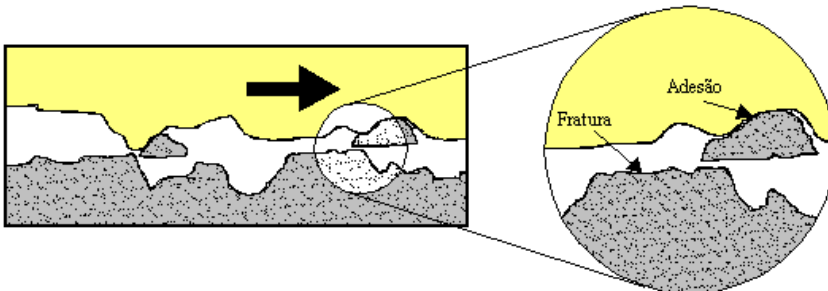


Figura 4 – Fenômeno conhecido como “micro-solda”.

Pelo exposto anteriormente conclui-se que a superfície deve ter a menor rugosidade possível, porém não deve ser isenta, para evitar a adesão e permitir a penetração do lubrificante. Ex.: Uma superfície retificada apresenta uma boa área de contato e permite a penetração do lubrificante.

## II - Condições de Lubrificação

O movimento relativo entre superfícies em contato podem acontecer sob as seguintes condições de lubrificação:

1. Vácuo,
2. Seco (atmosfera),
3. Lubrificação limítrofe,
4. Lubrificação misturada (elasto-hidrodinâmica),
5. Lubrificação hidrodinâmica.

Sendo que nos dois primeiros casos o movimento acontece sem ação de lubrificação.

### II.1 - Movimento sujeito ao atrito seco

Como o movimento acontece sem ação de lubrificação, é importante evitar a adesão entre os elementos, adotando as seguintes ações:

- diminuir a pressão de contato,
- adequar a qualidade do acabamento superficial,
- atentar para uma boa escolha dos materiais em contato.

## **II.2 - Movimento sujeito a ação de lubrificação**

Dependendo das condições que envolvem o movimento relativo entre as partes, a lubrificação pode ser limítrofe, misturada ou hidrodinâmica.

### **Lubrificação limítrofe**

Acontece normalmente a baixas velocidades relativas, entre superfícies paralelas ou quando sujeitas a cargas não muito elevadas, onde não há a formação de pressão hidrodinâmica do lubrificante. Neste caso acontece o contato entre as rugosidades dos materiais, provocando sua deformação e ruptura durante o movimento.

Apresenta-se na lubrificação de:

- guias e barramentos e
- juntas.

Neste caso, mais importante que a viscosidade do lubrificante é que este apresente um filme aderente (boa adesividade) e resistente ao rompimento.

### **Lubrificação misturada (elasto-hidrodinâmica)**

Acontece normalmente em situações que apresentem:

- baixas velocidades relativas associadas a cargas elevadas:
- engrenagens,
- cames e
- rolamentos
- altas velocidades relativas associadas a cargas baixas:
- Retentores,
- Selos mecânicos

Acontece a formação de uma baixa pressão hidrodinâmica do lubrificante, diminuindo o contato entre as rugosidades dos materiais em movimento relativo, provocando a deformação das mesmas.

**Obs.:** Em engrenagens, apesar das velocidades serem elevadas, a velocidade relativa entre as superfícies dos dentes é muito baixa.

### **Lubrificação hidrodinâmica**

Neste caso acontece a separação completa entre as rugosidades dos materiais, devido à pressão hidrodinâmica do lubrificante, da viscosidade do lubrificante, das velocidades alcançadas e até mesmo de energia externa.

Apresenta-se na lubrificação de:

- Mancais radiais e axiais.

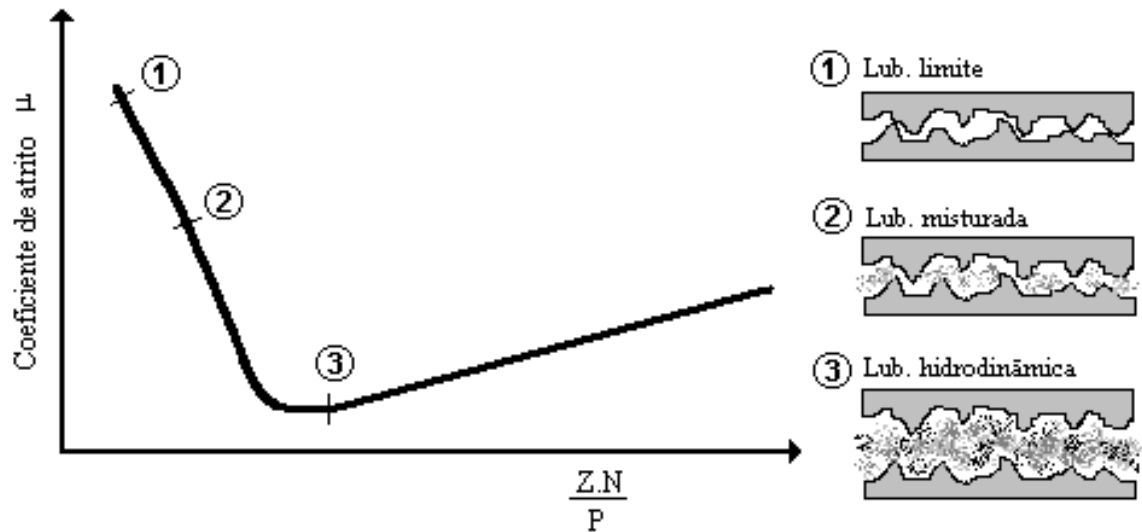
Como não acontece o contato entre as rugosidades dos materiais, o atrito e o desgaste ficam bastante minimizados. Considera-se teoricamente que a separação total acontecerá quando a espessura do filme lubrificante é maior que três vezes a soma das rugosidades médias das duas superfícies.

## **II.3 – Variação do coeficiente de atrito com as condições de lubrificação**

As condições de lubrificação variam a medida que variam as cargas e, as velocidades empregadas, bem como a viscosidade do lubrificante. Variando as condições de lubrificação o coeficiente de atrito também variará. O diagrama de Stribbeck (figura 5) relaciona o coeficiente de atrito com as condições de lubrificação.

Figura 4 – Diagrama de Stribbeck - relaciona o coeficiente de atrito com as condições de lubrificação.

Onde:           Z – velocidade relativa  
                  N' – viscosidade do lubrificante  
                  P – carga sobre a unidade de área



### 3 - Manutenção Industrial

#### Apresentação

Não basta uma empresa ter máquinas modernas, planos de expansão, mercado cativo, tecnologia de ponta, produtos de qualidade, preços competitivos, ótimos funcionários e programas de qualidade se ela não contar com um eficiente programa de manutenção mecânica.

A manutenção mecânica é a alma dos setores produtivos empresariais. De fato, sem a manutenção mecânica das máquinas e equipamentos não será possível:

- cumprir os cronogramas de fabricação
- obter produtos de qualidade
- diminuir os custos de produção
- aumentar a competitividade
- manter a fidelidade dos clientes
- conquistar novos clientes
- reduzir as perdas de matéria-prima e energia
- competir em igualdade de condições no mercado interno e externo

#### Introdução à Manutenção

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passou a ser a meta de todas as empresas.

Imagine que eu seja o fabricante de rolamentos e que tenha concorrentes no mercado. Pois bem, para que eu venha a manter meus clientes e conquistar outros, precisarei tirar o máximo rendimento de minhas máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo.

Para isso, deverei estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de meus rolamentos. Imagine você que eu não faça manutenção em meu parque fabril...

Se eu não tiver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, pois máquinas com defeitos ou quebradas causarão:

- diminuição ou interrupção da produção
- atrasos nas entregas
- perdas financeiras
- aumento nos custos
- rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação
- insatisfação dos clientes
- perda de mercado

Para evitar o colapso de minha empresa devo, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos a fim de obter rolamentos nas quantidades previamente estabelecidas e com qualidade. Também devo incluir, no programa, as ferramentas a serem utilizadas e a previsão da vida útil de cada elemento das máquinas.

#### Histórico da Manutenção

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 de 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 motivação deu origem à manutenção preventiva.

Em suma, nos últimos vinte anos é que tem havido preocupações de técnicos e empresários para o desenvolvimento de técnicas específicas para melhorar o complexo sistema:

- homem
- máquina
- serviço

### **Conceitos e Objetivos**

Podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Estes 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 um modo geral, a manutenção em 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 de elementos de máquinas

Alcançar estes 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 a um custo adequado

### **Serviços de Rotina 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 de 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. Salientamos que há, também, manutenção de emergência ou corretiva, que estudaremos mais adiante.

Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento. Estes 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 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 o exame, são recondiçionadas 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 no 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, etc.

A TPM (total productive maintenance) 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 a sua instalação e primeiras horas de produção. Com a terotecnologia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

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

Para evitar estes 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 que?
  - 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 orientem 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.

Por organização do serviço de manutenção podemos entender a maneira como se compõe, 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.

#### 4 – Custos da Manutenção

##### Introdução

Na atual competitividade que rege o mundo globalizado, é impossível aceitar uma manutenção que trabalha apenas no sentido de reparar o que está quebrado, e que não administra seus custos.

##### Importância da análise dos custos

- Os custos de manutenção entram no preço de custo dos produtos fabricados;
- Uma ferramenta essencial para a gestão:
  - Decidir pela subcontratação ou não de serviço externo;
  - Verificar a eficácia das ações de manutenção;
  - Substituição, pequeno ou grande reparo;
- Estimativa dos custos de manutenção;
- Exploração dos custos.

##### Custo de uma falha

São provenientes de dados coletados no setor juntamente com seus custos.

$$CFALHA = CDIRETO + CINDIRETO$$

##### Custos diretos da manutenção



= Custos diretos de manutenção

##### Custos indiretos de parada de produção

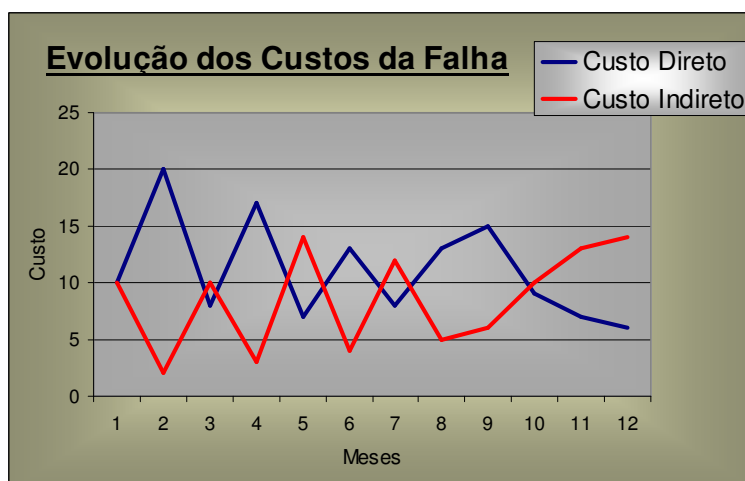
TP (h) = Tempo de parada da produção;

Tm (h) = Tempo de parada da produção devido a manutenção.

CI = TP [Perda da produção/hora]

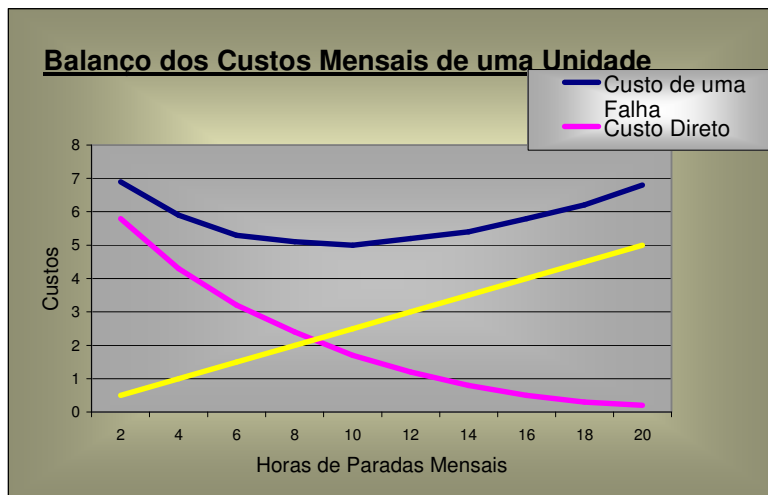
CI = TM[Perda da produção/hora](R\$;US\$)

##### Gráfico da evolução dos custos da falha



Obs: Quanto maior o investimento na manutenção direta maior a tendência da redução dos custos indiretos. Os CI e CD evoluem em direções opostas.

##### Balanco dos custos mensais de uma unidade



### Exemplo (alcoa alumínio s/a)

Aplicação prática : Equipamento - Cordeira Tubular

#### 1.1 - Custo da Mão de Obra:

- Salários Mensalistas ;
- Salários dos Horistas ;
- Treinamentos;
- Seguro de Vida;
- Etc.

<i>Mecânica</i>	<i>Elétrica</i>	
Total = 280305,71	239078,48	[U.M.]

#### Considerações:

- Com 22 Mecânicos e 15 Eletricistas;
- Com um semestre tendo um total de 990 horas trabalhadas por funcionário (considerando férias remuneradas).

Taxa Horária Média (mecânico) = 12,87 [U.M.]

Taxa Horária Média (eletro-eletrônico) = 16,10 [U.M.]

#### 1.2 - Gastos Gerais do Serviço de Manutenção:

- Energia Elétrica;
- Suprimentos Operacionais;
- Reparo Manutenção/Almoxarifado
- Reparo Manutenção/Terceiros
- Seguros;
- Estagiários;
- Etc.

<i>Mecânica</i>	<i>Elétrica</i>	<i>Eng. Man.</i>	
Total = 37256,97	19706,27	17051,09	[U.M.]

#### Considerações:

- Levar em conta o custo da mão de obra da Engenharia de Manutenção;
- Com um semestre contendo 5356 horas de manutenção;
- Gastos Gerais com - Elétrica, Mecânica, Engenharia e Mão de Obra da Engenharia = 235039,1 [U.M.]

Taxa horária = 235039/5356 = 43,88 [U.M.]

#### 1.3 - Custo de Depreciação do Equipamento:

Equipamento que trabalha 24 horas

Taxa de depreciação horária = 6,50 [U.M.]

#### 1.4 - Consumo de Peças de Reposição:

- Levantamento dos custos totais de material de reposição e peças sobressalentes;
- Levantamento do número total de horas de manutenção do equipamento.

Taxa horária = 34,64 [U.M.]

#### 1.5 - Custos de Contratos de Manutenção e Subcontratadas:

Custos Serviços - Mecânica, Elétrica, Engenharia = 94419,11 [U.M.]

Taxa horária =  $94419,11/5356 = 17,63$  [ U.M.]

### 2.1 - Custos da Preventiva ( TX HOR.):

- Mão de Obra mecânicos/elétricos;
- Gastos Gerais da manutenção;
- Depreciação;
- Materiais e peças de reposição;
- Serviços contratados.

Taxa Horária Total = 241,04 [U.M.]

### 2.2 - Custos da Corretiva ( TX HOR.):

- Mão de Obra mecânicos/elétricos;
- Gastos Gerais da manutenção;
- Depreciação;
- Materiais e peças de reposição;
- Serviços contratados.

Taxa Horária Total = 117,14 [U.M.]

### 2.2 - Custos da Indisponibilidade ( TX HOR.):

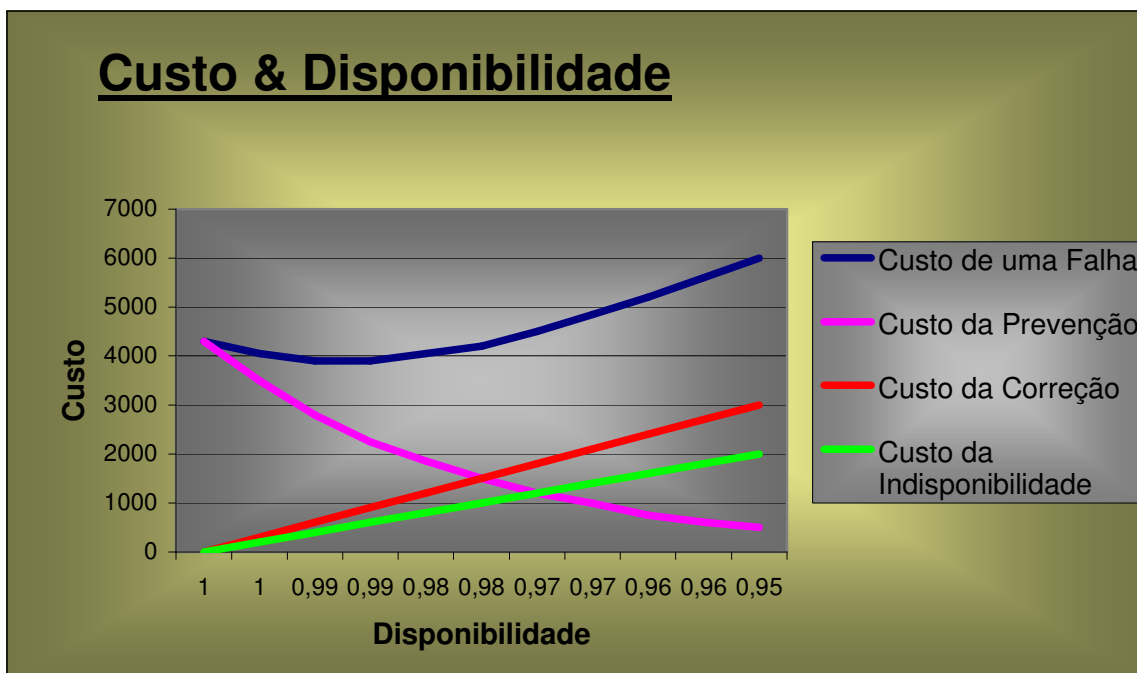
Taxa Horária Total = 67,55 [U.M.]

