INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Notas de Aulas

Gestão da Manutenção

Prof º Geraldo Sales dos Reis

Joinville 2017 - 4ª Edição

Índice dos Temas **Pág.**

Introdução 001
1.0 Evolução histórica e Importância da Manutenção 003
2.0 Principais Estratégias e definições 011
3.0 Metodologias envolvendo a Manutenção 022
4.0 Introdução à Gestão da Manutenção 036
5.0 Técnicas de Manutenção Preditiva 041
5.1 Técnicas Mecânicas 043
5.1.1 Ultra-som 044
5.1.2 Líquidos Penetrantes 047
5.1.3 Inspeção Visual 048
5.1.4 Análise de Vibração 052
5.1.5 Ações Proativas 053
5.1.6 Análise em Óleos Lubrificantes (Quanto à contaminação) 064
5.1.7 Termografia 070
5.2 Técnicas Elétricas 072
5.2.1 Detecções Diversas 073
5.2.2 Ultra-som 075
5.2.3 Monitoramento de Componentes por Temperatura 077
5.2.3.1 Conceitos 077
5.2.3.2 Monitoramento Pontual 084
5.2.3.3 Monitoramento por Termografia 086
5.2.3.4.Monitoramento em Motores Elétricos 091
6.0 Etapas da Gestão 095
6.1 Planejamento 095
6.1.1 Levantamento de Equipamentos 095
6.1.2 Criticidade de Equipamentos 098
6.1.3 Elaborando Planos e Programando Ações 102
6.1.4 Planejando Sobressalentes 112
6.2 Ferramentas de programação de Serviços 119
6.3 Controle da Manutenção por Indicadores (Classe Mundial) 146
6.4 Ações Corretivas 160
7.0 Considerações Finais 174

Atualmente, a conjuntura econômica globalizada trouxe consigo um novo parâmetro comportamental para o cenário das organizações industriais. As expressões que compõem qualquer sistema produtivo ideal tem sido cada vez mais utilizadas:

Objetivos da Produção

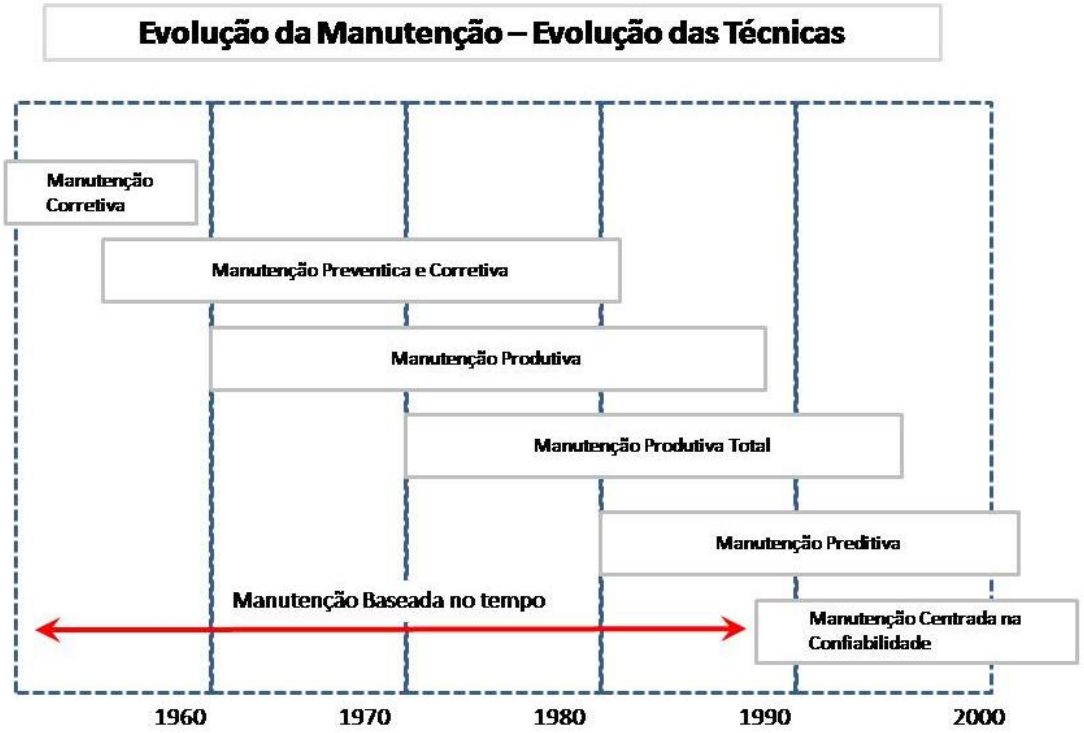
Logo, quando se propõe um trabalho cujo tema é “Importância da Manutenção na Gestão dos Sistemas Produtivos”, deve-se, desde já, considerar estes mesmo como parte integrante e decisiva na busca desse ideal. Desde o início do século XX a Manutenção vem ganhando importância dentro do setor produtivo e vem se destacando cada vez mais como área fundamental para o sucesso das empresas. O impacto de uma manutenção inadequada e ineficiente pode definir a rentabilidade do negócio e a sobrevivência do empreendimento.

Portanto infere-se que hoje, realmente não há espaços para improvisos. Ademais, introduzir técnicas de gestão e mesmo a própria tecnologia em uma empresa do ramo industrial exige uma clara política de manutenção de modo a assegurar a continuidade das atividades industriais, pois dela dependem a funcionalidade, a disponibilidade e conservação de sua estrutura produtiva, representando desta forma um incremento significativo na vida útil dos equipamentos e instalações dando a manutenção *status* de pilar fundamental de toda empresa que se considere competitiva.

É bom pensar bem,
É sábio planejar bem
E melhor e mais sábio do que tudo
É fazer bem

provérbio persa

1.0 Evolução Histórica e Importância do tema



Evolução da manutenção

1a. Geração: até a 2a. Guerra - Indústria pouco mecanizada - Equipamentos simples e superdimensionados	**Manutenção não era fundamental**
2a. Geração: da 2a. Guerra aos anos 60 - Aumento da mecanização - Aumento da complexidade das instalações	**Planejamento e Sistemas de Controle**
3a. Geração: anos 70 - Mudanças aceleradas	**Novas expectativas** **Nova visão das falhas** **Novas técnicas de análise**
4a. Geração: século XXI - Desenvolvimento Sustentável	Meio Ambiente Inovação Tecnológica Aspectos Sociais Crescimento Pessoal

A importância do setor de Manutenção

O total de gastos nas indústrias, gira entre 2% a 8% do faturamento bruto de uma empresa, dependendo do tipo de indústria

Dados da ABRAMAN
Associação Brasileira de Manutenção

Ano	Custo Total da Manutenção / Faturamento Bruto
2013	4,69 %
2011	3,95 %
2009	4,14 %
2007	3,89 %
2005	4,10 %
2003	4,27 %
2001	4,47 %
1999	3,56 %
1997	4,39 %
1995	4,26 %

PROFITABILITY engineers

ESTES DADOS FAZEM PARTE DA RESPOSTA DE UMA PESQUISA ONDE PARTICIPARAM 404 EMPRESAS (45 - PORTUGAL,197 - UK, 66 - ALEMANHA, 42 - FRANÇA e 54 - USA) ELABORADA PELA "PROFITABILITY ENGINEERS"

CUSTO DA MANUTENÇÃO PELO FATURAMENTO

SETOR	%	SETOR	%
Aeroespacial	2,7	Construção Civil	8,1
Químico	5,0	Bebidas	3,0
Eletrônica	2,9	Alimentos	3,1
Engenharia	3,3	Vidro	4,3
Mineração/Metais	4,4	Automotivo	4,6
Nuclear	7,3	Petróleo	2,5
Embalagem	5,1	Papel e Celulose	4,7
Farmacêutico	3,9	Plástico	5,0
Borracha	4,3	Têxtil	5,1
Serviços	8,0	Transporte	12,7

A média obtida para os dados acima é de 4,12%.

CUSTO DA MANUTENÇÃO NO BRASIL

Ano da Pesquisa	Ano Base	PIB (Milhões de R$)	CTM/FB (%)	Custo (Milhões de R$)
2013	2012	4.403.000	4,69	206.500,700
2011	2010	3.675.000	3,95	145.162,500
2009	2008	2.900.000	4,14	120.060,000
2007	2006	2.322.000	3,89	90.325,800
2005	2004	1.769.202	4,10	72.537,282
2003	2002	1.346.028	4,27	57.475,396
2001	2000	1.101.255	4,47	49.226,099
1999	1998	914.188	3,56	32.545,093
1997	1996	778.887	4,39	34.193,139
1995	1994	349.205	4,26	14.876,133

A importância do setor de Manutenção

R$ 206 bilhões de Reais

ou

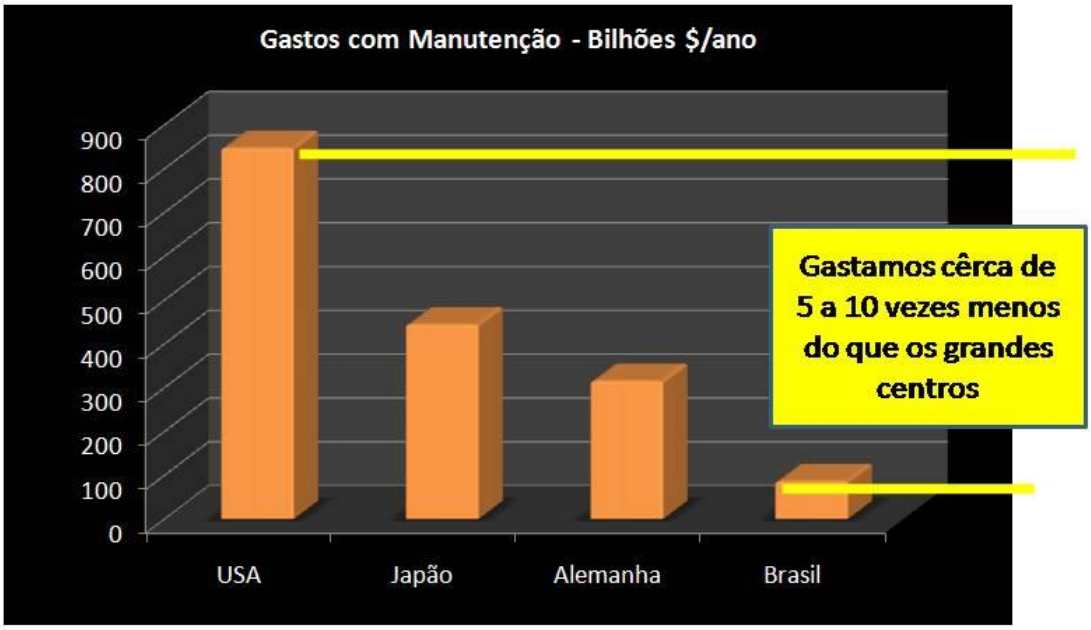
US$ 94 bilhões

dolar out/13 – 2,20

A título de informação o orçamento do estado de SC para 2012, foi de aproxim.

R$ 20 bilhões

A Importância Estratégica da Atividade Manutenção



Pesquisa ABRAMAN de 2011 - adaptado

Neste quadro, como os recursos não estão muito disponíveis, a necessidade de fazer manutenção de forma racional e e otimizada se torna quase obrigatória

A importância do setor de Manutenção

Indicadores de Disponibilidade (%)									
Tipo	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
Disponibilidade Operacional	85,82	89,30	91,36	89,48	88,20	90,82	90,27	91,30	89,29
Indisponibilidade devido a Manutenção	4,74	5,63	5,15	5,82	5,80	5,30	5,43	5,44	6,15

Usualmente quando se fala de em qualidade, logo se pensa em atuar junto aos setores de operação dos processos industriais, são poucas as empresas que conseguem entender quanto à manutenção está pesadamente envolvida com o processo, via disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos

Manutenção Considerada do Terceiro Mundo

As considerações abaixo são importantes acerca do que se tem encontrado em grande parte das manutenções em nosso país, que podem demonstrar o que seja uma Manutenção de Terceiro Mundo

- Alta taxa de retrabalho
- Falta de pessoal qualificado
- Convivência com problemas crônicos
- Falta de sobressalentes no estoque
- Número elevado de serviços não previstos
- Baixa Produtividade
- Histórico de manutenção inexistente ou não confiável.
- Falta de planejamento prévio
- Abuso de "gambiarras"
- Horas Extras em profusão

TOTAL FALTA DE TEMPO PARA QUALQUER COISA

Essas características podem estar presentes em todas as empresas ou parcialmente presentes . Mas o fato é que ou irão prejudicar totalmente a manutenção, e aí carecia de uma melhoria global, ou irão prejudicar parcialmente os resultados.

Principais Conseqüências

- Moral do Grupo sempre em baixa
- Não cumprimento de prazos
- Elevado número de equipamentos abertos (em manutenção)
- Disponibilidade baixa
- TMEF baixo
- Perda de produção por problemas de equipamentos
- Manutenção predominantemente corretiva não planejada

NÃO SE MEDE, NÃO SE ESTUDA, NÃO SE PLANEJA.

Manutenção considerada de Classe Mundial

A MUDANÇA NO ENFOQUE MANUTENÇÃO COMO FUNÇÃO ESTRATÉGICA

O quadro a seguir apresenta a mudança no enfoque da manutenção quando se compara ONTEM com o HOJE e com o FUTURO.

ONTEM	HOJE / FUTURO
Eficiência	Eficácia
Reparar o equipamento o mais rápido possível	Manter o equipamento disponível para operar
Preocupação limitada à Manutenção	Preocupação com a Empresa

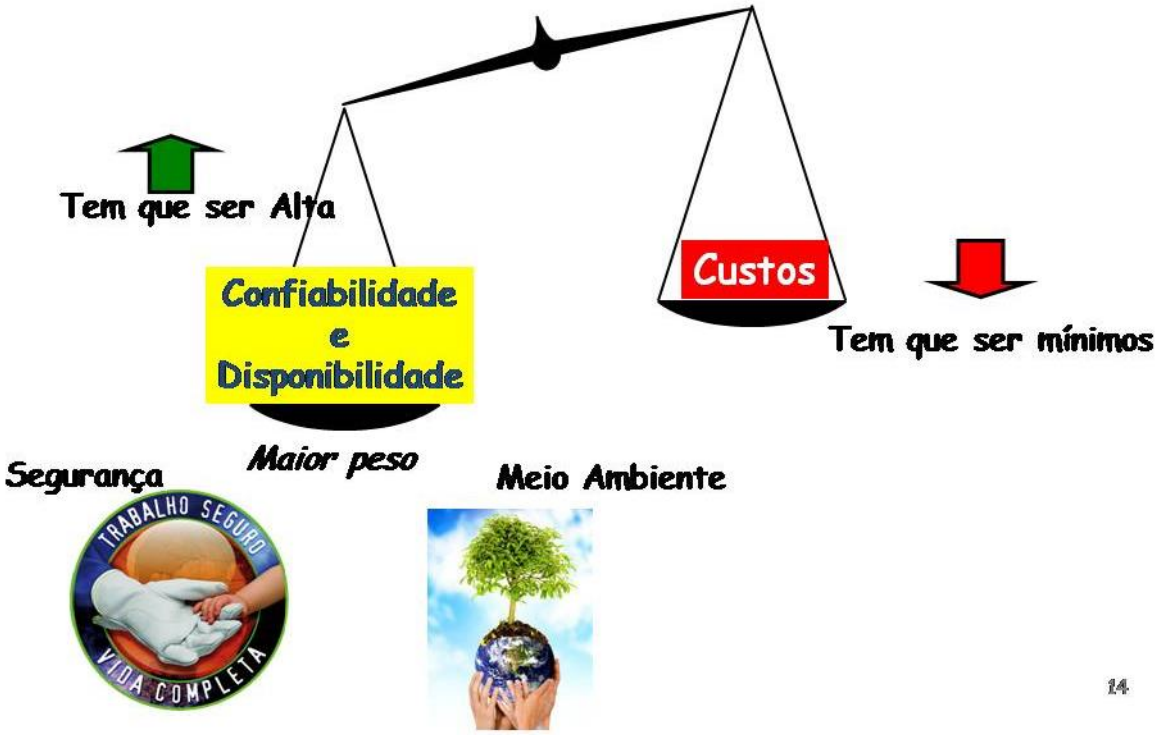
Eficiencia
s.f. Capacidade de produzir um efeito. / Rendimento satisfatório imputável a uma pesquisa voluntária sistemática: a eficiência de uma técnica, de um empreendimento. / Antônimo:Eficácia.

O trabalho em si como ele É feito

Eficacia
s.f. Qualidade daquilo que produz o efeito que se espera: eficácia de um auxílio. / Antônimo:Eficiência.

O resultado do trabalho feito

PRODUTO DA MANUTENÇÃO – CONCEITO MODERNO



14

As perguntas que o homem de manutenção deve se fazer, constantemente, são as seguintes:

O que a empresa necessita para atender o mercado de forma mais competitiva ?

O que a Manutenção pode oferecer para que a minha empresa consiga atender o mercado de forma mais competitiva ?

Algumas respostas, são conhecidas de todos, vêm imediatamente à mente:

DISPONIBILIDADE - Razão de ser da manutenção, deve ser alta.

CONFIABILIDADE - Os equipamentos devem ter alta confiabilidade.

CUSTOS - Devem ser adequados.

Logo a seguir mais 3 respostas podem ser acrescentadas às primeiras:

QUALIDADE

SEGURANÇA

MORAL

A MUDANÇA NO ENFOQUE MANUTENÇÃO COMO FUNÇÃO ESTRATÉGICA

Se a Manutenção estiver no primeiro estágio - REATIVA, isto é, reagindo aos acontecimentos, ela estará praticando Manutenção Corretiva não Planejada.

Nessa situação quem comanda a manutenção são os equipamentos. Nessa fase não se consegue inovar; não acontecem melhorias.

É preciso dominar a situação, controlar a manutenção para que se possa, a partir daí, introduzir as melhorias tão necessárias.

Assim é necessário, primeiro, CONTROLAR, poder analisar, diagnosticar e prever quais serão os próximos passos, para depois INOVAR.

Somente depois dessas duas fases pode-se atingir a MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL.

2.0 Principais Estratégias e Definições de Manutenção

No diagrama a seguir todas as estratégias de manutenção estão mencionadas, também está descrito na sequência as definições de manutenção que constam na NBR5462 que é a norma que define os têrmos relativos a confiabilidade e a mantenabilidade.

NOV 1994 | NBR 5462

Confiabilidade e mantenabilidade

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas

Terminologia

Origem: Projeto NBR 5462/1993
CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
CE-03:056.01 - Comissão de Estudo de Confiabilidade
NBR 5462 - Reliability and maintainability - Terminology
Descritores: Reliability. Maintainability
Esta Norma substitui a NBR 5462/1981
Esta Norma foi baseada na IEC 50 (191)
Válida a partir de 30.12.1994

Palavras-chave: Confiabilidade. Mantenabilidade | 37 páginas

SUMÁRIO

1 Objetivo
2 Definições
ANEXO A - Relações entre os conceitos de defeito, falha e pane
ANEXO B - Lista de símbolos e abreviações
ANEXO C - Listas de equivalência dos termos técnicos relacionados à confiabilidade e mantenabilidade - Entrada em Português
ANEXO D - Listas de equivalência dos termos técnicos relacionados à confiabilidade e mantenabilidade - Entrada em Inglês
Índice alfabético

1 Objetivo

Esta Norma define os termos relacionados com a confiabilidade e a mantenabilidade.

Nota: Nesta Norma são dados quatro Anexos, a saber:

a) relações entre os conceitos de defeito, falha e pane (Anexo A);

b) lista de símbolos e abreviações (Anexo B);

c) listas de equivalência dos termos técnicos relacionados à confiabilidade e mantenabilidade - Entrada em Português (Anexo C);

d) listas de equivalência dos termos técnicos relacionados à confiabilidade e mantenabilidade - Entrada em Inglês (Anexo D).

2 Definições [1]

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 2.1 a 2.21.

2.1 Conceitos básicos

2.1.1 Item

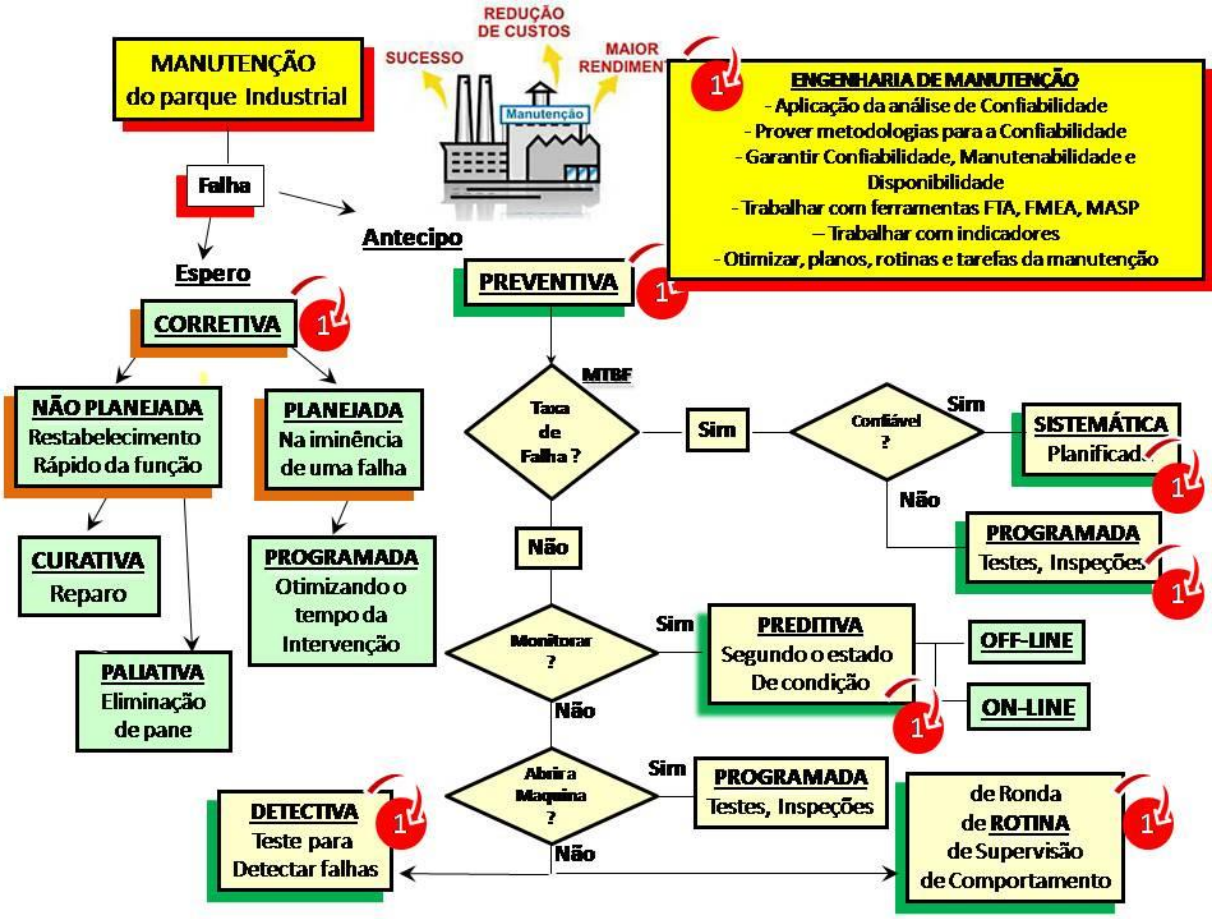
Qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente.

Nota: Um item pode eventualmente incluir pessoas.

2.1.2 Item reparado

Item reparável que será de fato reparado depois de uma falha.

[1] As definições desta Norma são baseadas na "International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 191 - Dependability and Quality of Service" da IEC, não se limitando porém de termos relacionados à Qualidade de Serviços. É entendido que todos os termos são definidos de acordo com o campo delimitado no Capítulo 1.



Principais definições usadas neste diagrama:

Manutenção é o conjunto de ações a serem feitas em um determinado bem patrimonial com o fim de manter ou restabelecer a(s) funções pelo qual se espera dele, de forma a assegurar a regularidade da produção, a sua qualidade e a segurança com o mínimo de custos totais.

Falha

É uma ocorrência em um equipamento, que quando acontece o mesmo não mais está em condições de efetuar o trabalho ou a tarefa que efetuava.

Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma pane. Tem a finalidade de recolocar um componente ou equipamento em condição de executar sua função requerida, ou seja, a função para a qual foi projetado e instalado.
Esse tipo de manutenção era muito utilizado, no período pré/pós 2ª guerra mundial, quando ninguém se preocupava em consertar, apenas utilizar até quebrar.

Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é o conjunto de atividades técnicas e administrativas cuja finalidade é reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de uma peça ou equipamento.

Função

É a ação própria ou natural de um órgão, aparelho ou de um equipamento, ou seja:

"... É a finalidade para qual ele foi projetado, desenhado ou idealizado, ou montado ..."

Pane

Situação em que se encontra um equipamento em que não pode ser posto a trabalhar, pois trará problemas a produção, com má qualidade, risco de vida ou danos ao patrimônio.

Taxa de falhas

É a freqüência com qual um sistema ou um componente projetado falha, é normalmente expresso em falhas por hora. É freqüentemente representado pelo Letra grega λ (lambda) e é importante dentro da teoria da confiabilidade.

Na prática, o inverso da taxa de falha é conhecido como MTBF e é usado para expressar o tempo em que o componente ou sistema trabalhou bem sem falhas.

Manutenção Preventiva Sistemática

É aquela que é executada em intervalos fixos de tempo de vida, ou seja, é executada de tempos a tempos. Vale ressaltar que a expectativa mínima do tempo de vida dos componentes é dada pela experiência acumulada (histórico) ou pelo fabricante.

Como exemplo temos: a lubrificação nas verificações periódicas obrigatórias e na substituição de componentes como custo reduzido.

Manutenção Preventiva Programada

É aquela que é executada em intervalos não fixos de tempo de vida, ou seja, é executada em tempos variáveis. Vale ressaltar que o objetivo principal é conhecer o tempo ideal para se passar para uma programação totalmente "sistemática".

Como exemplo temos: a troca de uma vedação, inicialmente com uma periodicidade e depois vai se modificando até que se conheça qual é a período real do desgaste.

Exemplo clássico de manutenção preventiva, são as ações feitas no nosso automóvel.

Outro exemplo de manutenção preventiva

Quadro de manutenção preventiva

Revisões (a cada 10.000 km ou 1 ano, exceto a revisão especial, que deverá ser executada aos 1.500 km ou 6 meses)

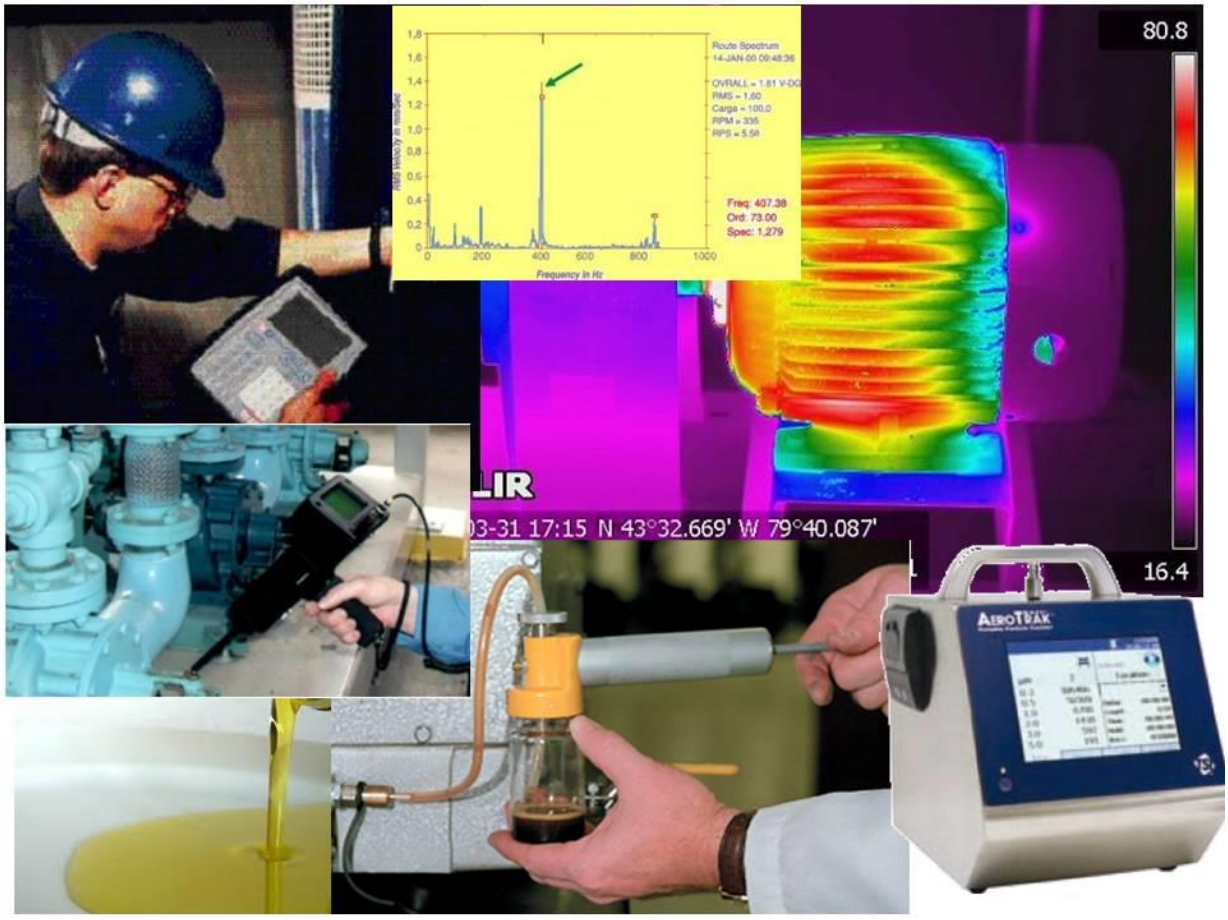
1.500 km	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Serviços a serem executados
											Teste de rodagem
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Teste de rodagem: verificar irregularidades. Fazer o teste de rodagem antes e depois da revisão.
											Motor e transmissão*
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Motor e transmissão: verificar eventuais vazamentos.
		•				•				•	Velas de ignição (motor DOHC – 16V): inspecionar.
				•				•			Velas de ignição (motor DOHC – 16V): trocar.
	•	•		•	•		•	•		•	Velas de ignição (motor SOHC – 8V): inspecionar.
			•			•			•		Velas de ignição (motor SOHC – 8V): trocar.
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Nível de óleo do motor: verificar.
			•						•		Correia dentada de distribuição: verificar o estado da correia e o funcionamento do tensionador automático.
						•					Correia dentada de distribuição: substituir e verificar o funcionamento do tensionador automático.
			•						•		Correia de acessórios: verificar o estado.
						•					Correia de acessórios: inspecionar e substituir, se necessário.
	•	•		•	•		•	•		•	Filtro de ar: verificar o estado e limpar, se necessário.
			•			•			•		Filtro de ar: trocar.
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Transmissão (todas): verificar o nível de óleo e completar, se necessário.
			Verifique intervalo nesta Seção								Óleo do motor: substituir.
			Verifique intervalo nesta Seção								Filtro de óleo do motor: substituir.
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Filtro de combustível (externo ao tanque): substituir.
			•			•			•		Pré-filtro de combustível (gargalo): substituir.

Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é a técnica de analisar sintomas dos equipamentos, através de medições próprias de determinadas variáveis para estabelecer critérios de intervenções preventivas ou corretivas programadas.

Distingue-se dos outros tipos de manutenção por ser executada com o equipamento (ou planta) em operação, sem necessidade de parada ou desligamento de máquina, portanto, sem perda de produção..

Hoje em dia existem várias técnicas de monitoramento que podem ser aplicadas nas máquinas e equipamentos.



Manutenção Ronda (Inspeções)

As atividades de inspeção são aquelas em que o executante da manutenção executa pequenas tarefas aonde se utiliza muito os sentidos humanos naturais (visão, olfato, audição e tato) são normalmente agrupadas em uma seqüência lógica operacional e são chamadas de **rotas de inspeção**, eventualmente podem conter algumas ações (pequenas) de lubrificação, regulagem, ajuste e até de atividades preditivas (medidas de vibração, temperatura, vazão, pressão etc.).

Manutenção Detectiva

A manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

A Manutenção Detectiva também é conhecida como TDF – Teste para Detecção de Falhas, consiste na inspeção das funções ocultas, a intervalos regulares, para ver se tem falha e recondicioná-las em caso de falha funcional.

Esse tipo de manutenção é relativamente novo, surgiu a partir da década de 90, e por isso mesmo ainda é muito pouco conhecido no Brasil.

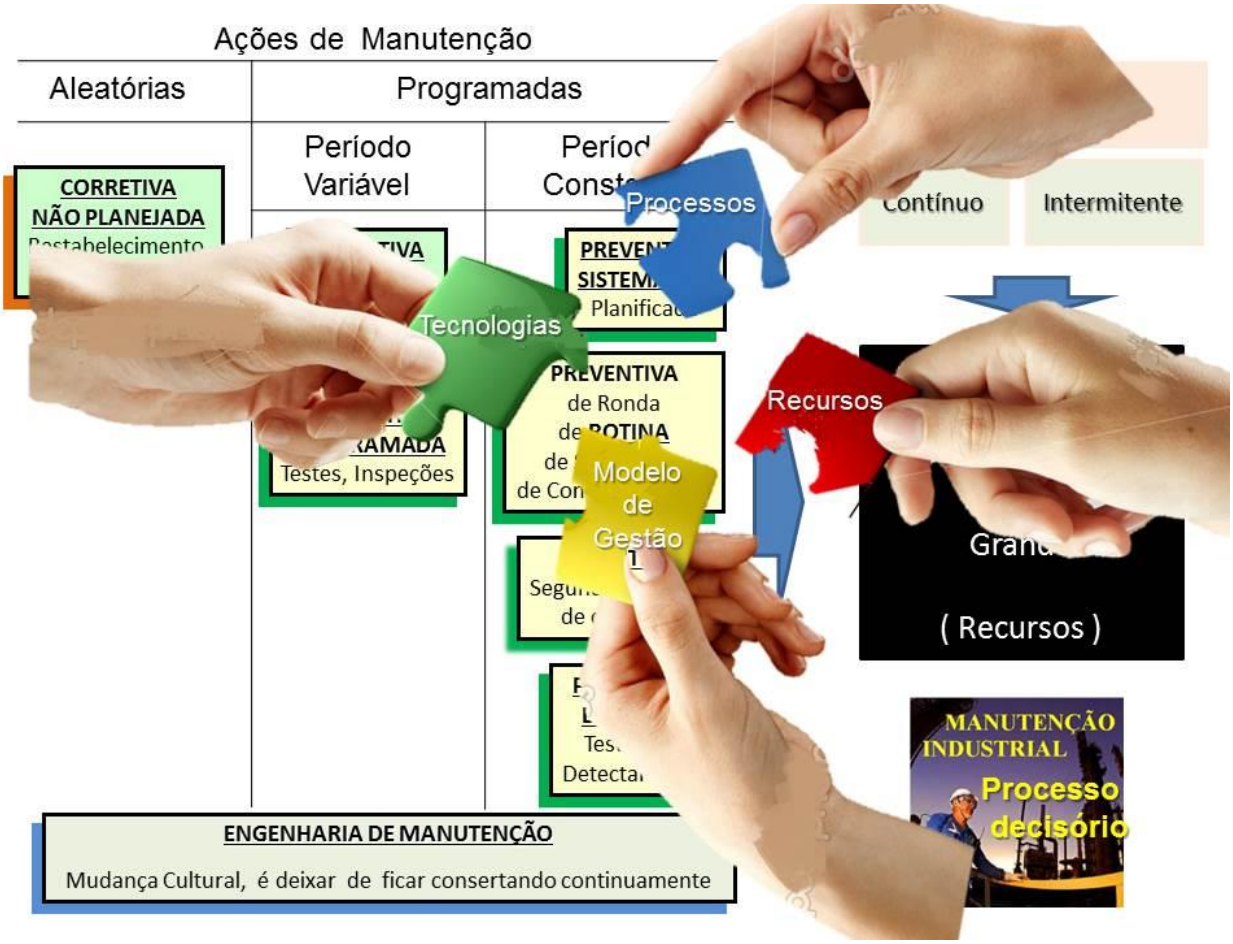
Assim como a manutenção preditiva, a manutenção detectiva gera corretiva planejada, ou seja, uma vez detectada a falha, é programada a sua correção.

O gerador mostrado na figura é um exemplo de equipametos que Precisam de um monitoramento por Manutenção Detectiva

A engenharia de manutenção é o ramo da engenharia focado para a aplicação dos seus conceitos à optimização dos equipamentos , dos processos e dos orçamentos, de modo a alcançar uma melhor **manutenabilidade**, **confiabilidade** e **disponibilidade** dos equipamentos.
A manutenção e, consequentemente, a engenharia de manutenção têm vindo a ganhar uma importância crescente devido ao aumento do número de equipamentos, aparelhos, sistemas, máquinas e infraestruturas que tem vindo a ocorrer constantemente, desde a Revolução Industrial.

O seu elevado número e diversidade requerem um conjunto crescente de profissionais e sistemas especializados na sua manutenção.

Em resumo, o que vimos foi ....

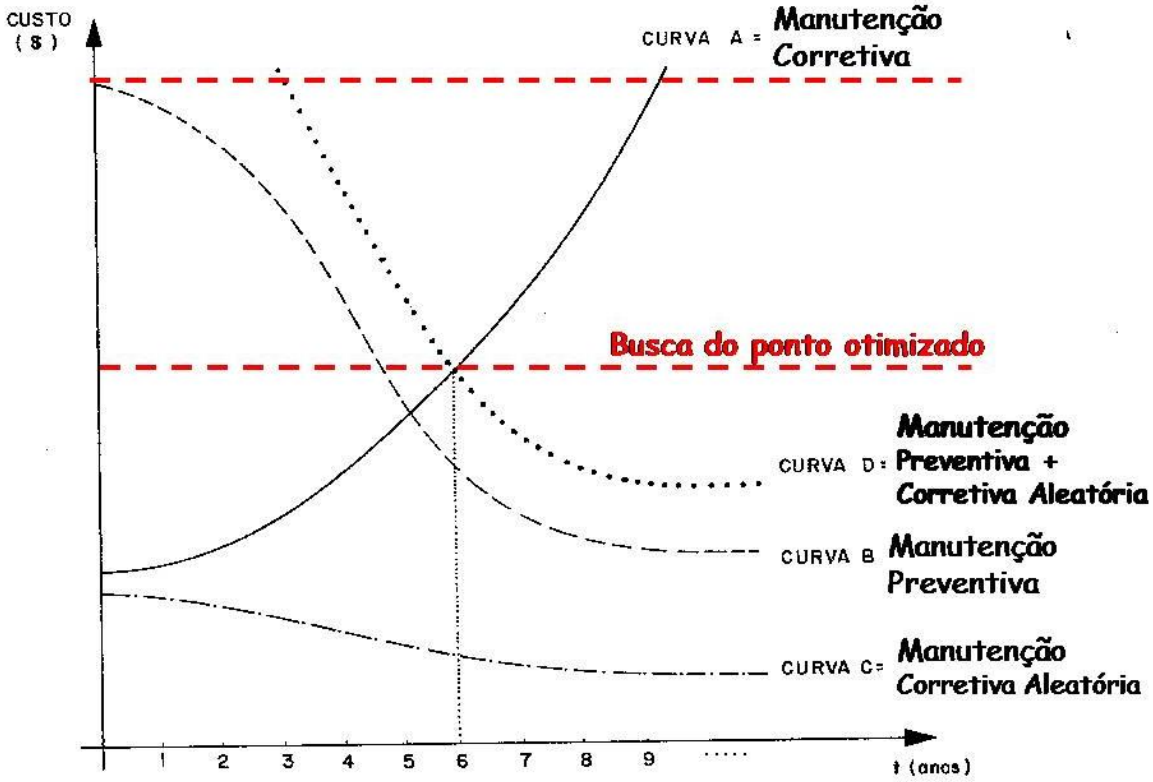


MODELO DE GESTÃO

- Modelo de Gestão é o gerir através de um exemplo já existente realizando apenas as modificações necessárias para a necessidade de cada organização.
(FERREIRA, 2005)

modelo de gestão refere-se à forma como as empresas organizam suas atividades (**tarefas**) e seus recursos (**pessoas**) com a aplicação de procedimentos (**tecnologia**), normas e regras (**estrutura**). Desta forma, a gestão da empresa reflete sua cultura organizacional (**ambiente**) , seus valores, sua visão (**objetivos**) e missão (**negócio**).

O gráfico a seguir compara os custos de implantação tanto da manutenção corretiva como da manutenção preventiva



Estratégia	Característica
Sistemática	Taxa de falha constante – ações periódicas e constantes
Programada	Incerteza quando ao valor da taxa de falha – ações não peródicas e não periódicas e variadas
Preditiva	Busca pelo período aonde ocorrerá a falha – Intervir no momento exato a falha
Ronda	Supervisão sintomática
Detectiva	Teste para descobrir falhas ocultas
Engenharia de Manutenção	É a elevação da qualidade dos trabalhos para uma manutenção eficaz

Não existe uma estratégia melhor do que a outra, o que é necessário é associar a cada equipamento a estratégia que melhor se adeque a funcionalidade esperada.

O que é TPM ?

- TPM é um sistema de gestão abrangente, que transforma os modelos tradicionais de administração e busca a eliminação contínua das perdas, obtendo assim a evolução permanente da estrutura empresarial, pelo constante aperfeiçoamento das pessoas, dos meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços.
- Vem do inglês "*total Productive Management*" ou, em português,
  Manufatura produtiva total

O que é TPM ?

- A TPM é um **modelo de gestão** que busca a Eficiência máxima do sistema produtivo através da eliminação de perdas e do desenvolvimento do homem e sua relação com o equipamento.

De onde vem o TPM ?

- A TPM surgiu no Japão, no século passado, no início da década de 70.

- Naquela época, empresas como como a Toyota já estavam tentando criar sistema de fornecimento "*just in time*" , utilizando o mínimo de estoque, tanto de matérias primas quanto produto acabado.

Cinco Pontos Chaves do TPM

- 1- Controle Total das Perdas
- 2- Cultura Prevencionista
- 3- Envolve toda a força de trabalho da empresa
- 4- Trabalho em equipe
- 5- Abrange todos os setores e atividades

O Principal Foco Do Sistema É a Eliminação Das Grandes Perdas

• Quebras e falhas • Controle de mudanças de linha (set up)	**ID** Índice de Disponibilidade
• Pequenas paradas / tempos ociosos • Operação em baixa velocidade	**IE** Índice de Eficiência
• Defeitos de qualidade • Perdas com Start-up • Perdas administrativas	**IQ** Índice de Qualidade

Índice OEE

A denominação **OEE** (de *overall equipment effectiveness*) é bem mais usada nos meios de manutenção do que a abreviatura da "tradução", que poderia ser **EGE** (de eficiência global do equipamento). Dessa forma, usaremos também **OEE**, que é definida como:

OEE = ID x IE x IQ

O Principal Foco Do Sistema É a <u>Eliminação Das Grandes Perdas</u>

<u>Exemplo</u>:

Calcular a **OEE** de um equipamento, que tem ID= 0,9508, IE= 0,7883 e IQ= 0,9910.

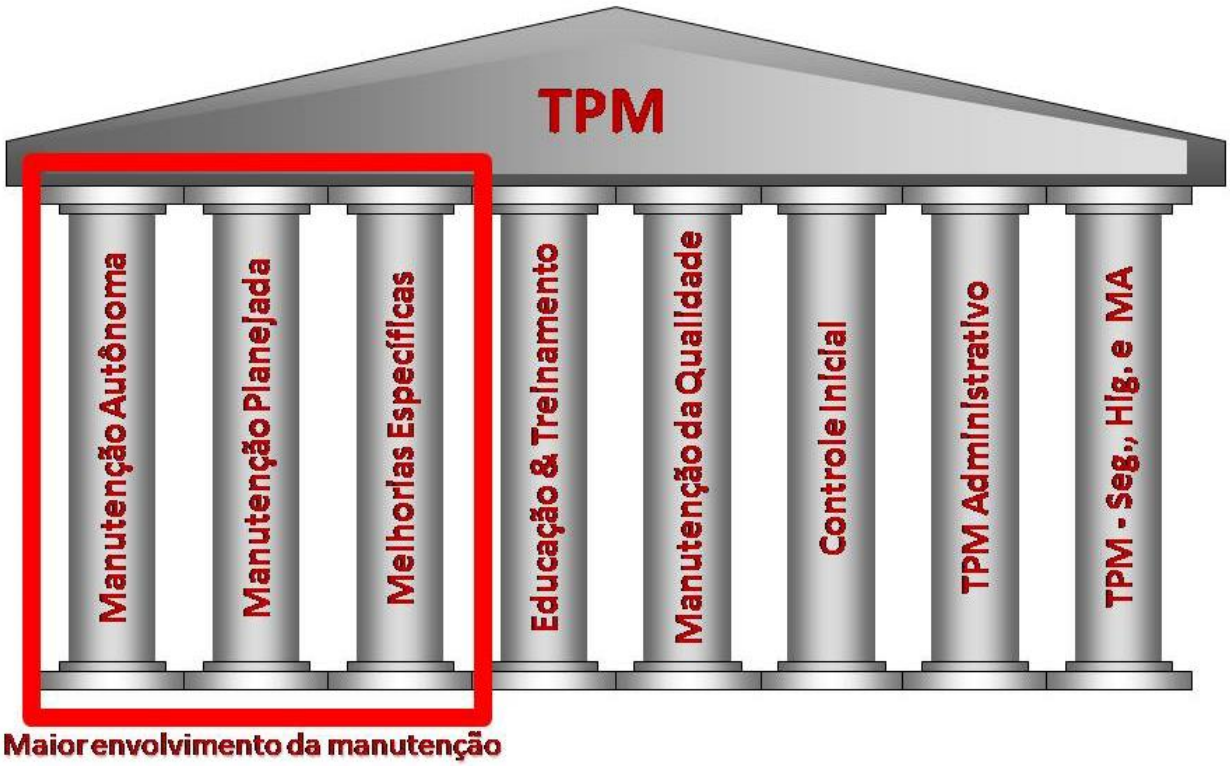
OEE = 0,9508 X 0,7883 X 0,9910 = 0,7428, ou 74,28%

É bem grande O número de empresas que usam a **OEE** como um indicador de produtividade.

O cálculo da **OEE** para um grande número de equipamentos, situação muito comum, seria extremamente trabalhoso se não existissem softwares de manutenção, já bastante populares entre as empresas.

Outra observação quanto à **OEE** é sua sensibilidade a cada um dos três índices que a compõem. Qualquer deslize em um deles tem um efeito devastador no resultado, já que será menor que o menor dos índices.

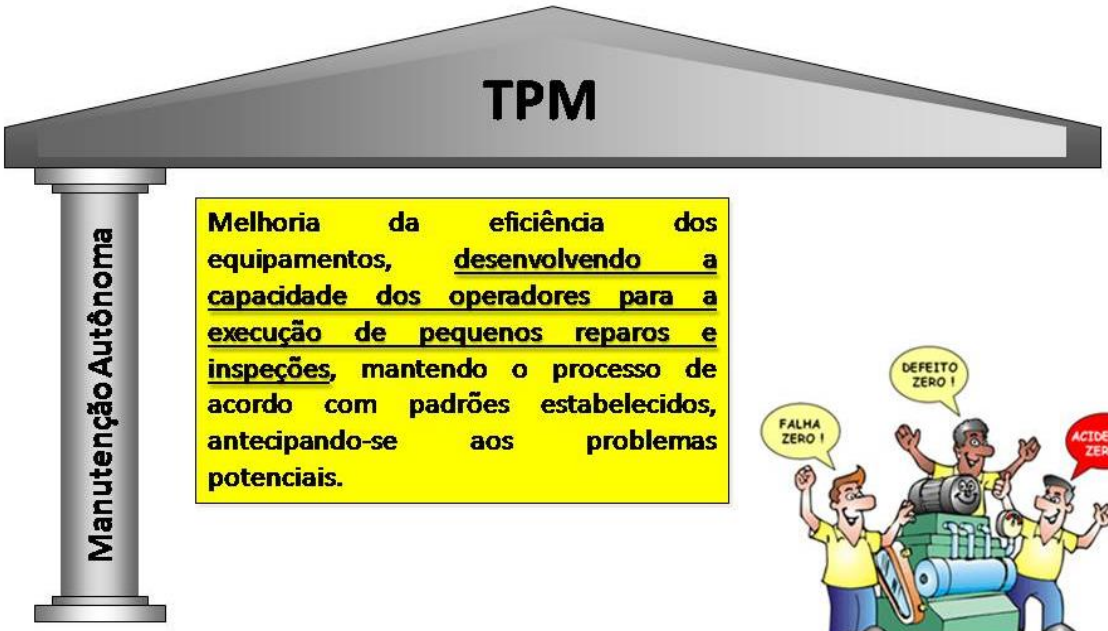
O PROGRAMA TPM - 8 PILARES



PROGRAMA TPM

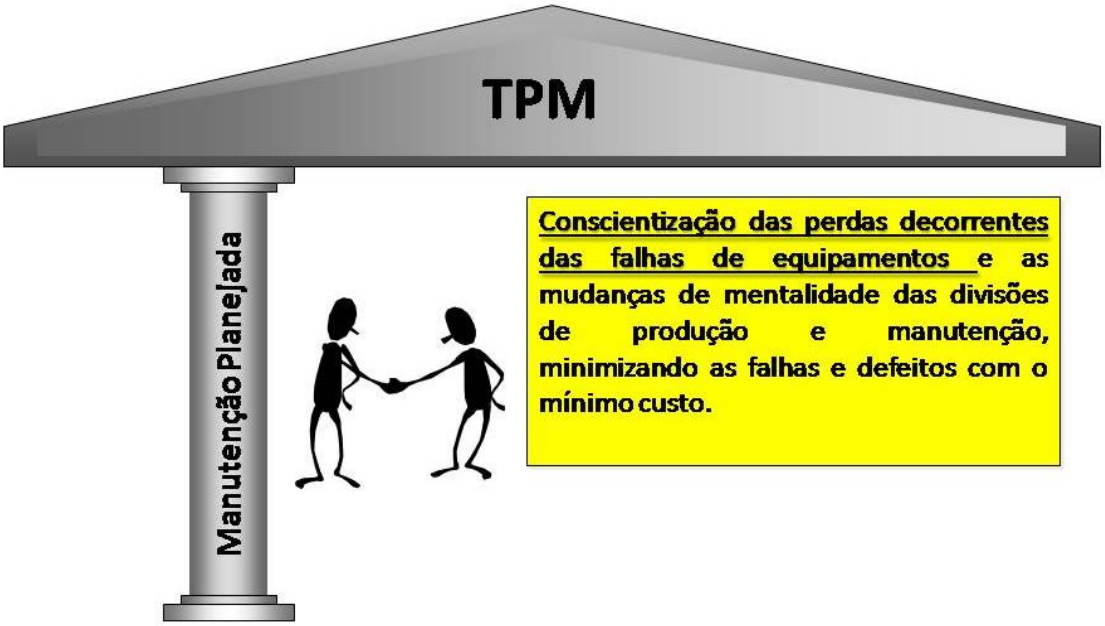
ATIVIDADES DE MAIOR PARTICIPAÇÃO DA MANUTENÇÃO

MANUTEÇÃO AUTÔNOMA



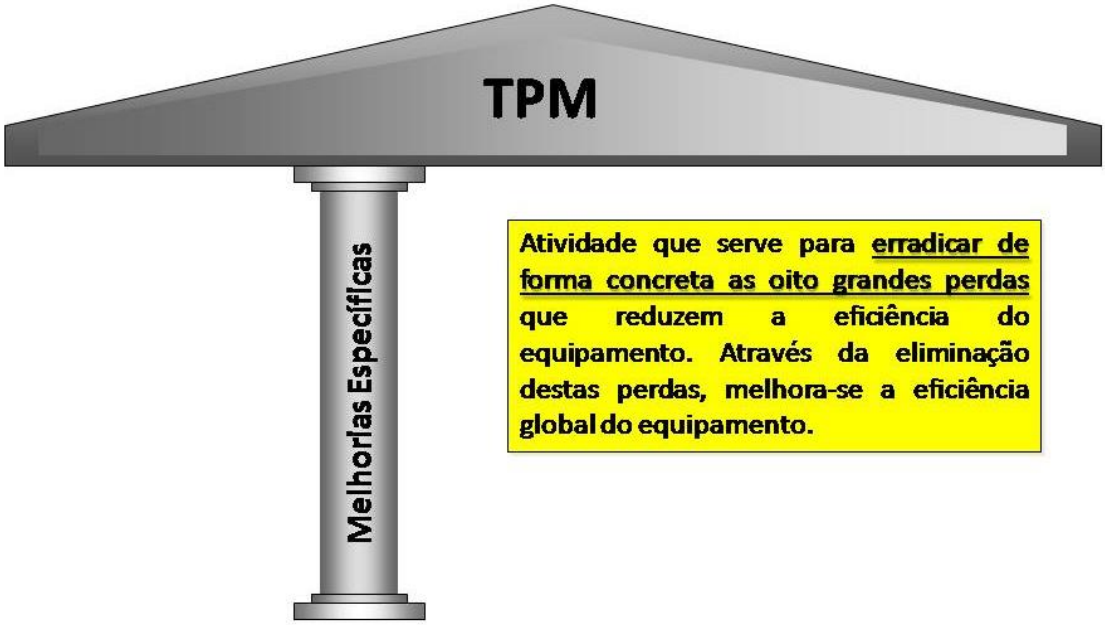
Melhoria da eficiência dos equipamentos, desenvolvendo a capacidade dos operadores para a execução de pequenos reparos e inspeções, mantendo o processo de acordo com padrões estabelecidos, antecipando-se aos problemas potenciais.

MANUTEÇÃO PLANEJADA



Conscientização das perdas decorrentes das falhas de equipamentos e as mudanças de mentalidade das divisões de produção e manutenção, minimizando as falhas e defeitos com o mínimo custo.

MELHORIAS ESPECÍFICAS

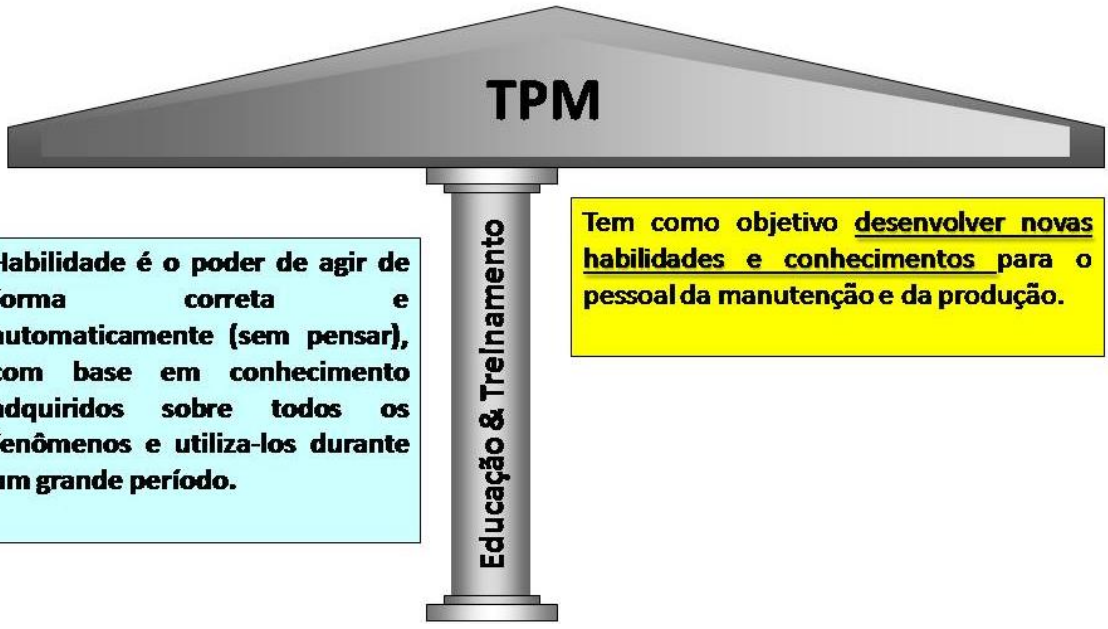


Atividade que serve para <u>erradicar de forma concreta as oito grandes perdas</u> que reduzem a eficiência do equipamento. Através da eliminação destas perdas, melhora-se a eficiência global do equipamento.

PROGRAMA TPM

DEMAIS PILARES DO PROGRAMA

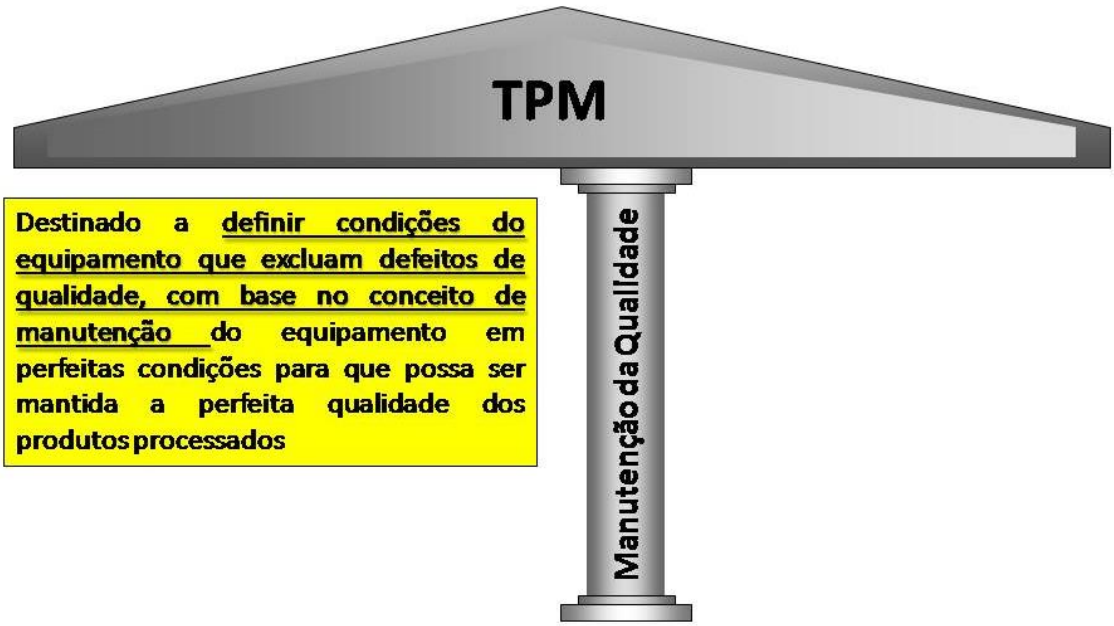
EDUCAÇÃO E TREINAMENTO



Habilidade é o poder de agir de forma correta e automaticamente (sem pensar), com base em conhecimento adquiridos sobre todos os fenômenos e utiliza-los durante um grande período.

