



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO

Tipos de Manutenção

2023

Organização da Apresentação

- Introdução
- Manutenção corretiva
- Manutenção preventiva
- Manutenção preditiva
- Manutenção detectiva
- Engenharia de manutenção
- Referências


Introdução

- A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção existentes. De acordo com Kardec e Nascif [1], os principais tipos são os seguintes:

Manutenção Corretiva	➤ Planejada
	➤ Não Planejada
Manutenção Preventiva	
Manutenção Preditiva	
Manutenção Detectiva	
Engenharia de Manutenção	

Introdução


- Várias ferramentas adotadas hoje têm no nome a palavra “manutenção”. Porém, estas não são novos tipos de manutenção, mas ferramentas que permitem a aplicação dos seis tipos de manutenção citados. Destacam-se:
 - Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM);
 - Manutenção Centrada na Confiabilidade (Reliability Centered Maintenance - RCM).



por meio dos 8 pilares vai tentar atingir seus objs (Quebra, defeito e acidente zero)

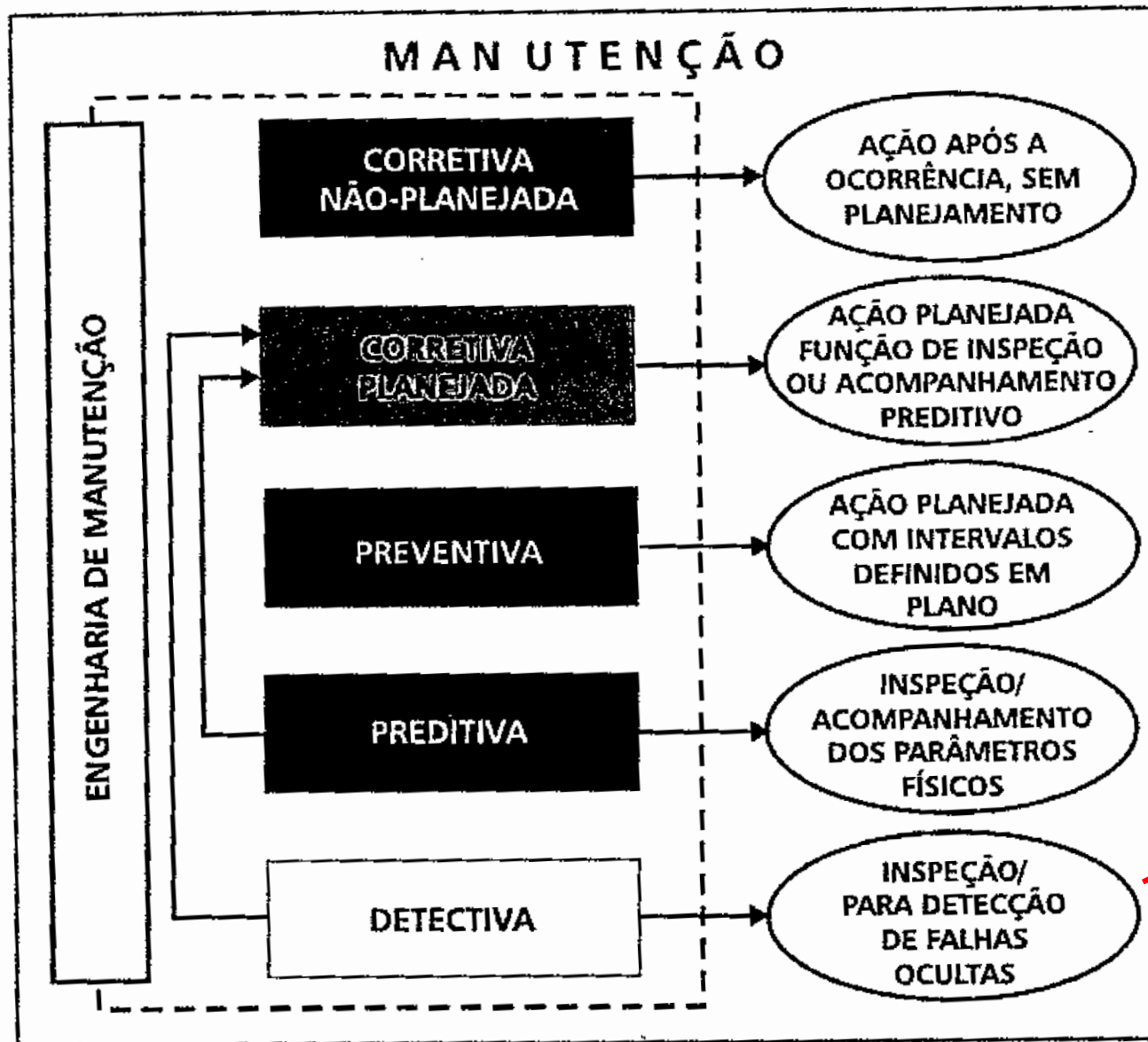
Introdução

- Várias ferramentas adotadas hoje têm no nome a palavra “manutenção”. Porém, estas não são novos tipos de manutenção, mas ferramentas que permitem a aplicação dos seis tipos de manutenção citados. Destacam-se:
 - Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM);
 - Manutenção Centrada na Confiabilidade (Reliability Centered Maintenance - RCM).



Implementa diferentes ferramentas (FMEA, MASP, Análise da Causa Raiz) para identificar causas de falhas, indicar a importância de cada falha e definir preventivas em relação às falhas.

Introdução



Por meio da atuação em sistemas de proteção, comando e controle.

Manutenção Corretiva

Manutenção Corretiva

- Segundo Kardec e Nascif [1], é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado.
- Dessa forma, duas condições podem levar a manutenção corretiva:
 - Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais, ou seja, na ocorrência de um defeito;
 - Ocorrência da falha.

Manutenção Corretiva

- Baseia-se na seguinte filosofia:
“Equipamento parou, manutenção conserta imediatamente.”



Manutenção Corretiva

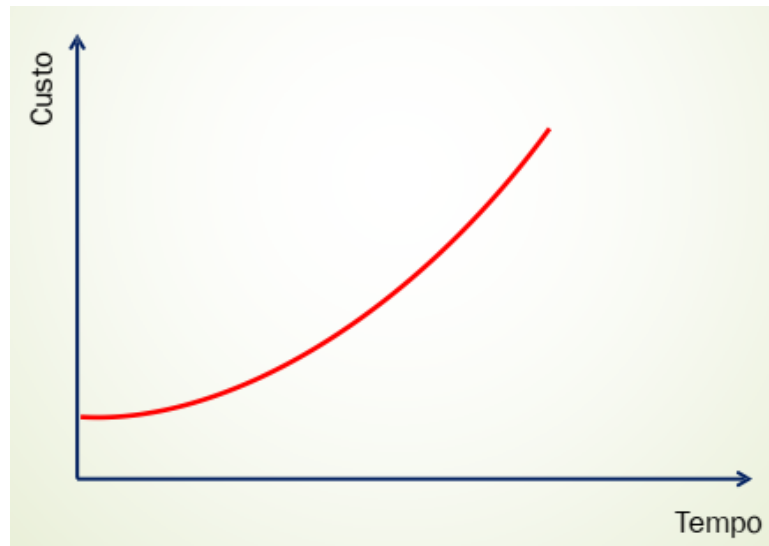
- A manutenção corretiva corresponde ao estágio mais primitivo da manutenção mecânica.
- Entretanto, como é praticamente impossível acabar totalmente com as falhas, a manutenção corretiva ainda existe.
- É importante observar que pode englobar desde a troca de um simples parafuso de fixação quebrado até substituir todo um sistema elétrico em pane.

Manutenção Corretiva

- Dependendo da frequência que é realizada pode levar:
 - Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, portanto, das cadeias produtivas;
 - Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
 - Paradas para manutenção em momentos aleatórios e muitas vezes, inoportunos por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado, ou até a épocas de crise geral.

Manutenção Corretiva

- Além disso, implica em altos custos, porque causa perdas na produção e geralmente a extensão dos danos aos equipamentos é maior.
- Dependendo do sistema produtivo, há possibilidade de dedução do Pagamento-Base (PB) por meio Parcela Variável por Indisponibilidade (PVI).