### 2.3 - Horas de Manutenção no equipamento

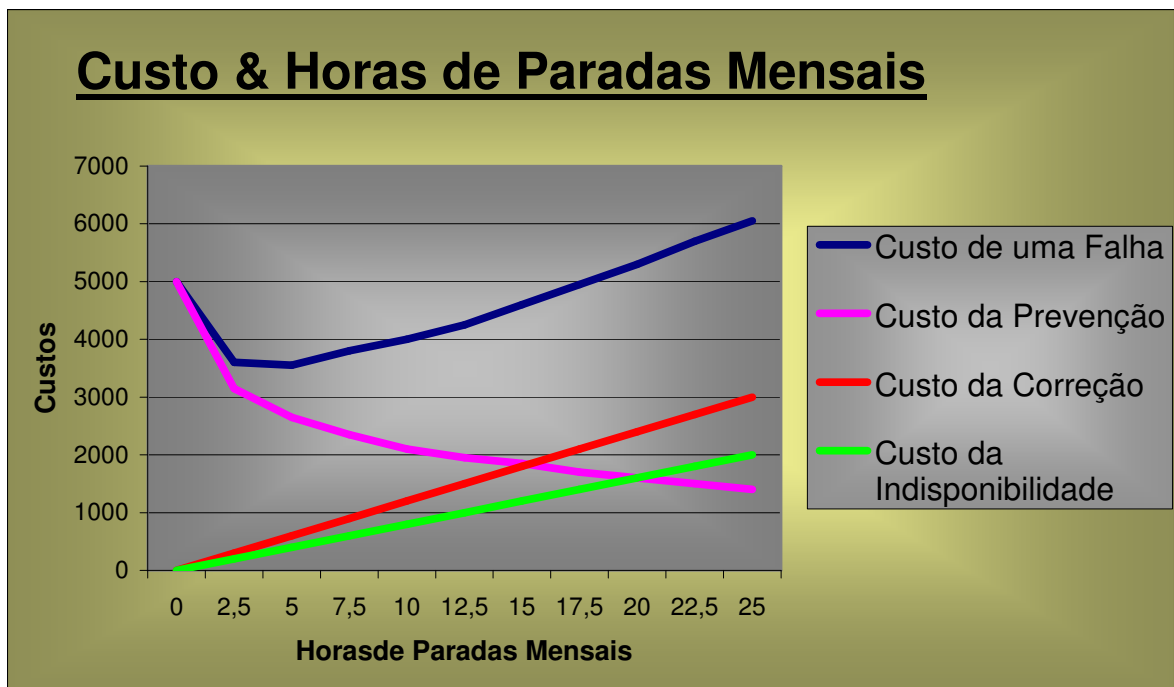
Tempo Médio Mensal [h] :

	Corretiva	Preditiva
20/09/96	11:50	7:52
30/10/96	0:15	20:00
11/11/96	10:35	9:22
17/12/96	0:31	17:39
17/01/97	13:04	7:08
20/03/97	2:31	13:45
07/04/97	12:10	8:18
23/05/97	4:41	11:54

## CUSTOS & DISPONIBILIDADE



## CUSTOS & HORAS DE PARADAS MENSAIS



### Conclusão

Com relação ao exemplo anterior podemos afirmar que uma disponibilidade máxima de um equipamento não assegura menor custo.

Temos que evidenciar a importância da manutenção na conjuntura da empresa bem como a sua necessidade de trabalhar conjuntamente com a produção, principalmente no que diz respeito a definição dos índices de disponibilidades a serem adotados. Portanto, uma gestão pela disponibilidade, é interessante tanto à produção ( que pode definir o objetivo de disponibilidade desejada ) quanto à manutenção ( que definirá a política de manutenção a ser implantada ).

### 5 - 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 costuras 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 é aquela de atendimento imediato à produção. Este 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 este 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 em empresas que não podem ter emergências, às vezes elas ocorrem com resultados geralmente catastróficos. Exemplo: empresas aéreas.

Nestas empresas, 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 tranquilamente.

É por este 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 estes 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.

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

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

Manutenção Corretiva - 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 ..... do dia .....

Um 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.

- Frente
  - Ficha de Execução
  - unidade, data, equipamento, conjunto, subconjunto
  - inspeção
  - trabalho a realizar
  - trabalho realizado
  - prevista x realizada x parada de produção
  - natureza da avaria
  - causa da avaria
  - possíveis melhorias para evitar a reincidência do problema
- Verso
  - Ficha de Execução
  - Chapa
  - Data
  - Início
  - Término
  - Duração
- O campo natureza da avaria deve receber códigos como:
  - deslocamento do equipamento - 00
  - ruptura - 01
  - cisalhamento - 02
  - trinca - 03
  - esmagamento - 04
- O campo causas da avaria deve receber códigos como:
  - introdução de líquidos gordurosos exteriores ao equipamento - 11
  - introdução de líquidos não gordurosos exteriores ao equipamento - 12
  - introdução de pó químico na máquina - 15

As relações da natureza e causa não são definitivas e devem ser ampliadas ou reduzidas em função do tipo/espécie de serviços executados e dos equipamentos em uso.

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 a causa para outro tipo de natureza de avaria. Exemplo: desgaste de um eixo

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.

## 6 - Manutenção Preventiva

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

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

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

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

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

### **Manutenção Preventiva - 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 de peças.

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 consequência, 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 paralização da produção, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode e deve 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 mínima, 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.

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.

A 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 produtivo.

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 local 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 extenso e profundo, deve ser organizada. Se a organização da manutenção preventiva carecer da devida solidez, ela provocará desordens e confusões. Para 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 este 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 a 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.

#### Manutenção Preventiva - Conclusão

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 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 da manutenção corretiva.

## 7 - Manutenção Preditiva

*“Antecipar-se à falha em lugar de presumi-la.”*

O Problema...

Nas linhas produtivas há o problema crítico da falha não prevista num equipamento gargalo.

Algumas conseqüências destas falhas são:

- Atraso por indisponibilidade de máquina;
- Ociosidade de máquinas e homens;
- Prejuízo financeiro;
- Perda de credibilidade com a clientela;
- Acidentes com danos humanos e no equipamento.

Agora... a problemática:

Kadron S.A. - Dezembro de 1997

Pedido para entrega imediata: 800 escapamentos para Vectra;

Cliente: Montadora GM;

Custo unitário: R\$ 80,00 p/ peça;

Tempo previsto de produção: 8 horas;

Horas de produção disponíveis: 8 horas;

Quebra da Recravadora (máquina gargalo);

Última manutenção preventiva: 1 semana antes da quebra!!!!

Tempo de manutenção de emergência: 2 horas p/ substituição da peça quebrada;

Resultados:

- Pedido não completado (600 pçs produzidas);
- 200 pçs x R\$ 80,00 → R\$ 16000,00
- Credibilidade arranhada?! Por sorte tinha alguma coisa em estoque que supriu a falta. E se não tivesse?!

Por que, após uma semana da ação Preventiva na máquina, ela quebrou?

R: Porque ela é probabilística e não acompanha o verdadeiro comportamento da máquina.

De que adiantaram os custos investidos em Mnt Preventiva?

R: Serviram para a obtenção da ISO 9000, mas não impediram a parada.

Quem arcaria com os prejuízos (credibilidade) se não tivesse peças em estoque?

R: A própria empresa que poderia vir a deixar de ser uma das fornecedoras da GM.

Mas se houvesse uma solução que...

- Eliminasse a perda de tempo com desmontagens desnecessárias;



- Aumentasse a disponibilidade dos equipamentos;
- Impedisse o surgimento de acidentes e imprevistos;
- Utilizasse racionalmente os componentes da máquina até o fim de sua vida útil;
- Facilitasse o planejamento da manutenção.

...e tem !

### Manutenção Preditiva

O que é Mnt Preditiva ?

É o monitoramento do desempenho de um equipamento através da análise sistemática de algum parâmetro deste equipamento.

Benefícios:

- Reduz o efeito da análise probabilística da falha;
- Maximização da vida útil dos equipamentos;
- Redução de acidentes ;
- Maior disponibilidade do equipamento;
- Aumento da Produtividade;
- Redução de peças sobressalentes.

Exigências

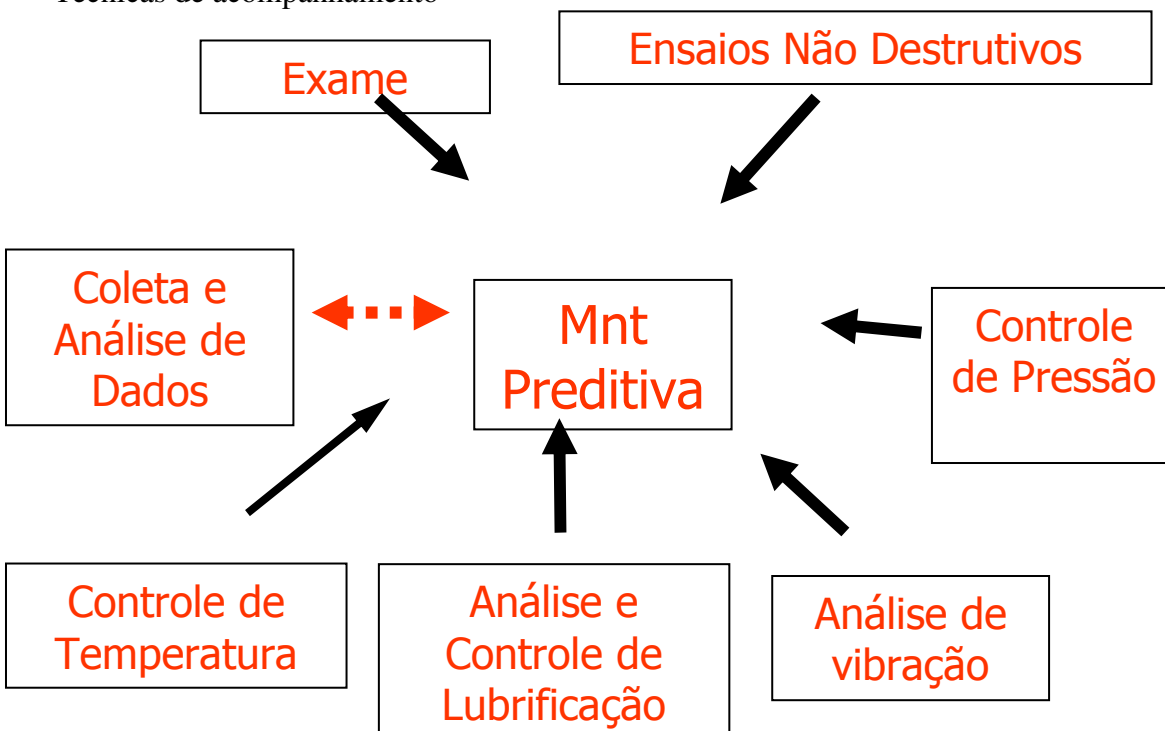
- Investimentos em equipamentos de medida;
- Investimentos em treinamento técnico;
- Motivação dos envolvidos

Aplicação da Mnt. Preditiva

- Determinação do processo de evolução da falha;
- Escolha do parâmetro de acompanhamento;
- Escolha da técnica de coleta de dados;
- Registro e análise dos dados;
- Programação das intervenções;
- Análise dos Resultados;

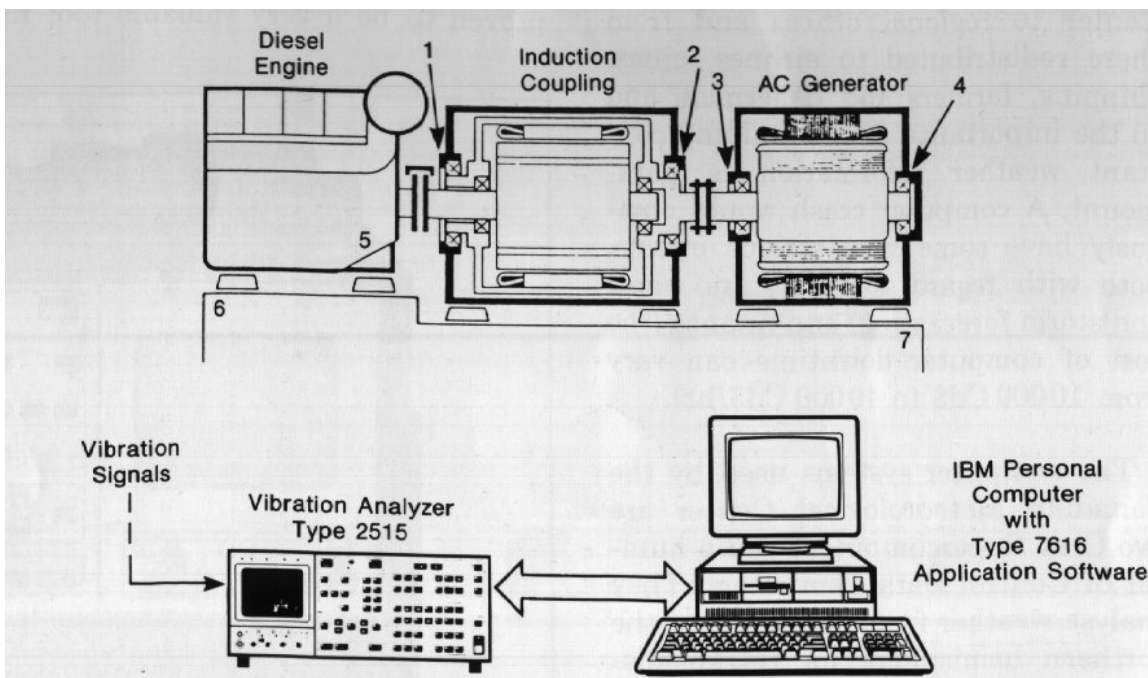
### Metodologia de Implantação

- Preparação;
- Coleta de dados;
- Treinamento do pessoal;
- Técnicas de acompanhamento



## Análise de Vibrações

### Analisador de vibração



Equipamentos de monitoração e medida de vibrações

## UPS System # 1

Date: 15-08-88

SPECTRUM COMPARISON REPORT.

Page: 2

	Machine ID	Measurement Point ID	Date	Version
Current	UPS#1	7 HOR	07-01-88	6
Reference	UPS#1	7 HOR	23-09-87	1

Fig 1.: Tot, Cur

Class: TOTAL	Date Type: 6X Log
X : FREQUENCY = 1.842 kCPM (Cur.)	
Y1: RMS LEVEL = 2.110 mm/s	TOTAL-RMS = 3.576 mm/s
Y2: RMS LEVEL = 716.6 $\mu$ m/s	NO. OF AVG. SPECTRA = 7

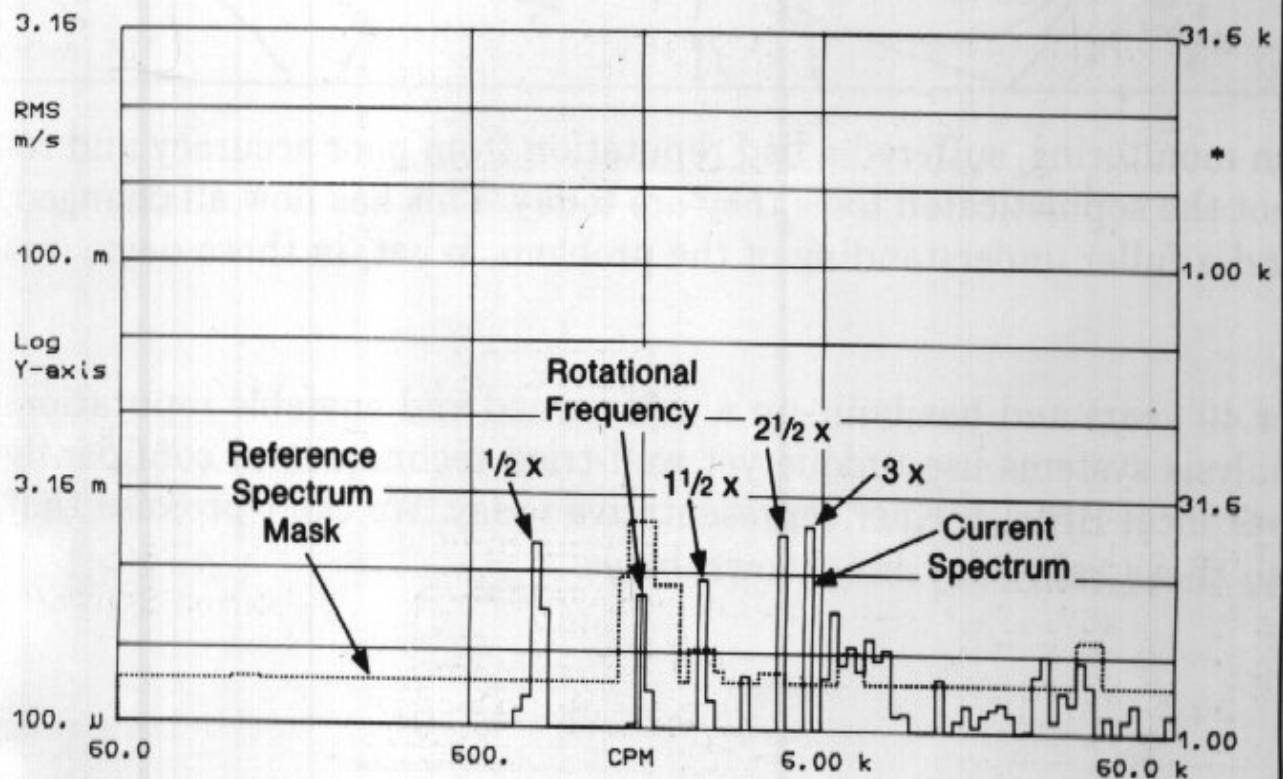


Gráfico Frequência X Intensidade

Brüel & Kjær

Machine Condition Monitoring System.