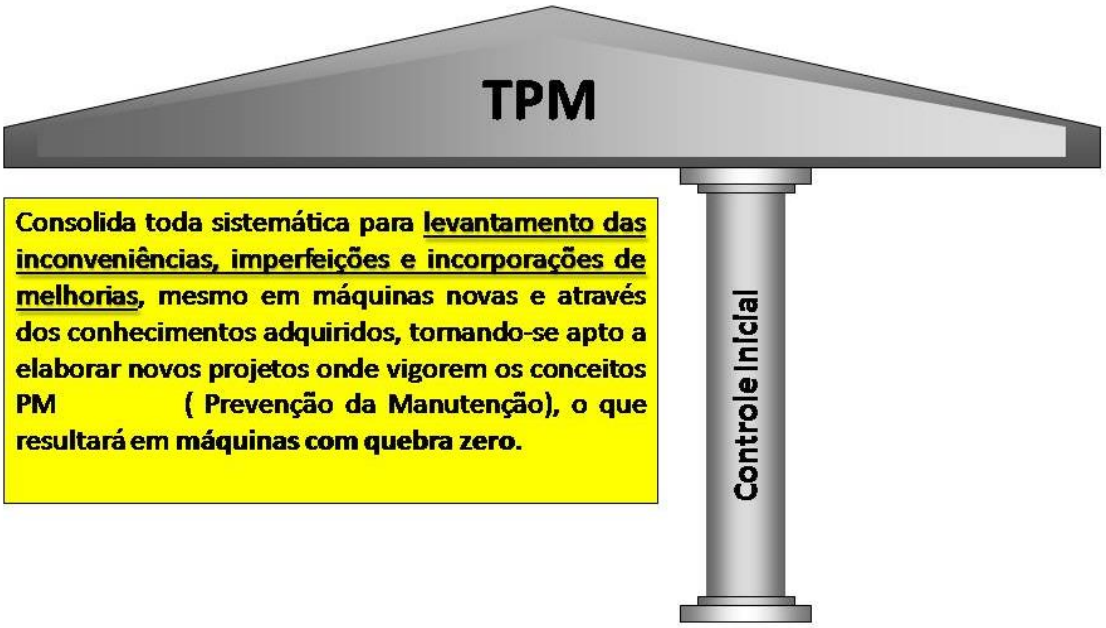
Tem como objetivo <u>desenvolver novas habilidades e conhecimentos</u> para o pessoal da manutenção e da produção.

MANUTENÇÃO DA QUALIDADE



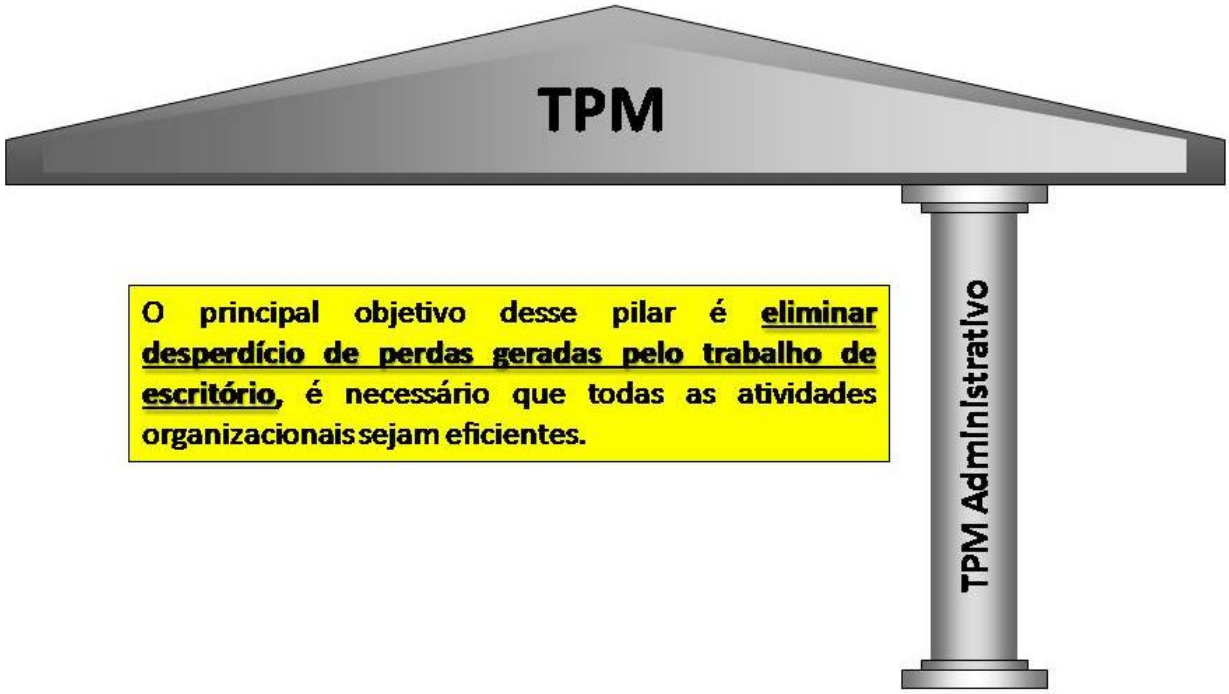
Destinado a definir condições do equipamento que excluam defeitos de qualidade, com base no conceito de manutenção do equipamento em perfeitas condições para que possa ser mantida a perfeita qualidade dos produtos processados

CONTROLE INICIAL



Consolida toda sistemática para levantamento das inconveniências, imperfeições e incorporações de melhorias, mesmo em máquinas novas e através dos conhecimentos adquiridos, tornando-se apto a elaborar novos projetos onde vigorem os conceitos PM (Prevenção da Manutenção), o que resultará em máquinas com quebra zero.

TPM ADMINISTRATIVO



O principal objetivo desse pilar é <u>eliminar desperdício de perdas geradas pelo trabalho de escritório</u>, é necessário que todas as atividades organizacionais sejam eficientes.

TPM – PRINCIPAIS INDICADORES

itens de controle que fazem parte do processo de implantação e que servem para avaliar os benefícios alcançados, principalmente na área de manutenção

Qualidade	Redução de defeitos
	Redução de produtos fora de especificação
	Redução do número de reclamações internas e externas
	Redução da taxa de rejeito
	Redução dos custos das medidas de correcção de defeitos
	Redução do retrabalho
Produtividade	Aumento do volume de produção por operadores
	Aumento do volume de produção por equipamento
	Aumento da disponibilidade do equipamento
	Aumento do TMEF
	Diminuição do TMPR
	Redução das paradas em emergência
Custo	Redução do custo de energia
	Redução do custo de manutenção ao longo do tempo
	Redução das horas trabalhadas de manutenção
	Simplificação do processo
	Redução do volume estocado
Atendimento	Redução dos atrasos
	Redução do estoque final
	Redução do estoque em processo

TPM – PRINCIPAIS INDICADORES

itens de controle que fazem parte do processo de implantação e que servem para avaliar os benefícios alcançados, principalmente na área de manutenção

	Redução do prazo de entrega
	Redução do estoque de sobressalentes
	Aumento da rotactividade dos estoques
Moral	Aumento do número de sugestões de melhorias
	Aumento do número de lições de um ponto
	Redução do absenteísmo
	Redução/eliminação dos acidentes de trabalho
Segurança e Meio Ambiente	Zero Acidentes
	Zero Poluição
	Redução do número de paradas por acidentes
	Eliminação de incidentes

RCM – MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Visão Tradicional

o objetivo é otimizar a disponibilidade da planta ao menor custo possível

Visão da M.C.C.

Manutenção afeta todos os aspectos do negócio, como segurança, integridade ambiental, eficiência energética e qualidade do produto, e não apenas a disponibilidade da planta e custo

O objetivo principal da MCC é preservar a função do sistema, ressaltando que a saúde física e financeira da maioria das organizações depende da integridade continuada, física e funcional dos seus ativos

Smith (1993),

Definições de RCM
Reliability Centered Maintenance (RCM) ou
em português,
Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) recebe esta denominação porque é um processo usado para determinar o que precisa ser feito para assegurar que qualquer item físico continue a cumprir as funções desejadas, no seu contexto operacional atual.

Moubray (1997),

Manutenção Centrada em Confiabilidade é uma metodologia de gestão de ativos físicos utilizada na determinação de tarefas de manutenção capazes de assegurar que um sistema ou processo
atenda à necessidade de seus usuários, dentro do seu contexto operacional atual, com o desempenho esperado.

Duarte; Fortes (2009)

Definições de RCM
Reliability Centered Maintenance (RCM) ou
em português,
Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

Trata-se de um processo utilizado para a determinação do tipo de metodologia de manutenção mais efetivo para o tratamento de falhas potenciais.

- Enfoque tradicional da manutenção: todas as falhas são ruins e portanto devem ser prevenidas.

- Esta filosofia é pouco realista por duas razões:

  ➢ Tecnicamente, é impossível evitar todas as falhas;

  ➢ Ainda que se pudesse antecipar todas as falhas, os recursos financeiros para a operação de manutenção seriam demasiadamente elevados, comprometendo a

- Objetivos de um programa de manutenção:
  - ❑ Garantir a manutenção dos níveis de segurança e confiabilidade de um equipamento;
  - ❑ Restaurar a segurança, a confiabilidade e a capacidade de um equipamento quando um desempenho insatisfatório do mesmo é atingido;
  - ❑ Organizar um banco de dados com informações suficientes que permitam a melhoria do desempenho de um equipamento através de re-projeto;

- Uma das premissas básicas da manutenção centrada em confiabilidade é **a existência de de uma relação causa-efeito entre a prática de manutenção e a confiabilidade do equipamento** (operacional e segurança).
- **Esta premissa é intuitiva**, uma vez que, considerando-se o envelhecimento (ou desgaste) de componentes mecânicos, **a confiabilidade do equipamento estará relacionada com a vida operacional do mesmo**.

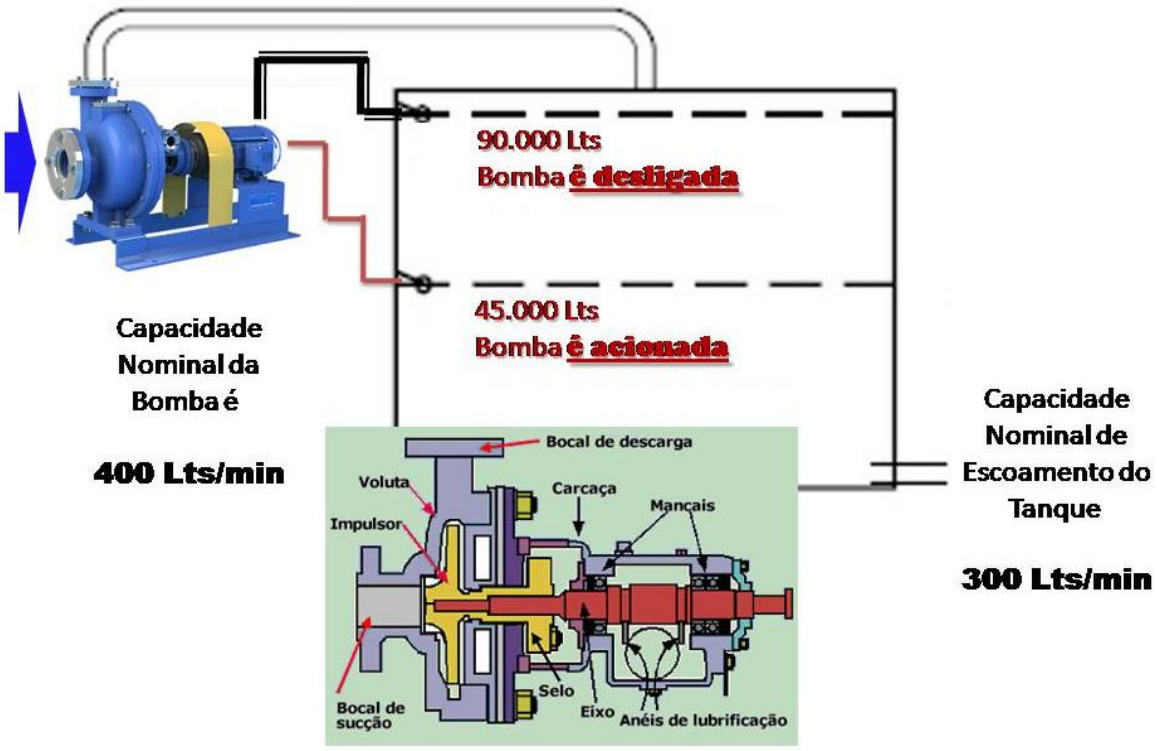
Conforme a norma SAE-JA 1011 (1999) e Moubray (1997), o processo MCC implica em responder a sete perguntas referentes aos ativos ou sistemas sob análise, a saber:

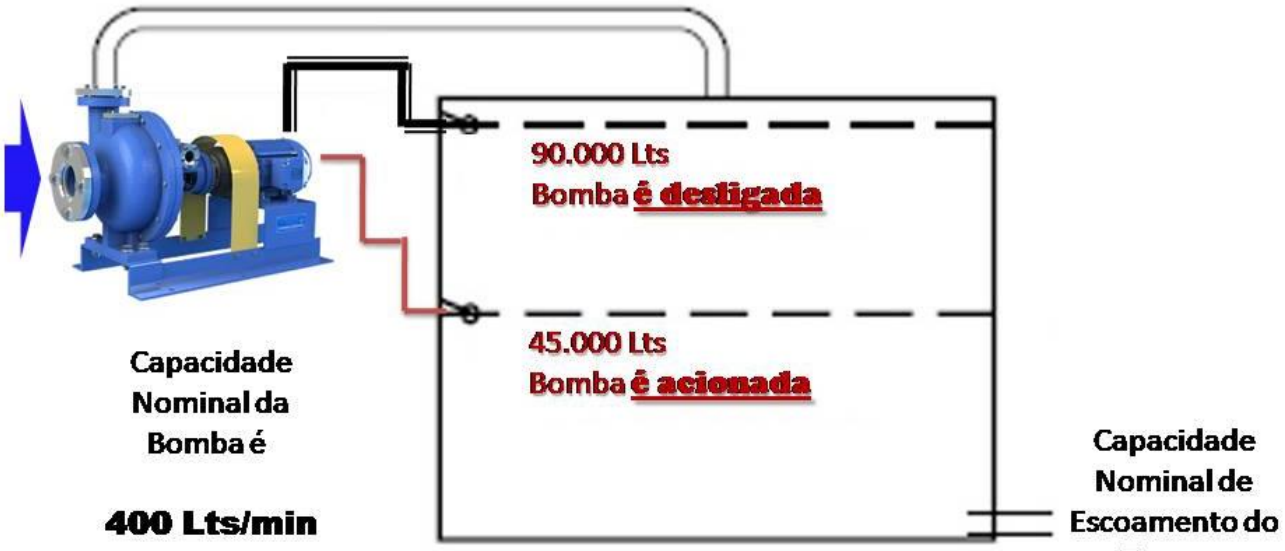
1 - Quais são as funções e os respectivos padrões de performance desejados para os ativos no atual contexto operacional (Funções)?
2 - De que formas eles podem falhar e deixar de cumprir suas funções (Falhas Funcionais)?
3 - Quais são as causas de cada falha funcional (Modos de Falha)?
4 - O que acontece quando a falha ocorre (Efeitos da Falha)?
5 - Quais são os encargos derivados da ocorrência da falha (Conseqüências da Falha)?
6 - O que deve ser feito para predizer ou bloquear a falha (Tarefas Pró-ativas e Periodicidades)?
7 - O que deve ser feito se uma tarefa de bloqueio adequada não puder ser definida (Ações Compensatórias)?

COMPARATIVO DO USO DAS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA ANÁLISE DA METOLOGIA RCM

Usaremos a figura abaixo como ilustração das diversas estratégias, e para a comparação com a metodologia RCM.

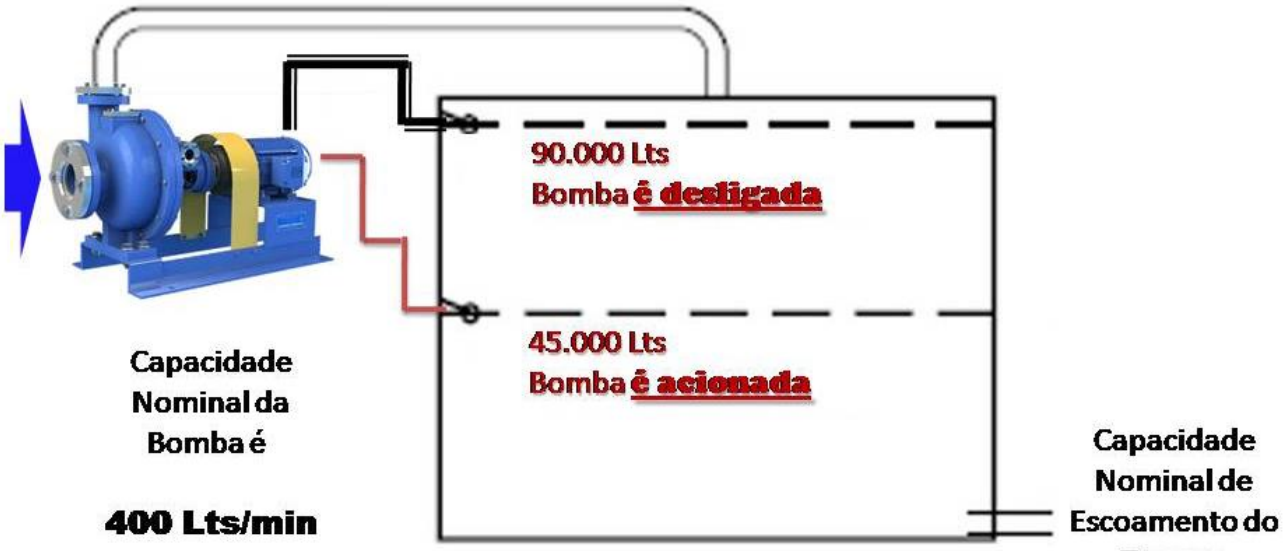
O conjunto refere-se a uma bomba centrifuga.





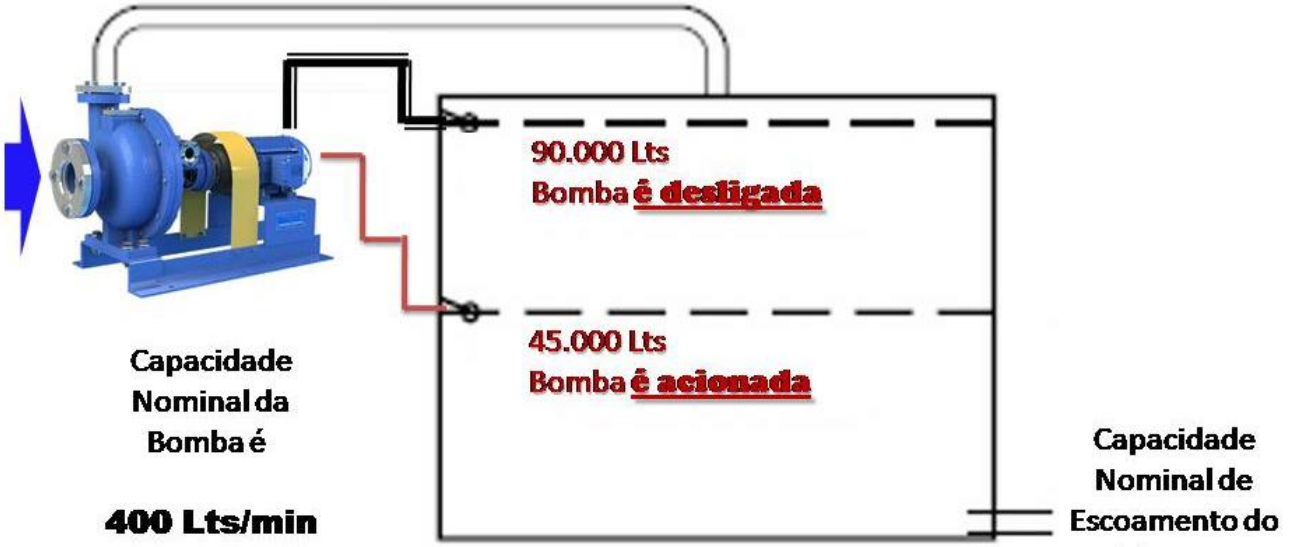
1o Caso:
Quebra repentina do mancal
Reparo imediato

MANUTENÇÃO cORRETIVA



2o Caso:
Ruído anormal
Parada programada para reparo
Aproveitando uma próxima data de manutenção

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

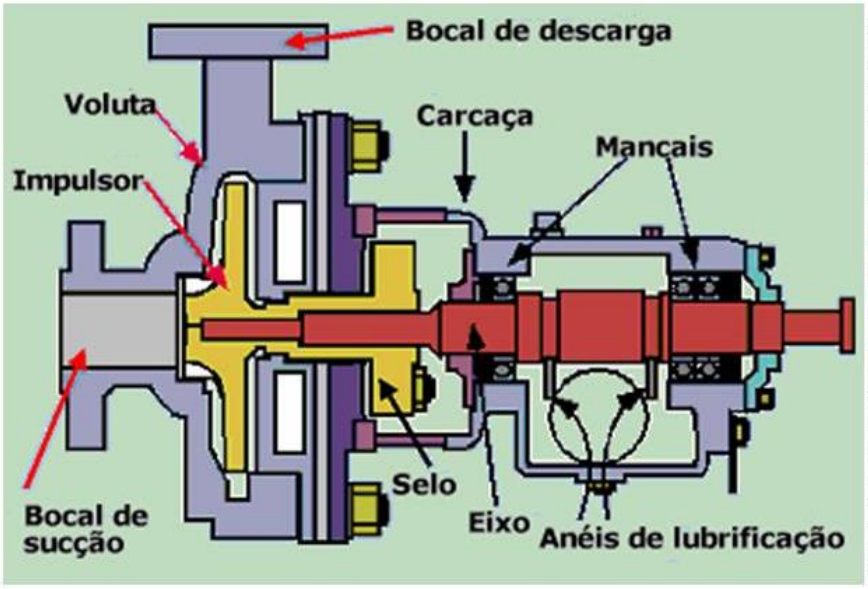


3o Caso:
Percepção de Ruído
Monitoramento por Vibração
Acompanhamento da evolução do defeito através de uma técnica de monitoramento

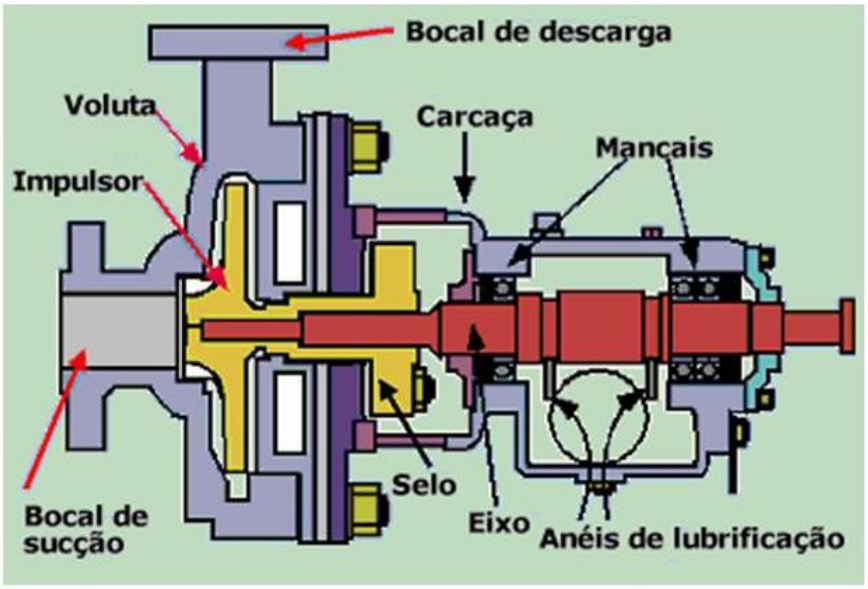
MANUTENÇÃO PREDITIVA

Visão Tradicional: A Manutenção deve evitar falhas.

Visão da MCC: A Manutenção deve **evitar, reduzir ou eliminar as consequências das falhas.**

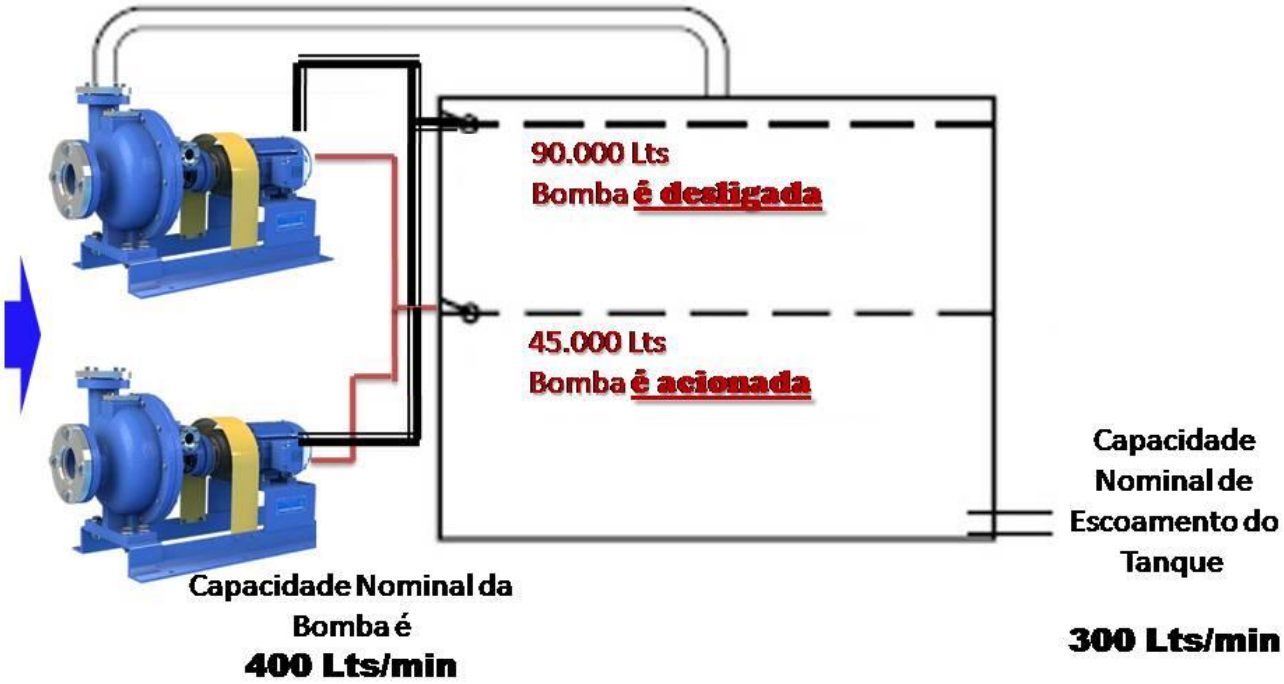


Se a falha de um rolamento pode afetar a bomba do exemplo anterior, supondo que o reparo leve 4 horas, *e só possa ser feito o reparo quando o nível alcançar o nível mínimo,* o volume remanescente (45.000 litros) só seria suficiente para 2,5 horas (45.000 litros/ 300 litros/min = 150 min = 2,5 horas), portanto o tanque secaria antes de ser feito o reparo.



Aplicando a técnica de manutenção preditiva, acompanhamento da vibração, a falha poderia ser detectada em avanço, e, antes de ser executado o reparo, se encheria totalmente o tanque, o que nos daria 5 horas (90.000 litros/300 litros/min = 300 min = 5 horas), o que seria suficiente para fazer o reparo.

Desta forma, garante-se não apenas o reparo do equipamento, porém preserva-se a falha do sistema (o tanque secar...)



RCM
MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A maioria das empresas acreditam que a manutenção se resume apenas em custo, a gestão de manutenção veio para demonstrar que:

a) É possível minimizar os impactos dos gastos com manutenção
b) Com estratégias diferenciadas influir diretamente nos resultados da organização.
c) Mas para que esta gestão seja realmente eficaz, o foco precisa ser realmente na manutenção.

Quebras constantes de equipamentos, por exemplo, pode ser um sinal de gestão de manutenção defeituosa.

O profissional responsável pelo setor de manutenção deve conhecer profundamente o ramo de negócio da empresa, assim como o funcionamento de todo e qualquer equipamento que esteja sob sua tutela.

Segundo Osada (1993) o gerenciamento da manutenção deve considerar os seguintes pontos:

- (1) restringir os investimentos em equipamentos desnecessários;
- (2) utilizar ao máximo os equipamentos existentes;
- (3) melhorar a taxa de utilização do equipamento para a produção;
- (4) garantir a qualidade do produto, através do uso do equipamento;
- (5) reduzir o custo com a mão-de-obra, através de ações que otimizem os serviços nos equipamentos;
- (6) reduzir os custos de energia e de materiais adquiridos, através de inovações no equipamento e melhorias dos métodos de sua utilização.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto Iman, 1993. 322 p.