Manutenção Corretiva

- Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:
 - **Pessoal previamente treinado** para atuar com rapidez e proficiência em todos os casos de defeitos previsíveis e com quadro e horários bem estabelecidos;



Manutenção Corretiva

- Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:
 - Existência de todos os **meios materiais** necessários para a ação corretiva que sejam: aparelhos de medição e teste adaptados aos equipamentos existentes e disponíveis, rapidamente, no próprio local;



Manutenção Corretiva

- Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:
 - Existência das **ferramentas necessárias** para todos os tipos de intervenções necessárias que se convencionou realizar no local;



Manutenção Corretiva

- Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:
 - Existência de **manuais detalhados** de manutenção corretiva referentes aos equipamentos e às cadeias produtivas, e sua fácil acessibilidade;
 - Existência de **desenhos detalhados** dos equipamentos e dos circuitos que correspondam às instalações atualizados;



Manutenção Corretiva

- Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:
 - **Almoxarifado racionalmente organizado**, em contato íntimo com a manutenção e contendo, em todos os instantes, os itens mais críticos. Para isso, deve-se respeitar a política de reposição adotada;



Manutenção Corretiva

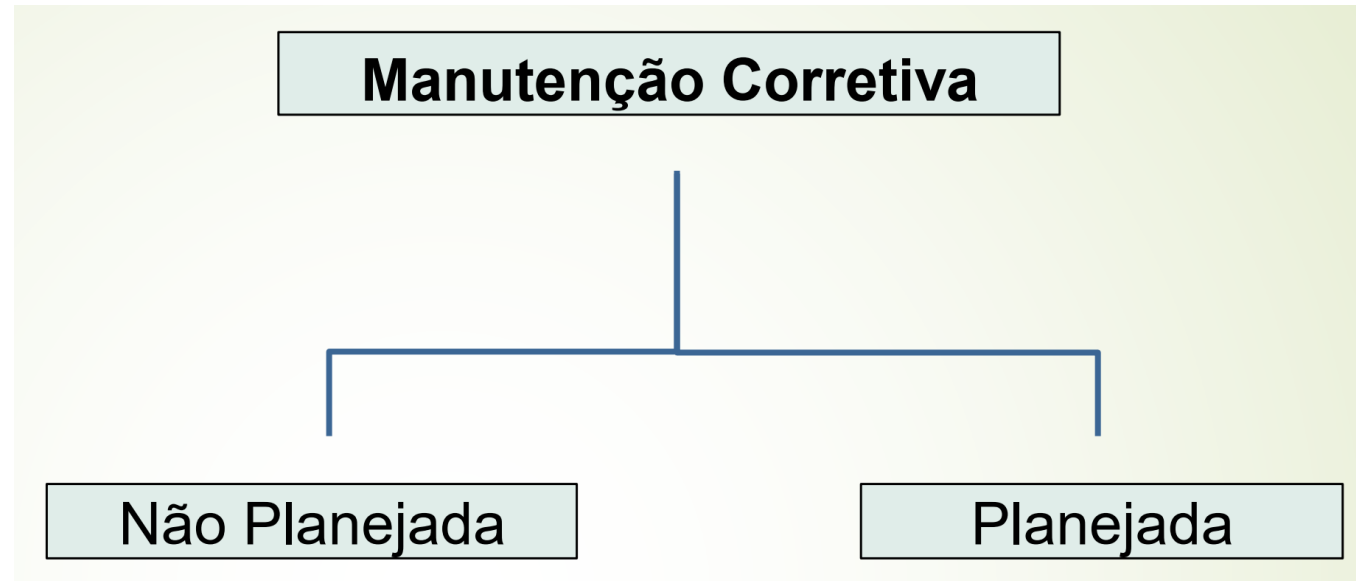
- Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:
 - **Contratos bem estudados**, estabelecidos com entidades nacionais ou internacionais, no caso de equipamentos de alta tecnologia cuja manutenção local seja impossível;
 - **Reciclagem e atualização periódicas** dos chefes e dos técnicos de manutenção;
 - **Registros dos defeitos e dos tempos de reparo**, classificados por equipamentos e por cadeias produtivas (normalmente associadas a cadeias de manutenção);
 - **Registro das perdas de produção** (efetuado de acordo com a operação-produção) resultantes das paradas devidas a defeitos e a parada para manutenção.

Manutenção Corretiva



Manutenção Corretiva

- Não Planejada - É a correção de falha de maneira aleatória.
- Planejada - É a atuação planejada para a correção do defeito, ou o desempenho menor que o esperado por decisão gerencial.



MCNP

- Nessa modalidade não há tempo para a preparação do serviço, ou seja, não há planejamento, daí o seu nome.
- Infelizmente, ainda é mais praticada do que deveria.
- Importante ressaltar que quando o percentual das manutenções corretivas não planejadas é maior que dos outros tipos de manutenções, o Departamento de Manutenção é comandado pelas máquinas ou equipamentos via falhas.
- Nessa situação, o desempenho empresarial da Organização, certamente, não está adequado às necessidades de competitividade atuais.

MCNP

- Em plantas industriais de processos contínuos como petróleo, produtos químicos, cimento, tubulações sob pressões, fluidos inflamáveis, temperaturas elevadas, uma falha pode ser catastrófica em todos os sentidos.
- Logo, nem pensar em uma MCNP.

Exemplo de MCNP

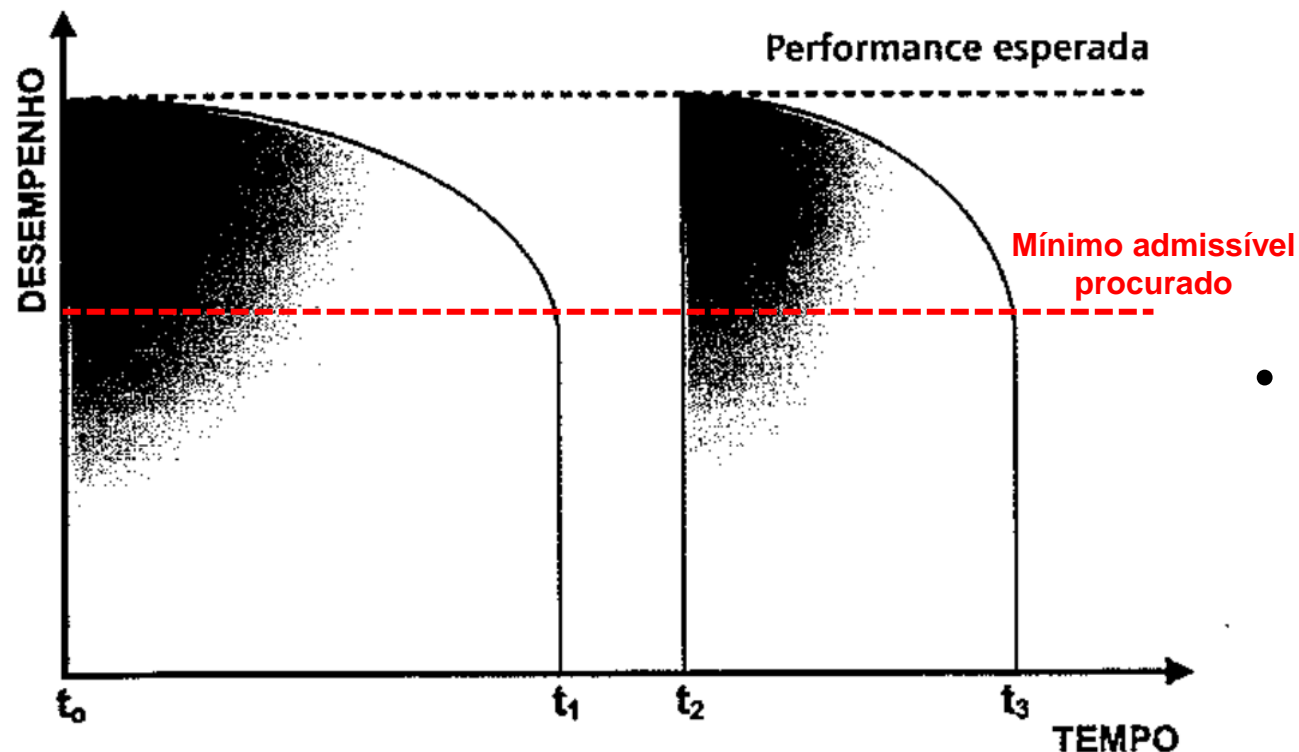
- Explosão de um transformador;
- Amapá: 800 mil pessoas sem energia por 22 dias em 2020;
- Transformador reserva (backup) ficou sem manutenção por um ano;
- ANEEL multou a concessionária LMTE em R\$ 3,6 milhões + três diretores indiciados pela PF pelo Art.265.