Type 7616

UPS System # 1

Date: 15-08-88

DISPLAY SUPPLEMENTARY MEASUREMENT

User: 7616

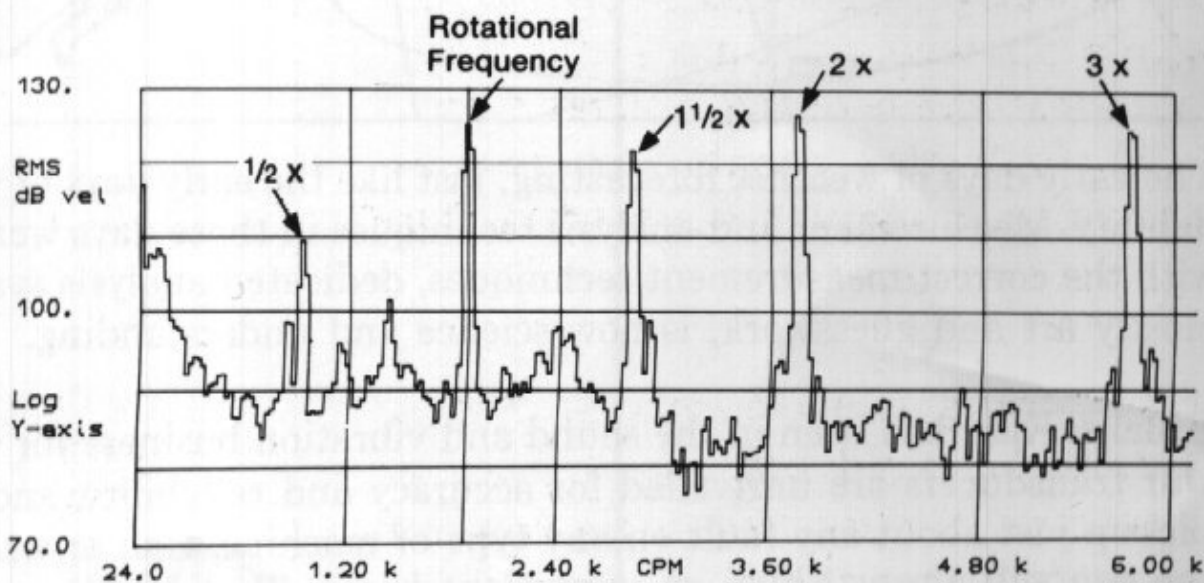
Machine ID	Measurement Point ID	Date	Version
UPS#2	5 VERT	25-01-88	2

Supplementary Measurement.

DataType: Baseband

X: FREQUENCY = 1.920 kCPM  
Y: RMS LEVEL = 123.7 dB vel

TOTAL RMS = 130.0 dB vel  
NO. OF AVG. SPECTRA = 5



Comments:  
WITHOUT VULKAN COUP.

881555

Gráfico Freq. X Intensidade de alta resolução

### Conclusão

A manutenção preditiva certamente levará a uma redução nas interrupções inesperadas. Porém para que se receba este e outros benefícios é necessário a escolha criteriosa de técnicas e equipamentos.

### 8 – Manutenção Preventiva

Como Convencer a Chefia?

Os principais objetivos das empresas são, normalmente, 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.

### **Objetivos da Manutenção Preventiva**

#### 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 sobrequentes, nas paradas de emergência, etc.. aplicando o mínimo necessário, ou seja, sobressalente \* compra direta; horas ociosas \* horas planejadas; material novo \* material recuperado.

#### 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 atingir a meta qualidade do produto, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor, ou seja: máquinas deficientes \* máquinas eficientes; abastecimento deficiente 8

#### Aumento da produção

- o aumento de produção de uma empresa se resume em atender à demanda crescente do mercado. É preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros, mantendo os prazos de entrega dos produtos em dia. A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada \* produção em dia.

#### 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 \* equipamentos revisados; poluição \* ambiente normal

#### 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 normalmente é consequência de:
  - redução de custos
  - qualidade do produto
  - aumento de produção
  - efeitos do meio ambiente
- a manutenção preventiva, atuando nesses itens, contribui para o aumento da vida útil dos equipamentos

#### Redução de acidentes do trabalho

- Não são raros os casos de empresas cujo maior problema é a grande quantidade de acidentes. Os acidentes de trabalho causam:
  - aumento de custos
  - diminuição do fator qualidade
  - efeitos prejudiciais ao meio ambiente
  - diminuição da produção
  - diminuição na vida útil dos equipamentos
- A manutenção preventiva pode colaborar para a melhoria dos programas de segurança e prevenção de acidentes.

### **Desenvolvimento da Manutenção Preventiva**

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:

Decidir qual o tipo de equipamento deverá marcar a instalação da manutenção preventiva com base no “feeling” da supervisão de manutenção e de operação.

Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto)

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, causa de falhas, etc..

Elaborar os manuais de procedimentos de manutenção preventiva, indicando as frequências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e intervenções.

Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à instalação da manutenção preventiva

Apresentar o plano para aprovação da gerência e da diretoria

- treinar e preparar a equipe de manutenção

### **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.

### **Execução da Manutenção Preventiva**

Ferramental e pessoal

- se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e reacionalizado, 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.

### **Controle da Manutenção Preventiva**

Quanto à forma de operação do controle, há quatro sistemas:

- manual
- semi-automatizado
- automatizado
- por microcomputador

Controle Manual

- é o sistema no qual a manutenção preventiva e corretiva são controladas e analisadas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo.

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.

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.

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 qualquer monitor de vídeo ou impressora na fábrica.

### **Manutenção Preditiva**

Uma empresa vinha desenvolvendo de modo satisfatório um programa de manutenção, porém, o relatório final de produção indicava a possibilidade de aperfeiçoamento 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 de manutenção preditiva e orientar todo o pessoal por meio de treinamentos específicos.

### **Conceito de Manutenção Preditiva**

Manutenção Preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base de 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 este tempo de vida seja bem aproveitado.

Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional

Nos Estados Unidos, a manutenção preditiva é conhecida pelo 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 de equipamentos
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado
- Impedir o aumento dos danos
- Aproveitar a vida útil total dos componentes 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 destes 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.

### **Execução da Manutenção Preditiva - 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 da tendência da falha

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

### **Execução da Manutenção Preditiva**

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 deteriorização. Esta deteriorização 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

### **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 de 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 o óleo. 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 chapa, reômetros, 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.

## **9 - Manutenção Industrial Execução da Manutenção Preditiva – Análise do Estado das Superfícies**

A análise das superfícies das peças, sujeitas ao desgaste 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

### **Execução da Manutenção Preditiva – Análise Estrutural**



A análise estrutural de peças que compõe 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)
- gamgrafia (raios gama)
- ecografia
- magnetoscopia
- correntes de Foucault
- infiltração com líquidos penetrantes

### Execução da Manutenção Preditiva – 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 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 naturais colocados à disposição para a execução dos serviços

<b>Programa básico de vigilância</b>			
<b>Métodos utilizados</b>	<b>Equipamentos vigiados</b>	<b>Equipamentos necessários</b>	<b>Periodicidade da verificação</b>
Medição de Vibração	Todas as máquinas giratórias de potência média ou máxima e/ou equipamentos críticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores</li> <li>• Redutores</li> <li>• Compressores</li> <li>• Bombas</li> <li>• ventiladores</li> </ul>	Medidor de Vibração Analisador Sistema de vigilância permanente	3.000 a 1.500 horas

<b>Programa básico de vigilância</b>			
<b>Métodos utilizados</b>	<b>Equipamentos vigiados</b>	<b>Equipamentos necessários</b>	<b>Periodicidade da verificação</b>
Medição das falhas de rolamentos	Todos os rolamentos	Medidor especial ou analisador	500 horas

## Programa básico de vigilância

Métodos utilizados	Equipamentos vigiados	Equipamentos necessários	Periodicidade da verificação
Análise Estroboscópica	Todos os lugares onde se quiser estudar um movimento, controlar a velocidade ou medir os planos	Estroboscópio especial ou analisador	Segundo a necessidade

## Programa básico de vigilância

Métodos utilizados	Equipamentos vigiados	Equipamentos necessários	Periodicidade da verificação
Análise dos óleos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redutores e circuitos hidráulicos</li><li>• Motores</li></ul>	Feita pelo fabricante	6 meses

## Programa básico de vigilância

Métodos utilizados	Equipamentos vigiados	Equipamentos necessários	Periodicidade da verificação
Termografia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Equipamentos de alta-tensão</li><li>• Distribuição de baixa-tensão</li><li>• Componentes eletrônicos</li><li>• Equipamentos com componentes refratários</li></ul>	Subcontratação (terceirização)	12 meses

## Programa básico de vigilância

Métodos utilizados	Equipamentos vigiados	Equipamentos necessários	Periodicidade da verificação
Exame endoscópico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cilindros de compressores</li><li>• Aletas</li><li>• Engrenagens danificadas</li></ul>	Endoscopia + fotos	Todos os meses

## **Vantagens da Manutenção Preditiva**

- Aumento da vida útil do equipamento
- controle dos materiais (peças, componentes, partes, etc) e melhor gerenciamento
- diminuição dos custos dos reparos
- melhoria da produtividade na empresa
- diminuição dos estoques de produção
- limitação da quantidade de peças de reposição
- melhoria da segurança
- credibilidade do serviço oferecido
- motivação do pessoal da manutenção

## **Limites Técnicos da Manutenção Preditiva**

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

## **10 - Análise de falhas de máquinas**

As origens de falhas das máquinas estão nos danos sofridos pelas peças componentes.

A máquina nunca quebra totalmente de uma só vez, mas para de trabalhar quando alguma parte vital de seu conjunto se danifica.

A parte vital pode estar no interior da máquina, no mecanismo de transmissão, no comando ou nos controles. Pode, também, estar no exterior, em partes rodantes ou em acessórios. Por exemplo, um pneu é uma parte rodante vital para que um caminhão funcione, assim como um radiador é um acessório vital para o bom funcionamento do motor

A origem dos danos pode ser agrupada da seguinte maneira:

- erros de especificação ou de projeto
- falhas de fabricação
- instalação imprópria
- manutenção imprópria
- operação imprópria

### **Análise de falhas de máquinas - Origem dos danos**

- Erros de especificação ou de projeto
  - a máquina ou alguns de seus componentes não correspondem às necessidades de serviço. Nesse caso os problemas, com certeza, estarão nos seguintes fatores: dimensões, rotações, marchas, materiais, tratamentos térmicos, ajustes, acabamentos superficiais ou, ainda, em desenhos errados.
- Falhas de Fabricação
  - a máquina, com componentes falhos, não foi montada corretamente. Nessa situação pode ocorrer o aparecimento de trincas, inclusões, concentração de tensões, contatos imperfeitos, folgas exageradas ou insuficientes, empeno ou exposição de peças a tensões não previstas no projeto.
- Instalação imprópria
  - trata-se de desalinhamento dos eixos entre o motor e a máquina acionada. Os desalinhamentos surgem devido aos seguintes fatores:
    - fundação (local de assentamento da máquina) sujeita a vibrações
    - sobrecargas
    - trincas
    - corrosão
- Manutenção Imprópria
  - Trata-se da perda de ajustes e da eficiência da máquina em razão dos seguintes fatores:
    - sujeira
    - falta momentânea ou constante de lubrificação
    - superaquecimento por causa do excesso ou insuficiência da viscosidade do lubrificante
    - falta de reparos
    - falhas de controle de vibrações
- Operação Imprópria

- trata-se de sobrecarga, choques e vibrações que acabam rompendo o componente mais fraco da máquina. Esse rompimento, geralmente, provoca danos em outros componentes ou peças da máquina.
  - Operação Imprópria
    - salientemos que não estão sendo consideradas medidas preventivas a respeito de projetos ou desenhos, mas das falhas originadas nos erros de especificação, de fabricação, de instalação, de manutenção e de operação que podem ser minimizados com um controle melhor
  - Operação Imprópria
    - as falhas são inevitáveis quando aparecem por causa do trabalho executado pela máquina. Nesse aspecto, a manutenção restringe-se à observação do progresso do dano para que se possa substituir a peça no momento mais adequado. É assim que se procede, por exemplo com os dentes de uma escavadeira que vão se desgastando com o tempo de uso.
- Análise de danos e defeitos
- A análise de danos e defeitos de peças tem duas finalidades:
    - apurar a razão da falha, para que sejam tomadas medidas objetivando a eliminação de sua repetição
    - alertar o usuário a respeito do que poderá ocorrer se a máquina for usada ou conservada inadequadamente

Para que a análise possa ser bem-feita, não basta examinar a peça que acusa a presença de falhas.

É preciso, de fato, fazer um levantamento de como a falha ocorreu, quais os sintomas, se a falha já aconteceu em outra ocasião, quanto tempo a máquina trabalhou desde sua aquisição, quando foi realizada a última reforma, quais os reparos já feitos na máquina, em quais condições de serviço ocorreu a falha, quais foram os serviços executados anteriormente, quem era o operador da máquina e por quanto tempo ele a operou.

Enfim, o levantamento deverá ser o mais minucioso possível para que a causa da ocorrência fique perfeitamente determinada.

Evidentemente, uma observação pessoal das condições gerais da máquina e um exame do seu dossiê (arquivo ou pasta) são duas medidas que não podem ser negligenciadas.

O passo seguinte é diagnosticar o defeito e determinar a sua localização, bem como decidir sobre a necessidade de desmontagem da máquina.

A desmontagem completa deve ser evitada, porque é cara e demorada, além de comprometer a produção, porém, às vezes, ela é inevitável. É o caso típico do dano causado pelo desprendimento de limalhas que se espalham pelo circuito interno de lubrificação ou pelo circuito hidráulico de uma máquina.

Após a localização do defeito e a determinação da desmontagem, o responsável pela manutenção deverá colocar na bancada as peças interligadas, na posição de funcionamento. Na hora da montagem não podem faltar ou sobrar peças!!!

As peças não devem ser limpas na fase preliminar e sim na fase do exame final. A limpeza deverá ser feita pelo próprio analisador, para que não se destruam vestígios que podem ser importantes. Após a limpeza, as peças devem ser etiquetadas para facilitar na identificação e na seqüência de montagem da máquina.

### **Características gerais dos danos e defeitos**

Os danos e defeitos de peças, geralmente, residem nos chamados intensificadores de tensão, e estes são causados por erro de projeto ou especificações. Se os intensificadores de tensão residem no erro de projeto, a forma da peça é o ponto crítico a ser examinado, porém, se os intensificadores de tensão residem nas especificações, estas são as que influirão na estrutura interna das peças.

O erro mais freqüente na forma da peça é a ocorrência de CANTOS VIVOS!!!

Quanto ocorre mudança brusca de seção em uma peça, os efeitos são praticamente iguais aos provocados por cantos vivos.

Por outro lado, se os cantos forem excessivamente suaves, um único caso é prejudicial. Trata-se do caso do excesso de raio de uma peça em contato com outra.

Por exemplo, a tensão provocada pelo canto de um eixo rolante, com excesso de raio, dará início a uma trinca que se propagará em toda a sua volta.

### **Cabos de aço**

Os cabos de aço, ao serem instalados, não devem apresentar nós nem ser atritados na lateral de polias - por onde passarão - e muito menos no solo! Nós e atritos indesejados diminuem a vida útil dos cabos de aço.

Quando em serviço, os cabos de aço podem apresentar os seguintes defeitos:

- cabo rompido - em caso de rompimento de um cabo novo ou seminovo e o cabo mantendo-se reto, a causa provável é o excesso de carga ou choque
- “gaiola de passarinho” - é provocada pelo choque de alívio de tensão, ou seja, quando a tensão provavelmente excessiva, é aliviada instantaneamente.
- Cabo amassado - o fenômeno ocorre devido ao cruzamento de cabos sobre o tambor ou da subida deles sobre a quina da canaleta das polias. O problema é evitado mantendo o cabo esticado de forma tal que ele tenha um enrolamento perfeito no tambor.

Quebra de fios externos: este fenômeno ocorre em razão das seguintes causas:

- diâmetro da polia ou tambor excessivamente pequenos
- corrosão
- abrasão desuniforme
- excesso de tempo de trabalho do cabo

As causas de quebra de fios externos devem ser eliminadas. Para evitar a corrosão de cabos de aço, estes deverão ser lubrificados e, no caso de cabos que já atingiram o limite de vida útil, devem ser substituídos por novos. Se o problema for incompatibilidade entre o diâmetro da polia ou do tambor com o diâmetro do cabo, deve-se trocar ou o cabo ou a polia, ou o tambor.

- Ondulação: trata-se do deslizamento de uma ou mais pernas por causa da fixação imprópria ou do rompimento da alma do cabo de aço. Neste caso a fixação deverá ser corrigida.
- Chavetas: chavetas são utilizadas para fixar elementos dos mecanismos sobre eixos. Suas dimensões são, usualmente, mais do que suficientes para a transmissão de forças existentes nas máquinas.

Na substituição de chavetas, é preciso considerar o acabamento superficial, bem como o ajuste e o arredondamento dos cantos para evitar o atrito excessivo.

Os canais de chaveta devem estar em boas condições, principalmente quanto à perpendicularidade, pois além dos esforços de cisalhamento, as chavetas sofrem torção. O esforço de torção tende a virar as chavetas em suas sedes.

Para evitar o efeito de cunha que poderia partir o cubo do elemento colocado no eixo, a chaveta exige um perfeito ajuste no sentido lateral e vertical.

Outro ponto a observar é o acabamento dos cantos, que devem apresentar o chanfro ou o raio reto um pouco maior do que os cantos do rasgo para evitar o surgimento de fissuras e de trincas.

Em condições favoráveis, pode-se trocar uma chaveta paralela por uma do tipo meia-lua. A chaveta tipo meia-lua praticamente elimina problemas com torção, especialmente se o eixo na qual ela irá atuar for temperado.

- Molas: uma mola devidamente especificada durará muito tempo. Em caso de abuso, apresentará os seguintes danos: quebra - causada por excesso de flexão ou torção. Recomenda-se aplicar um coxim ou encosto no fim do curso previsto da mola. Esta medida fará com que a mola dure mais tempo sem quebrar.
- Flambagem: ocorre em molas helicoidais longas, por falta de guias. A flambagem pode ser corrigida por meio da verificação do esquadro de apoios.  
Recomenda-se aplicar guia interno ou externo, devidamente lubrificado
- Amolecimento: causado por superaquecimento presente no ambiente ou por esforço de flexão. Recomenda-se diminuir a frequência ou curso de flexões. Recomenda-se, também, aplicar uma mola dupla com seção menor.