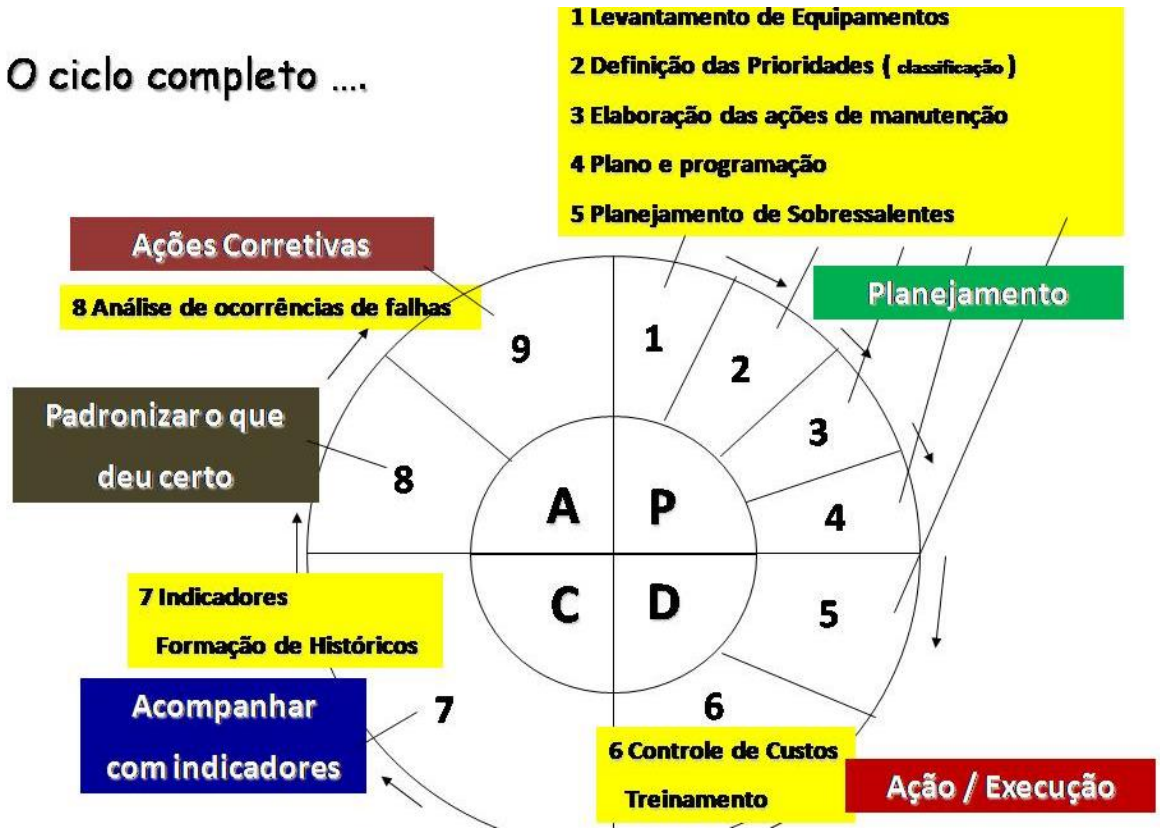
ANALOGIA

SAÚDE HUMANA			SAÚDE DA MÁQUINA
	Nascimento	Entrada em Operação	
Conhecimento do Homem			Conhecimento Tecnológico
Conhecimento das Doenças	Longevidade	Durabilidade	Conhecimento dos modos de falha
Carnê de Saúde			Histórico
Dossiê Médico			Dossiê da máquina
Diagnóstico, exame, visita médica	Boa Saúde	Confiabilidade	Diagnóstico, perícia, inspeção
Conhecimento de tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo			Retirada do estado de pane, reparo
Operação	Morte	Sucata	Renovação, modernização, troca
MEDICINA			MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Utilizaremos na nossa analogia o método de melhoria contínua para compararmos com a gestão da manutenção

CICLO PDCA ou CICLO de Deming

- Método de planejar a melhoria contínua dos padrões de qualidade do processo, de forma cíclica.
- PLANEJAR:
  - Avaliar o nível da qualidade do processo, através da análise dos dados coletados.
  - Formular o plano de ação para melhorar o desempenho do processo.
- EXECUTAR:
  - Implementar o plano de ação e monitorar o andamento das atividades, revisando o plano.
- CHECAR:
  - Verificar se os resultados estão de acordo com as metas de desempenho e melhorias do processo.
- AGIR:
  - Normalizar os procedimentos para garantir o nível de melhoria do processo.



Na Manutenção como em toda a empresa é necessário também trabalharmos de forma planejada

Toda empresa tem problemas !, ao se iniciar um processo de levantamento de maquinas e equipamentos, é bem provável que não precisemos de métodos mais complexos, para identificá-los e resolvê-los.

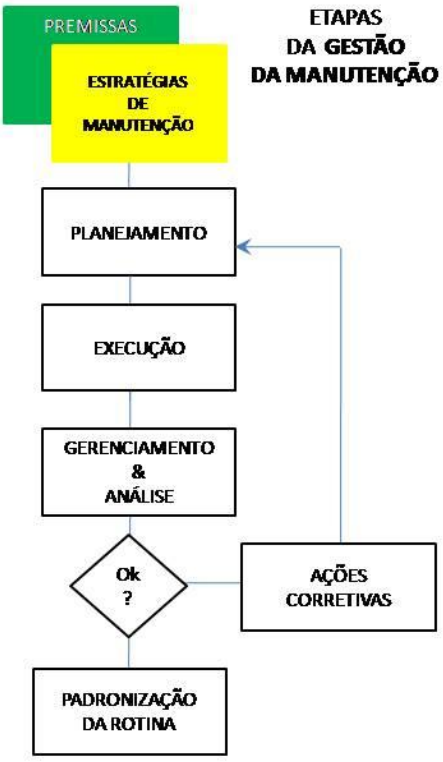
Na verdade a melhor maneira para começar um trabalho de levantamento é :

Começar arrumando a casa **varrendo**, pois sujeira é um problema ...

E não é exigido um grande conhecimento em metodologias, basta **varrer** ....

MÉTODO PDCA
QUALIDADE BASEADA EM MELHORIA CONTÍNUA

ETAPAS DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO



Premissas Básicas da Manutenção

- A quem se reporta ?
- Como estão os recursos ? Como estão distribuídos ?
- Trabalha de que forma ? Horários ?
- Algum esquema especial ?
- Atende alguma outra unidade ?
- Só realiza tarefas de manutenção ?
- Faz melhorias ?
- Novas Máquinas ?
- Pode contratar ? Terceirizar ?
- Como se relaciona com os outros setores da empresa ?

Possíveis atividades dentro da manutenção

Planeja e Executa as Rotinas	Execução das rotinas diárias, para manter a fabrica funcionando.
Planeja e Executa Reformas	Recuperação de máquinas
Planeja e Executa Melhorias	Implementar novos dispositivos, melhora performance com troca de conjuntos ou componentes
Planeja e Executa Novos Investimentos	Instalaçãio de novas máquinas ou equipamentos

5.0 Técnicas de Manutenção Preditiva

- Embora hoje se dê uma imagem muita generalista de que é apenas uma coleção de medições e análises realizadas por meio de instrumentos especiais.

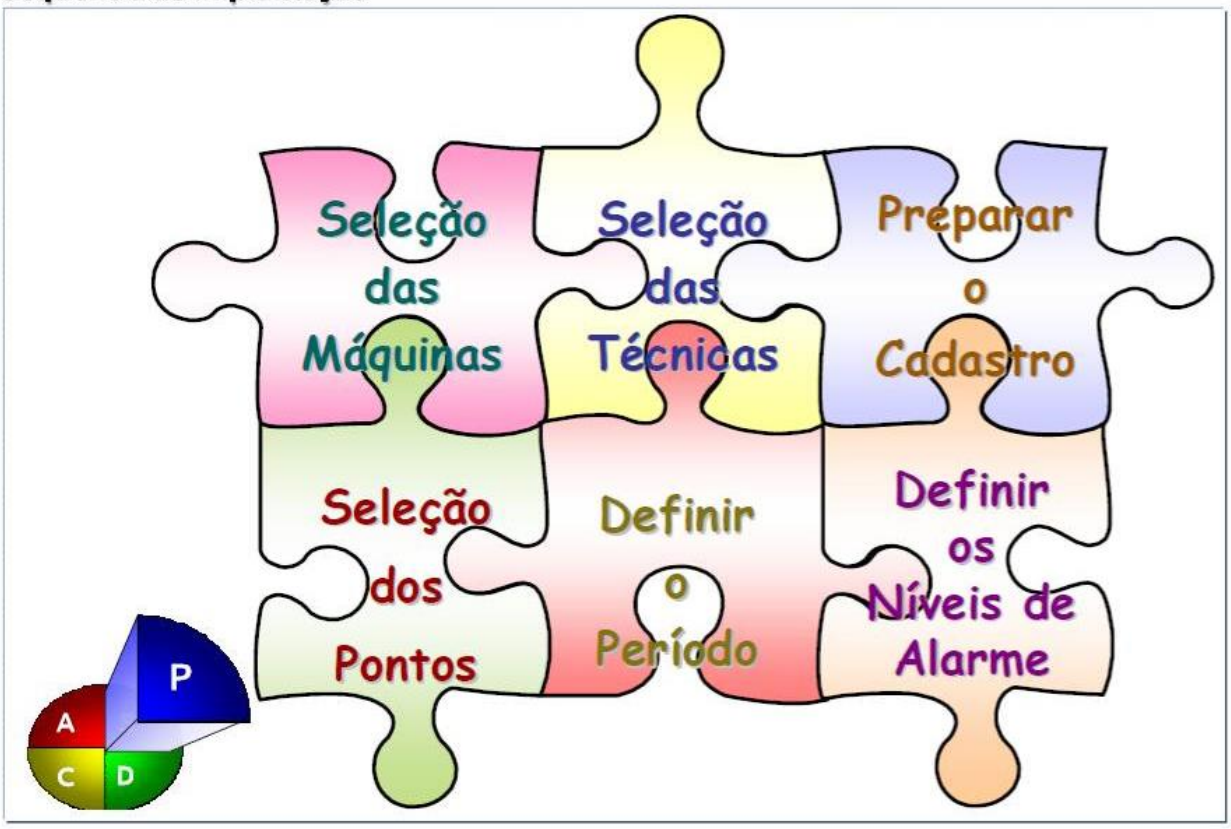
Na verdade, Manutenção Preditiva é qualquer atividade de monitoramento que seja capaz de fornecer dados suficientes para uma análise de tendências, emissão de diagnósticos e tomada de decisão.

- A idéia básica é: Utilizar-se de critérios científicos para a coleta, registro e estudo de dados com o objetivo de se obter uma decisão gerencial.

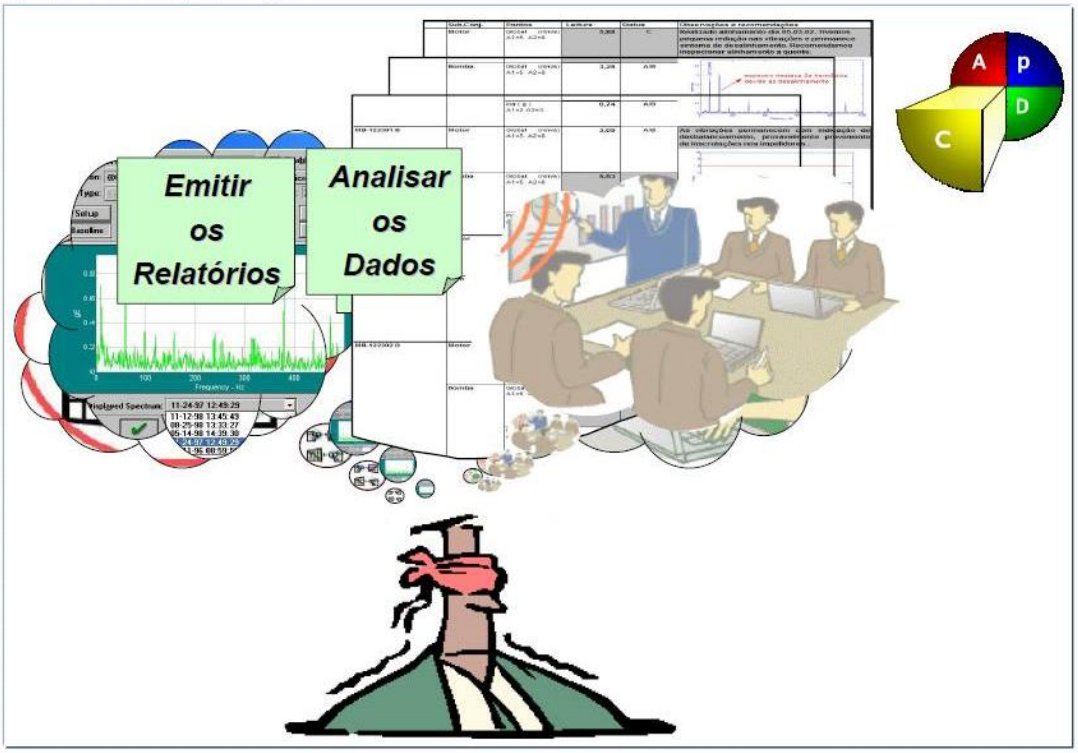
É imprescindível substituir o **"achismo"**.

ESTUDAR PARA **CONHECER**
CONHECER PARA **PREDIZER** E DIAGNOSTICAR
DIAGNOSTICAR PARA PLANEJAR E ELIMINAR **CAUSA**

Sequencia de Implantação



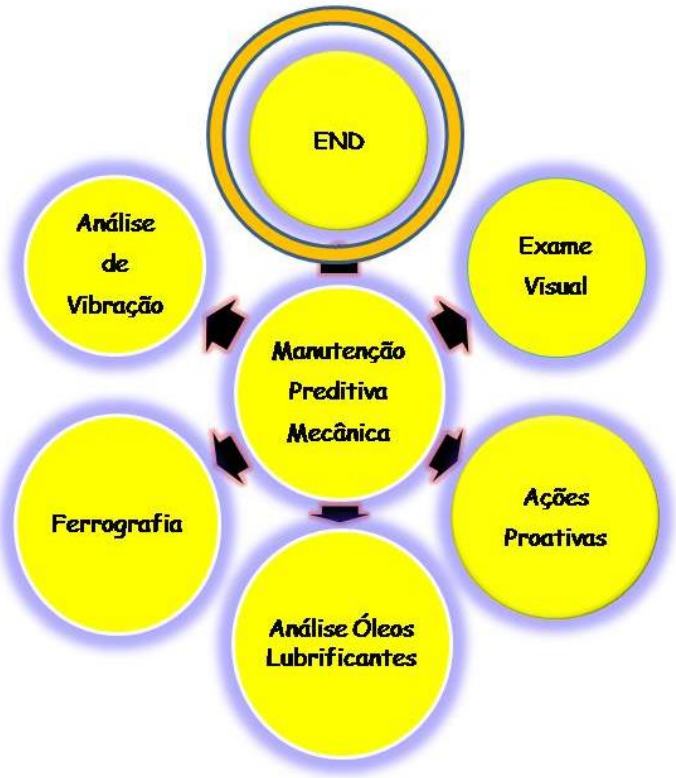
Sequencia de Implantação



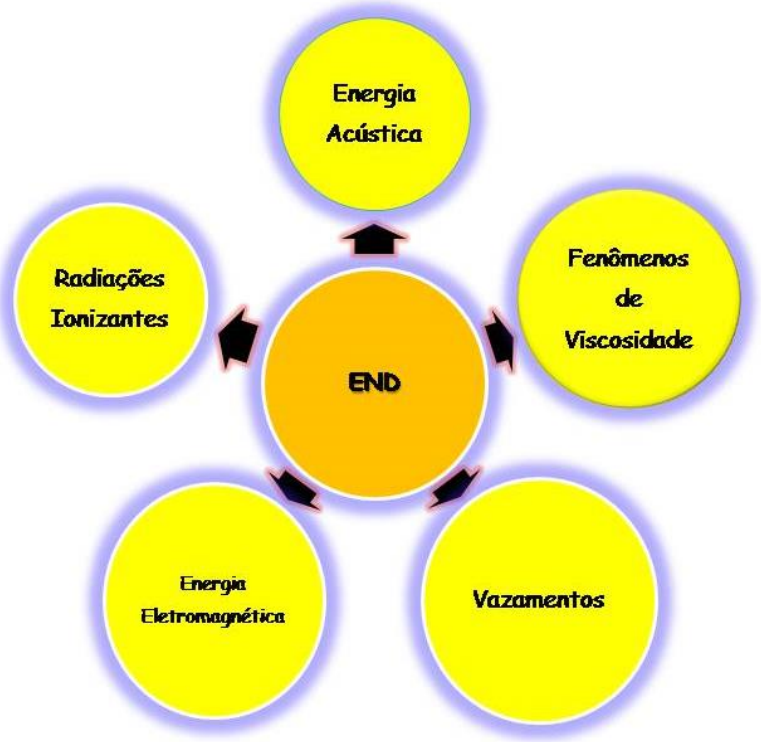
Sequencia de Implantação

5.1 Técnicas Mecânicas

O diagrama a seguir mostra as principais técnicas de manutenção preditiva sob a ótica mecânica



Olhando as principais técnicas de END (Ensaios não Destrutivos), temos que:



1.0 Radiações Ionizantes
- Raios X
- Gamagrafia

2.0 Energia Acústica
- **Ultra-som (descontinuidades, vazamentos)**
- **Medição de Espessura**
- Emissão Acústica

3.0 Energia Eletromagnética
- Partículas Magnéticas
- Correntes Parasíticas

4.0 **Fenômenos de Viscosidade**

As técnicas destacadas serão aquelas abordadas.

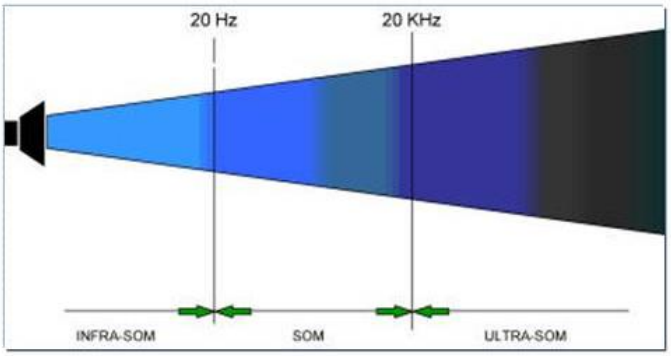
5.1.1 Medição por Ultra-som

As ondas acústicas ou som propriamente dito, são classificados de acordo com suas freqüências e medidos em ciclos por segundo, ou seja o número de ondas que passam por segundo pelo nossos ouvidos.

A unidade "ciclos por segundos" é normalmente conhecido por Hertz , abreviatura "Hz" .

Assim sendo se tivermos um som com 280 Hz, significa que por segundo passam 280 ciclos ou ondas por nossos ouvidos.

Note que freqüências acima de 20.000 Hz são inaudíveis denominadas freqüência ultra-sônica.



Finalidade do Ensaio

O ensaio por ultra-som, caracteriza-se num método não destrutivo que tem por objetivo a detecção de defeitos ou descontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou forma de materiais ferrosos ou não ferrosos.

Tais defeitos são caracterizados pelo próprio processo de fabricação da peça ou componentes a ser examinada como por exemplo: bolhas de gás em fundidos, dupla laminação em laminados, micro-trincas em forjados, escorias em uniões soldadas e muitos outros.

Portanto, o exame ultra-sônico, assim como todo exame não destrutivo, visa diminuir o grau de incerteza na utilização de materiais ou peças de responsabilidades.

Inspeção por ultra-som da chapa de um tubo

APLICAÇÕES MECÂNICAS

Detecção de Vazamento (Gases e líquidos),

1- Monitoramento das condições:
   a) de mancais e rolamentos;
   b) alinhamento em mancais;
2 - Controle de lubrificação em mancais e rolamentos;
3 - Inspeção de purgadores de vapor e ar;
4 - Vazamentos e bloqueios em válvulas, conexões e circuitos hidráulicos;
5 - Cavitação em bombas;
6 - Vazamentos em boilers, trocadores de calor, caldeiras e condensadores;
7 - Continuidade de soldas;
8 - Teste de estanqueidade (emissão/recepção) em vasos de pressão e tanques;
9 - Detecção de mau funcionamento de compressores de parafusos;
10 - Mau funcionamento de engrenagens

Detector ultra-sônico

- Detecção de vazamentos de ar, gás e vácuo, inclusive os inaudíveis;
- Monitoramento de mancais de rolamento e deslizamento e estado de lubrificação (principalmente em baixas rotações);
- Inspeção de purgadores e cavitação de bombas.

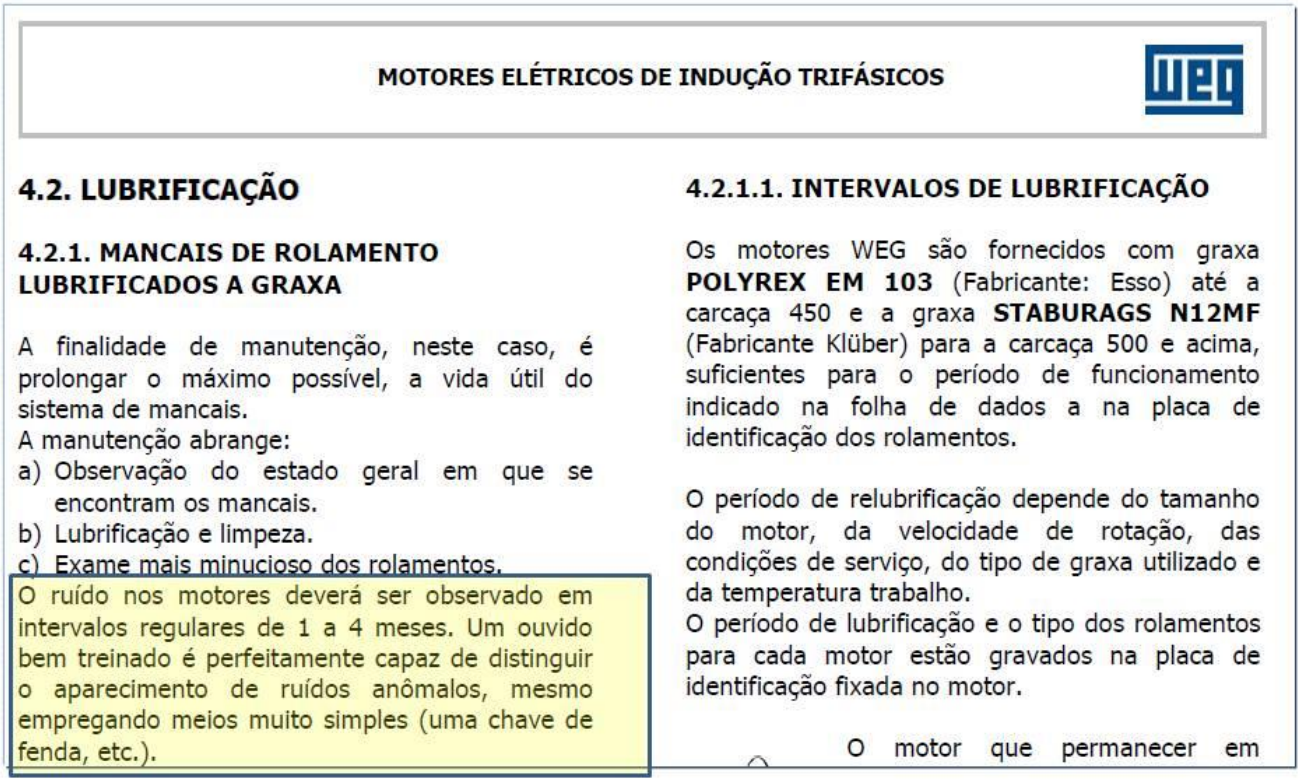
Exemplo prático - Planejamento

ÁREA : Empanados
EQUIPAMENTO : Filtro de Gordura Rotativo Stein
ROTA : FIL125020001

FREQUÊNCIA: SEMANAL

	ITENS DE VERIFICAÇÃO SEMANAL	DESCRIÇÃO PARÂMETRO	VALOR PADRÃO
1.0	**BOMBA CENTRÍFUGA SUCÇÃO DE ÓLEO**		
1.1	MEDIR VIBRAÇÃO MOTOR LADO ACOPLADO (VELOCIDADE E ACELERAÇÃO)	UTILIZAR MECATEST	V(<4 - N; 4<V<7 - AC; >7 - AL)
1.2	MEDIR VIBRAÇÃO MOTOR LADO VENTOINHA (VELOCIDADE E ACELERAÇÃO)	Vel. (mm/s); Acel. (G)	A (<2 - N; 2<G<3 - AC; >3 -AL)
1.3	VERIFICAR FIXAÇÃO/ PROTEÇÃO DO CONJUNTO MOTO-BOMBA	TESTE - FIXAÇÃO PARAFUSOS	PARAFUSOS APERTADOS
1.4	VERIF. RUÍDOS ANORMAIS DO CONJUNTO MOTO-BOMBA	UTILIZAR ESTETOSCÓPIO	AUSENTE
1.5	VERIF. TEMPERATURA DO CONJUNTO MOTO-BOMBA	UTILIZAR RAYTEK	< 90 °C
1.6	VERIFICAR SE A VAZAMENTOS NO SELO MEC. DA MOTOBOMBA	VISUAL	AUSENTE
1.7	VERIFICAR ESTADO GERAL DA TUBULAÇÃO E CONEXÕES	VISUAL	SEM VAZAMENTOS, AMASSAMENTOS
2.0	**BOMBA CENTRÍFUGA RECALQUE DE ÓLEO**		
2.1	MEDIR VIBRAÇÃO MOTOR LADO ACOPLADO (VELOCIDADE E ACELERAÇÃO)	UTILIZAR MECATEST	V(<4 - N; 4<V<7 - AC; >7 - AL)
2.2	MEDIR VIBRAÇÃO MOTOR LADO VENTOINHA (VELOCIDADE E ACELERAÇÃO)	Vel. (mm/s); Acel. (G)	A (<2 - N; 2<G<3 - AC; >3 -AL)

A figura abaixo ilustra a importância do monitoramento por ultra-som segundo um dos maiores fabricantes de motores do mundo.



MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

4.2. LUBRIFICAÇÃO

4.2.1. MANCAIS DE ROLAMENTO LUBRIFICADOS A GRAXA

A finalidade de manutenção, neste caso, é prolongar o máximo possível, a vida útil do sistema de mancais.
A manutenção abrange:
a) Observação do estado geral em que se encontram os mancais.
b) Lubrificação e limpeza.
c) Exame mais minucioso dos rolamentos.

O ruído nos motores deverá ser observado em intervalos regulares de 1 a 4 meses. Um ouvido bem treinado é perfeitamente capaz de distinguir o aparecimento de ruídos anômalos, mesmo empregando meios muito simples (uma chave de fenda, etc.).

4.2.1.1. INTERVALOS DE LUBRIFICAÇÃO

Os motores WEG são fornecidos com graxa **POLYREX EM 103** (Fabricante: Esso) até a carcaça 450 e a graxa **STABURAGS N12MF** (Fabricante Klüber) para a carcaça 500 e acima, suficientes para o período de funcionamento indicado na folha de dados a na placa de identificação dos rolamentos.

O período de relubrificação depende do tamanho do motor, da velocidade de rotação, das condições de serviço, do tipo de graxa utilizado e da temperatura trabalho.
O período de lubrificação e o tipo dos rolamentos para cada motor estão gravados na placa de identificação fixada no motor.

O motor que permanecer em

5.1.2 Líquidos Penetrantes

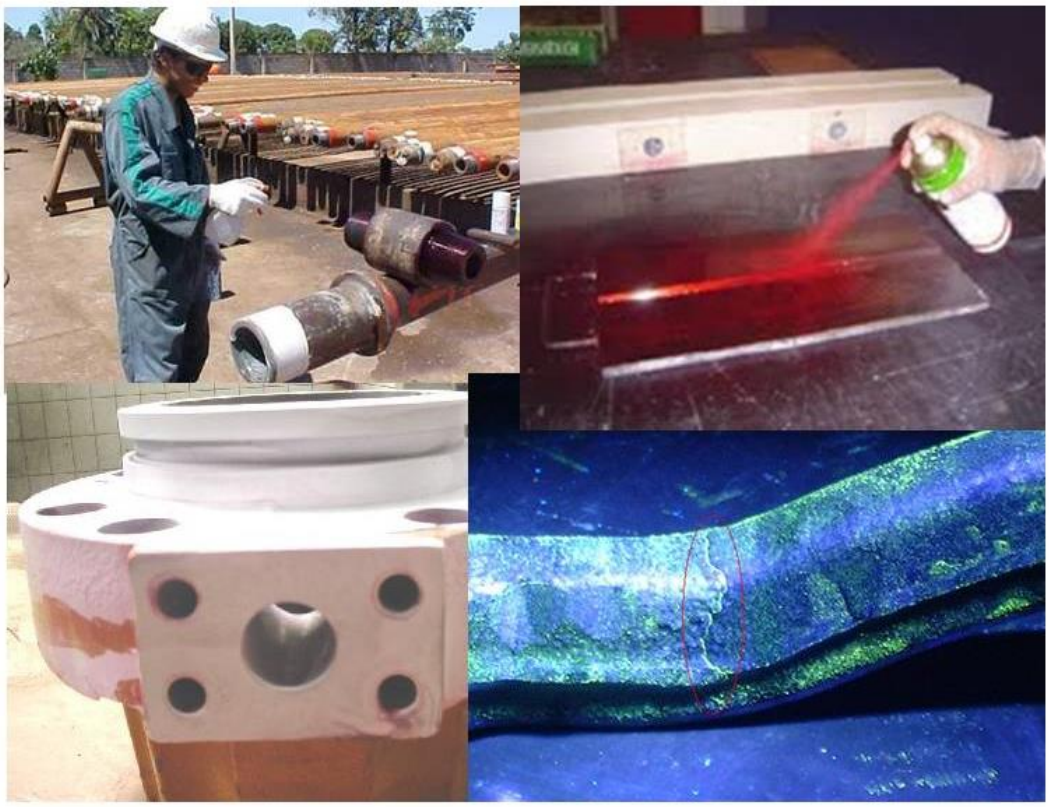
Ensaio por Líquido Penetrante

Aplicação
Quando um líquido penetrante é aplicado numa peça, deve-se aguardar o tempo suficiente para ocorrer a penetração nas descontinuidades superficiais Como elas são normalmente pequenas e estreitas, o fenômeno da capilaridade propicia a penetração.