Art. 265 - Atentar contra a segurança ou o funcionamento de serviço de água, luz, força ou calor, ou qualquer outro de utilidade pública: Pena - reclusão, de um a cinco anos, e multa.

MCNP

MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA



$t_0 - t_1$ - tempo de funcionamento
 $t_1 - t_2$ - tempo de manutenção
 $t_2 - t_3$ - tempo de funcionamento

- **Lembrar:** Nem todo equipamento vai apresentar o mesmo padrão de comportamento até a falha.
- Isso pode variar com as condições de operação, por exemplo.

MCP

- A MCP é a ação de correção do desempenho menor do que o esperado baseado no acompanhamento dos parâmetros de condição (MONITORAMENTO) e diagnóstico levados a efeito pela Manutenção Preditiva e Detectiva.
- Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido, mais seguro e de melhor qualidade do que um trabalho não planejado.



Manutenção Preventiva

Manutenção Preventiva

- É a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha, ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em **intervalos de tempo** definidos.
- Caracteriza-se pela busca sistemática para evitar a ocorrência de falhas, procurando prevenir, mantendo um controle contínuo sobre os equipamentos, efetuando operações julgadas convenientes.

Manutenção Preventiva

- Este tipo de manutenção sempre acontece antes da ocorrência de uma falha ou mesmo da degradação da função do equipamento.
- Para alguns setores (aviação), onde a segurança se sobressai em termos de outros aspectos, a adoção de manutenção preventiva é imperativa.

Manutenção Preventiva



Manutenção Preventiva

- Os fabricantes nem sempre fornecem dados precisos para adoção da Manutenção preventiva.
- Para adoção de planos preventivos deve-se considerar as condições operacionais e ambientais.
- Isso pode levar a duas situações na fase inicial de operação:
 - Ocorrência de falhas antes de completar o período estimado para intervenção;
 - Abertura do equipamento/reposição de componentes prematuramente.

Manutenção Preventiva x Corretiva



Objetivos da Manutenção Preventiva

- Redução De Custos;
- Qualidade Do Produto;
- Aumento Da Produção;
- Aumento Da Vida Útil Dos Equipamentos;
- Efeitos No Meio Ambiente;
- Redução De Acidentes.

Fatores considerados p/ adoção da Manutenção Preventiva

- Quando os custos de falhas são altos.
- Quando não é possível a manutenção preditiva.
- Quando as falhas implicarem diretamente na segurança pessoal e operacional.
- Oportunidade de manutenção em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.
- Riscos de agressão ao meio-ambiente.
- Tipo de sistema de produtivo (produção contínua é a mais crítica).

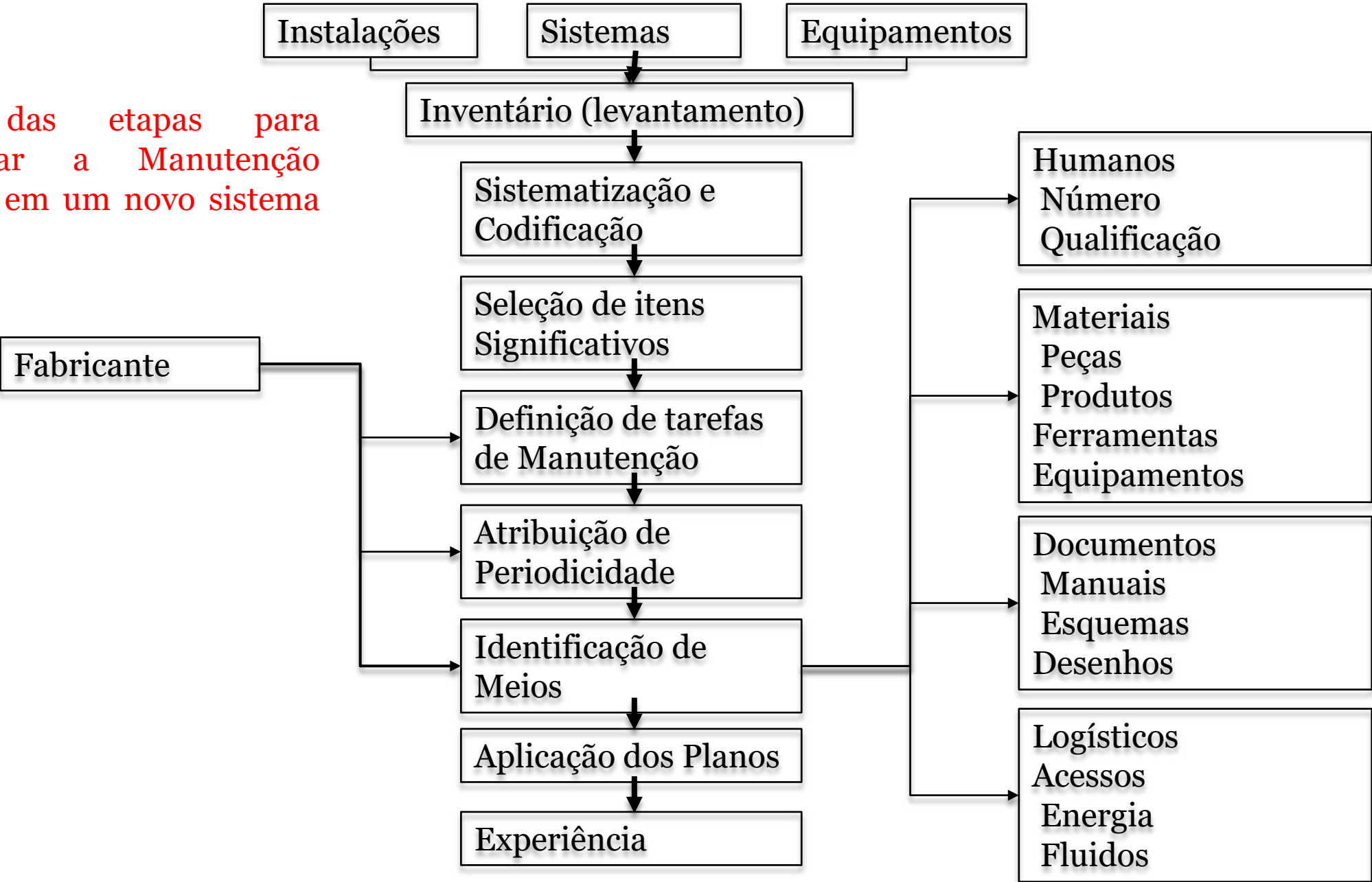
Vantagens da Manutenção Preventiva

- A empresa terá maior facilidade para cumprir seus programas de produção;
- Previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes.

Desvantagens da Manutenção Preventiva

- Promove a retirada do equipamento de operação para execução dos serviços programados;
- Introdução de defeitos não existentes devido:
 - Falha humana;
 - Falha de sobressalentes de baixa qualidade ou com defeito de fabricação;
 - Contaminações;
 - Falhas dos procedimentos de manutenção.

Resumo das etapas para implementar a Manutenção Preventiva em um novo sistema produtivo:



Manutenção Preditiva

Manutenção Preditiva

- Segundo Kardec e Nascif[1], a manutenção preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