## **10 - medição do desempenho na área de manutenção**

### **Objetivo da manutenção**

- . Conservar a disponibilidade das instalações

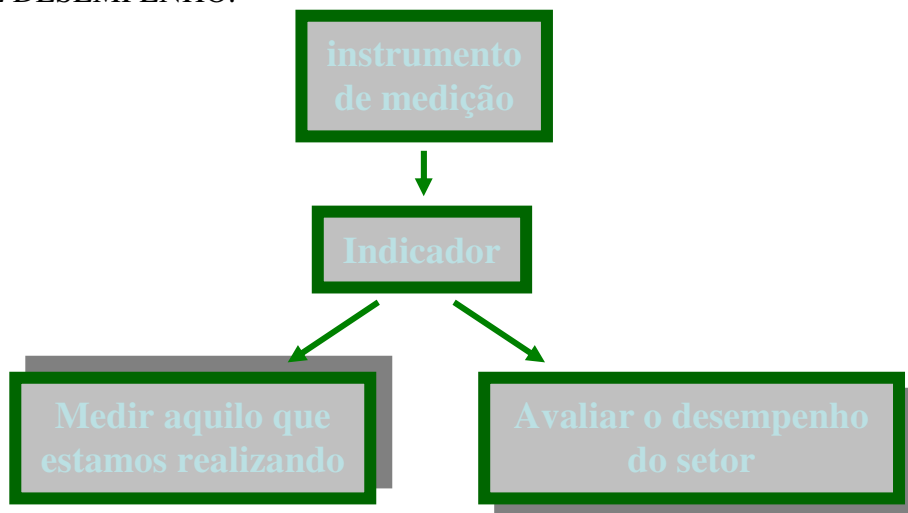
Medição do desempenho através de índices:

O QUE É A MEDIÇÃO?

COMO UTILIZAR OS ÍNDICES?

ESCOLHA DOS ÍNDICES.

EXEMPLOS DE ÍNDICES.  
MEDIÇÃO DE DESEMPENHO.



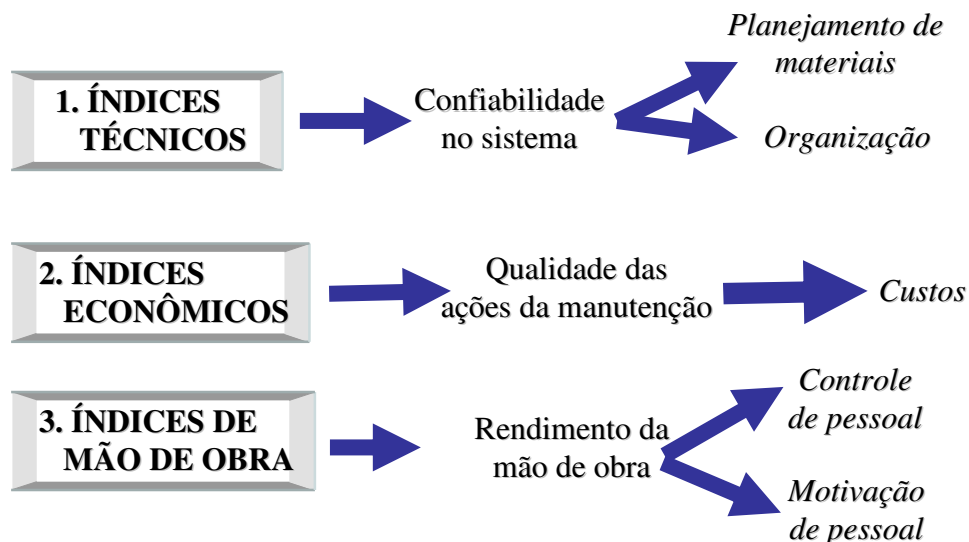
Como utilizar os índices?



Controle ou comprometimento ?



Escolha dos índices:



## Exemplos de índices:

### 1. ÍNDICES TÉCNICOS

- Disponibilidade do equipamento
- Eficiência de programação

$$D_{peq} = \frac{TO}{TO + TP} \quad EP = \frac{HP}{HG}$$

### 2. ÍNDICES DE MÃO DE OBRA

- Absenteísmo
- Pessoal treinamento interno

$$Abs = \frac{D_{per}}{D_{per} + D_{trab}} \quad PTI = \frac{Hh_{gasto}}{Hh_{disp}}$$

### 3. ÍNDICES ECONÔMICOS

- Custo da manutenção pelo faturamento
- Custo da hora da manutenção
- Custo da manutenção corretiva

$$C_{man} = \frac{C_{man}}{F} \quad C_{man/hora} = \frac{CT_{man}}{Hh_{gasto}} \quad M_{cor} = \frac{CD_{cor}}{CD_{man}}$$

#### Porque você deveria utilizar os índices?

1. Otimizar o tempo de manutenção
2. Criar histórico das atividades de manutenção
3. Visualizar a frequência de quebra de um equipamento
4. Maior probabilidade que o equipamento esteja disponível
5. Redução de custos com manutenção

#### Utilização dos 7 indicadores de desempenho:

- O que se mede
- Como se mede
- A frequência da medição
- Onde eles serão afixados
- Como serão apresentados
- Como será a análise
- Quem os receberá

“A medição não é uma atividade de resolução e sim de tomada de decisão.”

#### Fases de implantação:

- ♦ Comprometimento e apoio da alta administração
- ♦ Treinamento de multiplicadores
- ♦ Conscientização geral
- ♦ Implantação gradativa
- ♦ Balanço dos resultados

#### Manutenção Preditiva – Análise de Óleos

##### Objetivos:

- Economizar lubrificante: através da otimização do intervalo entre as trocas.  
Dominar o problema: análises efetuadas resultam em indicadores que informam sobre o desgaste dos componentes

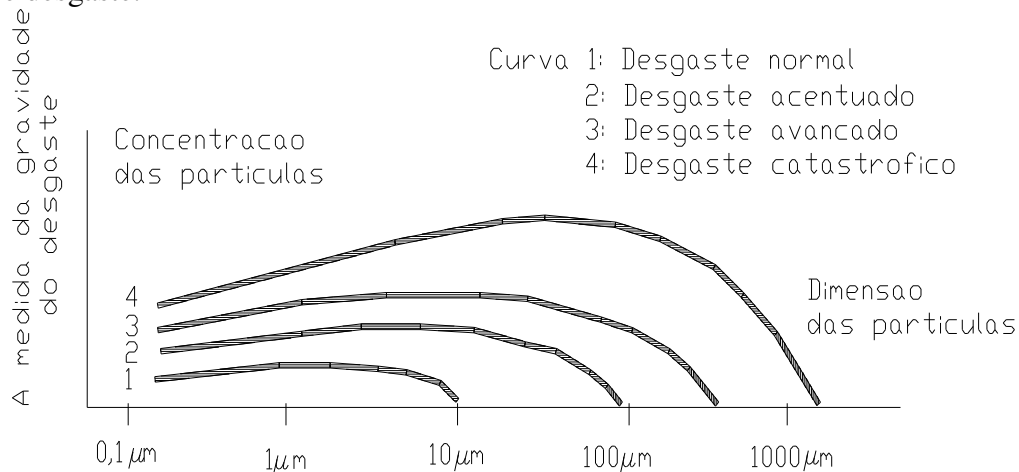
##### 2 fatores afetam os óleos:

- Degradação: oxidação do óleo pela ação da temperatura e do oxigênio do ar.
- Contaminação: dejetos originados do desgaste, partículas sólidas, água condensada, poluentes solúveis

##### Técnicas para economia de lubrificantes:

- z Análise físico-química: verificar a qualidade:

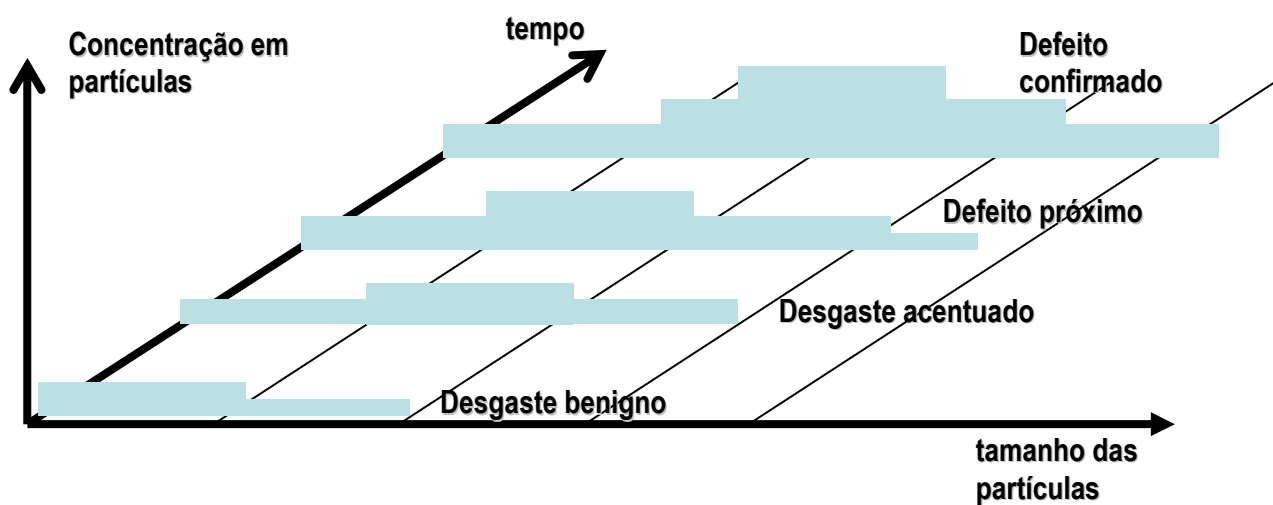
- z Viscosidade, neutralidade, oxidação, água, cor, aditivos,...
- z Controle da taxa de Contaminação:
- z Técnicas para economia de lubrificantes:
- z Controle da taxa de Contaminação:
- z Ferrografia por leitura direta: extração de partículas pela ação de um campo magnético.
- z Espectrografia: absorção da intensidade luminosa
- z Centrifugação: verificação do nível de água e sedimento
- z A análise da natureza da partícula: serve para identificar a sua origem e é fundamental para definir qual componente da máquina se está analisando.
- z O estudo das dimensões, das diferentes partículas serve para a identificação dos diferentes níveis de desgaste.



A Figura apresenta uma classificação relativa do nível de desgaste como função distribuição das dimensões das partículas.

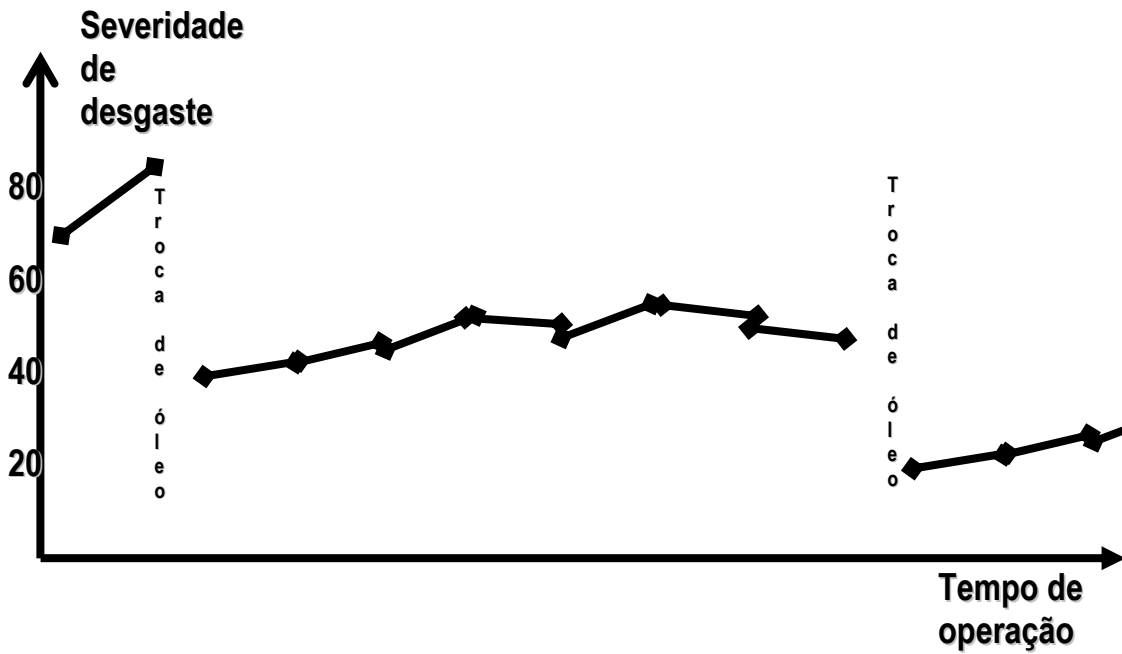
- Desgaste Normal, a distribuição granulométrica está mais entre 0,1 e 1,0 μm. As partículas maiores não ultrapassam 10 μm.
- Desgaste Acentuado, neste caso o intervalo de maior concentração das partículas é de 0,1 a 10 μm. As partículas maiores atingem 100 μm.
- Desgaste Avançado, começa a aumentar a concentração de partículas na faixa de 100 μm.
- Desgaste Catastrófico, a maior concentração de tamanhos de partículas está entre 100 e 1000 μm. É defeito por atrito.

**Progressão característica para a avaria**



**Resultado de análise espectrométrica do óleo de uma caixa de engrenagens industrial**

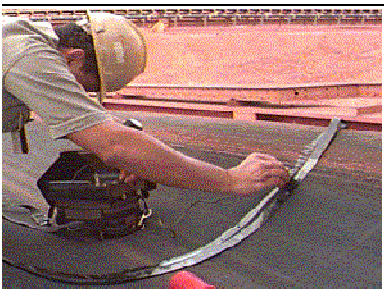




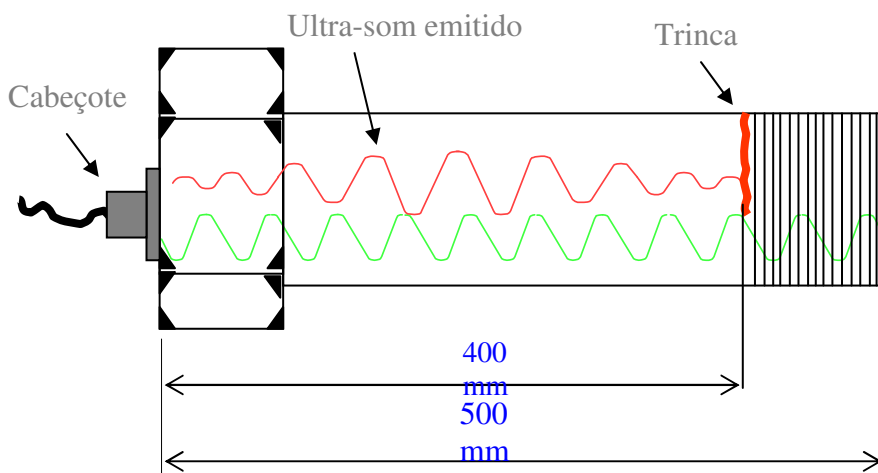
### 13 - Manutenção Preditiva – Ultra Som

Método não destrutivo.

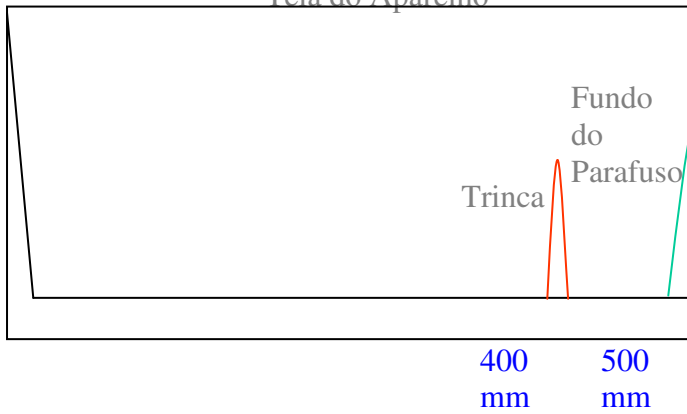
Tem por objetivo a detecção de defeitos ou descontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou formas de materiais ferrosos ou não-ferrosos, causados pelo processo de fabricação da peça ou pelo seu uso.



A onda ultra-sônica ao percorrer um meio elástico refletirá ao incidir numa descontinuidade ou falha interna a este meio considerado. .

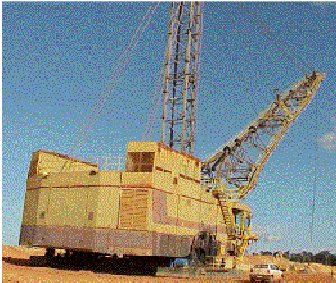


Tela do Aparelho



### Aplicação de Ultra-som *Guindaste Bucyrus 1501:*

- Parafusos e pinos de sustentação.
- Lança e eixos do redutor principal.



*Manutenção Preditiva*

### *Britador de Martelo :*

- z Tirantes de sustentação .
- z Eixo dos martelos e eixo principal .

### *Carregador de Navios :*

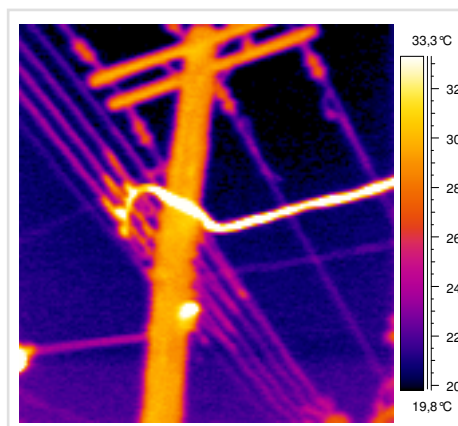
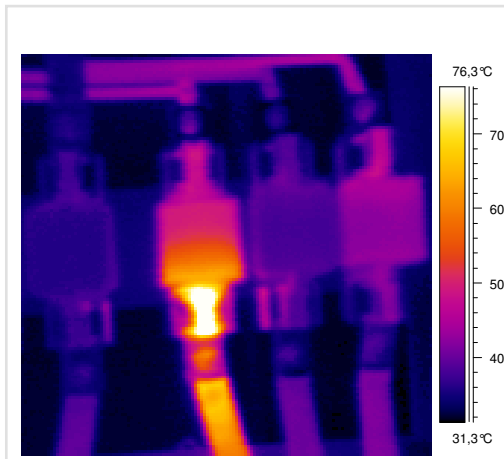
- z Pinos, Eixos e Soldas das vigas principais.