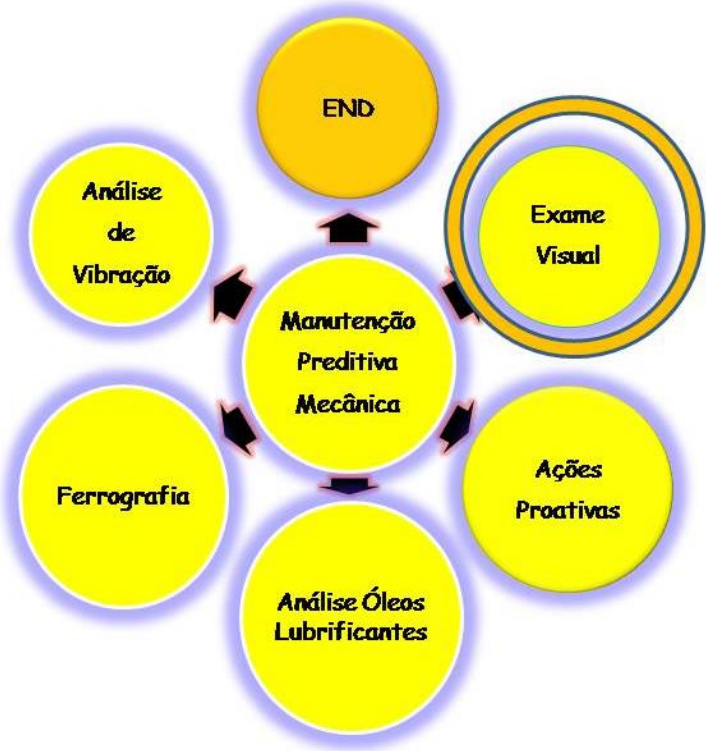
Indicação da Descontinuidade
Terminada a penetração, o excesso de líquido penetrante deve ser escoado e o residual que ainda permanecer sobre a superfície deve ser removido,

Visibilidade da Indicação
O sucesso deste ensaio depende da visibilidade da indicação. Por isso o penetrante contém agente químico corante (de cor usualmente vermelha) para ser analisado sob luz branca, ou agente químico fluorescente (de cor usualmente amarelo-esverdeada) para ser analisado sob luz negra (ultravioleta), este muito mais sensível que o visível.

Ensaio por Líquido Penetrante

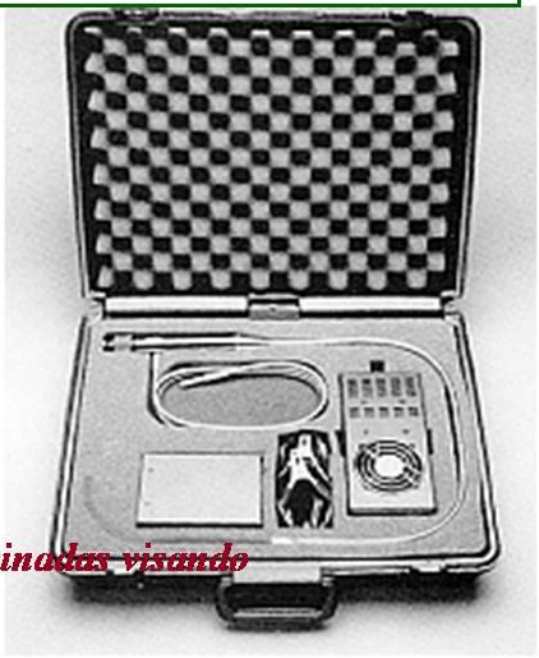


5.1.3 Inspeção Visual por aparelhos



INSPEÇÃO VISUAL

-É a técnica pela qual podemos inspecionar o interior de máquinas e equipamentos sem desmontá-los



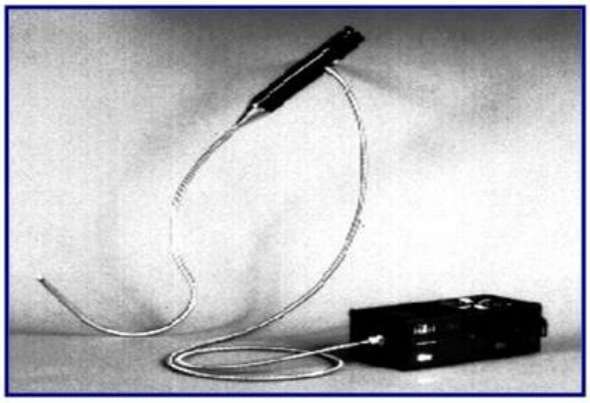
- ***Praticamente atinge a todos os lugares inclusive aqueles de difícil acesso***
- ***Permite registrar, documentar a inspeção de modo que possa ser comparado a evolução do problema.***
- ***A faixa de registro varia de 1 mm a 25 mm (diâmetros)***
- ***Permite ampliações de 50 - 250X***
- ***Permite que as inspeções sejam iluminadas visando identificar melhor os pontos.***

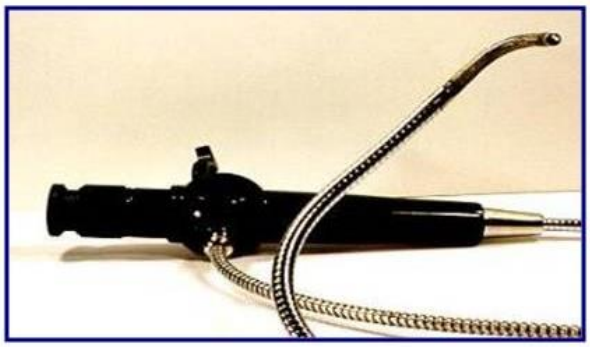
Pontas de Inspeção Rígidas (Boroscópios)

- Permitem inspeções direcionadas com o foco em único ponto

A largura de banda nesses endoscópios rígidos, varia de 1,0 mm a 12,0 mm.

Pontas de Inspeção Flexíveis (Fibroscópios)





Pontas de Inspeção Flexíveis (Videoscópios)

O videoscópio industrial tem um revestimento exterior de tungstênio com diâmetro de 8 mm, um desvio de 4 partes com 4 x 90º, um ângulo de abertura (modo de luz branca) de 70º e um comprimento de trabalho de 2 m.

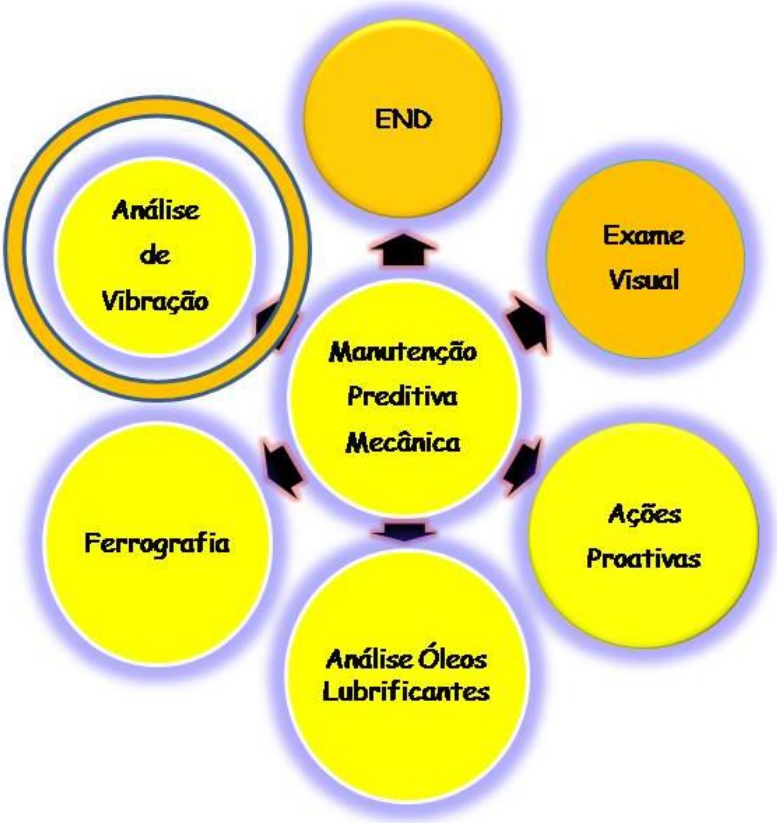
A Endoscopia Industrial na industria química e petroquímica é voltada principalmente nos casos de:

- Enquadramento a NR-13 de vasos de pressão sem acesso interno

- Na inspeção interna de tubulações

- Avaliação de nível de incrustação em tubos de caldeira

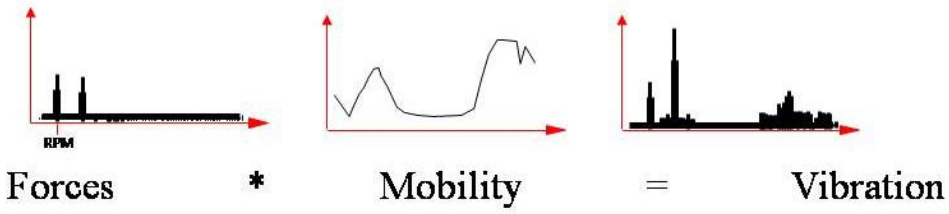
- Inspeção de tubos de trocadores e muitos outros.



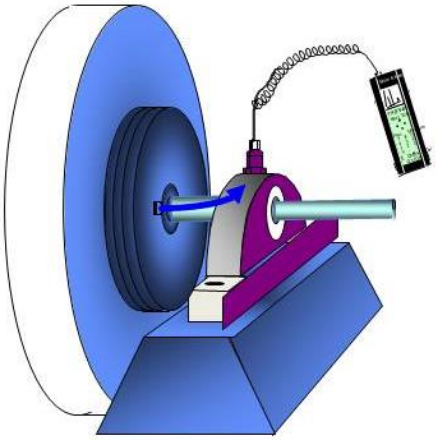
5.1.4 Monitoramento por Análise de Vibração

Com esta técnica é possível monitorar a grande maioria dos problemas de origem mecânica

Os princípios básicos são:

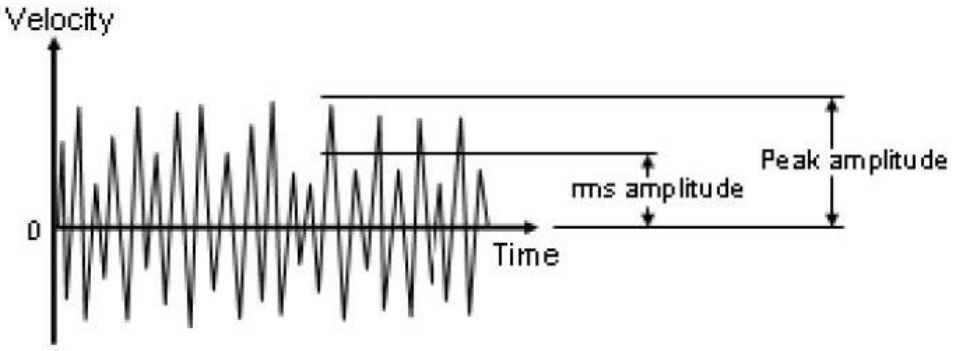


Podemos avaliar o nível de vibração quanto a força gerada, o deslocamento gerado e o nível de desgaste.

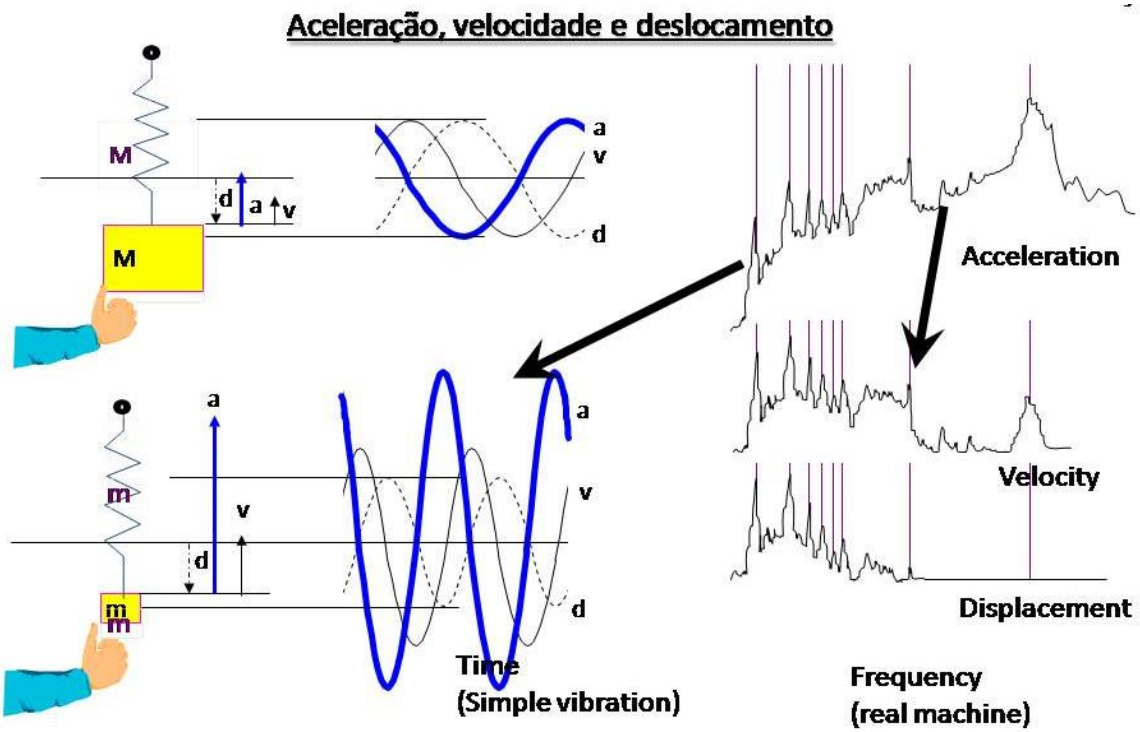


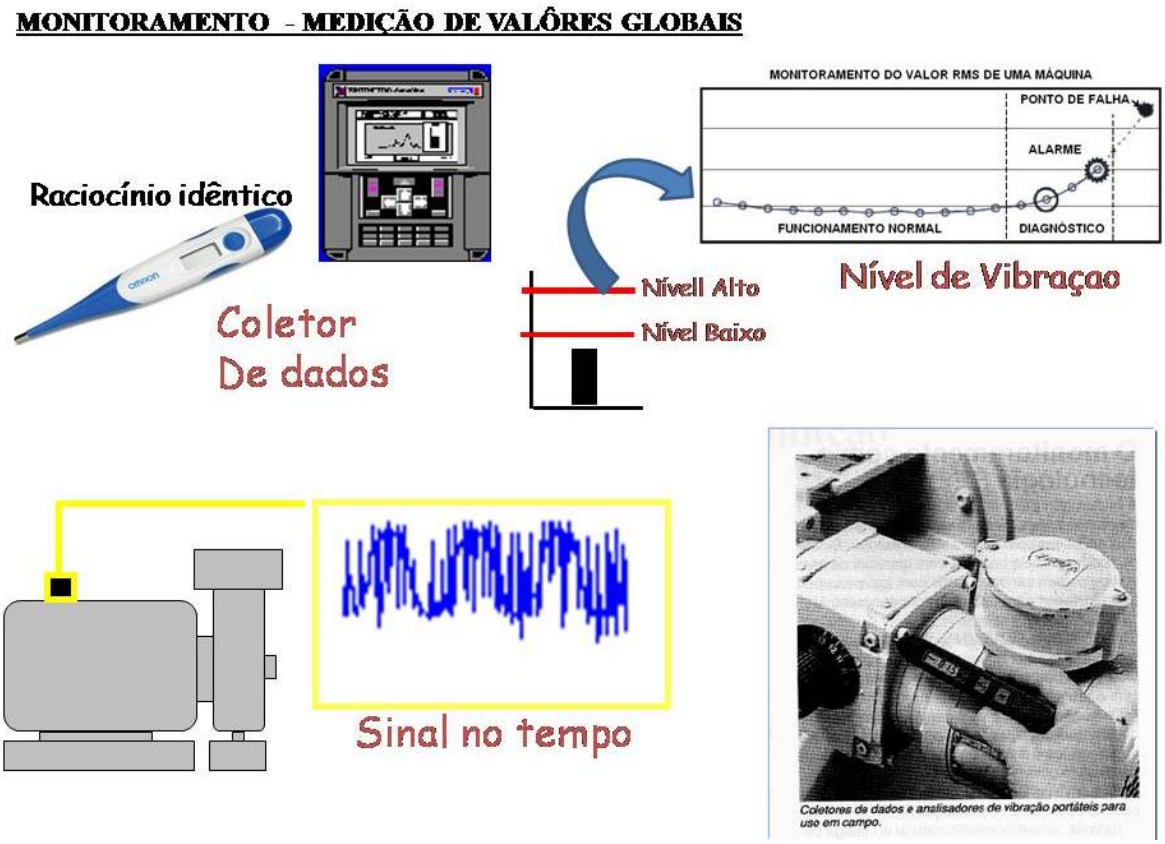
O Nível de Vibração de um espectro, em função do tempo, pode ser medido em valores de :

- **Pico a Pico**
- **Pico**
- **Médio Retificado**
- **RMS (Root – Mean – Square)**



Ë possível avaliar(quantificar) o nível de vibração das seguintes formas:





VIBRAÇÃO – AVALIAÇÕES DAS MEDIDAS - EXEMPLO

NORMA ISO

✓ *Pesquisadores estabeleceram critérios válidos p/ avaliação de*

Severidade de Vibrações

✓ *Da experiência acumulada desses critérios nasceram as*

NORMAS INTERNACIONAIS

Faixas de severidade de vibração radial			Julgamento de Qualidade para classes separadas de máquinas			
Faixa	velocidade em rms na faixa de 10-1.000Hz (limites de faixa) mm/s	in/s	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
0,28	0,28	0,011	A	A	A	A
0,45	0,45	0,018				
0,71	0,71	0,028				
1,12	1,12	0,044	B			
1,8	1,8	0,071		B		
2,8	2,8	0,11	C		B	
4,5	4,5	0,18		C		B
7,1	7,1	0,28	D		C	
11,2	11,2	0,44		D		C
18	18	0,71			D	
28	28	1,1				D
45	45	1,8				
71	71	2,7				

CLASSE DE MÁQUINAS
Classe I – Máquinas pequenas até 20 HP.
Classe II – Máquinas médias de 20 a 100 HP.
Classe III – Máquinas grandes 10-200 rev/seg, 400 HP e maiores montadas em suportes rígidos.
Classe IV – Máquinas grandes 10-200 rev/seg 400 HP e maiores montadas em suportes flexíveis.

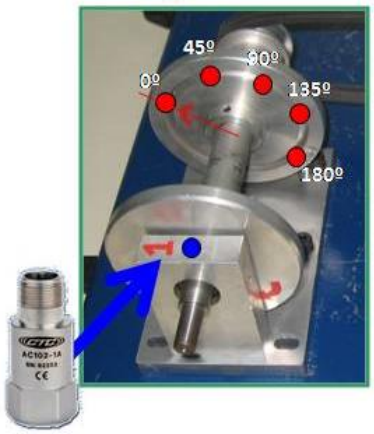
A = BOM B = SATISFATÓRIO C = INSATISFATÓRIO D = INACEITÁVEL

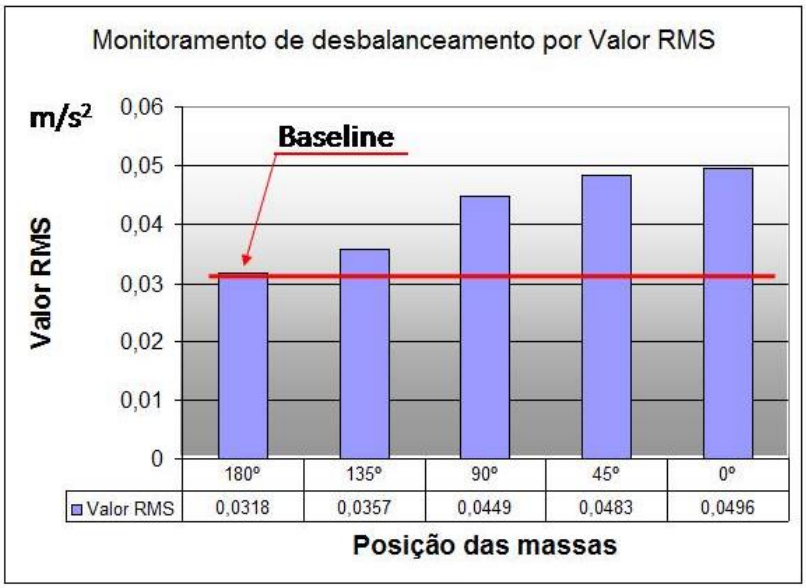
Avaliação de falhas - técnicas de Valor Global

- **Monitoramento de máquinas utilizando valor global de vibrações -**

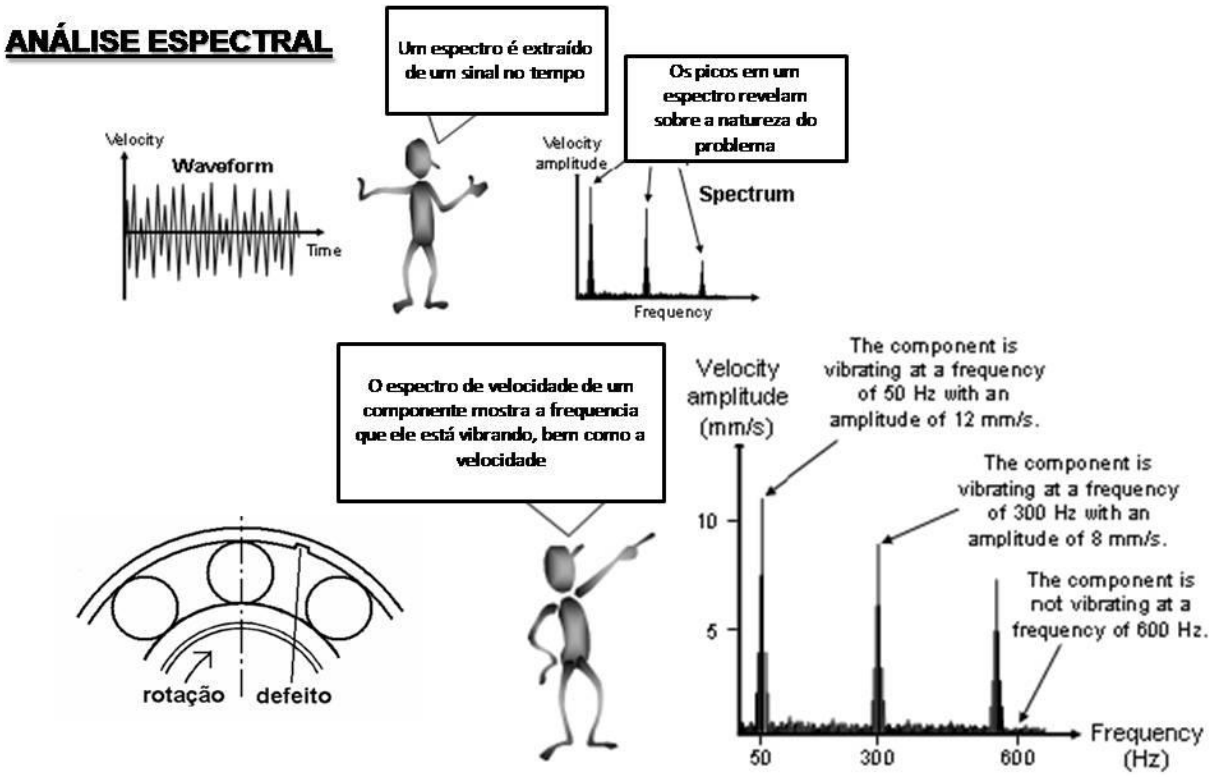
Exemplo prático

Distribuição das massas:

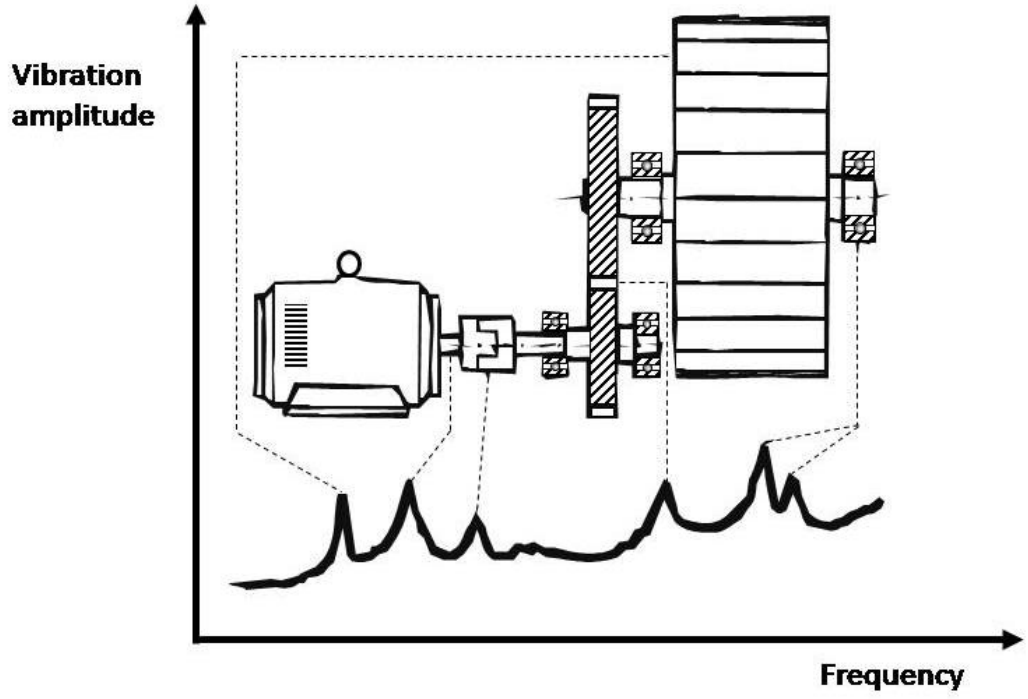


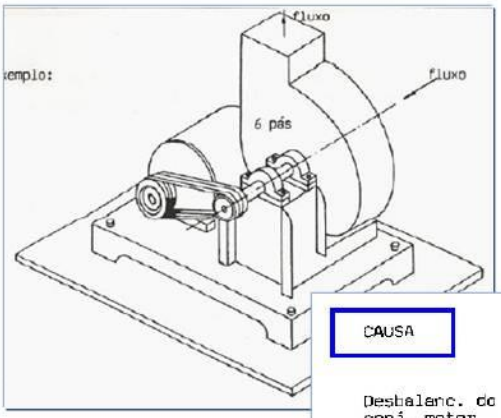


ANÁLISE ESPECTRAL



Cada componente tem a sua frequência de trabalho e de defeito





CAUSA	PARÂMETRO X TEMPO	NÍVEL DE VELOCIDADE (RMS)	FREQUÊNCIA
Desbalanc. do conj. motor		3,00 mm/s	1750 rpm (29,17 Hz)
Desbalanc. do conj. rotor		12,00 mm/s	3500 rpm (58,33 Hz)
Aerodinâmico		1,20 mm/s	21000 rpm (350,00 Hz)
Rolamento		0,60 mm/s	96000 rpm (1600,00 Hz)
Correias		0,80 mm/s	900 rpm (15,00 Hz)
Chaveta folgada do rotor		2,70 mm/s	7000 rpm (116,67 Hz)
Elétrica do motor		0,35 mm/s	7200 rpm (120,00 Hz)
Poli-harmônica		15,20 mm/s	Nível Global

É possível fazer um monitoramento por análise espectral de 03(três) formas distintas a saber:

Por Análise espectral

- OFF-Line
- Supervisão
- ON-Line

FORMAS DE MEDIÇÃO - INSTRUMENTAÇÃO - ESCOLHA

MONITORAMENTO POR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO OFF-LINE

Características de acompanhamento

a) Tipo da **falha é gradual** – portanto pode ser usado eqtos em que levem mais tempo para se ter um diagnóstico.

b) **Tipo de Equipamento** a ser usado vai depender do tipo da empresa, do tipo do equipamento e do que se pretende.

Pequeno Porte

Médio Porte

Características de acompanhamento

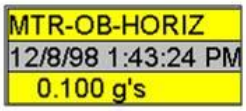
a) Tipo da Sistemática de Acompanhamento_– que vai depender do tipo da instalação em que se prtende realizar o monitoramento.