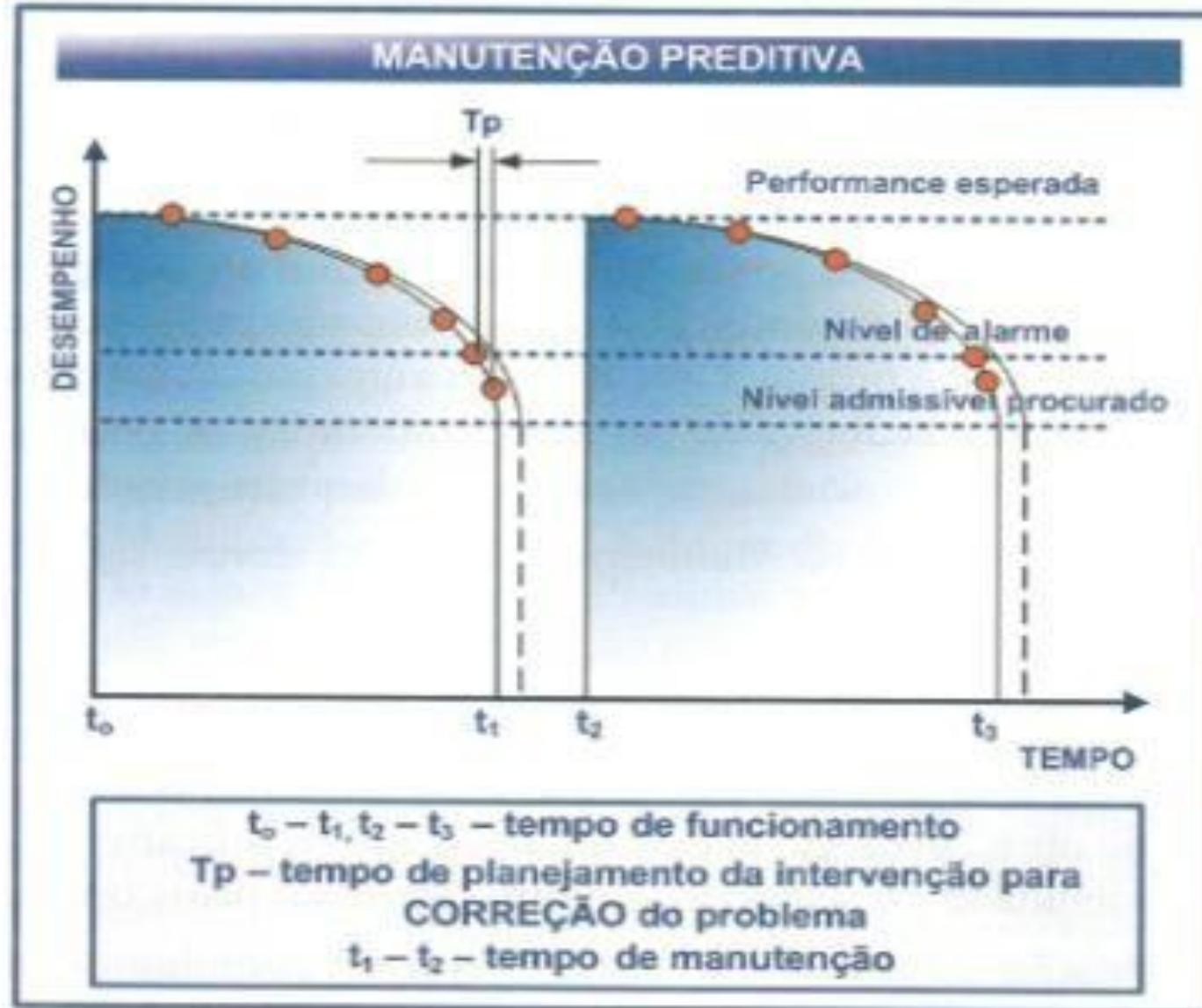
Manutenção Preditiva

- Objetiva prever as condições dos equipamentos para evitar a falha.
- Para isso, realiza-se o monitoramento de diversos parâmetros, por medições, ou por controle estatístico.
- A Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, uma vez que as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo.

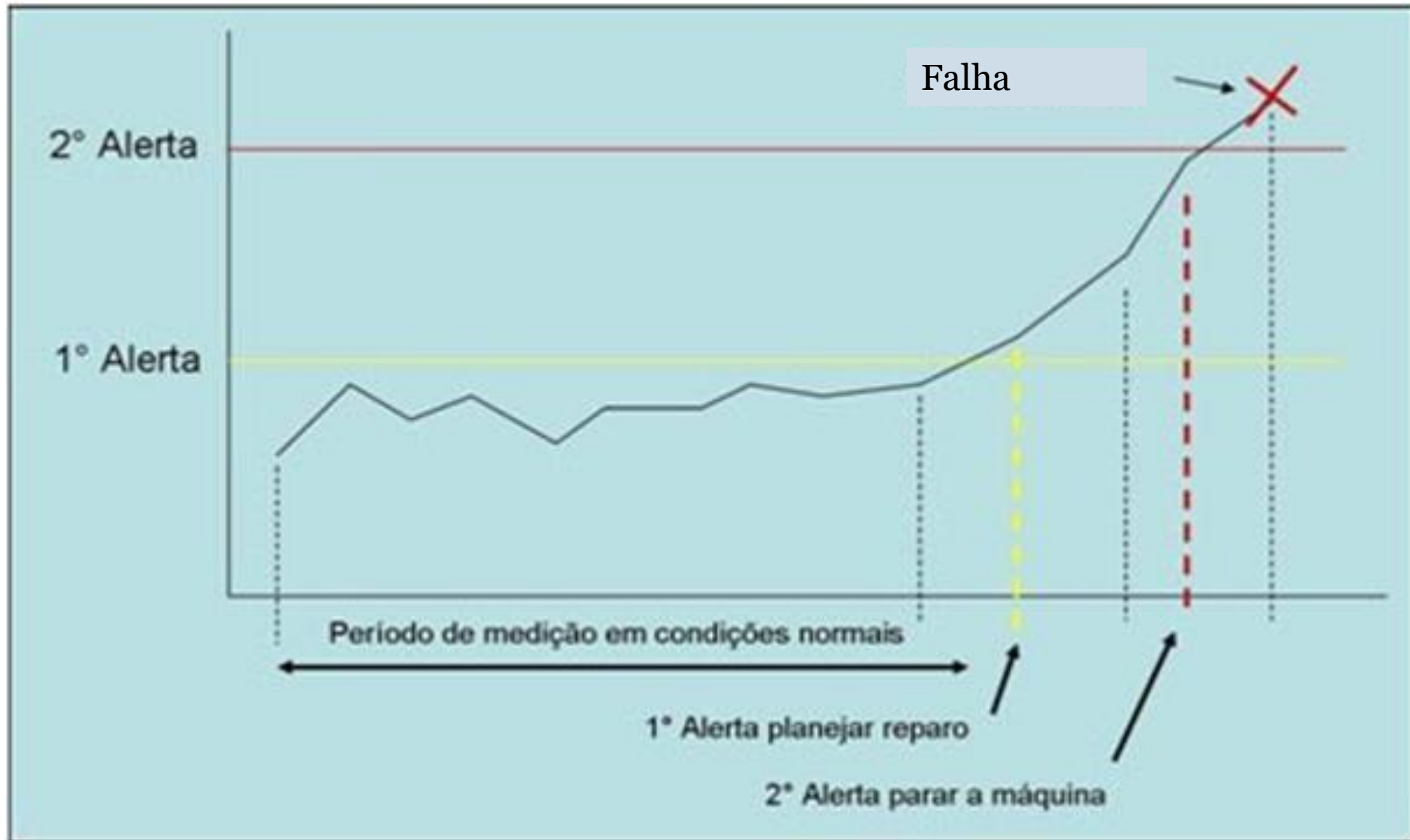
Manutenção Preditiva

- Este tipo de manutenção prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que este tempo de vida útil seja bem aproveitado;
- A intervenção de manutenção só tem lugar quando se verifica a existência de um defeito que justifique a intervenção de forma planejada (MCP).

Manutenção Preditiva



Curva de tendência de acompanhamento preditivo



Finalidade da Manutenção Preditiva

Filosofia:

Fazer a manutenção somente quando e se houver necessidade. Caso contrário, mexer na máquina o mínimo possível.

“O homem introduz o defeito”

Objetivos Manutenção Preditiva

- Predizer a ocorrência de uma falha ou degradação;
- Antecipar a necessidade de correção em uma peça específica;
- Eliminar as desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos para operação;
- Reduzir o trabalho não planejado;

Objetivos Manutenção Preditiva

- Impedir a ocorrência de falhas e o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total de cada componente e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiabilidade de um equipamento no processo;
- Aumentar a produtividade e competitividade.

Características da Manutenção Preditiva

- Não é necessário o desligamento do equipamento para a sua aplicação;
- Não se baseia em informações sobre a durabilidade de um certo componente (Manutenção preventiva), mas no monitoramento de parâmetros;
- Permite o planejamento do serviço;
- Necessita de um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado;
- Reduz significativamente os acidentes por falhas “catastróficas” em equipamentos.

Quando usar a Manutenção Preditiva?

- O equipamento, o sistema ou a instalação permitirem algum tipo de monitoramento;
- O equipamento, o sistema ou a instalação merecerem esse tipo de ação em função dos custos envolvidos;
- Quando as falhas podem ser decorrentes de causas que podem ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.

Vantagens Manutenção Preditiva

- A gestão financeira é simplificada, já que o custo de operação de manutenção pode ser pré-determinado;
- As operações e paradas são programadas de acordo com a produção.

Desvantagens Manutenção Preditiva

- Elevado investimento para compra de equipamentos/instrumentos de medição e treinamentos;
- Não é recomendada para equipamentos que não são críticos para o sistema produtivo.