### *Correias Transportadoras :*

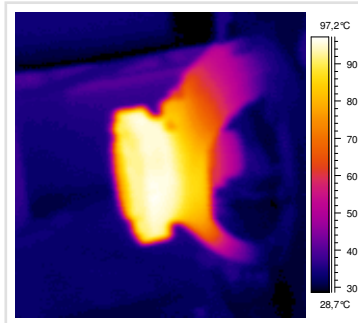
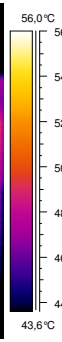
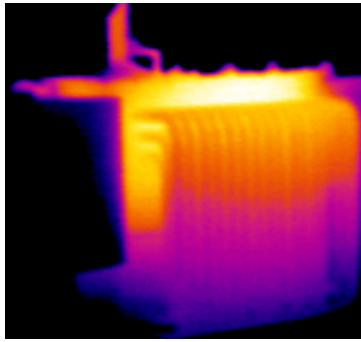
- z Medida periódica da espessura da cobertura de borracha.

### Aplicações da Termografia: Painéis elétricos:



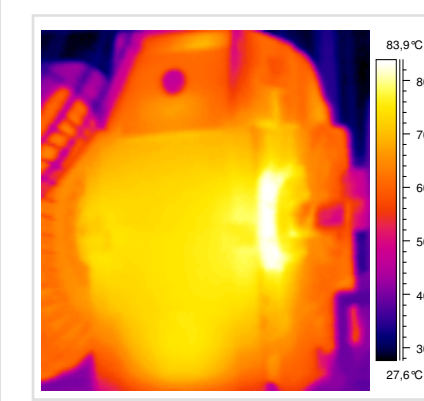
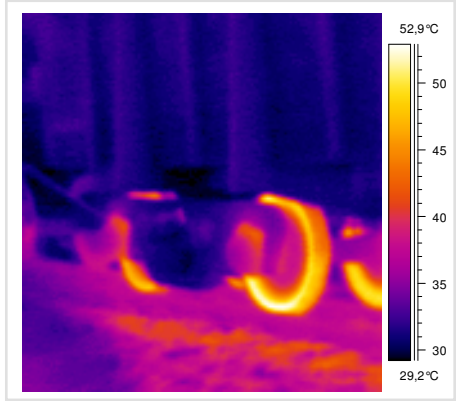
REDES ELÉTRICAS

## TRANSFORMADORES



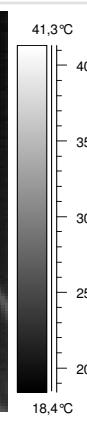
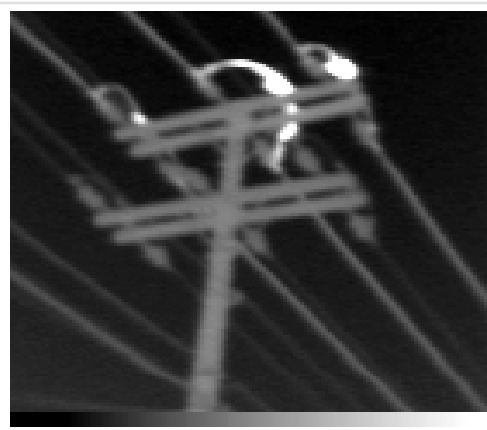
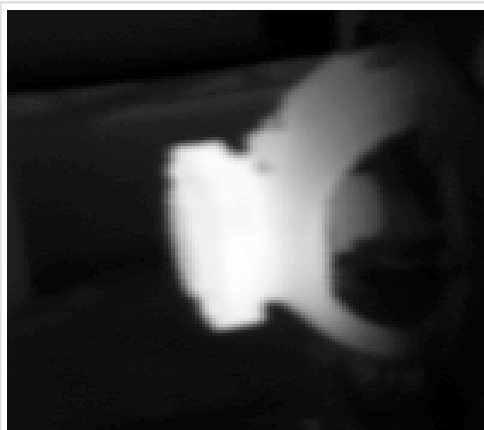
MANCAIS DE ROLAMENTOS

## RODEIROS DE TRENS

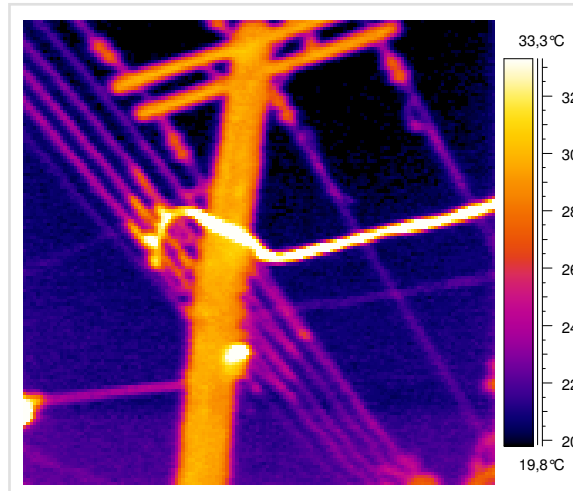
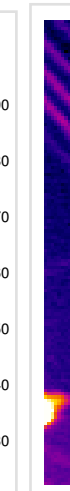
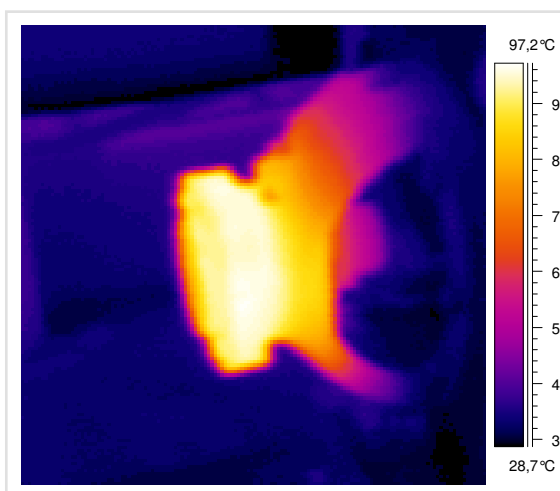


CAIXAS REDUTORAS

## Escala Monocromática



## Escala Policromática



## 14 - Manutenção Hidráulica

Para fins didáticos, a hidráulica divide-se em dois ramos: a hidráulica industrial e a hidráulica móbil.

A hidráulica industrial cuida de máquinas e sistemas hidráulicos utilizados nas indústrias, tais como máquinas injetoras, prensas, retificadora, fresadorea, tornos, etc.

A hidráulica móbil cuida de mecanismos hidráulicos existentes nos sistemas de transportes e cargas como caminhões, automóveis, locomotivas, navios, aviões, motoniveladoras, basculantes etc.

**Circuito de trabalho industrial hidráulico:** um circuito hidráulico básico compõe-se de reservatório, bomba, válvula de alívio, válvula de controle de vazão, válvula direcional e um atuador que poderá ser linear ou rotativo.

A válvula que protege o sistema de sobrecargas é a válvula de alívio, também conhecida pelo nome de válvula de segurança.

O circuito funciona do seguinte modo:

- o óleo é succionado pela bomba e levado ao sistema
- entrando no sistema, o óleo sofre uma redução de vazão
- o excesso de óleo volta para o reservatório passando pela válvula de alívio
- estando com a vazão reduzida, o óleo segue para o atuador que vai trabalhar com uma velocidade menor e adequada ao trabalho
- a válvula direcional, por sua vez, comando o avanço e o retorno do atuador, e todo o sistema está protegido de sobrecargas.

A manutenção de circuitos hidráulicos exige os seguintes passos:

- analisar previamente o funcionamento do circuito
- analisar as regulagens das válvulas
- verificar se a tubulação não apresenta pontos de vazamentos
- verificar a limpeza do óleo existente no reservatório

### **Manutenção Hidráulica - Bombas**

As bombas são utilizadas, nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica.

Nos sistemas hidráulicos industriais e móbil, as bombas são de deslocamento positivo, isto é, fornecem determinada quantidade de fluído a cada rotação ou ciclo.

As bombas de deslocamento positivo podem ser lineares ou rotativas. As bombas lineares podem ser de pistões radiais e de pistões axiais, ao passo que as bombas rotativas podem ser de engrenagens ou de palhetas.

- Bombas lineares de pistões radiais: neste tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor. Conforme vai girando, a força tangencial faz com que os pistões sigam o contorno do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros.
- Bombas lineares de pistões axiais: uma bomba muito utilizada dentro dessa categoria é aquela em que o conjunto de cilindros e o eixo estão na mesma linha, e os pistões movimentam em paralelo ao eixo de acionamento
- Bombas rotativas de engrenagens: essas bombas apresentam rodas dentadas, sendo uma motriz, acionada pelo eixo, que impulsiona a outra, existindo folgas axial e radial vedadas pela própria viscosidade do óleo
- Bombas rotativas de palhetas: nas bombas de palhetas, um rotor cilíndrico, com palhetas se deslocam em rasgos radiais, gira dentro de um anel circular.

### **Manutenção Hidráulica - Óleo**

Entre os fluídos que poderiam ser utilizados nos sistemas hidráulicos, o óleo é o mais recomendável porque, além de transmitir pressão, ele apresenta as seguintes propriedades:

- atua como refrigerante permitindo as trocas de calor geradas no sistema
- É praticamente imiscível em água
- oxida muito lentamente em contato com o oxigênio do ar

A manutenção do óleo hidráulico exige os seguintes cuidados

- utilizar filtro de sucção
- utilizar filtro de retorno
- eliminar a água absorvida pelo ar que entra no reservatório
- usar aditivos e efetuar uma drenagem com filtração para separar o óleo da água
- torçar o óleo de todo o sistema, se o grau de contaminação for muito elevado

### **Manutenção Hidráulica - Atuadores**

Os atuadores hidráulicos são representados pelos motores hidráulicos e pelos cilindros lineares.

- Motores Hidráulicos
  - os motores hidráulicos são atuadores rotativos capazes de transformar energia hidráulica em energia mecânica, produzindo um movimento giratório.
  - Ao contrário das bombas que empurram o fluido num sistema hidráulico, os motores são empurrados pelo fluido, desenvolvendo torque e rotação
- Todo motor hidráulico pode funcionar como bomba, mas nem toda bomba pode funcionar como motor hidráulico. Algumas bombas necessitam de modificações em suas características construtivas para exercerem a função de motor.
- Quanto ao tipo de funcionamento existem três tipos de motores hidráulicos
  - o motor unidirecional, que funciona em apenas um sentido
  - o motor bidirecional ou reversível, que funciona nos dois sentidos
  - o motor oscilante que funciona nos dois sentidos com ângulo de rotação limitado
- Cilindros
  - os cilindros têm um cabeçote em cada lado da camisa e um pistão móvel ligado à haste
  - em um dos lados a camisa do cilindro apresenta uma conexão de entrada, por onde o fluido penetra enquanto o outro lado é aberto.
  - Para manutenção, exige-se a troca das guarnições dos cilindros

### **Manutenção Hidráulica - Válvulas Hidráulicas**

As válvulas hidráulicas dividem-se em quatro grupos

- válvulas direcionais
- válvulas de bloqueio
- válvulas controladoras de pressão
- válvulas controladoras de fluxo ou de vazão

As válvulas direcionais são classificadas de acordo com o número de vias, número de posições de comando, tipos de acionamento e princípios de construção.

Dentre as válvulas direcionais, a mais comum é a válvula de carretel. O defeito mais comum nesse tipo de válvula é o engripamento do carretel, isto é, ele deixa de correr dentro do corpo da válvula.

Outro defeito que uma válvula de carretel pode apresentar é a quebra de seu comando de acionamento.

Na manutenção de válvulas hidráulicas devemos sempre atentar para:

- óleo: verificar grau de contaminação por água e sujeira. Se for o caso, drenar e substituir o óleo contaminado e sujo por óleo novo, segundo especificações do fabricante.
- Guarnições: trocar sempre as desgastadas (e as boas também!!)
- Molas: trocar as fadigadas
- Sede de assentamento: verificar o estado de desgaste
- => quando irre recuperáveis as válvulas hidráulicas deverão ser substituídas por novas!!!

### **15 - Manutenção Pneumática**

- Pneumática Industrial
  - a pneumática industrial, por definição, é a soma de aplicações industriais onde a energia da compressão do ar é utilizada, notadamente em atuadores (cilindros e motores). O controle do trabalho executado pela energia da compressão do ar é efetuado por meio de válvulas.
- Compressores
  - compressores são máquinas que captam o ar, na pressão atmosférica local, comprimindo-o até atingir a pressão adequada de trabalho. Ao nível do mar, a pressão atmosférica normal vale uma atmosfera ou 1atm.
  - $1\text{atm}=1\text{bar}=14.5\text{psi}=100.000\text{Pa}=100\text{kpa}$
- Classificação de compressores
  - os compressores são classificados em dois tipos: compressores de deslocamento positivo e compressores dinâmicos.
- Compressores de deslocamento positivo

- nesses compressores, sucessivos volumes de ar são confinados em câmaras fechadas e elevados a pressões maiores. Dentro desta categoria, os mais utilizados são os compressores de pistão e os compressores de parafuso.
- Compressores de pistão - podem ser de simples efeito ou duplo efeito, ou de um ou mais estágios de compressão
  - para fazer uma eficaz manutenção desses compressores deve-se tomar os seguintes cuidados:
  - Manter limpo o filtro de sucção e trocá-lo quando for necessário
  - o calor na compressão de um estágio para outro gera a formação de condensado, por causa da entrada de ar úmido, por isso é preciso eliminar a água
  - Verificar o nível de óleo
  - verificar se as válvulas de sucção e descarga não estão travando
  - verificar se as ligações de saídas de ar não apresentam vazamento
  - verificar o aquecimento do compressor
  - verificar a água de refrigeração
  - verificar a tensão nas correias
  - verificar o funcionamento da válvula de segurança
- Compressor de parafuso
  - o motor elétrico ou diesel impulsiona um par de parafusos que giram, um contra o outro, transportando o ar desde a seção de admissão até a descarga, comprimindo-o ao mesmo tempo.
- Manutenção de compressores de parafusos
  - os compressores de parafuso, por apresentarem poucas peças móveis e não apresentarem válvulas de entrada e saída e operarem com temperaturas internas relativamente baixa, não exigem muita manutenção

Praticamente isentos de vibrações, esses equipamentos têm uma longa vida útil. Para instalá-los, recomenda-se assentá-los em locais distantes de paredes e teto em pisos de concreto nivelado

- Compressores dinâmicos
  - esses compressores aceleram o ar com a utilização de um elemento rotativo, transformando velocidade em pressão no próprio elemento rotativo que empurra o ar em difusores e lâminas. São usados para grandes massas de ar e apresentam um ou mais estágios. Dentro desta categoria de compressores os mais utilizados são o compressor centrífugo radial e o compressor axial.
- Compressor centrífugo radial
  - este compressor é constituído por um rotor com pás inclinadas como uma turbina. O ar é empurrado pelo rotor por causa de sua alta rotação e lançado através de um difusor radial. Os compressores centrífugos radiais podem ter um ou mais estágios. O uso do compressor centrífugo radial é indicado quando se necessita de uma grande quantidade de ar constante
- Compressor Axial:
  - é usado para grandes capacidades de ar e altas rotações. Cada estágio consiste de duas fileiras de lâminas, uma rotativa e outra estacionária. As lâminas rotativas do rotor transmitem velocidade, e a velocidade é transformada em pressão nas linhas estacionárias.
- Manutenção de Compressores
  - por trabalharem em alta rotação, esses compressores devem ter uma programação que contemple os seguintes itens:
    - paradas para limpeza
    - troca de rolamentos
    - troca de filtros
    - soldagem de lâminas danificadas
    - realinhamento
  - recomenda-se a parada imediata desses compressores se eles apresentarem barulhos e/ou ruídos anormais
- Rede de ar comprimido
  - depois de comprimido e ter passado pelo reservatório principal e secadores, o ar segue pela rede. A rede é um circuito fechado que mantém a pressão igual à pressão reinante no interior do reservatório principal.
  - Para se construir uma rede de ar comprimido, os seguintes parâmetros deverão ser levados em consideração:

- as conexões das tubulações deverão ser raios arredondados para evitar a presença de fluxos turbulentos
  - a linha principal, em regra deverá ter uma inclinação de aproximadamente 1% em relação ao seu comprimento
  - Nos pontos mais baixos deverão ser montados drenos automáticos para drenagem do condensado água-óleo
  - expansões futuras da rede deverão ser previstas no projeto
  - as tomadas de ar deverão estar situadas sempre por cima da rede
  - as tubulações de ar deverão ser pintadas na cor azul
  - Prever em projeto, a construção de reservatórios auxiliares
  - as tubulações da rede deverão ser aéreas e nunca embutidas em paredes, sendo aéreas serão mais seguras e de mais fácil manutenção
  - construir a rede de forma combinada, de modo que se algum ramo tiver de ser interrompido, os demais continuem funcionando para garantir a produção. Daí a importância de válvulas ao longo do circuito
  - Manutenção da rede de ar comprimido implica nos seguintes passos:
    - verificar as conexões para localiza vazamentos
    - drenar a água diariamente ou de hora em hora
    - analisar se está tudo em ordem com a FRL (filtro, regulador e lubrificador) de instalação obrigatória na entrada de todas as máquinas pneumáticas
- Atuadores Pneumáticos se dividem em duas categorias: os lineares e os rotativos. Os lineares convertem energia pneumática em movimento linear, e os rotativos convertem energia pneumática em movimento rotativo
- Os atuadores lineares de simples efeito e de duplo efeito são os mais usuais, não importando se são cilíndricos ou com outros formatos.
  - Para se fazer a manutenção dos atuadores é necessário ter em mãos os catálogos dos fabricantes. Nesses catálogos são encontrados os parâmetros de construção mais importantes para a manutenção, ou seja:
    - O diâmetro interno do cilindro
    - o diâmetro da haste
    - a pressão máxima
    - a temperatura de trabalho
    - o curso mínimo e máximo
    - dados a respeito do amortecedor
    - o tipo de fluido lubrificante a ser utilizado
    - a força máxima no avanço
    - a força de retorno
    - tipos de montagem
  - As avarias mais comuns nos atuadores pneumáticos são as seguintes:
    - desgaste nos retentores
    - mola do cilindro fatigada
    - desgaste na camisa do atuador
    - excesso de pressão
    - respiro do cilindro de simples efeito
    - ressecamento de guarnições e retentores

## 16 - CORROSÃO

### Corrosão Eletroquímica

- Ela afeta os metais (muito comum atacar o ferro) em meio aquoso.
- A corrosão atmosférica também entra neste escopo, neste caso o eletrólito é a água contida na atmosfera
- Reação anódica
- $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{++} + 2\text{e}$
- Reação catódica
- $2\text{H} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2$

- A corrosão galvânica é de natureza semelhante: dois metais de naturezas diferentes são reunidos por uma solução aquosa condutora (eletrólito) e formam uma pilha (transferência de íons do anodo metálico).
- A corrosão por aeração diferencial (ou pelo oxigênio, ou por “gotas de água”) é uma variante: as zonas fortemente oxidadas são “polos +” ou catodos, as zonas pobres em oxigênio são anódicas.
- As corrosões cavernosas, por pit, sob tensão, sobre superfícies imersas são casos particulares de corrosão eletroquímica.