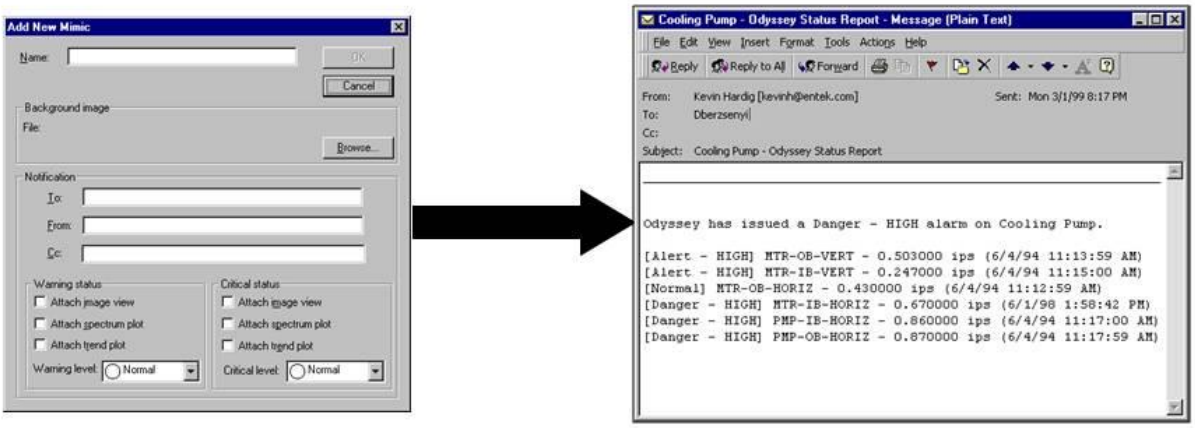
a.1) Fácil acesso, sem risco para o operador
Neste caso, não é preciso instalar nenhum tipo de sensor fixo na máquina

a.2) Difícil acesso, com risco para o operador
Neste caso é necessário deixar uma instalação pronta para facilitar o acesso da medição.

MONITORAMENTO POR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO POR SUPERVISÃO

- Possibilidades de Notificações de Alarme
  - **Visão em um Painel**
    - **Display alarm and alarm acknowledgement status**
  - **Informação por Email**
    - **Configured for each PL view**

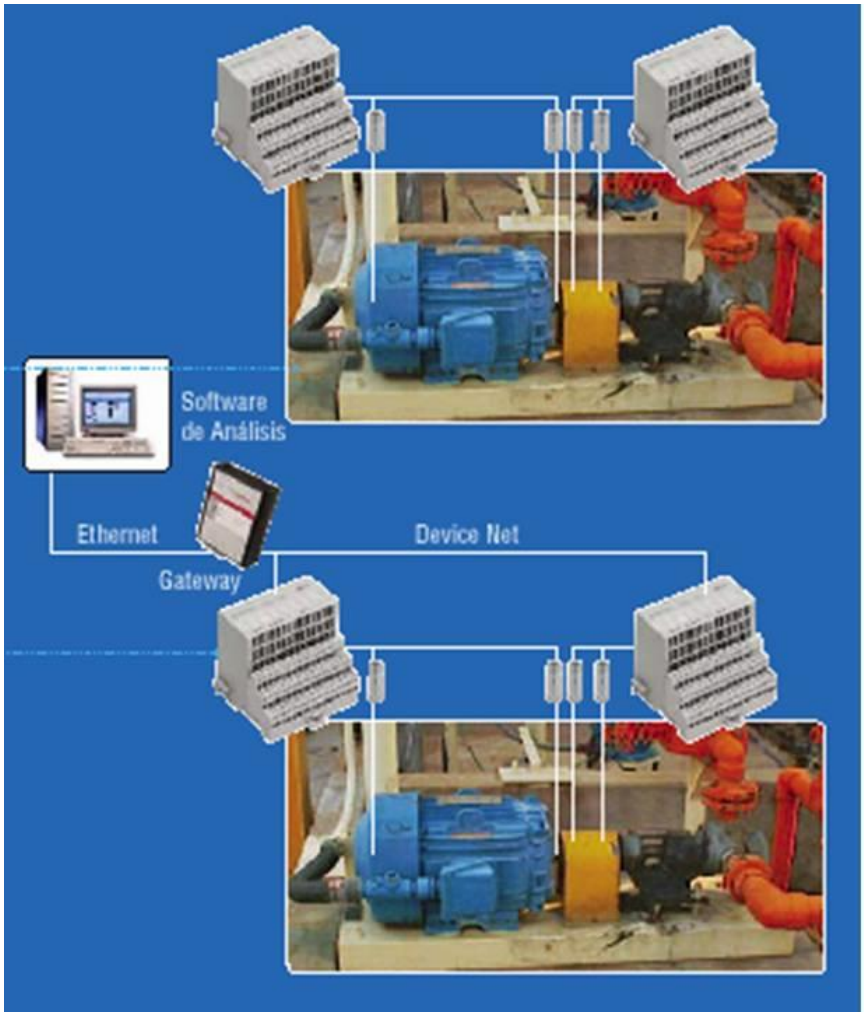




MONITORAMENTO POR ANÁLISE DE VIBRAÇÃO ON-LINE

Características de acompanhamento

a) Tipo da falha acontece em segundos – portanto tem que ser usado eqtos em que a análise seja mais objetiva, mas que também esteja associado a uma sistemática de tomadas de ações a tempo hábil, para impedir o dano no equipamento.



SOLUÇÃO
Arquitetura Proposta

Software de Gerenciamento e Análise

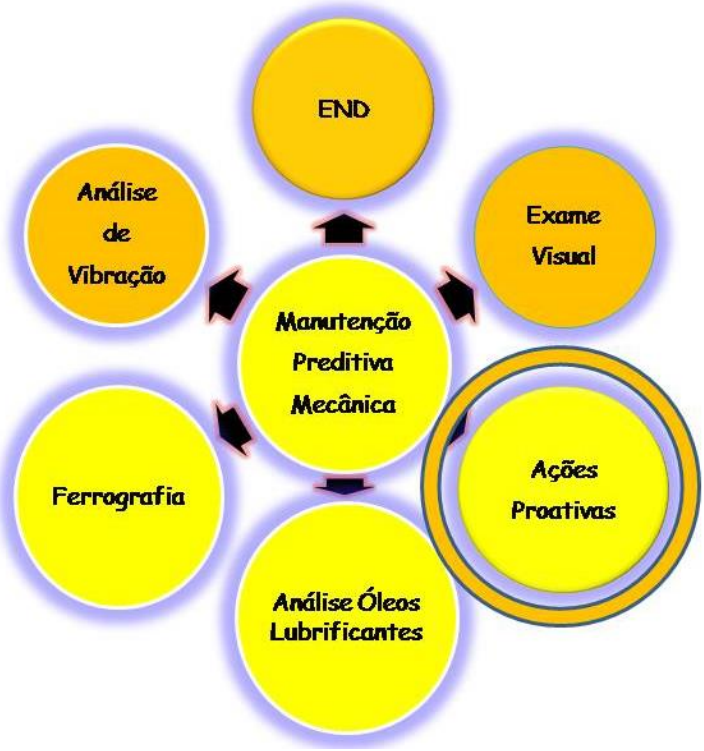
Módulos de Supervisão e Proteção

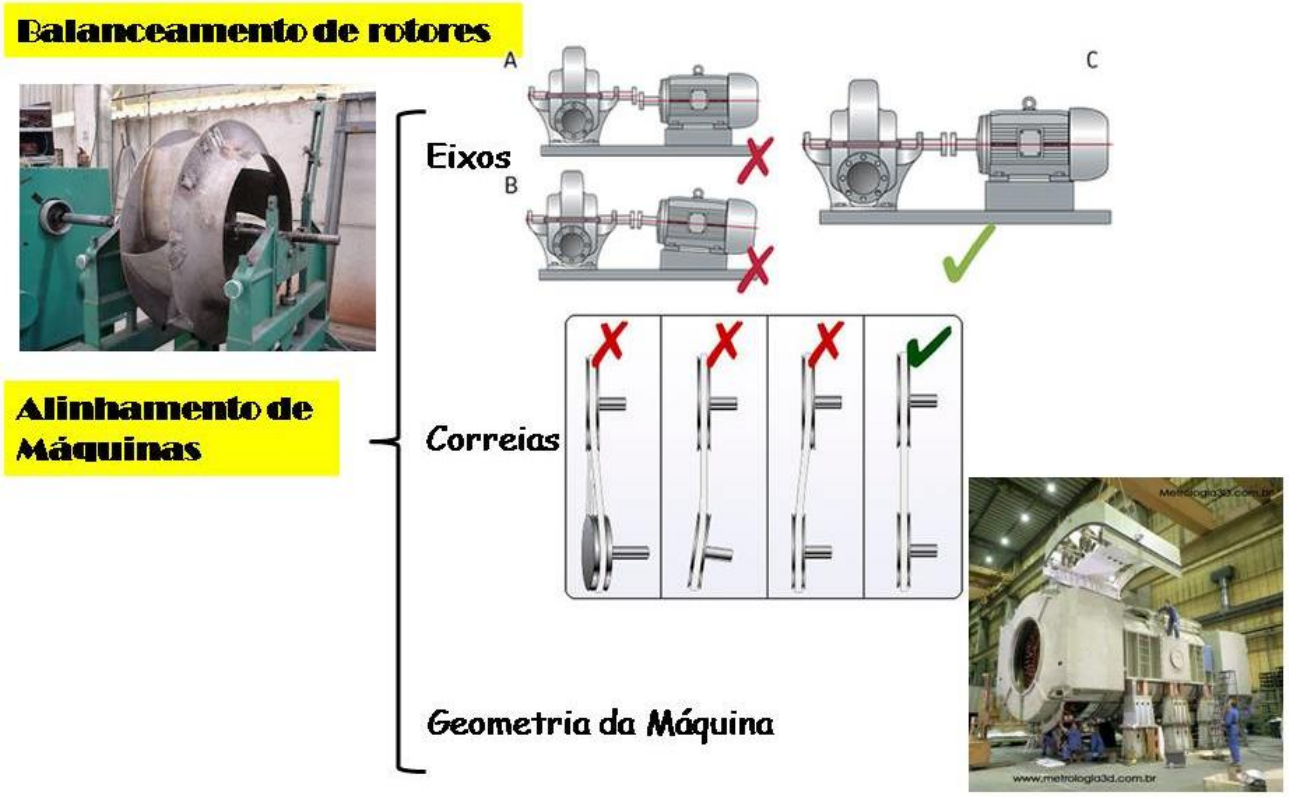
Módulos de Comunicação Com a Rede Intranet

Sensores

Redes de Campo

5.1.5 Ações Proativas

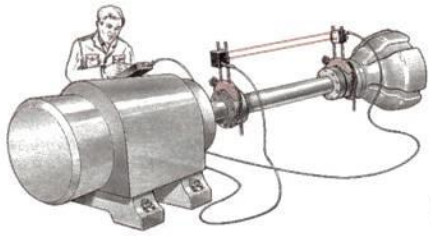




ALINHAMENTO DE EIXOS

Alinhamento a Laser - Método Reverso

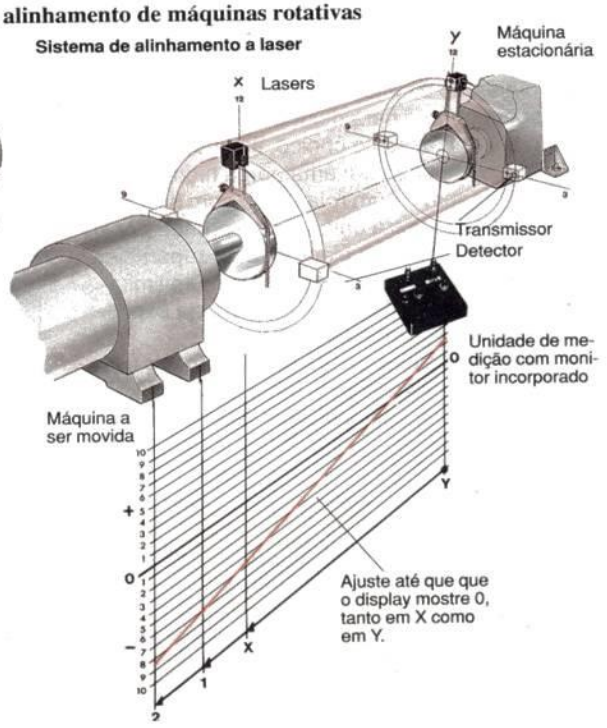
Operação sem problemas requer um bom alinhamento de máquinas rotativas



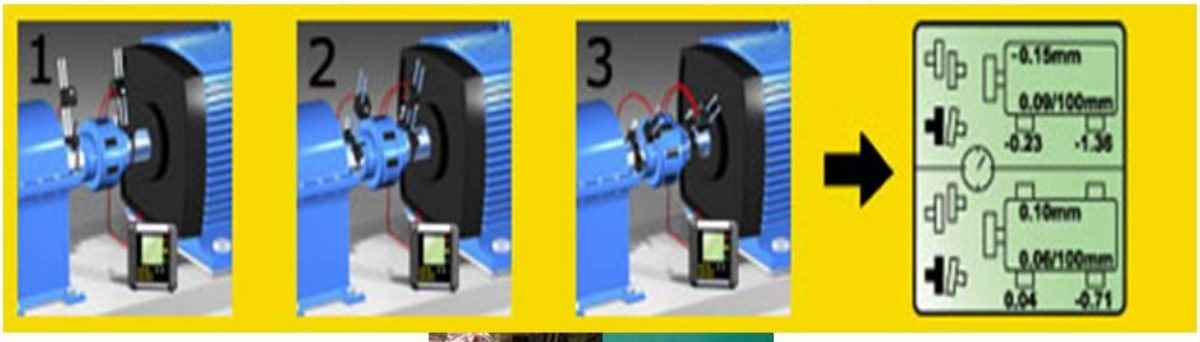
Tendo em mente que cerca de 50 % das quebras de máquinas ocorre por desalinhamento, torna-se óbvio a necessidade de um bom alinhamento. Um bom alinhamento aumenta a produtividade e reduz custos de manutenção.

O sistema de alinhamento é eficiente, confiável e extremamente simples de ser usado. A ilustração ao lado mostra o princípio de funcionamento do sistema de alinhamenta a laser

Sistema de alinhamento a laser



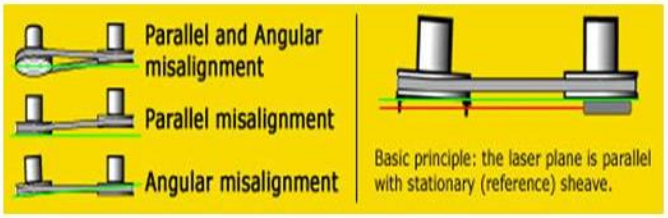
ALINHAMENTO DE EIXOS



ALINHAMENTO DE POLIAS

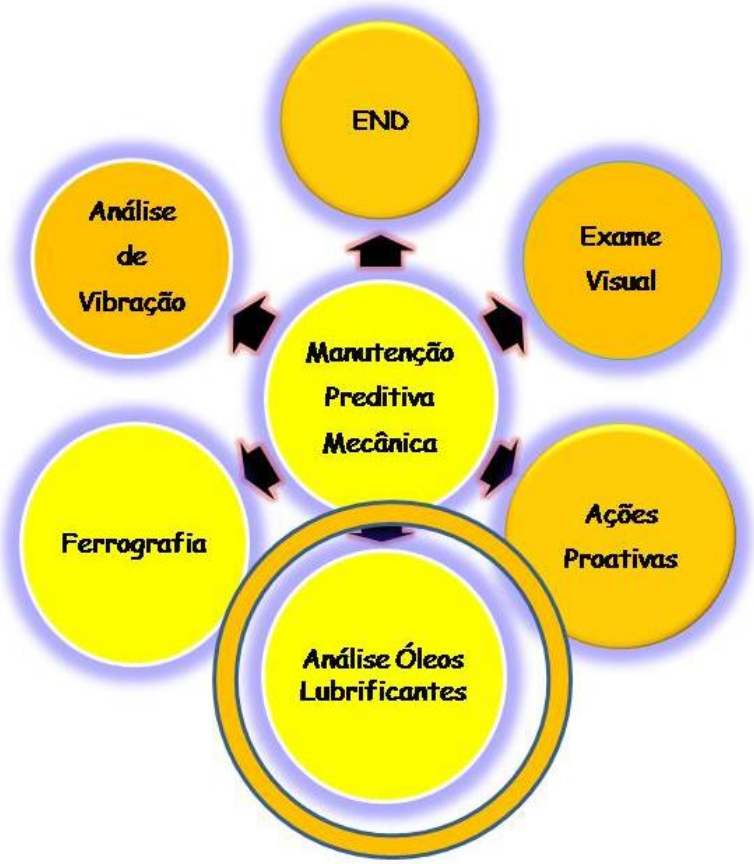
Alinhador de Polias

Desalinhamentos Possíveis



ALINHAMENTO DE POLIAS

Verificador de Tensão de Correias



5.1.6 Análise de Óleos Lubrificantes (Quanto a contaminação)

Além dos exames normais que são necessários, como as análises físico-químicas o monitoramento que vale destacar é o controle da contaminação nos óleos, principalmente nos óleos hidráulicos.

Controle da Contaminação

O gerenciamento da contaminação (gerenciamento de limpeza) se ocupa com a análise e a otimização de processos sob pontos de vista da limpeza de componentes, sistemas e fluidos utilizados.

Aproximadamente **70-80% de todas as falhas em sistemas hidráulicos** têm sua razão **num aumento do ensujamento do sistema**. Este percentual de avarias incide não só sobre a indústria hidráulica clássica, mas principalmente no ramo automobilístico, onde a utilização de sistemas eletrohidráulicos é crescente e o tema gerenciamento de contaminação é bem atual.

%	Problema
10	Diagnose Incorreta de problemas ou falta de fazer reparos
10	Falhas Mecânicas, tais como desalinhamento, vedações, etc...
5	Erros operacionais (Velocidade, pressão, volume, etc ...)
5	Causas Diversas
70	Condições inadequadas do fluido hidráulico

Fonte: Grande fabricante Hidráulico

Atualmente são conhecidos 4 processos para a classificação de contaminação por partículas em fluidos. A saber:

- ✓ ISO 4405 (antiga)
- ✓ ISO 4406
- ✓ NAS 1638
- ✓ SAE AS 5049

Contagem de Partículas

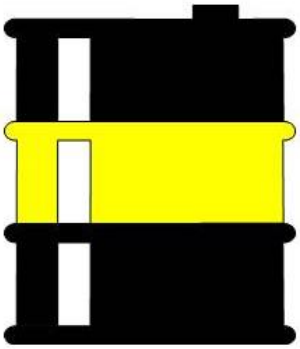
TABELA DE CORRELAÇÃO DOS NÍVEIS DE LIMPEZA

Cód ISO	Partículas / Mililitros ≥ 2 microns	≥ 5 microns	≥ 15 microns	NAS 1638	SAE Nível
21/18	80.000	20.000	2.500	12	
20/18	40.000	10.000	2.500		
20/17	40.000	10.000	1.300	11	
20/16	40.000	10.000	640		
19/16	20.000	5.000	640	10	
18/15	10.000	2.500	320	9	6
17/14	5.000	1.300	160	8	5
16/13	2.500	640	80	7	4
15/12	1.300	320	40	6	3
14/12	640	160	40		
14/11	640	160	20	5	2
13/10	320	80	10	4	1
12/9	160	40	5	3	0
11/8	80	20	2,5	2	
10/8	40	10	2,5		
10/7	40	10	1,3	1	
10/6	40	10	0,64		

Classes → 20/16

Classes → 20/17

Quanta sujeira é permitida num tambor de óleo de 200 litros ?

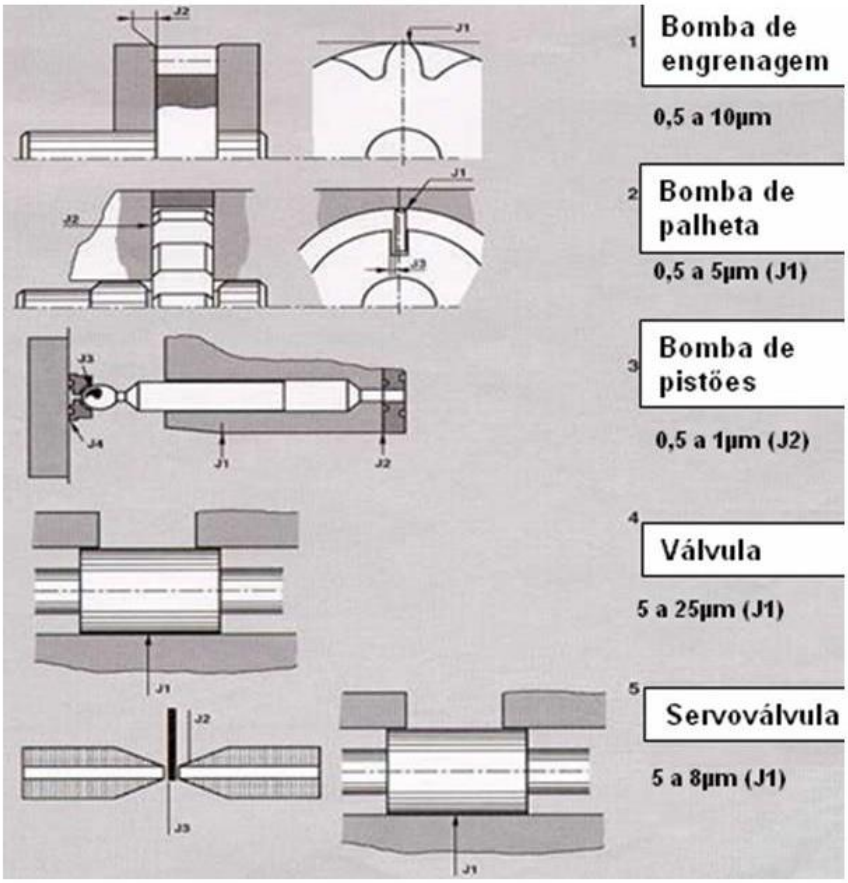


A recomendação máxima da **ISO** é expressada pela fração **16/13.**

Colocado em peso: **ISO 16/13** equivale a 0,77 mg/litro de óleo.

Multiplicando-se pelo número de litros (200) chega-se a 154 mg – praticamente **a metade de um comprimido de aspirina, que pesa cerca de 325 mg**.

Folgas Recomendas para alguns Componentes hidráulicos



Níveis de Contaminação

Valores recomendados para componentes hidráulicos

Componentes	Código ISO	NAS
Controle de Servo Válvulas	14/11	5
Válvulas Proporcionais	15/12	6
Bombas/Motores de palheta e pistão	16/13	7
Válvulas de Controle direcional e pressão	16/13	7
Bombas de Engrenagem s/motores	17/14	8
Válvulas de controle de fluxo, cilindros (atuadores)	18/15	9
Fluido novo não usado	18/15	9

- **Idéia de Contaminação**

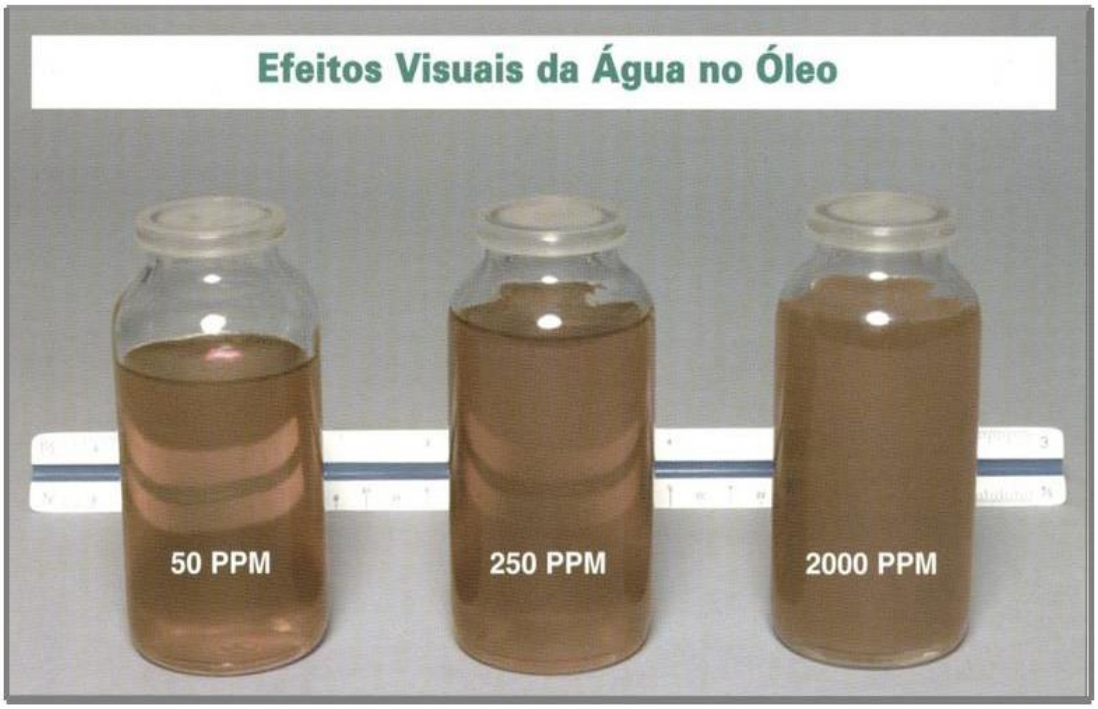
Tamanho Relativo das Partículas

Substância	Microns	Polegadas.
Grão de sal refinado	100	0039
Cabelo Humano	70	.0027
Limíte máx. de visibilidade	40	.0016
Farinha de trigo	25	.0010
Células Verm. do sangue	8	.0003
Bactéria	2	.0001

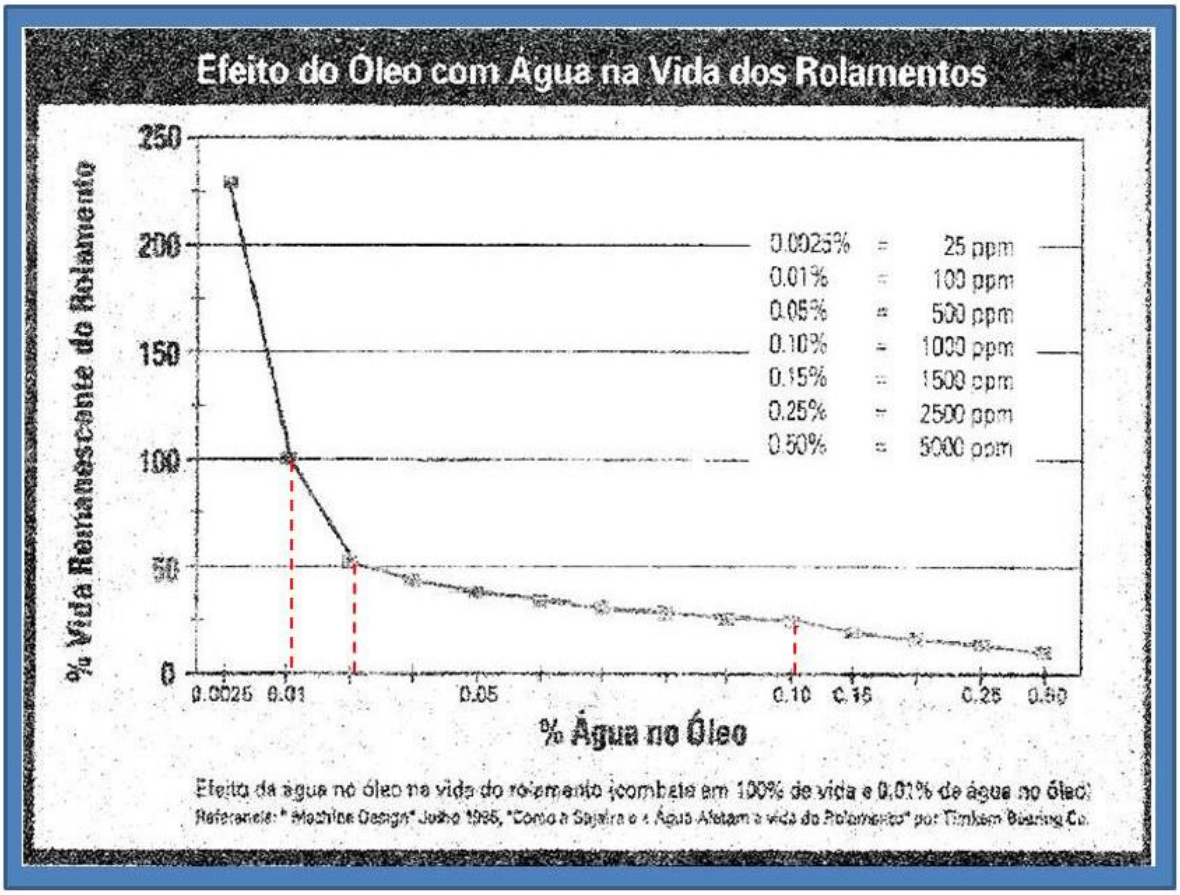
Folga Típica de Componentes Hidráulicos

Componente	Microns
Rolamentos anti-fricção de rolos e esferas	0.5
Bomba de Palheta	0.5-1
Bomba de Engrenagens (engrenagem com a tampa)	0.5-5
Servo Válvulas (carretel com a luva)	1-4
Rolamentos hidrostásticos	1-25
Rolamentos de Pistão (pistão com camisa)	5-40
Servo Válvula	18-63
Atuadores	50-250
Orifício de Servo Válvula	130-450

- **Idéia de Contaminação**



0,005% **0,02%** **0,2%**

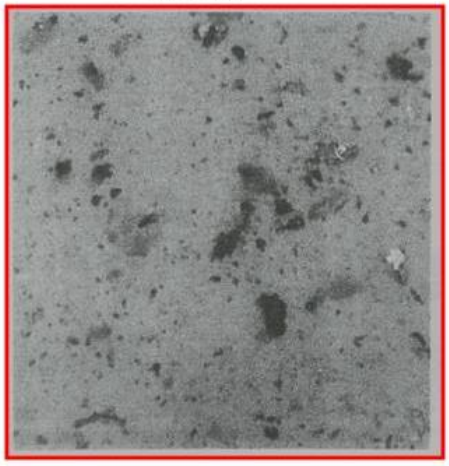


Cód ISO	≥ 2 micron.	≥ 5 microns	≥ 15 microns	NAS 1638	SAE Nível
21/18	80.000	20.000	2.500	12	
20/18	40.000	10.000	2.500		
20/17	40.000	10.000	1.300	11	
20/16	40.000	10.000	640		
19/16	20.000	5.000	640	10	
18/15	10.000	2.500	320	9	6
17/14	5.000	1.300	160	8	5
16/13	2.500	640	80	7	4
15/12	1.300	320	40	6	3
14/12	640	160	40		
14/11	640	160	20	5	2
13/10	320	80	10	4	1
12/9	160	40	5	3	0
11/8	80	20	2,5	2	
10/8	40	10	2,5		
10/7	40	10	1,3	1	
10/6	40	10	0,64		

Classificação ISO

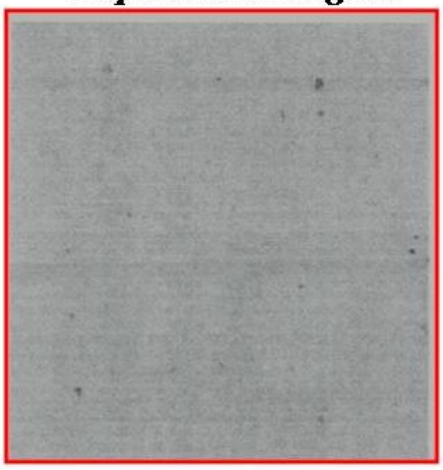
Programa de Controle de Contaminação
Caso Típico

Antes



Fluido ISO 19/16
(ampliação 100x)

Depois da Filtragem



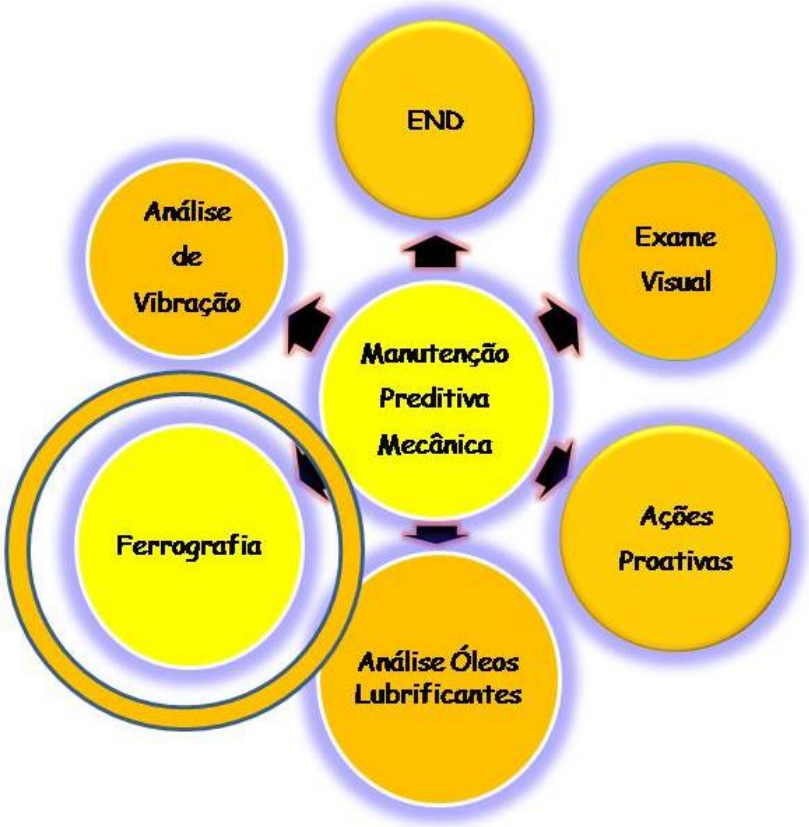
Fluido ISO 14/11
(ampliação 100x)

TABELA DE CORRELAÇÃO DOS NÍVEIS DE LIMPEZA

Cód ISO	Partículas / Mililitros ≥ 2 microns	≥ 5 microns	≥ 15 microns	NAS 1638	SAE Nível
19/16	20.000	5.000	640	10	
14/11	640	160	20	5	2

32x
Mais limpo

5.1.7 Análise por Ferrografia



Ferrografia Analítica

- É uma técnica de monitoramento e diagnose de condições de máquinas. A partir da quantificação e análise da morfologia das partículas de desgaste.