Grandezas para a Manutenção Preditiva

- Espessura de materiais em tubos e paredes de tanques;
- Temperatura de operação;
- Pressão em sistemas de bombeamento;
- Ruídos e vibrações em equipamentos rotativos;
- Contaminação de lubrificante;
- Grau de particulado na entrada e saída de um sistema.

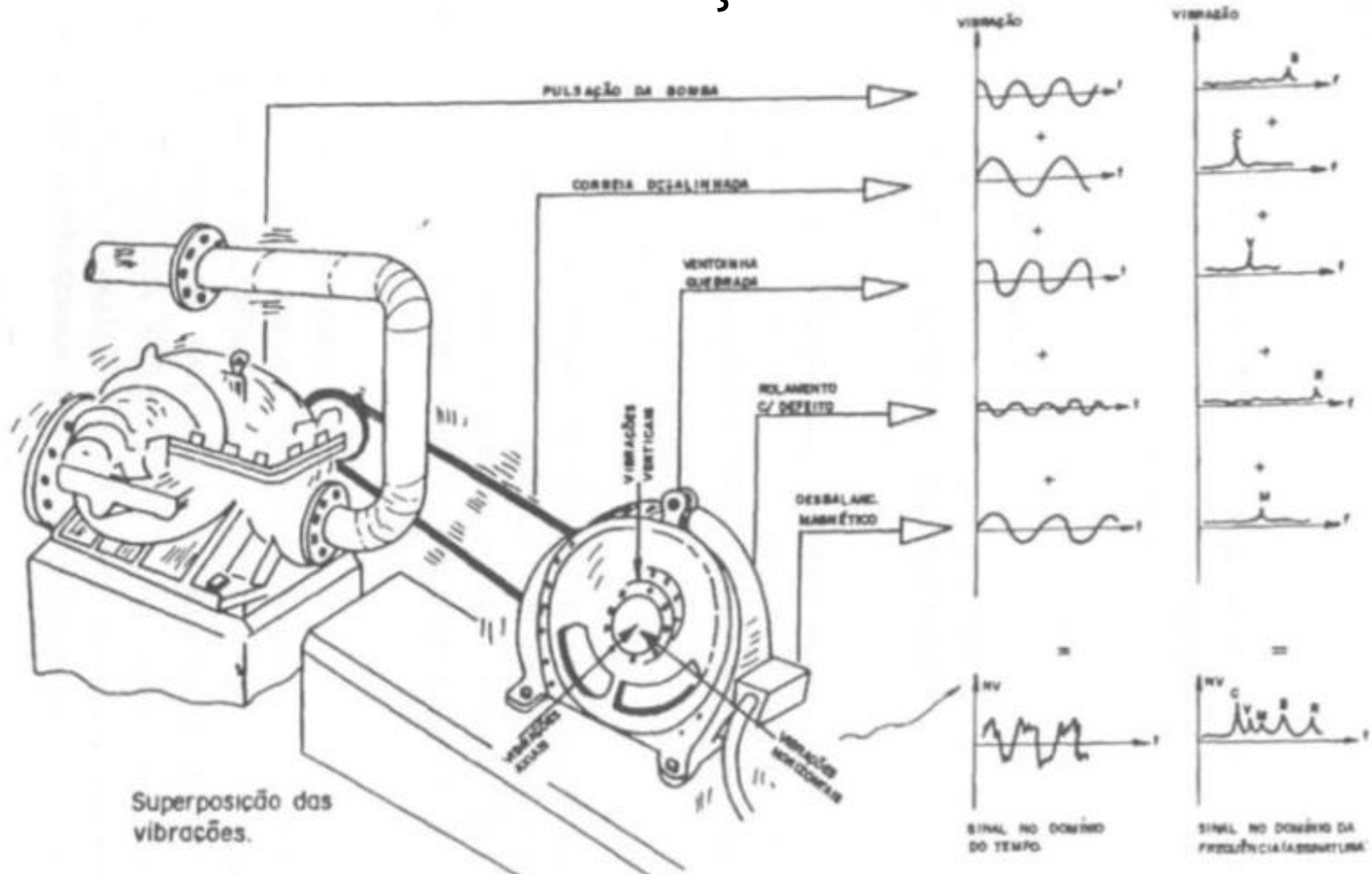
Cuidados p/ Medição e Análise de Parâmetros

- Capacitação adequada dos operadores
 - Calibração dos instrumentos de medição (IM)
 - Montagem e escolha adequada do IM
 - Corpo técnico capaz de avaliar e interpretar os resultados de medição
- Confiabilidade
-
- ```
graph LR; A[Capacitação adequada dos operadores] --> D[Confiabilidade]; B[Calibração dos instrumentos de medição (IM)] --> D; C[Montagem e escolha adequada do IM] --> D; E[Corpo técnico capaz de avaliar e interpretar os resultados de medição] --> D;
```

# Medição e análise de vibração

- Baseia-se nas correlações existentes entre as vibrações registradas num dado equipamento e as suas características gerais.
- Com a análise dos espectros de vibrações e conhecidas as frequências dos elementos da máquina, pode-se identificar o tipo de defeito (desbalanceamento, desalinhamento, etc).
- Esta técnica está concentrada principalmente nos equipamentos rotativos.

# Medição e análise de vibração



# Medição e análise de temperatura

- Pode ser usada para medir:
  - Temperatura de mancais em máquinas rotativas;
  - Temperatura elevada em barramentos de equipamentos elétricos;
  - Temperatura elevada na saída de trocadores de calor.