### **Corrosão Química**

- O contato, fortuito ou normal, temporário ou permanente do equipamento com produtos agressivos, leva a uma corrosão química: reação química com perda irregular de material, formação de pit ou fissuras por corrosão intergranular.
- Os agentes corrosivos podem ser:
  - Ácidos (sulfúrico, nítrico, fosfórico, ...)
  - Hidrácidos
  - Compostos halogenados ou alcalinos
  - Atmosferas redutoras ou oxidantes
- Atenção com os lubrificantes, cuja missão é a proteção das superfícies, mas cujos aditivos criam certas incompatibilidades e cuja oxidação produz ácidos orgânicos.

#### **Corrosão elétrica**

Sob o efeito de “correntes parasitas”, duas superfícies metálicas vizinhas podem ser submetidas a uma DDP (diferença de potencial) suficiente para criar um arco, levando-as a uma abrasão.

- Sintoma: a craterização.
- Origem das fugas:
  - Terra mal feito
  - Correntes induzidas em máquinas elétricas
  - Cargas eletrostáticas provenientes do atrito (correia têxtil ...)

### **Corrosão Bacteriana**

- Os óleos de corte e as águas industriais contêm muitas vezes “ferro bactérias” aeróbicas (pseudomonas) ou anaeróbicas (leptothrix, crenothrix, galionela). Uma bactéria se reproduz a cada vinte minutos, fazendo com que em 12 horas nasçam um bilhão de bactérias.
- As bactérias aeróbicas formam ácidos, as anaeróbicas atacam os produtos sulfatados para formar H<sub>2</sub>S.

### **Corrosão de Contato**

- A corrosão de contato também é conhecida como “fretting-corrosion”
  - Ela aparece quando duas peças estão em contato e submetidas a vibrações.
  - Por exemplo:
- Anel externo de rolamento dentro de seu alojamento. Neste processo complexo forma-se Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, um pó avermelhado e muito abrasivo.

### **Cavitação**

- Ela se manifesta em peças em contato com uma zona de turbulência líquida.
- Bolhas são formadas na massa do líquido em escoamento turbulento (ou não laminar)
- Essas bolhas, sob o efeito da pressão externa, implodem gerando uma onda de choque acompanhada de uma temperatura punctual elevada)
- Assim se dá a degradação de turbinas, de hélices, de camisas de motores, etc.

### **Conclusões sobre Corrosão**

- A cada uma destas famílias de corrosão correspondem “sintomas” e remédios particulares.
- O técnico de manutenção, após ter observado melhor os sintomas e de ter analisado as condições de aparição da degradação, deve dirigir-se aos especialistas para a preconização das ações corretivas ou preventivas eficazes.
- As leis de degradação devido a corrosões são menos conhecidas que as leis de desgaste pelo uso.
- Existem numerosos parâmetros em causa, e o método experimental parece o mais adequado para se conhecer as velocidades de corrosão.

### **A Taxa de Falha**

- Definição



- A taxa de falha, cuja notação é  $\lambda(t)$  ou  $h(t)$ , é um “estimador” da confiabilidade. Com efeito, ela representa uma proporção de dispositivos que “sobreviveram” num instante  $t$ .
- Sua forma geral é: (número de falhas)/(duração de uso)
- Geralmente a unidade dessa equação é “panes/hora”
- **Atenção:** utilizada com confiabilidade, a taxa de falha deverá excluir as falhas extrínsecas ao conjunto analisado, tais como panes devidas à falha de “manejo” (acidente, instruções não respeitadas) ou devidas a uma influência acidental do meio externo (inundações, incêndios,...)
- Duração de vida de um equipamento
- Interpretação: os três períodos de vida
- Juventude
- Maturidade
- Obsolescência
- Juventude (mortalidade infantil, falhas precoces)
- Em estado de funcionamento inicial (na partida)
- No período de rodagem (antes do desgaste)
- Pré-seleção dos componentes eletrônicos (eliminação dos componentes suscetíveis a falhas)
- Maturidade (período de vida útil, de falhas aleatórias)
- Período de rendimento ótimo do material

### **Taxa de falha constante**

- As falhas aparecem sem degradações prévias, devido a causas diversas, segundo um processo de falhas aleatórias
- Obsolescência (velhice, desgaste)
- Um modo de falha predominante, geralmente visível, leva a uma degradação acelerada, com taxa de falha crescente (para um mecanismo). É muito comum encontrar-se um desgaste mecânico, fadiga, erosão ou corrosão
- Num determinado patamar de  $\lambda(t)$  o material está “morto”. Ele então é desclassificado, rejeitado ou por vezes reconstruído. A determinação de  $T$ , patamar de reforma, é obtida através de critérios técnico-econômicos.
- A “curva da banheira”
- Comparemos os traços das curvas de variação de taxa de falha em eletrônica e em mecânica.
- Na área da mecânica, mesmo durante o período de maturidade, a hipótese exponencial é pouco realista, porque as zonas 1, 2 e 3 são pouco marcadas.
- Para facilitar a compreensão, começaremos este estudo quantitativo por uma analogia com as noções mecânicas de velocidade.
- Sabemos calcular uma velocidade média  $\Delta x / \Delta t$  e então, fazendo  $t$  tender para 0, uma velocidade instantânea que é a derivada do espaço em relação ao tempo.
- A taxa de falha representa “a velocidade de chegada das panes”
- Definimos uma taxa média de falha durante um intervalo  $(t, t + \Delta t)$ , e então uma taxa instantânea quando  $\Delta t \rightarrow 0$ .
- Estatisticamente  $\lambda(t)$  é uma densidade de probabilidade condicional de falha que caracteriza a probabilidade de falha durante um intervalo  $\Delta t$  de dispositivos que sobreviveram ao instante  $t$ .
- Caso 1:
- Os elementos que falham são substituídos num intervalo  $\Delta t$
- Chamemos:
- $N_0$  – número inicial de dispositivos
- $N_s(t)$  – número de sobreviventes no instante  $t$
- $N_s(t + \Delta t)$  – número de sobreviventes no instante  $t + \Delta t$
- $C(\Delta t) = N_s(t) - N_s(t + \Delta t)$  – número de falhas no intervalo  $\Delta t$
- Neste caso, o lote de dispositivos é constante, daí  $N_s(t) = N_0$
- A taxa média de falha durante o intervalo  $\Delta t$  é:
- $\lambda(t) = (C(\Delta t)) / (N_0 \cdot \Delta t)$
- Caso 2
- Os elementos que falharam não são substituídos (ou não são reparados)
- Utilizaremos os mesmos símbolos.

- Neste caso,  $N_s(t)$  é diferente de  $N_o$ , a função  $N(t)$  sendo decrescente.
- A taxa de falha durante o intervalo  $\Delta t$  é:
- $\lambda(t) = (N_s(t) - N_s(t + \Delta t)) / (N_s(t) \cdot \Delta t)$

### Taxa de falha instantânea

- Aplica-se aos únicos sobreviventes do instante  $t$  caracterizando sua probabilidade condicional de falha durante o intervalo  $t + dt$ :
- $\lambda(t) = - (dN) / (N(t) \cdot dt)$
- Ou
- $\lambda(t) \cdot dt = -dN / N(t)$
- Nota:
- O sinal menos é explicado pelo decréscimo de  $N(t)$
- Unidades: elas são da forma  $t^{-1}$ , sendo  $dN$  um número de falhas  $t$  é utilizado no sentido de unidade de uso, por exemplo  $\lambda = 104$  panes/hora, ou ciclo ou km percorrido...
- Aplicação do primeiro caso
- Os defeitos são substituídos (ou reparados)
- Estudamos 70 veículos durante o período que vai de 80.000 km a 90.000 km
- 41 falhas foram reparadas
- QUAL A TAXA DE FALHA NESTE PERÍODO????

$$\lambda(t) = \frac{c(\Delta t)}{N_o \cdot \Delta t} = \frac{41}{70 \cdot (90.000 - 80.000)} = 0,585 \cdot 10^{-4} \text{ panes / km}$$

Aplicação do segundo caso:

- Os defeitos não são substituídos
- Testamos um lote de 50 comportas elétricas submetidas continuamente a 8 impulsos/minuto
- Na quinquagésima hora, restam 33
- Na sexagésima hora, restam 27
- Qual a taxa de falha nesta classe, por hora e por impulsão???

$$\lambda(t) = \frac{N_s(t) - N_s(t + \Delta t)}{N_s(t) \cdot \Delta t} = \frac{33 - 27}{33 \cdot 10} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ falhas / hora}$$

$$\lambda(t) = 3,79 \cdot 10^{-5} \text{ falhas / impulsão}$$

Nota

- Se tivéssemos substituído as comportas elétricas que falharam,  $\lambda$  seria:

$$\lambda(t) = \frac{6}{50 \cdot 10} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ falhas / hora}$$

## 18 - Manutenção Eletromecânica

Uma máquina industrial apresentou um defeito. O operador chamou a manutenção mecânica, que solucionou o problema.

Indagado sobre o tipo de defeito encontrado, o mecânico de manutenção disse que estava na parte elétrica, mas que ele, como mecânico, conseguiu resolver.

### Máquinas eletromecânicas

Máquinas eletromecânicas são combinações de engenhos mecânicos com circuitos elétricos e eletrônicos capazes de comandá-los. Defeitos nessas máquinas tanto podem ser puramente mecânicos como mistos, envolvendo também a parte eletromecânica, ou então puramente elétricos ou eletrônicos.

Com três áreas tecnológicas bem distintas nas máquinas, uma certa divisão do trabalho de manutenção é necessária. Há empresas que mantêm os mecânicos de manutenção, os eletricitistas e os eletrônicos em equipes separadas.

É interessante notar que a boa divisão do trabalho só dá certo quando as equipes mantêm constantes a troca de informação e ajuda mútua. Para facilitar o diálogo entre as equipes, é bom que elas conheçam um pouco das outras áreas.

Um técnico eletrônico com noções de mecânica deve decidir bem melhor quanto à natureza de um defeito do que aquele desconhecedor da mecânica. O mecânico com alguma base eletrônica tanto pode diferenciar melhor os defeitos como até mesmo resolver alguns problemas mistos.

Conhecimentos sobre tensão, corrente e resistência elétricas são imprescindíveis para quem vai fazer manutenção em máquinas eletromecatrônicas.

- Tensão Elétrica (U)

É a força que alimenta as máquinas. A tensão elétrica é medida em volt (V). As instalações de alta tensão podem atingir até 15.000 volts. As mais comuns são as de 110V, 220V e 380V. Pode ser contínua (a que tem polaridade definida) ou alternada.

- Corrente elétrica (I)

É o movimento ordenado dos elétrons no interior dos materiais submetidos a tensões elétricas. A corrente elétrica é medida em ampère (A). Sem tensão não há corrente, e sem corrente as máquinas elétricas param. A corrente elétrica pode ser contínua (CC) ou alternada (CA).

- Resistência Elétrica (R)

É a oposição à passagem de corrente elétrica que todo material oferece. Quanto mais resistência elétrica, menos corrente. Máquinas elétricas e componentes eletrônicos sempre apresentam uma resistência característica. A medida da resistência, cujo valor é expresso em ohm, é um indicador da funcionalidade das máquinas e de seus componentes.

- Aparelhos Elétricos

Os aparelhos elétricos mais utilizados na manutenção eletromecânica são: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, multímetro e osciloscópio. Os aparelhos elétricos podem ser digitais ou dotados de ponteiros. Os dotados de ponteiros são chamados de analógicos.

- Voltímetro

É utilizado para medir a tensão elétrica tanto contínua (VC) quanto alternada (VA)

- Amperímetro

É utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica (CC) e alternada (CA)

- Ohmímetro

É utilizado para medir o valor da resistência elétrica

- Multímetro

Serve para medir a tensão, a corrente e a resistência elétrica

- Osciloscópio

Permite visualizar gráficos de tensões elétricas variáveis e determinar a frequência de uma tensão alternada

- Medidas Elétricas

Para se medir a tensão, a corrente e a resistência elétricas com o uso de aparelhos elétricos, devem ser tomadas as seguintes providências:

- Escolher o aparelho com a escala adequada
- Conectar os fios ao aparelho
- Conectar as pontas de prova em pontos distintos do objeto em análise

- Medida de tensão

A medida de tensão elétrica é feita conectando as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde a tensão aparece. Por exemplo, para se medir a tensão elétrica de uma pilha com um multímetro, escolhe-se uma escala apropriada para medida de tensão contínua e conecta-se a ponta de prova positiva (geralmente vermelha) ao polo positivo da pilha, e a ponta negativa (geralmente preta) ao pólo negativo.

Em multímetros digitais o valor aparece diretamente no mostrador. Nos analógicos, deve-se observar o deslocamento do ponteiro sobre a escala graduada para se determinar o valor da tensão.

Nas medidas de tensão alternada, a polaridade das pontas de prova não se aplica.

- Medida de corrente

A corrente elétrica a ser medida deve passar através do aparelho. Pra isso, interrompe-se o circuito cuja corrente deseja-se medir: o aparelho entra no circuito, por meio das duas pontas de prova, como se fosse uma ponte religando as partes interrompidas.

Em sistemas de corrente contínua, deve-se observar a polaridade das pontas de prova.

Em circuitos de alta corrente, muitas vezes é inconveniente e perigosa a interrupção do circuito para medições. Em casos assim, faz-se uma medição indireta, utilizando-se um modelo de amperímetro, denominado “alicate”, que abraça o condutor percorrido por corrente. O aparelho capta o campo eletromagnético existente ao redor do condutor e indica uma corrente proporcional à intensidade do campo.

- Medida de resistência

As medidas de resistência devem ser feitas, sempre, com o circuito desligado, para não danificar o aparelho. Conectam-se as pontas de prova do aparelho aos dois pontos onde se deseja medir a resistência.

O aparelho indica a resistência global do circuito, a partir daqueles dois pontos. Quando se deseja medir a resistência de um componente em particular, deve-se desconectá-lo do circuito.

#### Pane Elétrica

Diante de uma pane elétrica, deve-se verificar primeiramente a alimentação elétrica, checando a tensão da rede e, depois, os fusíveis.

Os fusíveis são componentes elétricos que devem apresentar baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Intercalados nos circuitos elétricos, eles possuem a missão de protegê-los contra as sobrecargas de corrente.

De fato, quando ocorre uma sobrecarga de corrente que ultrapassa o valor da corrente suportável por um fusível, este “queima”, interrompendo o circuito.

Em vários modelos de fusível, uma simples olhada permite verificar suas condições. Em outros modelos é necessário medir a resistência.

Em todos os casos, ao conferir as condições de um fusível, deve-se desligar a máquina da rede elétrica.

Fusível “queimado” pode ser um sintoma de problema mais sério. Por isso, antes de simplesmente trocar um fusível, é bom verificar o que ocorreu com a máquina, perguntando, olhando, efetuando outras medições e, se necessário, pedir auxílio a um profissional especializado na parte elétrica.

#### Resistência, aterramento e continuidade

- Resistência de entrada

A resistência elétrica reflete o estado geral de um sistema.

Podemos medir a resistência geral de uma máquina simplesmente medindo a resistência a partir dos seus dois pontos de alimentação. Em máquinas de alimentação trifásica, mede-se a resistência entre cada duas fases por vez. Essa resistência geral é denominada de resistência de entrada na máquina.

Qual a resistência elétrica de entrada de uma máquina em bom estado? Esta pergunta não tem resposta direta. Depende do tipo de máquina, porém, duas coisas podem ser ditas.

- 1. Se a resistência de entrada for zero, a máquina está em curto-circuito. Isto fatalmente levará à queima de fusível quando ligada. Assim é natural que o curto-circuito seja removido antes de ligar a máquina.
- Quando ocorre um curto circuito, a resistência elétrica do trecho percorrido pela corrente é muito pequena, considerando que as resistências elétricas dos fios de ligação são praticamente desprezíveis. Assim, pela lei de Ohm, se  $U$  (tensão) é constante e  $R$  (resistência) tende a zero, necessariamente  $I$  (corrente) assume valores elevados. Essa corrente é a corrente de curto-circuito.
- Um circuito em curto pode se aquecer exageradamente e dar início a um incêndio. Para evitar que isso ocorra, os fusíveis do circuito devem estar em bom estado para que, tão logo a temperatura do trecho “em curto” aumente, o filamento do fusível funda e interrompa a passagem da corrente.
- 2. Se a resistência de entrada for muito grande, a máquina estará com o circuito de alimentação interrompido e não funcionará até que o defeito seja removido.
- Vimos a importância da medida da resistência na entrada de alimentação elétrica. No caso em que a resistência for zero, podemos dizer ainda que a máquina está sem isolamento entre os pontos de alimentação.
- Aterramento

Instalações elétricas industriais costumam possuir os fios “fase”, “neutro” e um fio chamado de “terra”. Trata-se de um fio que de fato é ligado à terra por meio de uma barra de cobre em área especialmente preparada.