Princípios

- Toda maquina se desgasta

- O desgaste gera partículas

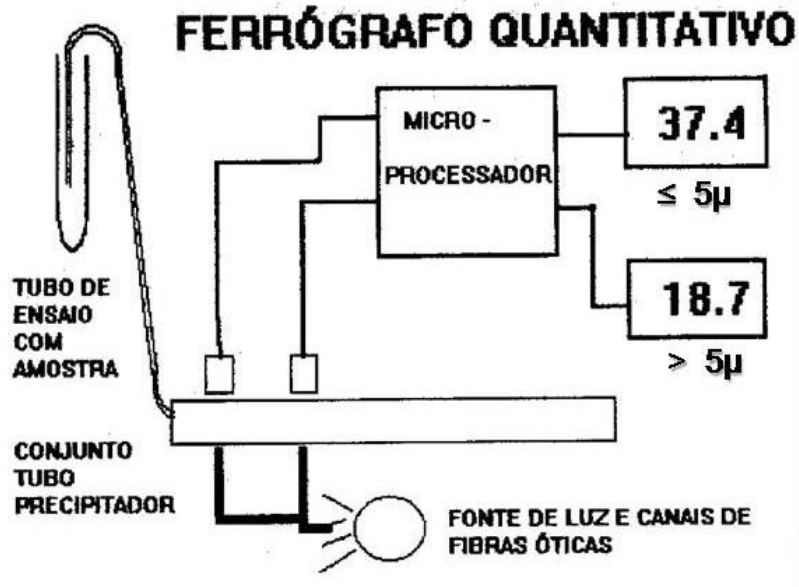
- A natureza e a quantidade de partículas dependem da causa e da severidade do desgaste

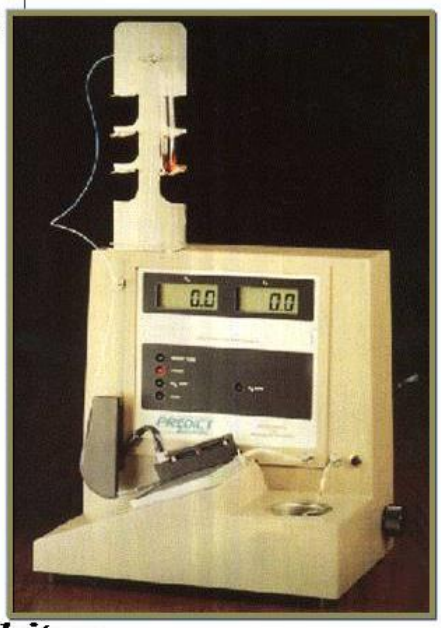
- A morfologia e o acabamento superficial das partículas indicam o tipo de desgaste

Ferrográfo Analítico

Ferrografia Quantitativa

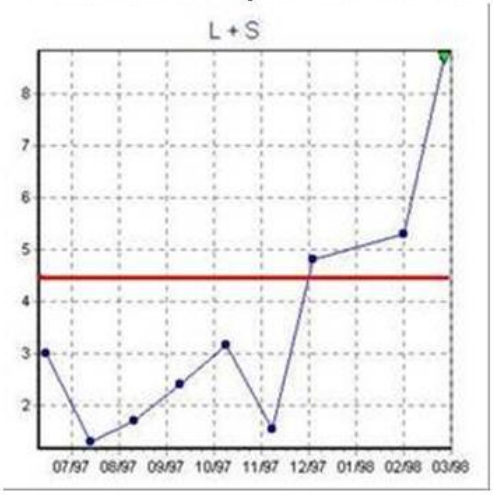
- Determina a concentração de partículas menores e maiores que 5 microns

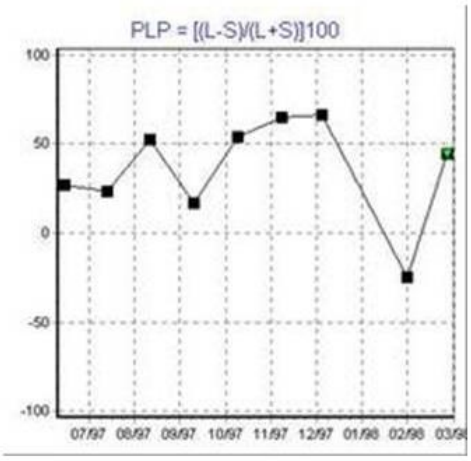




- Difere o formato do corpo de prova e no método da leitura

Gráficos exemplos de monitoramento por ferrografia quantitativa

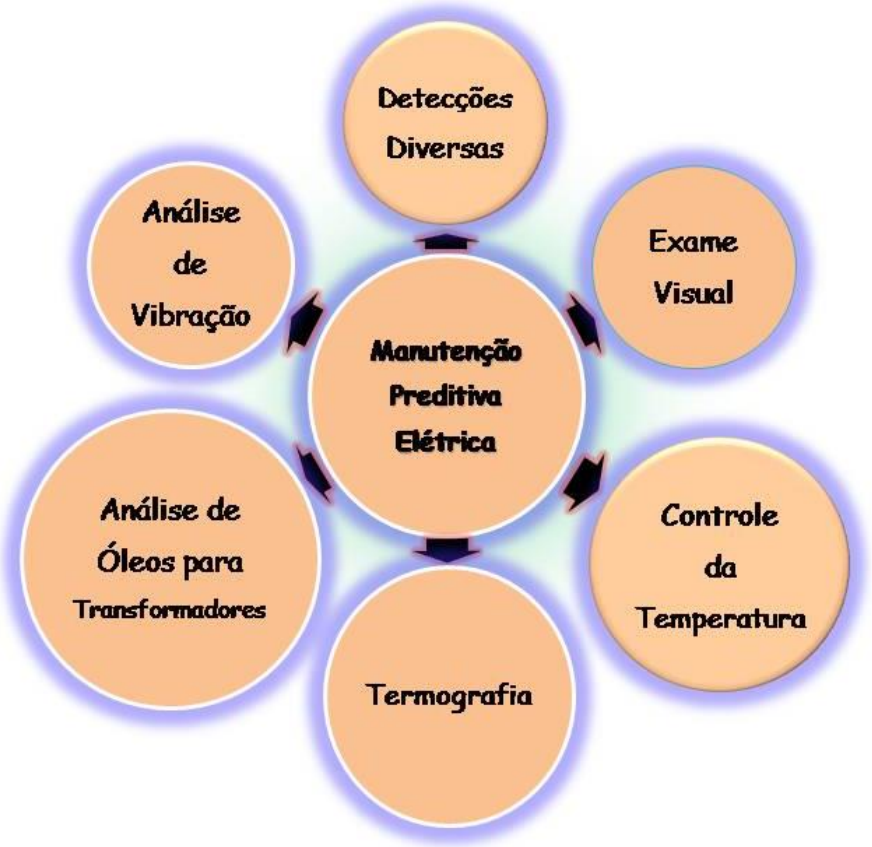




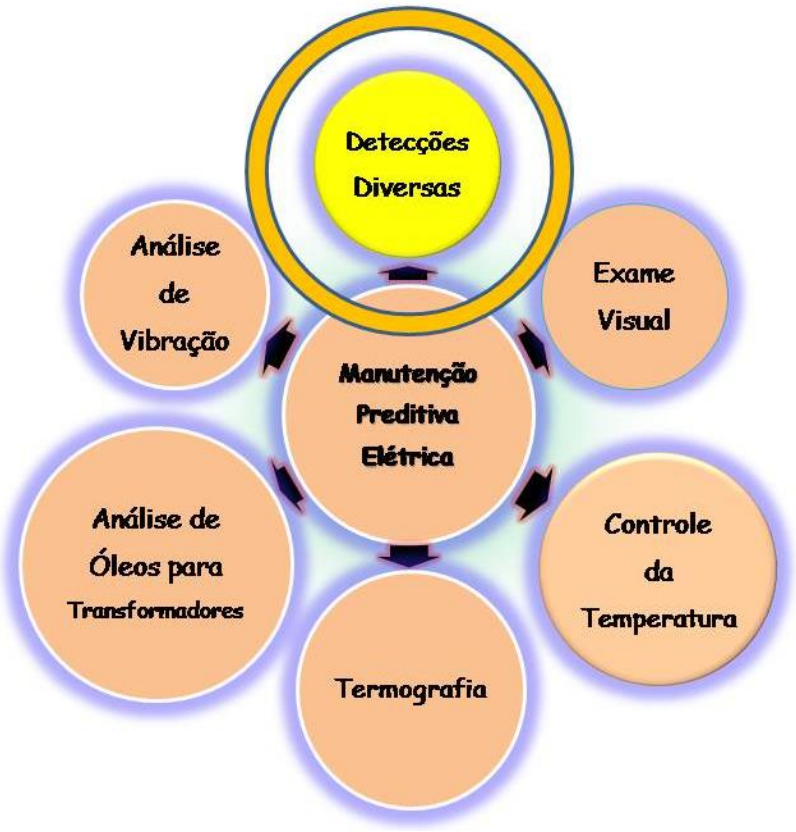
L partículas maiores que 5um
S partículas menores que 5um
L+S Concentração Total

PLP representa a concentração das partículas grandes sobre a concentração total
Modo de desgaste

5.2 Técnicas Elétricas



5.2.1 Detecções Diversas



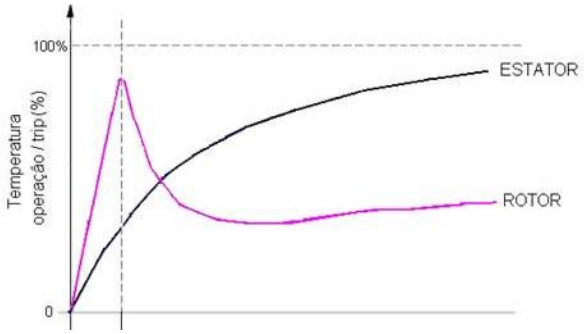
MONITORAMENTO DE PROBLEMAS ELÉTRICOS

Métodos Usuais de Controle de Motores

-Medição de Voltagem, corrente, temperaturas, etc.

Medição e acompanhamento evolutivo dos valores nominais contra os valores encontrados

Esta variação para mais ou para menos nos indica prováveis problemas que estão ocorrendo no motor.



ÍNDICE DE POLARIZAÇÃO

Esta técnica consiste em medir a resistência de isolamento do motor em mega-ohms aplicando-se tensão com um simples megohmetro, por 60 segundos (1 minuto), lendo-se o valor no tempo de 1 minuto.

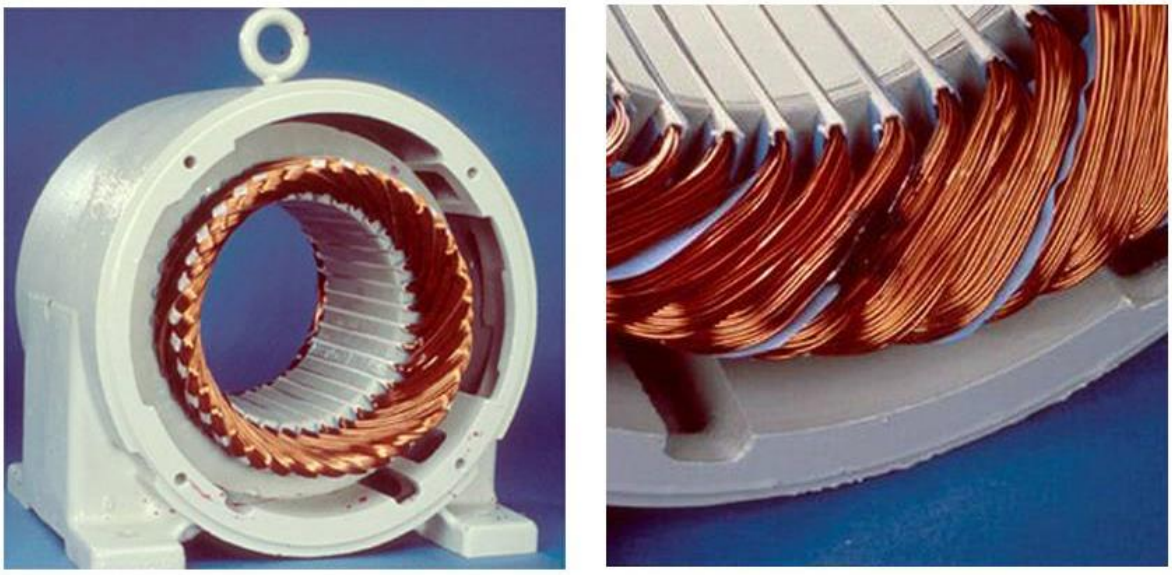
Continuamente permanecemos com o megohmetro conectado ao motor até atingir 10 minutos, lendo-se novamente o valor neste último tempo.

O índice é o quociente entre a resistência de isolamento com 10 minutos e a resistência ôhmica com1 minuto

O motor será considerado bom, quando este índice é maior do que 2.0

RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO	ÍNDICE DE POLARIZAÇÃO	RECOMENDAÇÃO
Resistência < (kV + 1)	Qualquer	Retirar imediatamente de operação.
(kV + 1) ≤ Resistência < 50 MΩ	IP < 2,0	Retirar imediatamente de operação caso esta não seja a característica histórica do motor.
	IP > 2,0	Analisar tendência histórica dos valores de resistência de isolamento.
50 MΩ ≤ Resistência < 100 MΩ	IP < 2,0	Retirar de operação assim que possível, caso esta não seja a característica histórica do motor.
	IP > 2,0	Analisar tendência histórica dos valores de resistência de isolamento.
Resistência ≥ 100 MΩ	Qualquer	Motor apto a continuar em operação quanto aos valores de resistência de isolamento.

Impresso



Falha elétrica em um motor

5.2.2 Monitoramento por Ultra-som

Três problemas básicos podem ser detectados pelo equipamento de ultra-som:

Arco elétrico
Corona
Descargas elétricas embrionárias (antes de se tornarem um arco propriamente dito)

Área de Abrangência

- Transformadores
- Painéis
- Motores
- Geradores
- Cabos e terminações
- Isoladores
- Barramentos
- Barramentos blindados
- Relés
- Disjuntores
- Muflas/ terminações
- Caixas de passagem

Arco Elétrico

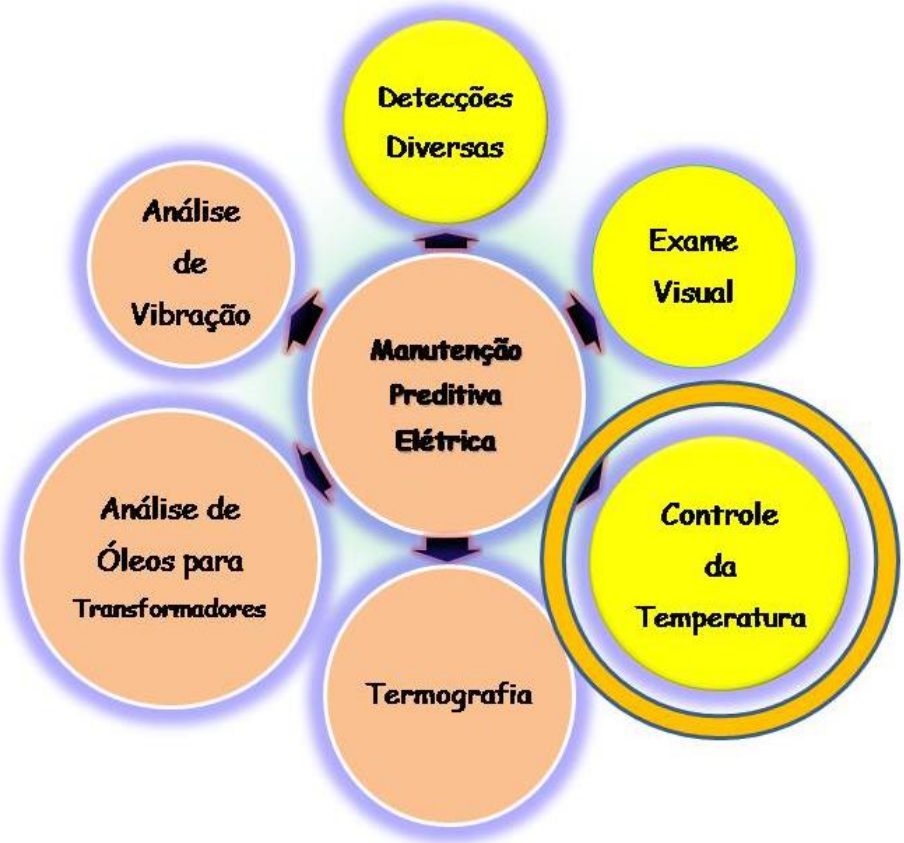
O arco elétrico ocorre toda a vez que existe uma disrupção do ar, seguido de passagem de corrente. A maior parte das faltas em sistemas elétricos industriais ocorre por falha de isolação, ou seja, através de arco.

Corona

Ocorre quando a tensão em um condutor elétrico excede o gradiente de potencial do ar que circunda este condutor e começa a ionizá-lo e formar uma nuvem azul ou púrpura ao redor.

Descargas Elétricas (embrionárias – Descargas Parciais)

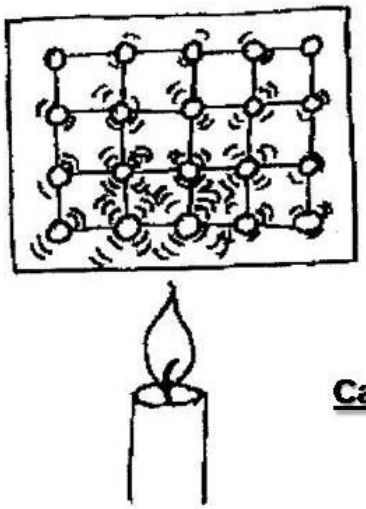
Conhecidas como "baby arcing" (arco embrionário), ocorre quando há perda de isolação e esta perda de isolação estabelece um caminho para correntes (descargas) elétricas de baixa intensidade que não podem ser identificadas por dispositivos de proteção convencionais.



5.2.3 Monitoramento Pontual de Temperatura

5.2.3.1 Conceitos Importantes

Conceitos de Calor e de Temperatura

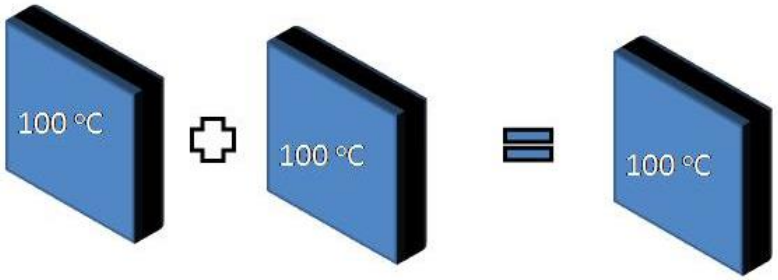


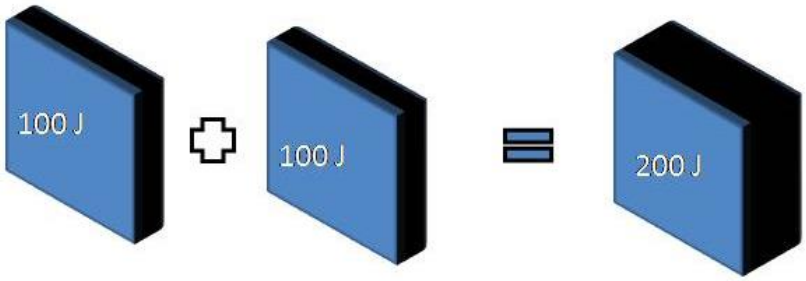
Para poder entender temperatura e calor, precisamos olhar para as moléculas de um determinado material. Elas sempre estaram se movimentando.

E nesse caso quanto mais quentes elas estiverem, mais rápido elas se movimentaram

Calor: A quantidade de um calor em um objeto é a energia cinética total das moléculas que o compõem.

Temperatura: É a medida da velocidade média das moléculas e átomos que compõem a substância





A temperatura é relativa mas o calor não é

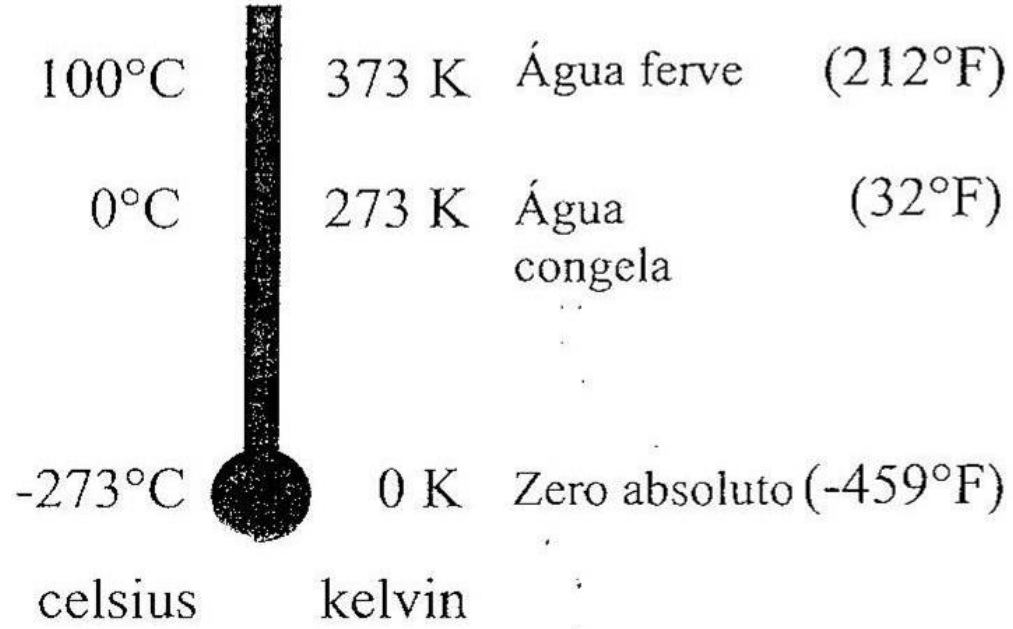
Medidas de Calor

SI – joule (J)

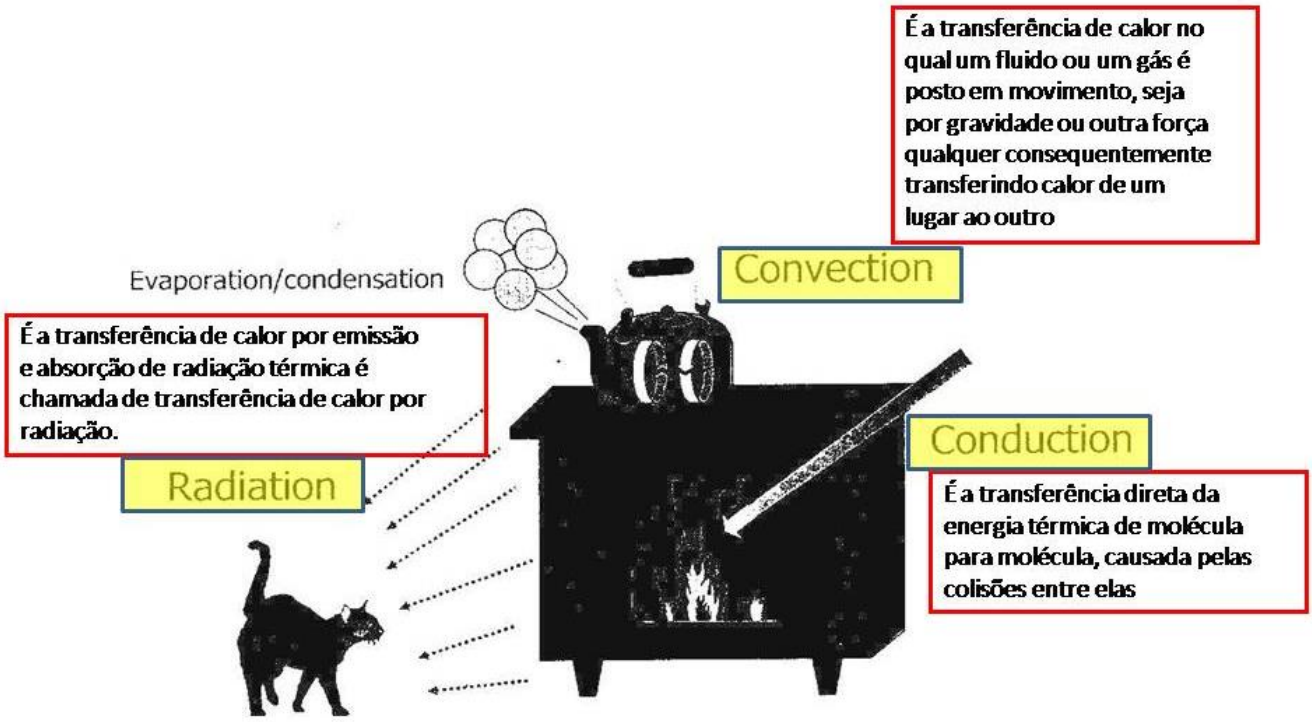
– ºC

Medidas de Temperatura

Absoluta: Zero absoluto
Relativa : escala Celsius



Formas de transferência de Calor



A temperatura é uma das grandezas físicas mais medidas, apenas suplantada pelo tempo.

A temperatura possui um importante papel como indicador da condição de um produto ou elemento de um equipamento, seja na fabricação ou no controle da qualidade.

A correta monitoração da temperatura melhora a qualidade do produto e a produtividade da empresa.

Os processos de fabricação podem prosseguir sem interrupções e sob condições otimizadas.