# Principais métodos de medição de temperatura



Termômetros de contato



Termopares

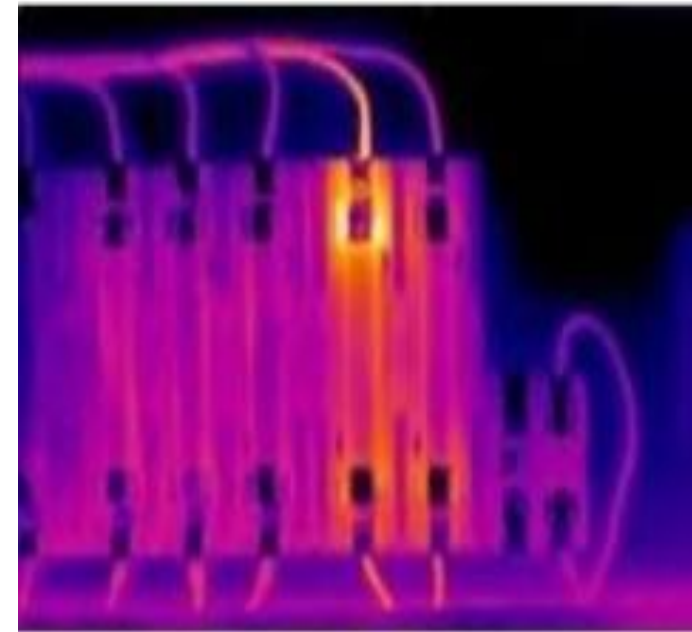


Pirômetros infravermelhos

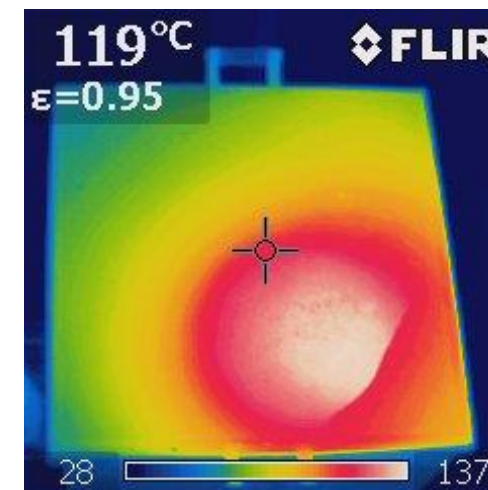
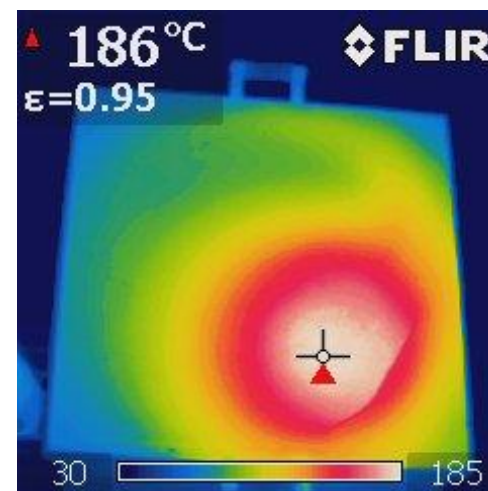
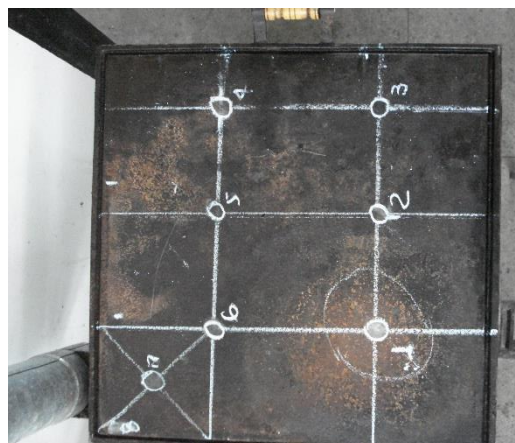
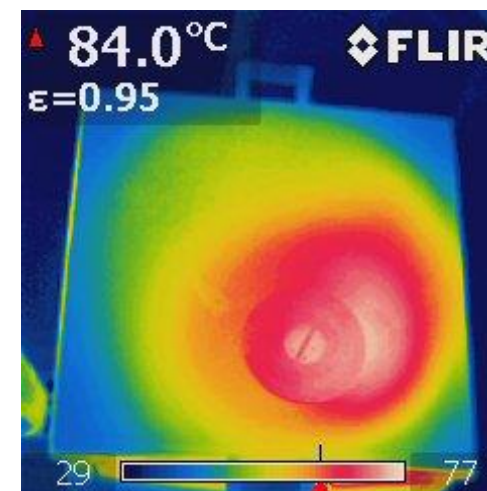
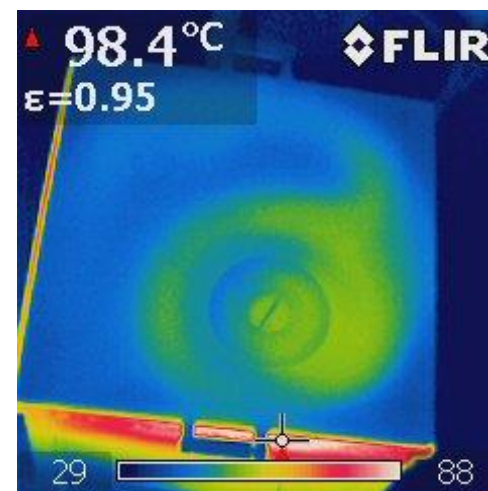
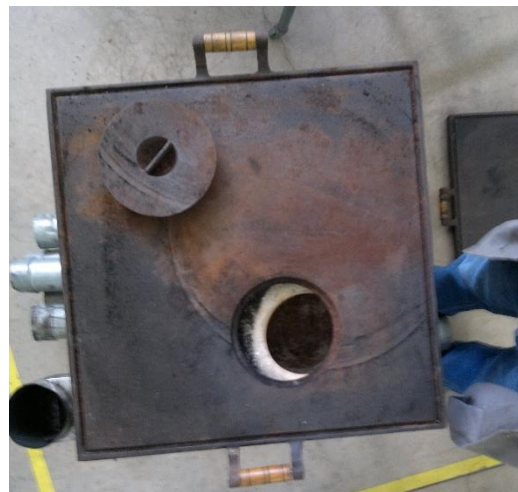


# Medição termográfica

- Técnica fundamentada na detecção da radiação infravermelha.
- Inicialmente foi usada para fins militares. Atualmente, é aplicada no acompanhamento preditivo de alguns equipamentos.
- Principais aplicações:
  - Setor elétrico;
  - Isolamentos térmicos (defeitos de montagem / envelhecimento);
  - Refratários (avaliação em fornos/caldeiras) ;
  - Em trocadores de calor;
  - Equipamentos mecânicos (pontos quentes).

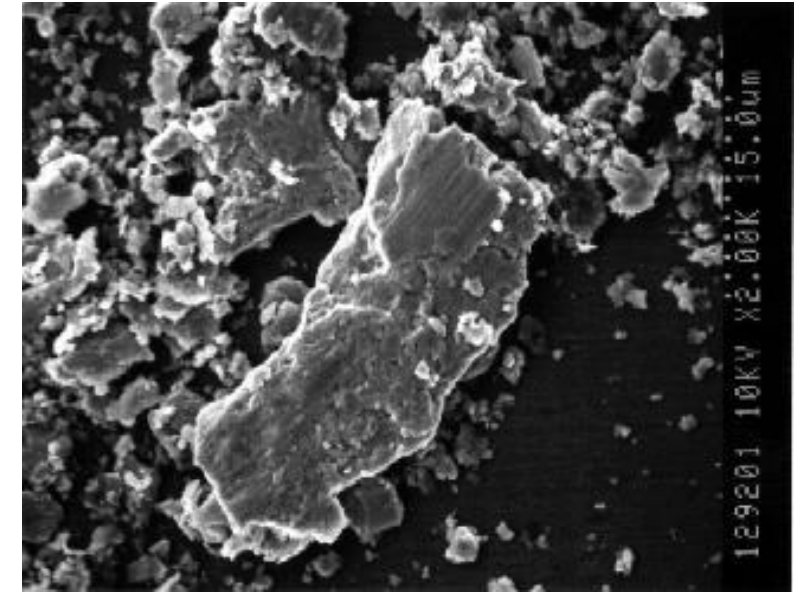






# Ferrografia

- Análise de partículas presentes nos lubrificantes oriundas de desgastes (óleos e graxas);
- A partir da quantificação e análise da morfologia das partículas de desgaste (limalhas), encontradas em amostras de lubrificantes, determinam-se:
  - Tipos de desgaste;
  - Contaminantes;
  - Desempenho do lubrificante, etc.



# Videoscopia

- Consiste em um sistema de inspeção visual remota, por meio de uma sonda.
- Este sistema é ideal para inspecionar locais de difícil acesso em serviços de manutenção de equipamentos industriais.



# Videoscopia

- Exemplos de equipamentos avaliados:
  - Tubulações;
  - Redutores;
  - Vasos de pressão;
  - Trocadores de calor;
  - Motores e compressores;
  - Válvulas;
  - Componentes de aeronaves;
  - Turbinas, entre outros.





# Ensaaios não-destrutíveis

- Ultrassom;
- Inspeção radiográfica;
- Líquido penetrante;
- Partículas magnéticas.