O fio neutro origina-se de uma ligação à terra no poste da concessionária de energia elétrica. A resistência ideal entre neutro e terra deveria ser zero, já que o neutro também encontra-se ligado à terra, mas a resistência não é zero.

Até chegar às tomadas, o fio neutro percorre longos caminhos. Aparece uma resistência entre o neutro e terra, que todavia não deve ultrapassar 3 ohms, sob pena de o equipamento não funcionar bem. Assim, um teste de resistência entre neutro e terra pode ser feito com ohmímetro, porém, sempre com a rede desligada.

O fio terra sempre cumpre uma função de proteção nas instalações. As carcaças dos equipamentos devem, por norma, ser ligadas ao fio terra. Assim a carcaça terá sempre um nível de tensão de zero volts, comparado com o chão em que pisamos. Nesse caso, dizemos que a carcaça está aterrada, isto é, está no mesmo potencial elétrico que a terra.

Opostamente uma carcaça desaterrada, pode receber tensões elétricas acidentalmente (um fio desencapado no interior da máquina pode leva a isto) e machucar pessoas. Por exemplo, se alguém tocar na carcaça e estiver pisando no chão (terra), fica submetido a uma corrente elétrica (lembre-se de que a corrente circula sempre para o neutro, isto é, para a terra) levando um choque, que poderá ser fatal, dependendo da intensidade da corrente e do caminho que ela faz ao percorrer o corpo.

O isolamento entre a carcaça dos equipamentos e o terra pode ser verificada medindo-se o valor da resistência que deve ser zero. Nas residências, é sempre bom manter um sistema de aterramento para aparelhos como geladeiras, máquinas de lavar e principalmente chuveiros. Um chuveiro elétrico sem aterramento é uma verdadeira cadeira elétrica.

#### – Continuidade

Outros problemas simples podem ser descobertos medindo a resistência dos elementos de um circuito. Por exemplo, por meio da medida de resistência, podemos descobrir se há mau contato, se existe um fio quebrado ou se há pontos de oxidação nos elementos de um circuito. Resumindo, para se saber se existe continuidade em uma ligação, basta medir a resistência entre as duas pontas. Este procedimento é recomendado sempre que se tratar de percursos não muito longos.

### **Elementos Eletrônicos**

#### • Blocos Eletrônicos

Blocos são conjuntos de circuitos eletrônicos e as máquinas que possuem eletrônica embutida, em geral possuem estes blocos bem distintos.

Em quase todas as máquinas aparece um bloco chamado fonte. A fonte converte a tensão elétrica alternada da rede, em tensões apropriadas para o funcionamento dos outros blocos eletrônicos

Se tivermos acesso à fonte, podemos medir as tensões que ela fornece diretamente no seu conector de saída. Nesse caso, procuramos o terra da fonte, que pode estar sinalizado, ou então medir as tensões em relação à carcaça do aparelho.

A seguir comparamos os valores medidos com os especificados na própria fonte ou em sua documentação. Se houver diferenças nos valores, dois problemas podem estar ocorrendo: ou a fonte está com problemas ou então ela não está suportando a ligação com os outros blocos.

Para saber se a fonte está com defeito, deve-se desconectá-la dos outros blocos e verificar se as diferenças persistem. Se a fonte não estiver suportando a ligação com os outros blocos, ao ser desconectada as tensões voltam ao normal. O defeito, em suma, pode estar na fonte como em alguns dos blocos.

#### • Placas de Controle

São placas de fibra de vidro ou fenolite, nas quais se imprimem trilhas de material condutor, geralmente cobre, para ligações de circuitos. Os componentes eletrônicos, discretos e integrados, são soldados e ficam imóveis na placa. Alguns componentes podem ser colocados por meio de soquetes. As placas de controle podem estar soqueteadas em gabinetes, armários, etc. formando um módulo de controle.

Placas de controle funcionam com baixa tensão (3.3V, 5V, 12V tipicamente) podendo ter valores positivos ou negativos. Formam a parte inteligente de um ciclo realimentado com servomotores, por exemplo. Quando não vão bem, todo o sistema vai mal.

A manutenção das placas de controle começa com a verificação das tensões e das conexões. Maus contatos entre as placas e seus conectores são sanados facilmente, bastando retirar as placas e limpar seus pontos de contato com borracha de apagar lápis. Depois é só recolocá-las no lugar.

Se componentes soqueteados apresentarem problemas, basta retirá-los dos soquetes, limpar seus terminais e recolocá-los novamente nos respectivos soquetes.

- Placas de Acionamento

São as placas que contém os circuitos eletrônicos que vão trabalhar com correntes mais altas. Os componentes típicos nestas placas são:

- Transistores – mais empregados em acionamentos com corrente contínua
- Tiristores (SRC, DIAC, TRIAC) – usados em acionamentos com correntes contínua e alternada
- Circuitos integrados – são digitais ou analógicos, de baixa ou alta potência
- Resistores de potência – são normalmente de tamanho grande

As placas de acionamento podem estar soqueteadas em gabinetes, armários, etc. formando um módulo de acionamento.

A função das placas de acionamento é fornecer as formas de onda e os valores adequados de tensão para fazer as cargas funcionarem bem. Quando não operam adequadamente, as cargas apresentam alguma anormalidade: motores podem disparar, desandar, parar...

Um módulo de acionamento possui, pelo menos três conexões:

- Com a fonte
- Com as placas de controle
- Com as cargas e o sistema de acionamento, se houver.

As tensões de alimentação, bem como a continuidade das conexões de um módulo de acionamento, podem ser verificadas facilmente.

- Motores Elétricos

As máquinas elétricas responsáveis pelo movimento são os motores elétricos. Recebem energia elétrica e a convertem em energia mecânica que fica disponível em seu eixo.

Os motores elétricos, quanto à forma de corrente, classificam-se em:

- Motores CC
- Motores CA monofásicos
- Motores CA trifásicos
- Motores universais para CA e CC

Quanto ao movimento, os motores elétricos classificam-se em:

- Motores síncronos (com velocidade proporcional à frequência da rede)
- Motores assíncronos (com velocidade variável de acordo com a carga movimentada)
- Motores de passo (de corrente contínua que gira um passo a cada troca correta nas correntes em seus enrolamentos estatores)
- Servo-motores (com sensoramento acoplado ao eixo)

Antes de qualquer ação da manutenção em um motor, deve-se verificar o tipo de corrente que o alimenta e como se dará seu movimento.

Em geral, todo motor elétrico possui um rotor (elemento girante) e um estator (elemento estático). A corrente elétrica é aplicada aos enrolamentos do estator e flui também nos enrolamentos do rotor, exceto nos motores de passos cujos estatores não possuem enrolamento.

Podemos verificar as ligações entre os módulos de acionamento e medir as tensões de alimentação. A verificação do movimento do motor, se possível, deve ser feita com carga e sem carga.

- Sensoriamento

Os sistemas eletrônicos controlados possuem sensores. Os principais são:

- De contato
- De proximidade
- De carga
- De temperatura
- Fotosensores
- Encoders (em servomotores)
- Resolvers (em servomotores)

O mau funcionamento de um sensor leva a falhas de acionamento. Pense num sistema com sensor de contato para indicar o fim de curso de um pistão hidráulico. Ora, se o sensor estiver com

defeito, simplesmente o curso do pistão não é detectado, e uma seqüência programada pode ser interrompida

Imagine um encoder que auxilie no controle de velocidade de um servomotor. Ora, se o encoder não fornecer os sinais eletrônicos proporcionais à velocidade do motor, este pode disparar, parar, trabalhar descontroladamente, etc.

Em manutenção, as ligações elétricas entre os sensores e os demais dispositivos podem ser verificadas. Ensaio de simulação com sensores podem ser executados. Por exemplo, consideremos um fotosensor que capta a passagem de peças por uma esteira. Podemos efetuar uma simulação, introduzindo um objeto na esteira, e verificar a resposta elétrica medindo a tensão nos terminais do fotosensor diante desta situação. Isto é possível de ser feito porque todo sensor eletrônico fornece uma variação de tensão a partir de um estímulo externo por ele reconhecido.

- Sinalização

São módulos que procuram fornecer sinais úteis para o operador do equipamento ou mesmo para quem vai fazer a manutenção. Os sinais normalmente são luminosos ou sonoros.

Diversos equipamentos eletrônicos possuem programas internos de autodiagnóstico. Quando uma falha é detectada, o sistema informa, podendo também dar indicações de possíveis causas, como apontar a placa defeituosa.

Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) possuem LEDs que indicam o estado das saídas (ligada/desligada). Tudo isto fornece pistas do que se passa com um sistema.

Os sistemas devem estar o mais possível livres de poeira, cavacos, fumaça e outros poluentes.

Os terminais metálicos dos fios, cabos ou conectores de ligação entre os módulos devem estar livres de oxidação

Fios, cabos e chicotes que de qualquer maneira se movimentam na máquina ou no sistema, devem ser revisados periodicamente, pois a continuidade da operação pode ser interrompida por causa da fadiga que o material condutor sofre com o tempo.

Em casos em que o problema seja crítico, as soldas dos componentes também devem ser revistas.

- “conselhos”

Quando se constata um defeito em um módulo, o melhor a fazer é substituí-lo por outro em bom estado. O módulo defeituoso deve ser levado para um laboratório, com os equipamentos necessários para o conserto.

Os módulos eletrônicos são reparados de duas maneiras:

- Primeiro, pode-se medir as resistências elétricas de componentes suspeitos, comparar com os valores de um módulo bom e substituir os defeituosos. Tudo isto com o módulo desligado.
- O segundo caminho consiste em ligar a alimentação e, de posse de esquemas elétricos do módulo – aqui se requer um conhecimento mais profundo de eletrônica – acompanhar as tensões elétricas ao longo dos circuitos até descobrir o(s) componente(s) causador(es) do defeito

## **20 – Lubrificação Industrial**

### **Conceito:**

A lubrificação é uma operação que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas.

### **Objetivos da Lubrificação**

Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluído, ou seja, em atrito entre uma superfície sólida e um fluído. Nessas condições o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido.

Além dessa redução do atrito, outros objetivos são alcançados com a lubrificação, se a substância escolhida for selecionada corretamente:

- menor dissipação de energia na forma de calor
- redução da temperatura, pois o lubrificante também refrigera
- redução da corrosão
- redução de vibrações e ruídos
- redução do desgaste

### **Lubrificantes**

- Os lubrificantes podem ser:
  - gasosos como o ar
  - líquidos como os óleos em geral
  - semi-sólidos como as graxas
  - sólidos como o talco, a mica a grafita, etc.
- Contudo os lubrificantes mais práticos e de uso diário são os líquidos e os semi-sólidos, ou seja:
  - Os ÓLEOS
  - As GRAXAS

### **Classificação dos Óleos quanto à origem:**

- Quanto à origem, os óleos podem ser classificados em quatro categorias:
  - óleos minerais
  - óleos vegetais
  - óleos animais
  - óleos sintéticos
- Óleos minerais: são substâncias obtidas a partir do petróleo e, de acordo com sua estrutura molecular, são classificadas em óleos parafínicos ou óleos naftênicos.
- Óleos minerais
  - são extraídos de sementes: soja, girasol, milho, algodão, arroz, mamona, oiticica, babaçu, etc.
  - são ecologicamente corretos
  - degradam com o tempo
- Óleos animais
  - são extraídos de animais, como a baleia, o cachalote, o bacalhau, a capivara, etc.
  - tem pouca aplicação na indústria em geral
- Óleos sintéticos
  - são produzidos em indústrias químicas que utilizam substâncias orgânicas e inorgânicas para fabricá-los
  - estas substâncias podem ser silicões, ésteres, resinas, glicerinas, etc.

### **Aplicação dos Óleos**

Os óleos animais e vegetais raramente são utilizados isoladamente como lubrificantes, por causa da sua baixa resistência à oxidação, quando comparados a outros tipos de lubrificantes.

Em vista disso, eles geralmente são adicionados aos óleos minerais com a função de atuar como agentes de oleosidade. A mistura assim obtida apresenta características eficientes para lubrificação, especialmente em regiões de difícil lubrificação.

Alguns óleos vegetais são utilizados na alimentação humana, e também na lubrificação de elementos de máquinas, como engrenagens de redutores de velocidade e diferenciais.

Os óleos sintéticos são de aplicação mais rara em função de seu elevado custo, e são utilizados, principalmente, nos casos em que outros tipos de substâncias não tem mostrado atuação eficiente.

Os óleos minerais são os mais utilizados nos mecanismos industriais, sendo obtidos em larga escala a partir do petróleo.



## Características dos Óleos Lubrificantes

Os óleos lubrificantes, antes de serem colocados à venda pelo fabricante, são submetidos a ensaios físicos padronizados que além de controlarem a qualidade do produto, servem como parâmetros para os usuários.

### Ensaio de óleos lubrificantes

- Viscosidade: determina a resistência ao escoamento oferecida pelo óleo. A viscosidade é inversamente proporcional à temperatura. O ensaio é efetuado em aparelhos denominados viscosímetros. Os viscosímetros mais utilizados são o Saybolt, o Engler, o Redwood e o Ostwald
  - Índice de viscosidade: mostra como varia a viscosidade de um óleo conforme as variações de temperatura. Os óleos minerais parafínicos são os que apresentam menor variação da viscosidade quando varia a temperatura e, por isso, possuem índices de viscosidade mais elevados que os naftênicos.
  - Densidade relativa: relação entre a densidade do óleo a 20°C e a densidade da água a 4°C ou a relação entre a densidade do óleo a 60°F e a densidade da água a 60°F
  - Ponto de Fulgor (flash point): temperatura mínima na qual pode inflamar-se o vapor de óleo, no mínimo, durante 5 segundos. O ponto de fulgor é dado importante quando se lida com óleos que trabalham em altas temperaturas.
  - Ponto de combustão: temperatura mínima em que se sustenta a queima do óleo sem presença de chama
  - Ponto de mínima fluidez: temperatura mínima em que ocorre o escoamento do óleo por gravidade. O ponto de mínima fluidez é um dado importante quando se lida com óleos que trabalham em baixas temperaturas.
  - Resíduos de carvão: resíduos sólidos que permanecem após a destilação destrutiva do óleo
- Graxas**
- As graxas são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, sódio, lítio e bário. Elas são utilizadas onde o uso de óleos não é recomendado.
  - As graxas também passam por ensaios físicos padronizados, como vemos abaixo:
  - consistência - dureza relativa, resistência à penetração
  - estrutura - tato, aparência
  - filamentação - capacidade de formar fios ou filamentos
  - adesividade - capacidade de aderência
  - ponto de fusão ou gotejo - temperatura na qual a graxa passa para o estado líquido

### Tipos de Graxa

- Os tipos de graxa são classificados com base no sabão utilizado em sua fabricação
- Graxa à base de alumínio: macia, quase sempre filamentosa, resiste à água, boa estabilidade estrutural quando em uso, pode trabalhar em temperaturas de até 71°C. É utilizada em mancais de rolamento de baixa velocidade e em chassis.
- Graxa à base de cálcio
- vaselizada, resistente à água, boa estabilidade estrutural quando em uso, deixa-se aplicar facilmente com pistola, pode trabalhar em temperaturas de até 77°C. É aplicada em chassis e em bombas d'água.
- Graxa à base de sódio
- geralmente fibrosa, em geral não resiste bem à água, boa estabilidade estrutural quando em uso. Pode trabalhar em ambientes com temperaturas até 150°C. É aplicada em mancais de rolamentos, mancais de rodas, juntas universais, etc.
- Graxa à base de lítio
- baselizada, boa estabilidade estrutural quando em uso, resistente à água, pode trabalhar em temperaturas de até 150°C. É utilizada em veículos automotivos e na aviação
- Graxa à base de bário
- características gerais semelhantes às graxas à base de lítio
- Graxa mista
- é constituída por uma mistura de sabões. Assim temos graxas mistas à base de sódio-cálcio, sódio alumínio, etc..

- Além das graxas aqui mencionadas há graxas de múltiplas aplicações, graxas especiais e graxas sintéticas, preparadas para aplicações bastante específicas, como a indústria de alimentos.

### **Lubrificantes Sólidos**

- Algumas substâncias sólidas apresentam características peculiares que permitem a sua utilização como lubrificantes, em condições especiais de serviço.
- Entre as características importantes dessas substâncias, merecem ser mencionadas as seguintes:
  - baixa resistência ao cisalhamento
  - estabilidade a temperaturas elevadas
  - elevado limite de elasticidade
  - alto índice de transmissão de calor
  - alto índice de adesividade
  - ausência de impurezas abrasivas
- Embora tais características não sejam sempre atendidas por todas as substâncias utilizadas como lubrificantes, elas aparecem de maneira satisfatória nos carbonos cristalinos, como a grafita, e no bissulfeto de molibidênio, que são, por isso mesmo, aquelas mais comumente usadas para tal finalidade.
- A grafita, após tratamentos especiais, dá origem à grafita coloidal, que pode ser utilizada na forma de pó finamente dividido ou em dispersões com água, óleos minerais e animais e alguns tipos de solventes.
- É crescente a utilização de bissulfeto de molibidênio (MoS<sub>2</sub>) como lubrificante. A ação do enxofre (S) existente em sua estrutura propicia uma excelente aderência da substância com a superfície metálica, e seu uso é recomendado sobretudo para partes metálicas submetidas a condições severas de pressão e temperaturas elevadas. Pode ser utilizado na forma de pó dividido ou em dispersão com óleos minerais e alguns tipos de solventes.
- A utilização de sólidos como lubrificantes é recomendada para serviços em condições especiais, sobretudo aquelas em que as partes a lubrificar estão submetidas a pressões ou temperaturas elevadas ou se encontram sob a ação de cargas intermitentes ou em meios agressivos. Os meios agressivos são comuns nas refinarias de petróleo, nas indústrias químicas e petroquímicas.

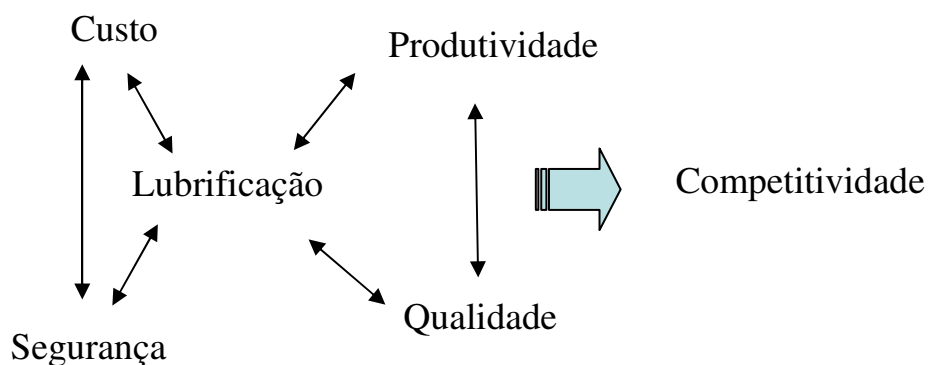
### **Aditivos**

- Aditivos são substâncias que entram em formulação de óleos e graxas para conferir-lhes certas propriedades.
- A presença de aditivos em lubrificantes tem os seguintes objetivos:
  - melhorar as características de proteção contra o desgaste e de atuação em trabalhos sob condições de pressões severas
  - aumentar a resistência à oxidação e corrosão
  - aumentar a atividade dispersante e detergente dos lubrificantes
  - aumentar a adesividade
  - aumentar o índice de viscosidade

### **Lubrificação Industrial Organização**

- Uma lubrificação só poderá ser considerada correta quando o ponto de lubrificação recebe o lubrificante certo, no volume adequado e no momento exato.
- A simplicidade da frase é apenas aparente. Ela encerra toda a essência da lubrificação:
  - De fato, o ponto só recebe o lubrificante certo quando:
    - A especificação de origem (fabricante) estiver correta;
    - A qualidade do lubrificante for controlada;
    - Não houver erros de aplicação;
    - O produto em uso for adequado;
    - O sistema de manuseio, armazenagem e estocagem estiverem corretos.
  - O volume adequado só será alcançado se:
    - O lubrificador (homem da lubrificação) estiver habilitado e capacitado
  - Os sistemas centralizados estiverem corretamente projetados, mantidos e regulados
  - Os procedimentos de execução forem elaborados, implantados e obedecidos
  - Houver uma inspeção regular e permanente dos reservatórios
  - O momento exato será atingido quando:
    - Houver um programa para execução dos serviços de lubrificação

- Os períodos previstos estiverem corretos
- As recomendações do fabricante estiverem corretas
- A equipe de lubrificação estiver corretamente dimensionada
- Os sistemas centralizados estiverem corretamente regulados
- Qualquer falha de lubrificação provoca, na maioria das vezes, desgastes com conseqüências a médio e longo prazos, afetando a vida útil dos elementos lubrificados. Pouquíssimas vezes a curto prazo.
- Estudos efetuados por meio da análise ferrográfica de lubrificantes têm mostrado que as partículas geradas como efeito da má lubrificação são partículas do tipo normal, porém em volumes muito grandes, significando que o desgaste nestas circunstâncias ocorre de forma acelerada, levando inexoravelmente até a falha catastrófica.
- Uma máquina, em vez de durar vinte anos, irá se degradar em cinco anos. Um mancal de um redutor previsto para durar dois anos será trocado em um ano. Os dentes de engrenagens projetados para operarem durante determinado período de tempo terão desgaste prematuro implicando em folgas e ruídos.
- Se projetarmos estes problemas para os milhares de pontos de lubrificação existentes, teremos uma idéia do volume adicional de paradas que poderão ser provocadas, a quantidade de sobressalentes consumidos e mão-de-obra utilizada para reparos.
- Somente um monitoramento feito por meio de ferrografia, ou outro método de análise dos óleos, poderá determinar os desgastes provocados pela má lubrificação.
- É muito difícil diagnosticar uma falha catastrófica resultante da má lubrificação. Normalmente se imagina que se a peça danificada estiver com lubrificante, o problema não é da lubrificação. Mas quem poderá garantir a qualidade da lubrificação ao longo dos últimos anos?
- Somente a prática da lubrificação correta, efetuada de forma contínua e permanente, garante uma vida útil plena para os componentes da máquina.
- Por fim, acrescentamos que, embora não percebida por muitos, a lubrificação correta concorre, também, para a redução no consumo de energia e na preservação dos recursos naturais.
- Não estamos falando da energia que é economizada como conseqüência da redução de atrito, mas da energia embutida, isto é, a energia inerente ao processo de fabricação das peças desgastadas e substituídas.
- Quando trocamos uma peça prematuramente, estamos consumindo toda a energia embutida no processamento e uma parte nos recursos naturais não renováveis, como os minérios.
- Produtividade, qualidade, custo e segurança não são mais fatores isolados para o crescimento das empresas. Estes fatores são inter-relacionados entre si e inter-relacionados com a lubrificação conforme mostra o esquema a seguir.



- Por fim, uma lubrificação organizada apresenta as seguintes vantagens:
  - Aumenta a vida útil dos equipamentos em até dez vezes ou mais
  - Reduz o consumo de energia em até 20%
  - Reduz os custos de manutenção em até 35%
  - Reduz o consumo de lubrificantes em até 50%
- Em qualquer empreendimento industrial, independentemente do seu porte, o estabelecimento de um programa racional de lubrificação é fator primordial para a obtenção da melhor eficiência operacional dos equipamentos.

- A existência de um programa racional de lubrificação e sua implementação influem de maneira direta nos custos industriais pela redução no número de paradas para manutenção, diminuição das despesas com peças de reposição e com lubrificantes e pelo aumento da produção, além de melhorar as condições de segurança do próprio serviço de lubrificação.
- A primeira providência para a elaboração e instalação de um programa de lubrificação refere-se a um levantamento cuidadoso das máquinas e equipamentos e das suas reais condições de operação.
- Para maior facilidade, recomenda-se que tal levantamento seja efetuado por setores da empresa, especificando-se sempre todos os equipamentos instalados, de maneira que eles possam ser identificados de maneira inequívoca.

Uma vez concluído este primeiro passo, deve-se verificar quais os equipamentos cujos manuais do fabricante estão disponíveis e quais os tipos e marcas de lubrificantes para eles recomendados.

- De posse dos dados anteriores, deve-se elaborar um plano de lubrificação para cada equipamento, em que ele deve ser identificado. E ainda mencionar todos os seus pontos de lubrificação, métodos a empregar, produtos recomendados e periodicidade da lubrificação.
- Para facilitar aos operários encarregados da lubrificação e minimizar a possibilidade de erros nas tarefas de lubrificação (aplicação de produtos indevidos), sugere-se identificar, nas máquinas, todos os pontos de lubrificação com um símbolo correspondente ao do produto a ser nele aplicado. Há várias maneiras de se estabelecer tais códigos, sendo prática a utilização de cores e de figuras geométricas para a facilitar a tarefa de identificação.
- Exemplo:
  - Um óleo para lubrificação de mancais de rolamento com velocidade de 10.000rpm e temperatura de operação na faixa de 60oC poderia ser identificado do seguinte modo:

V

- Óleo lubrificante de primeira linha com inibidores de oxidação e corrosão
- Viscosidade SSU a 201oF de 52 a 58 segundos. Marca Comercial XXX e fornecedor YYY
- Observação: V = vermelho

### **Lubrificação Industrial\_Acompanhamento e Controle**

- Visando racionalizar o uso de óleos e graxas lubrificantes, sempre que é elaborado um programa geral de lubrificação procura-se reduzir ao máximo a quantidade de produtos recomendados.
- No que se refere ao controle, podem ser elaboradas fichas para cada seção da empresa, nas quais serão mencionados os respectivos equipamentos e anotados dados como: frequência de lubrificação, quantidade de lubrificantes a aplicar etc.
- Tais fichas são distribuídas aos operários encarregados da execução da lubrificação e devem ser devolvidas com as anotações devidas.
- O consumo é controlado, quando possível, por equipamento. Em geral, para métodos de lubrificação manual (almotolia, pistola de graxa, copos graxeiros, copos conta-gotas etc.), fica difícil o controle de consumo por equipamento.
- Recomenda-se, nesse caso, considerar o consumo por seção, dividi-lo pelo número de pontos lubrificadas, obtendo-se então um consumo médio por ponto de lubrificação, que multiplicado pelo número de pontos a lubrificar do equipamento, fornece o seu consumo médio no período de tempo considerado. Este consumo deverá ser dimensionado de acordo como o porte de cada empresa.

### **Lubrificação Industrial\_Armazenagem e manuseio de lubrificantes**

- Os óleos lubrificantes são embalados usualmente em tambores de 200 litro, conforme norma do INMETRO.
- As graxas são comercializadas em quilogramas e os tambores são de 170 kg ou 180 kg conforme o fabricante
- Em relação ao manuseio e armazenagem de lubrificantes, deve-se evitar a presença de água. Os óleos contaminam-se facilmente com água. A água pode ser proveniente de chuvas ou da umidade do ar. Areia, poeira e outras partículas estranhas também são fatores de contaminação de óleos e graxas.
- Outro fator que afeta os lubrificantes, especialmente as graxas, é a temperatura muito elevada, que pode decompô-las.

- Quando não houver possibilidade de armazenagem dos lubrificantes em recinto fechado e arejado, devem ser observados os seguintes cuidados:
- manter os tambores sempre deitados sobre ripas de madeira para evitar a corrosão
- nunca empilhar os tambores sobre aterros de escórias, pois estas atacam seriamente as chapas de aço de que eles são feitos
- Em cada extremidade de fila, os tambores devem ser firmemente escorados por calços de madeira. Os bujões devem ficar em fila horizontal.
- Fazer inspeções periódicas para verificar se as marcas dos tambores continuam legíveis e descobrir qualquer vazamento
- se os tambores precisarem ficar na posição vertical, devem ser cobertos por um encerado, ou levemente inclinados para evitar acúmulo de líquidos na sua tampa
- A armazenagem em recinto fechado e arejado pode ser feita em estantes de ferro apropriadas chamadas racks ou estrados de madeira chamados pallets.
- O emprego de racks exige o uso de um mecanismo tipo monorail com talha móvel para a colocação e a retirada dos tambores das estantes superiores. Para a manipulação dos pallets, é necessária uma empilhadeira com garfo
- Uma outra possibilidade é dispor os tambores horizontalmente e superpostos em até três filas, com ripas de madeira de permeio e calços convenientes, conforme já foi mostrado. A retirada dos tambores é feita usando-se uma rampa formada por duas tábuas grossas colocadas em paralelo, por onde rolam cuidadosamente os tambores.
- Panos e estopas sujas de óleo não devem ser deixados nesses locais, porque constituem focos de combustão, além do fator estético.
- O almoxarifado de lubrificantes deve ficar distante de poeiras de cimento, carvão, etc. bem como de fontes de calor como fornos e caldeiras.
- O piso do almoxarifado de lubrificantes não deve soltar poeira e nem absorver óleo depois de um derrame acidental
- pode-se retirar óleo de um tambor em posição vertical usando uma pequena bomba manual apropriada
- Os tambores que estiverem sendo usados devem ficar deitados horizontalmente sobre cavaletes adequados. A retirada de óleo é feita, neste caso, por meio de torneiras apropriadas.
- Geralmente adapta-se a torneira ao bujão menor. Para o caso de óleos muito viscosos, recomenda-se usar o bujão menor. O bujão com a torneira adaptada deve ficar voltado para baixo, e uma pequena lata deve ser colocada para captar um eventual gotejamento.
- Os recipientes e os funis devem ser mantidos limpos, lavados periodicamente com querosene e enxugados antes de voltarem ao uso.
- Para graxas que em geral são em número reduzido e cujo consumo é muito menor do que o de óleos, recomenda-se o emprego de bombas apropriadas, mantendo-se o tambor sempre bem fechado.

### **O Lubrificador**

- O homem-chave de toda a lubrificação é o lubrificador. De nada adiantam planos de lubrificação perfeitos, programas sofisticados e controles informatizados, se os homens que executam os serviços não estiverem devidamente capacitados e habilitados para a função.
- Um bom lubrificador deve ter conhecimentos e habilidades que lhe permitem discernir entre o que é correto e o que é errado em lubrificação.
- O bom lubrificador, deverá saber:
  - a forma certa de lubrificar um equipamento
  - quais lubrificantes são utilizados na empresa
  - quais os efeitos nocivos da mistura de lubrificantes
  - quais os equipamentos de lubrificação devem ser utilizados
  - quais as conseqüências de uma contaminação
  - Evitar a contaminação
  - quais procedimentos seguir para a retirada de amostras
  - como estocar, manusear e armazenar lubrificantes
  - qual a relação entre lubrificantes e segurança pessoal
  - Quais as funções e principais características dos lubrificantes

- quais os impactos dos lubrificantes no meio ambiente.
- O que são sistemas de lubrificação
- como funcionam os sistemas de lubrificação
- como cuidar dos sistemas de lubrificação
- Quais equipamentos devem ser lubrificados
- quais os pontos de lubrificação devem receber lubrificante
- COMO SE PODE OBSERVAR, O LUBRIFICADOR DEVE SER UM PROFISSIONAL GABARITADO, COMPETENTE E INSTRUÍDO!!!
- Como se consegue isso???

### **Questionário de Manutenção Industrial**

1. Cite e comente três modos de falhas mecânicas em funcionamento.
2. Cite e comente três modos de falhas elétricas.
3. Quais os tipos de corrosão eletroquímica? Comente.
4. O que é corrosão química?
5. Quais possíveis causas para a corrosão elétrica?
6. O que representa a taxa de falha?
7. Quais os três períodos da curva de banheira? Comente.
8. Como se calcula a taxa de falha quando os elementos são substituídos? Dê um exemplo.
9. Como se calcula a taxa de falha quando os elementos não são substituídos? Dê um exemplo.
10. Calcule a taxa de falha para o seguinte caso: estudamos 89 máquinas durante um período entre os dias 10 e 25 de maio, 54 máquinas foram reparadas.
11. Calcule a taxa de falha para o seguinte caso: testamos um lote de 100 motores elétricos. Após 1500 horas de uso, restam 86. Após 3000 horas de uso restam 70. Qual o período que teve a maior taxa de falha? Como seria se os motores fossem substituídos?
12. Que cuidados devemos Ter quanto à manutenção de cilindros hidráulicos. Comente.
13. Que cuidados devemos Ter quanto à manutenção do óleo hidráulico? Comente.
14. Que cuidados devemos Ter quanto à manutenção de válvulas hidráulicas? Comente.
15. Que cuidados devemos Ter quanto à manutenção de compressores de pistão? Comente.
16. Que cuidados devemos Ter quanto à manutenção de atuadores em geral? Comente.
17. Que cuidados devemos Ter quanto à manutenção de válvulas hidráulicas? Comente.
18. O que são máquinas eletromecânicas?
19. Quais as principais grandezas envolvidas na manutenção eletromecânica? O que representa cada uma?
20. Quais os principais instrumentos utilizados na manutenção eletromecânica? Quais grandezas cada um deles é capaz de avaliar?
21. Que cuidados devemos Ter ao realizar manutenção em uma máquina eletromecânica?
22. O que é lubrificação industrial?
23. Quais os objetivos do uso da substância lubrificante?
24. Como se classificam os óleos quanto à sua origem? Comente cada um deles.
25. Cite e comente três características dos óleos lubrificantes.
26. Cite e comente três tipos de graxa.
27. Quais as características mais importantes dos lubrificantes sólidos?
28. Para que servem os aditivos nos lubrificantes?
29. De que fatores depende a escolha do intervalo de lubrificação de mancais de rolamento?
30. Comente a lubrificação de engrenagens fechadas.

### **Questionário para prova**

1. O que é Manutenção Industrial?
2. Quando se inicia a Manutenção ? Por quê ?
3. Qual a Missão do Serviço de Manutenção? Comente?
4. O que é e onde pode ser aplicado a Manutenção Corretiva? Comente.
5. O que é e onde pode se aplicada a Manutenção Preventiva? Comente .
6. O que é e onde pode se aplicada a Manutenção Preditiva ? Comente .

7. Como podemos dividir a Manutenção Corretiva? Explique cada subdivisão.
8. Quais os objetivos da Manutenção Preventiva?: Comente cada um deles.
9. Como você iniciaria a implantação de um serviço de manutenção em uma pequena empresa ( 10 funcionários 5 máquinas)?
10. Que fatores não podem ser esquecidos na formação de um serviço de informações sobre a máquina?
11. Quais os objetivos da Manutenção Preditiva? Comente cada um deles.
12. Quais as atividades do Serviço de Manutenção? Comente.
13. Quais os níveis de Manutenção? Quem os Executa? Comente cada um deles.
14. Qual a maneira correta para abordar um problema de manutenção, em sua opinião?
15. Uma empresa pode iniciar a implantação de um serviço de manutenção diretamente com a Manutenção Preditiva? Comente a sua Resposta.
16. Qual a participação e a sua importância da manutenção nos serviços de conservação das instalações e novos projetos?
17. Como fazemos a Análise Estrutural de uma máquina? Comente.
18. O que constitui o Dossiê de uma máquina? Quando ele se inicia? Comente.
19. O que é Falha? Comente.
20. Qual a influência da Manutenção Industrial na gerência da produção?
21. Por que é tão difícil manter um sistema de Manutenção Industrial funcionando de acordo com a teoria ministrada? Comente.
22. Quais as formas de controle na manutenção preventiva? Qual a diferença entre eles?
23. Qual a importância do estudo das vibrações em manutenção preditiva? Como ela é feita?
24. Como se determina a periodicidade entre as intervenções de manutenção preditiva? E preventiva?
25. Quais as origens das falhas das máquinas? Explique.
26. Quais as características gerais dos danos e defeitos?
27. Para que serve e no que consiste a lubrificação?
28. Quais as principais características dos óleos lubrificantes? Explique.
29. Para que servem os aditivos? Quais as suas características?
30. Como classificam-se os óleos? E as graxas?