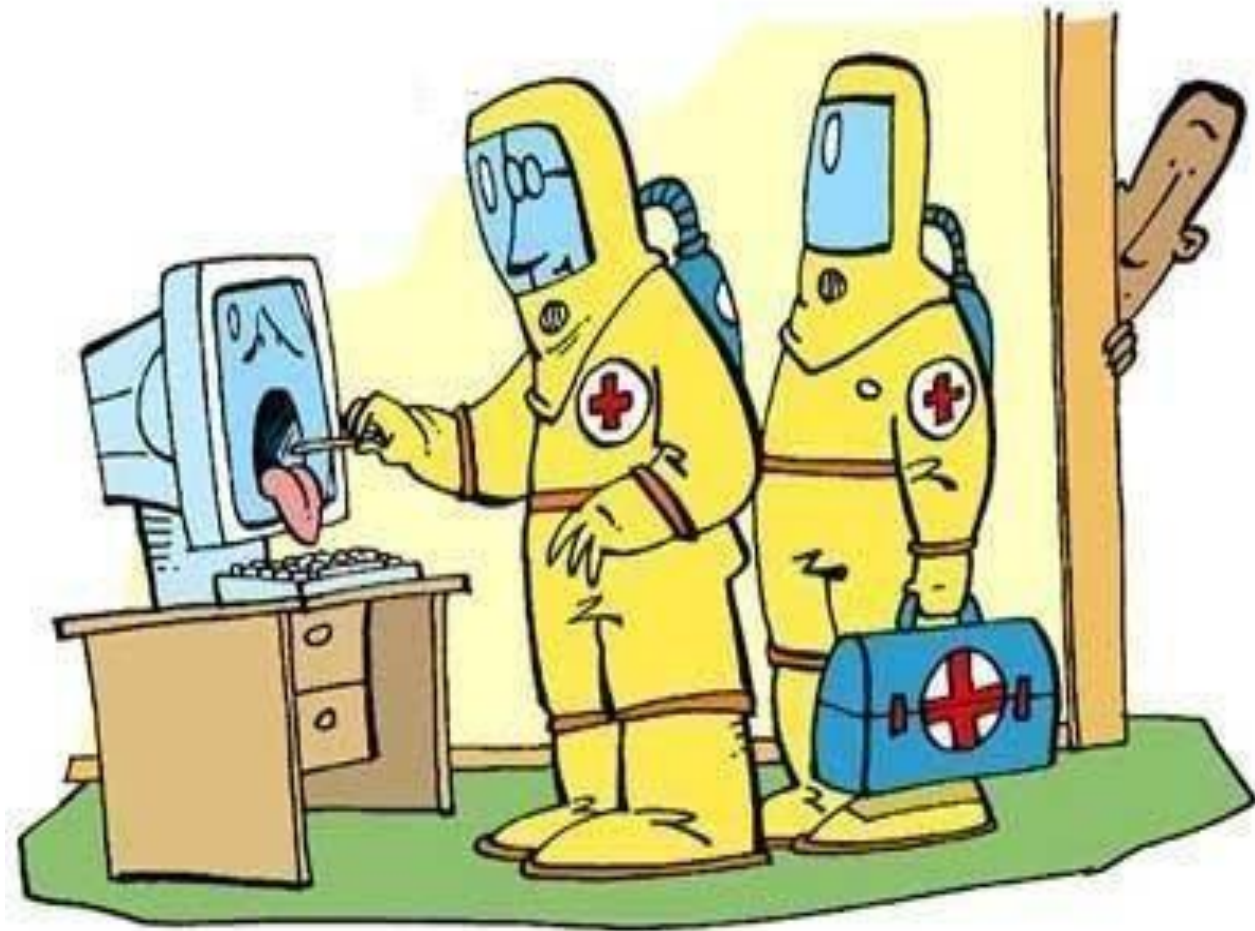
# Manutenção Detectiva

# Manutenção Detectiva

- É a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção;
- Também chamada de pró-ativa;
- Crescimento em virtude da maior automação das plantas e utilização de sistemas de proteção, comando e controle.

# Características

- Normalmente, não é necessário retirar o equipamento de operação e as falhas são corrigidas com o sistema em operação.
- Auxilia na competitividade das empresas.





# Manutenção Detectiva

- Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha o gerador não entra.



Trava p/ evitar o desarme



Trava p/ manutenção

# Manutenção Detectiva

## Exemplos de tarefas de manutenção detectiva:

- Testes de detectores de gás de fumaça e fogo;
- Inspeção de bombas de incêndio;
- Testes em válvulas de segurança;
- Teste de emergência liga/desliga de sistemas de vasos de pressão;
- Testes de malhas de controle de dispositivos de segurança;
- Testes de alarmes em painéis;
- Testes de relés de proteção de equipamentos elétricos.

# Engenharia de Manutenção

# Engenharia de Manutenção

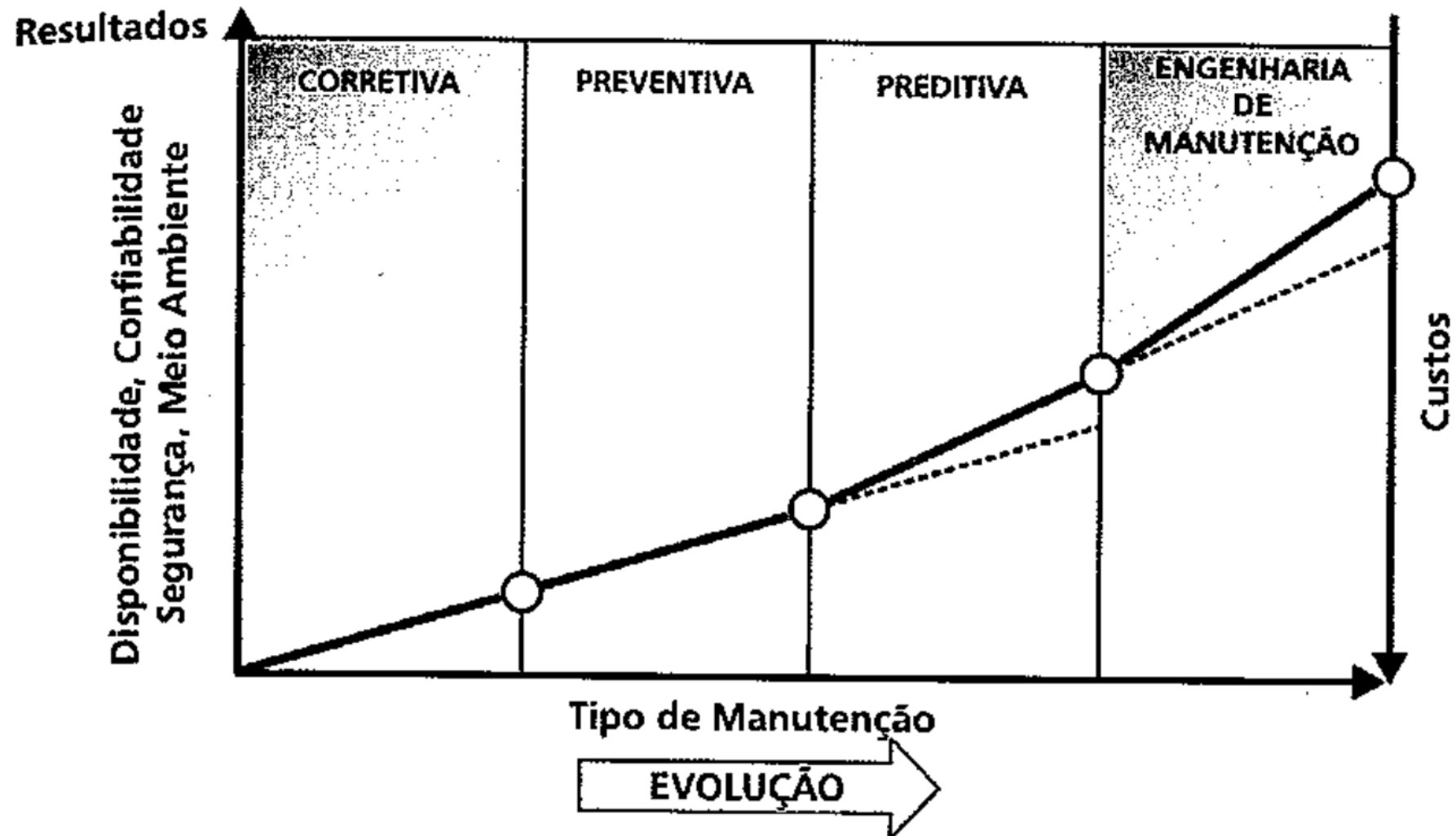
- A prática da Engenharia de Manutenção está associada com uma mudança cultural na empresa.
- A Engenharia de Manutenção significa perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, niveladas com práticas de manutenção de 1º mundo.
- A Engenharia de Manutenção se dedica:
  - Consolidar a rotina;
  - E implementar a melhoria contínua.
- Desta forma, ela utiliza de dados obtidos pela manutenção para melhorar sempre.

# Engenharia de Manutenção

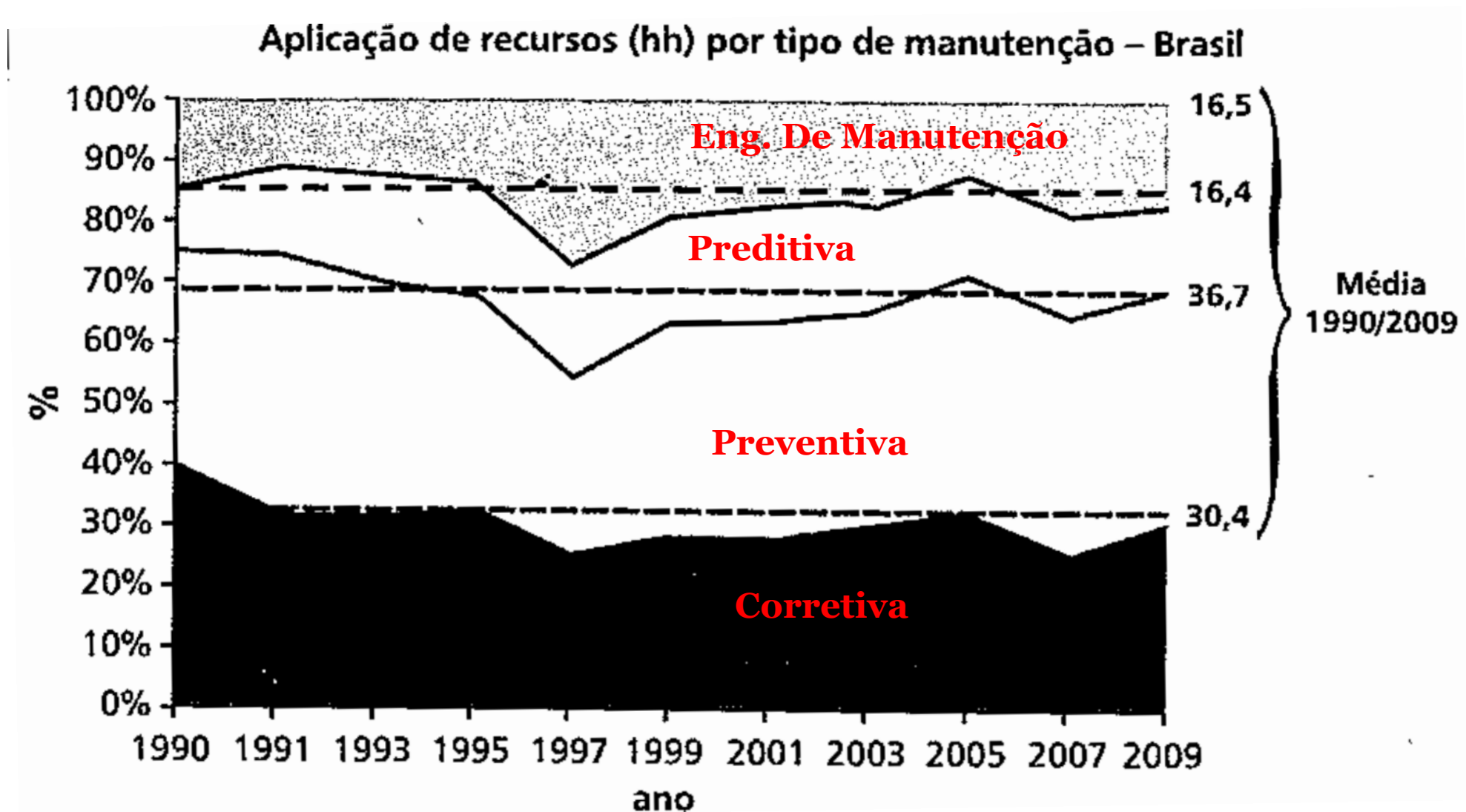
- Atribuições da engenharia de manutenção:
  - Aumentar a confiabilidade e a disponibilidade;
  - Melhorar a manutenabilidade;
  - Aumentar a segurança;
  - Eliminar problemas crônicos;
  - Melhorar a capacitação profissional;
  - Gerir materiais e sobressalentes;
  - Dar suporte à execução;
  - Elaborar e fazer análise crítica de planos de manutenção e inspeção;
  - Zelar pela documentação técnica.

# Evolução e tendências

# Evolução e tendências

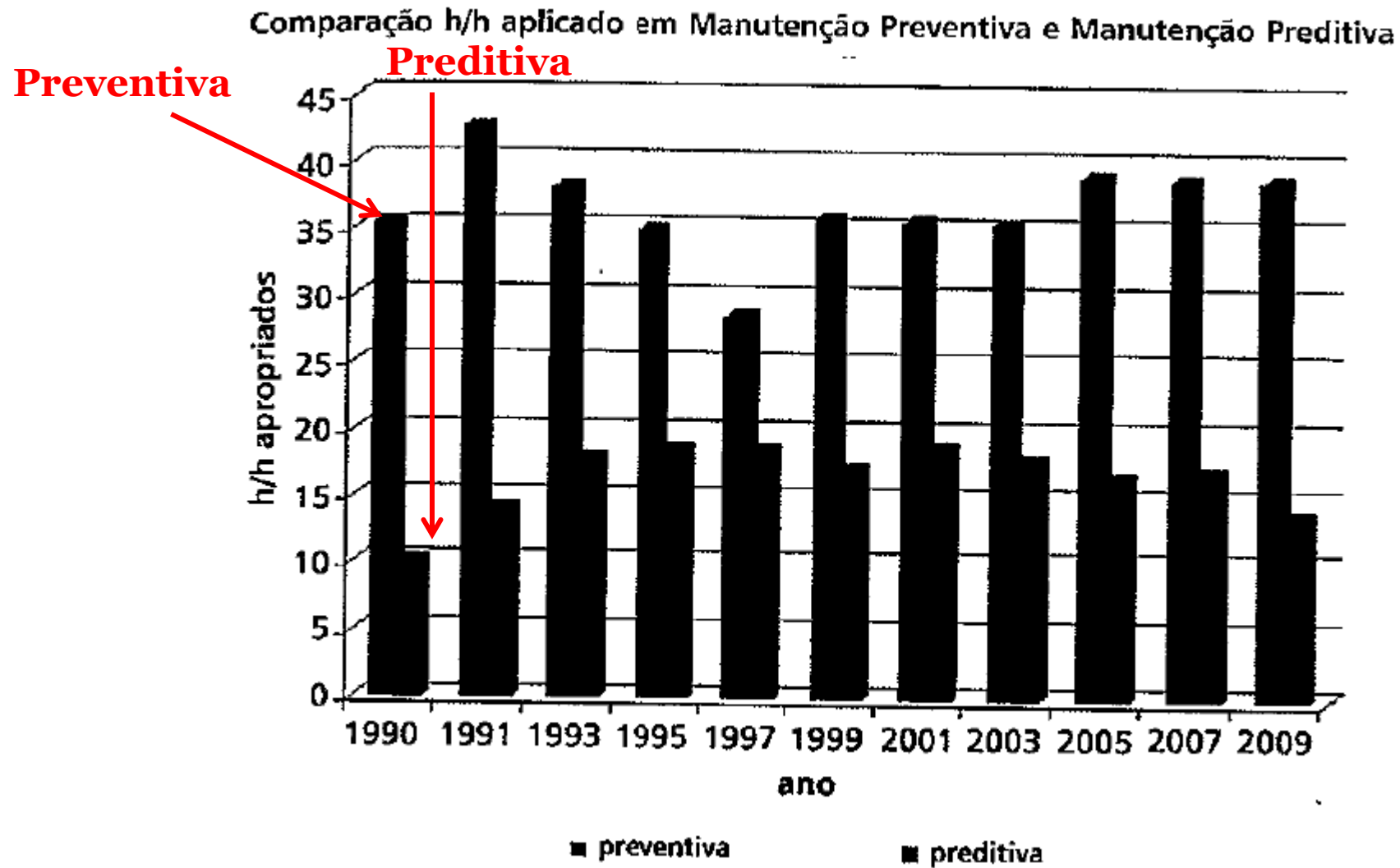


# Evolução e tendências





# Evolução e tendências



# Evolução e tendências

| <b>Tipo de Manutenção</b> | <b>% Médio de h/h Aplicado*</b> |
|---------------------------|---------------------------------|
| Manutenção Corretiva      | 30,4                            |
| Manutenção Preventiva     | 36,2                            |
| Manutenção Preditiva      | 17,8                            |
| Engenharia de Manutenção  | 15,6                            |

\*Período 1990 a 2007.

# Evolução e tendências

## APLICAÇÃO DE RECURSOS (H/H POR TIPO DE MANUTENÇÃO) Cenário favorável para a melhoria dos resultados no Brasil

|                          | 2006 | 2008 | 2010 | 2012 | 2014 | 2016 | 2020 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Corretiva Planejada      | 5    | 7    | 9    | 10   | 11   | 11   | 11   |
| Preditiva e Detectiva    | 17   | 17   | 19   | 22   | 26   | 32   | 38   |
| Engenharia de Manutenção | 16   | 20   | 23   | 26   | 27   | 27   | 27   |
| Corretiva não Planejada  | 26   | 24   | 19   | 15   | 11   | 7    | 5    |
| Preventiva               | 36   | 32   | 30   | 27   | 25   | 23   | 19   |

# Referências

- [1] Kardec, A. e Nascif, J. Manutenção: Função estratégica. 3 ed. 2009.
- [2] Viana, HRG. Planejamento e controle de Manutenção. 2002.
- <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2021/11/03/apagao-no-amapa-completa-1-ano-e-expos-fragilidades-no-acesso-a-energia-eletrica-no-estado.ghtml>

# Dúvidas?