Os métodos para medição de temperatura podem ser divididos em medição com contato e medição sem contato.

Nos métodos de medição com contato, o termômetro é instalado de modo que seu elemento sensor entre em contato físico com o meio cuja temperatura se quer determinar.

A troca de energia entre o termômetro e o meio dá-se principalmente através do fenômeno da condução térmica.

Termômetro e meio devem estar em equilíbrio térmico no momento da medição da temperatura.

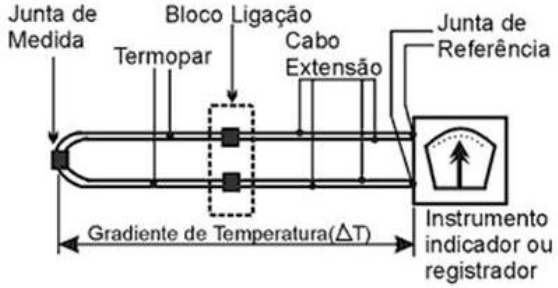
Termômetros de contato são excelentes para a medição da temperatura de meios líquidos e gasosos mas podem apresentar restrições na medição da temperatura de corpos sólidos.

Os principais equipamentos para a medição localizada da temperatura são:

a) Termopares:

Este instrumento já existe desde 1821 e utiliza como princípio de funcionamento o efeito Seebeck, que esta relacionado com a geração de uma diferença de potencial entre dois materiais submetidos a uma variação de temperatura.

A faixa de medição destes instrumentos está entre –200 e 2000 oC, de acordo com o par de materiais utilizados. O erro pode variar de +/- 0,5 a +/- 2,5 oC.



Os principais equipamentos para a medição localizada da temperatura são:

b) Termoresistores:

O funcionamento está na propriedade dos condutores alterarem sua resistência elétrica de acordo com a variação da temperatura.

São conhecidos como PTC's, ou seja, coeficiente de dilatação térmica positiva. O sensor utiliza um único material, os mais utilizados são a Platina o Níquel e o Cobre. O mais conhecido é o Pt 100, que utiliza a Platina com 100 (0 ºC).

A faixa de medição destes instrumentos é de –200 a 850 ºC e o erro não supera +/- 1 ºC na maior parte da faixa de medição. Este instrumento é superior ao termopar.

Os principais equipamentos para a medição localizada da temperatura são:

c) Termistores:

Utilizam a propriedade dos semicondutores variarem a sua resistência com a variação da temperatura. São conhecidos como NTC's, coeficiente de dilatação térmica negativa.

Utilizam a mistura de diversos materiais em sua fabricação. A faixa de medição é de – 250 a 200 oC e a precisão é de +/- 0,25 oC, podendo sofrer influência do meio onde aplicado.

Este instrumento é utilizado em locais que exigem a medição de pequenas variações da temperatura.

Nos métodos de medição sem contato, a transmissão de energia entre o termômetro e o meio dá-se por radiação.

São indicados para a determinação superficial da temperatura e quando o meio em medição está visualmente acessível, seja através de uma janela, abertura ou fibra óptica.

Um termômetro de radiação indica a temperatura de um objeto medindo a radiação eletromagnética que o objeto emite.

Pelo fato de nossos olhos não conseguirem detectar radiação dos corpos com temperatura inferior a 500°C, a maioria de nós associa a radiação térmica apenas a objetos quentes.

Entretanto, qualquer objeto cuja temperatura esteja acima do zero absoluto emite energia eletromagnética, a qual se propaga no espaço à velocidade da luz.

Esse fenômeno deve-se ao movimento mecânico das moléculas de um corpo, cuja intensidade aumenta com a temperatura do objeto.

Como o movimento das moléculas significa deslocamento de carga, ocorre a emissão de energia eletromagnéticas (partículas de fótons).

Estes fótons movem-se à velocidade da luz e comportam-se conforme os princípios ópticos conhecidos.

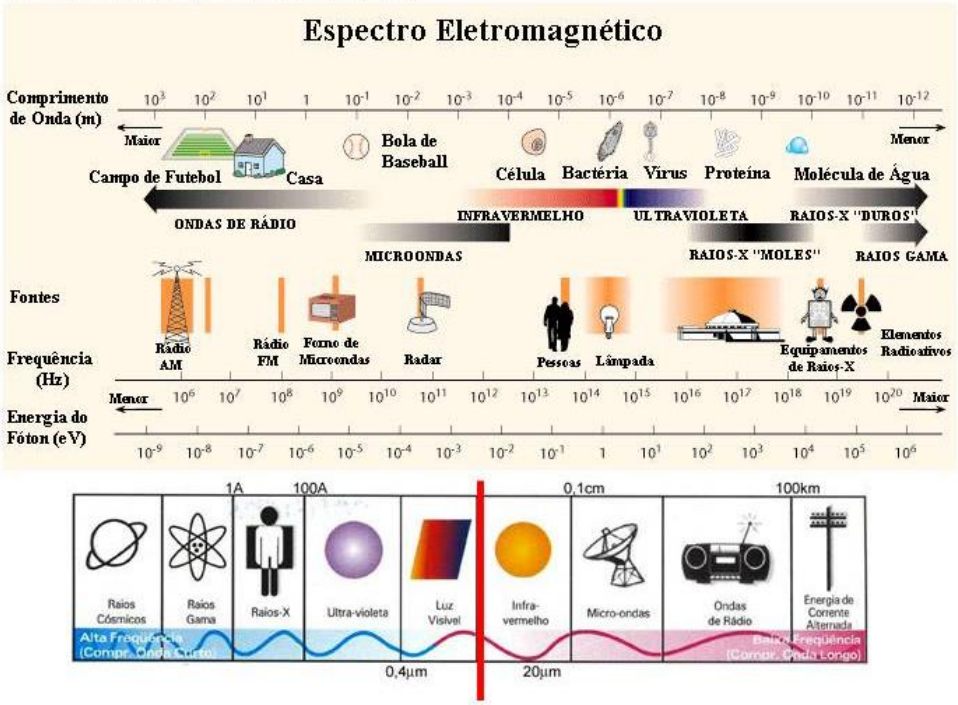
Compreendendo como essa radiação se relaciona com a temperatura podemos fazer medições precisas de temperatura em uma ampla faixa.

Termômetros de radiação são projetados para responderem a comprimentos de onda da porção infravermelha do espectro, entre 0,2 e 20 µm.

A maior parte da radiação infravermelha não pode ser vista pelo olho humano. Essa radiação, entretanto, pode ser dirigida para um detector dentro de um termômetro de radiação, através de um sistema óptico, de forma bastante parecida ao que acontece com a luz visível e o olho humano.

Os termômetros de radiação possuem três características principais que os distinguem dos demais termômetros.

O espectro eletromagnético mostrado abaixo, contém diversas formas de emissões eletromagnéticas como infravermelho, luz visível, raios-X, ondas de rádios e várias outras.



Esta é a forma mais simples da termometria de radiação. Embora simples, a distinção da temperatura com base nas cores por ser bastante exata. Alguns profissionais de industrias cujos processos atingem altas temperaturas, como as siderúrgicas, podem estimar a temperatura dentro de ±50°C, apenas baseando-se na cor do material

Tabela 1. Temperatura x cor percebida.

Temperatura °C	Cor
500	vermelho pouco visível
700	vermelho sombrio
900	cereja
1000	cereja brilhante
1100	vermelho alaranjado sombrio
1250	amarelo alaranjado brilhante
1500	branco
1800	branco ofuscante

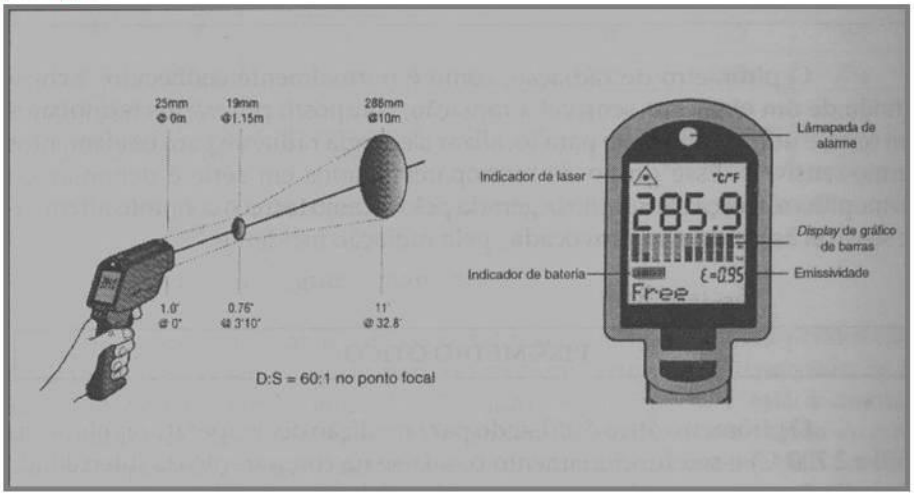
5.2.3.2 Monitoramento Pontual

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA - RADIOMETRIA

- RADIÔMETROS

- Normalmente são instrumentos portáteis, mas podem eventualmente trabalhar fixos para controlar processos

- A utilização de microprocessadores permite que os valôres das medições possam ser armazenadas e as saídas sejam fornecidas em indicadores analógicos ou digitais, impressoras ou gravados posteriormente para posterior análise e comparação



Monitoramento de Maquinas por Termometria Infravermelha

Item	Comentário
✍ Localização da Falha	CAF: 2510543561/ Operação - Várias Painel Elétrico Unidade 2921 - Lavadora Enco. Disjuntores IA2, IA3, IA4, IA5 e IA8.
✍ Descrição da Falha ✍ Data/Hora	Conexões Com Perfil Térmico Anormal 09 - Outubro - 2002 às 15:30
✍ Temperaturas	Temp. Medida: **84,8 ?C** Temp. de Referência: 47,3 ?C Temp. de Background (Fundo do Painel): 45,0 ?C Temp.Ambiente: 30,0 ?C Delta Temp. (Temp. Med. - Temp. Ref.): **37,5 ?C**
✍ Recomendações ✍ Prioridade **EMERGENCIAL**	Reparar imediatamente. Inspecione os contatos, limpe, repare e reapertar as conexões. Inspecione os disjuntores adjacentes. Solicite Investigação junto à Equipe de Manutenção.

Monitoramento de Maquinas por Termometria Infravermelha

Item	Comentário	
✍ Localização da Falha	CAF: 2610253001/ Operação – 310 Painel Elétrico UTE 2921 – Sistema de Ventilação Conexões dos Fusiveis 1 e 2 da esquerda para a direita.	
✍ Descrição da Falha ✍ Data/Hora	Conexões Com Perfil Termico Anormal 10 - Outubro - 2002 às 09:30	
✍ Temperaturas	Temp. Medida: Temp. de Referência: Temp. de Background (Fundo do Painel): Temp.Ambiente: Delta Temp. (Temp. Med. – Temp. Ref.):	**111,7 ?C** 52,9 ?C 40,0 ?C 27,4 ?C **58,8 ?C**
✍ Recomendações ✍ Prioridade **EMERGENCIAL**	Reparar imedia tamente. Inspecione os contatos, limpe, repare e reapertar as conexões. Inspecione os componentes adjacentes. Troque o cabo de ligação que sai da conexão do fusível. Solicite Investigação junto à Equipe de Manutenção.	

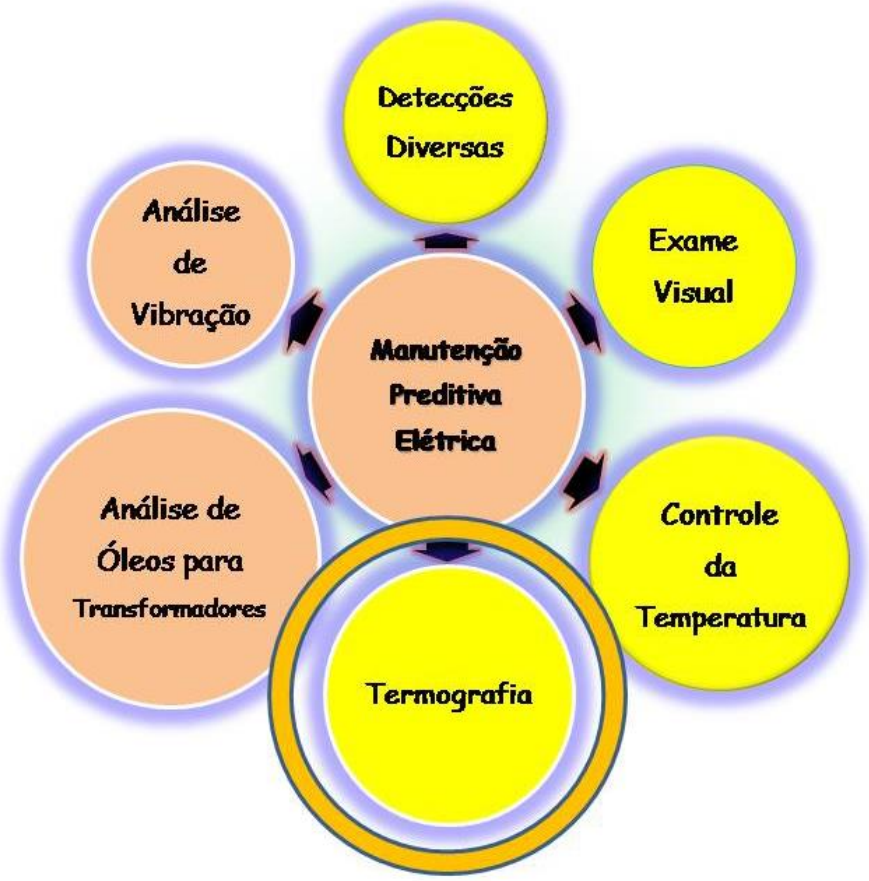
Monitoramento de Maquinas por Termometria Infravermelha

Item	Comentário	
✍ Localização da Falha	CAF: 971500789/ Operação - 20 Painel Elétrico Unidade 2921 - Mandrilhadora Grob Caixa Transformador número 1097006 - TC 3001	
✍ Descrição da Falha ✍ Data/Hora	Corpo Com Perfil Termico Anormal 03 - Outubro - 2002 às 16:30	
✍ Temperaturas	Temp. Medida: Temp. de Referência: Temp. de Background (Fundo do Painel): Temp.Ambiente: Delta Temp. (Temp. Med. - Temp. Ref.):	**60,6 ?C** 45,7 ?C 40,0 ?C 28,0 ?C **14,9 ?C**
✍ Recomendações ✍ Prioridade **ROTINA**	Verificar a causa do aquecimento desigual nas bobinas do transformador. Solicite Investigação junto à Equipe de Manutenção.	

Algumas aplicações da análise de temperatura como técnica preditiva na manutenção industrial são:

- **Deficiência de lubrificação em mancais;**
- **Falhas em sistemas de transmissão mecânica;**
- **Anormalidades em sistemas elétricos;**
- **Problemas com revestimentos refratários;**
- **Acúmulo de materiais em tubulações;**
- **Falha do isolamento térmico;**
- **Vazamentos.**

5.2.3.3 Monitoramento por Termografia

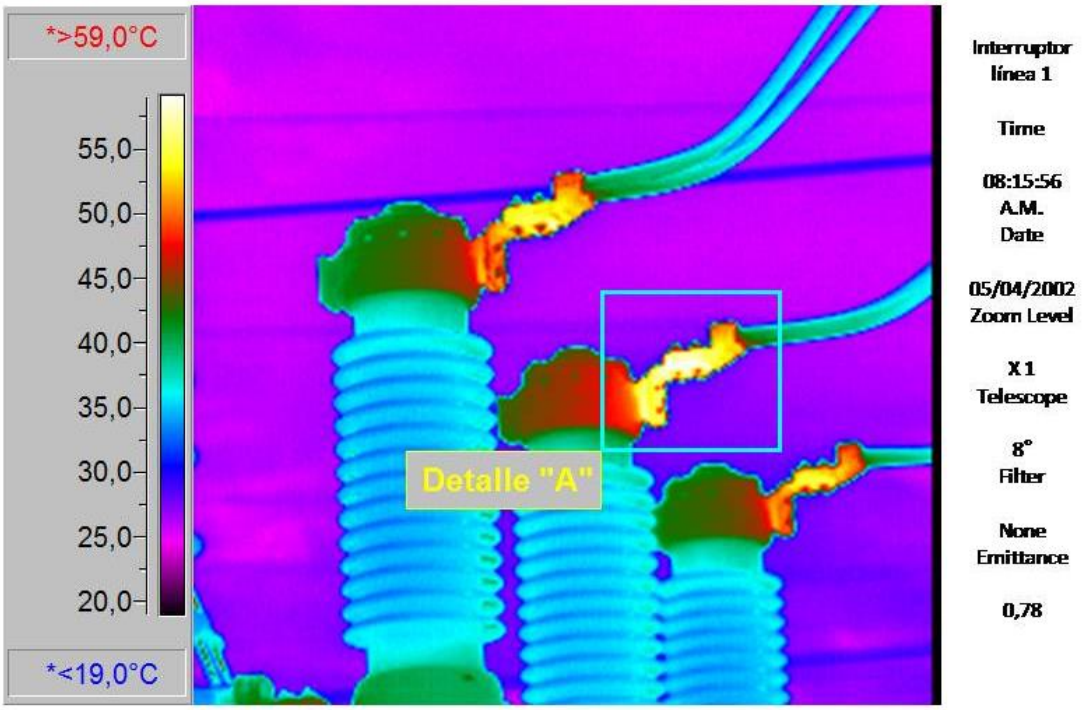


Comparação:
com o que normalmente se vê (visual) com a imagem que o Infravermelho vê

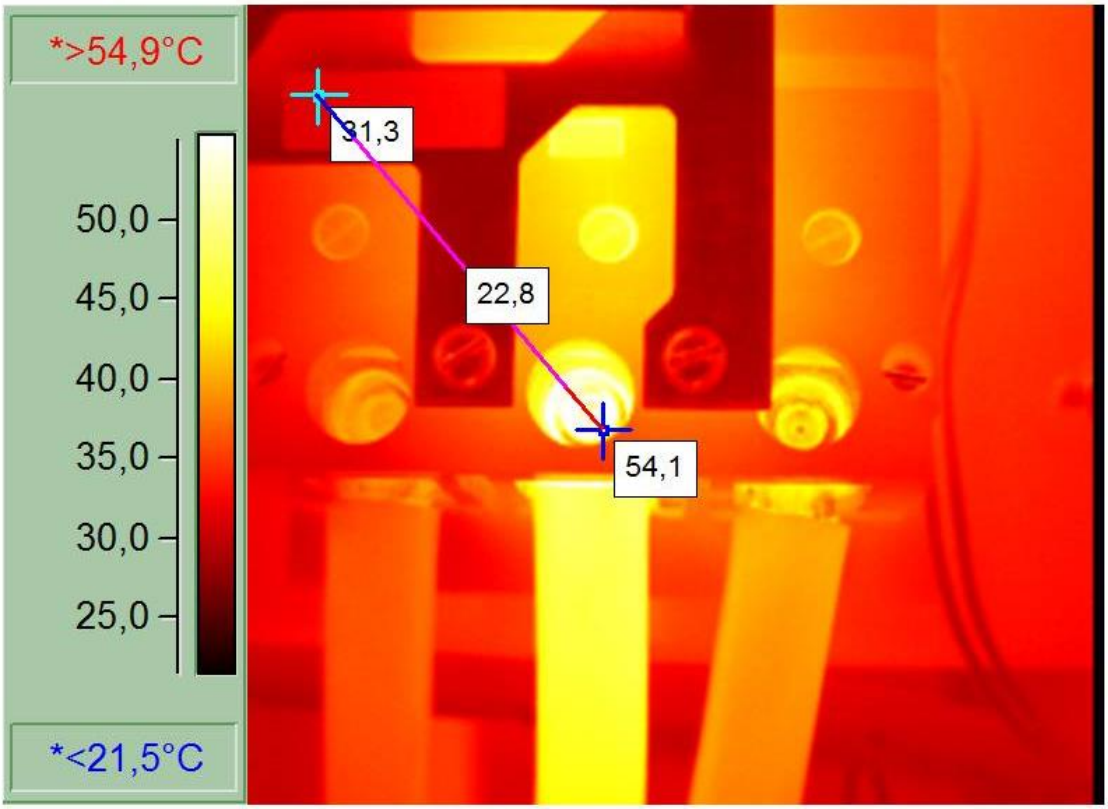
Duas diferenças fundamentais entre olhar no infravermelho e no visual

a) Na faixa espectral da luz visível, nossos olhos vêem somente a radiação refletida
b) A câmera infravermelha detecta tanto a radiação infravermelha refletida como a emitida.

MEDIÇÃO TERMOGRAFICA – CASE 1



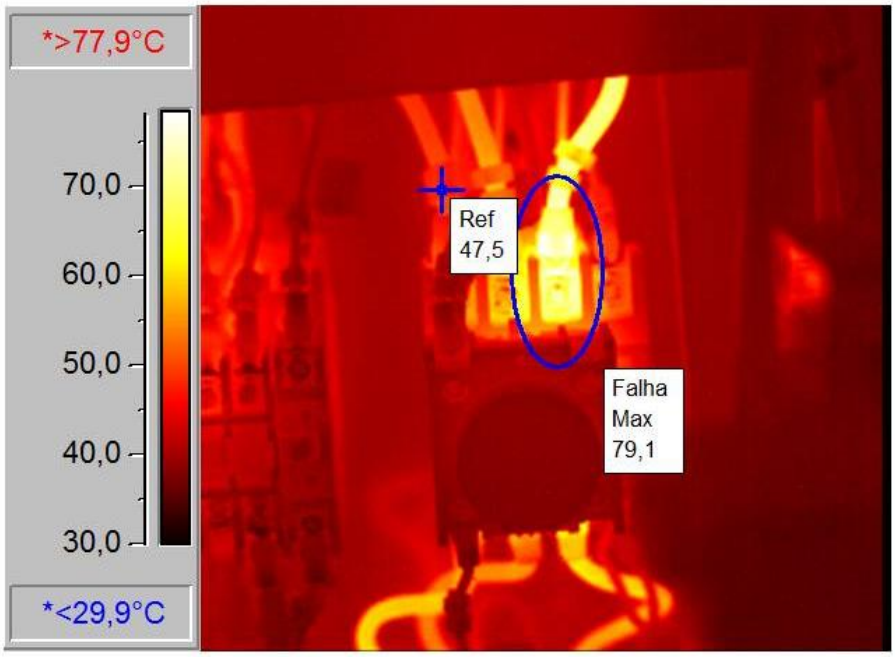
MEDIÇÃO TERMOGRAFICA – CASE 2



MEDIÇÃO TERMOGRAFICA – CASE 3

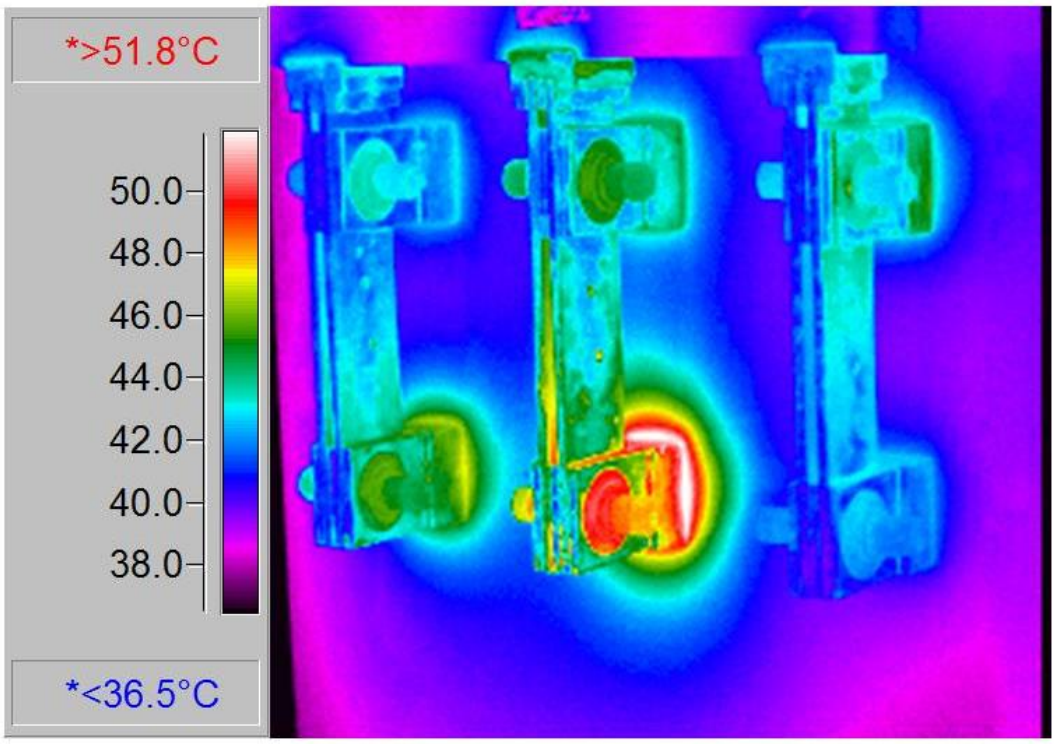
Borne de
1 Contactor

Contactor c/Timer	
Borne S2	
Time	15:06:24
Date	27/04/06
Zoom Level	X 1
Telescope	16°
Filter	None
Emittance	0,99



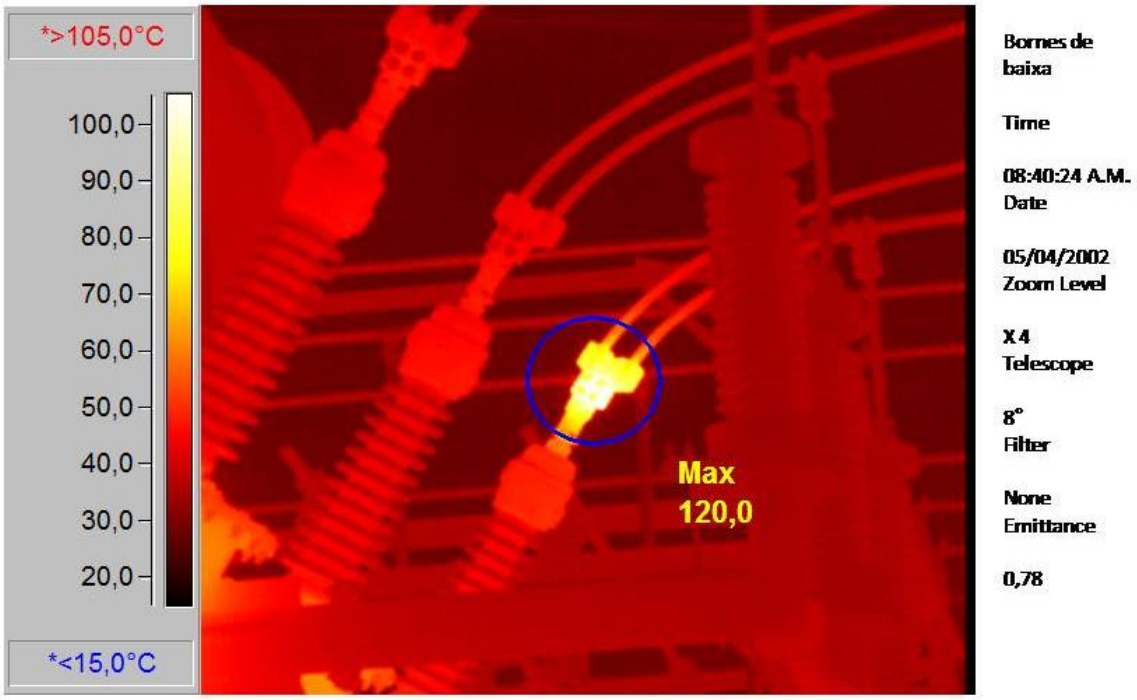
Detectou-se alta temperatura no borne da fase S de entrada, recomenda-se limpar as superfícies de contato e verificar o correto ajuste dos mesmos.

MEDIÇÃO TERMOGRAFICA – CASE 4



Problema na fase S - da chave

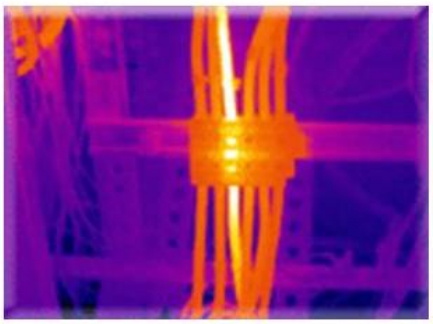
MEDIÇÃO TERMOGRAFICA – CASE 5



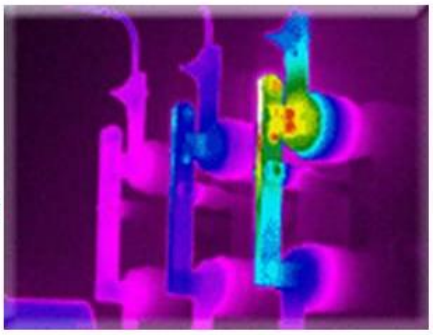
MEDIÇÃO TERMOGRÁFICA – OUTRAS APLICAÇÕES

Industrial - Elétrico

Régua de Bornes



Chave Seccionadora

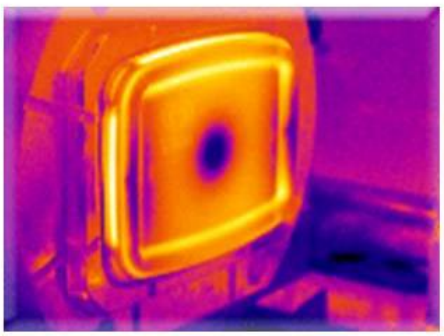


Industrial - Processos

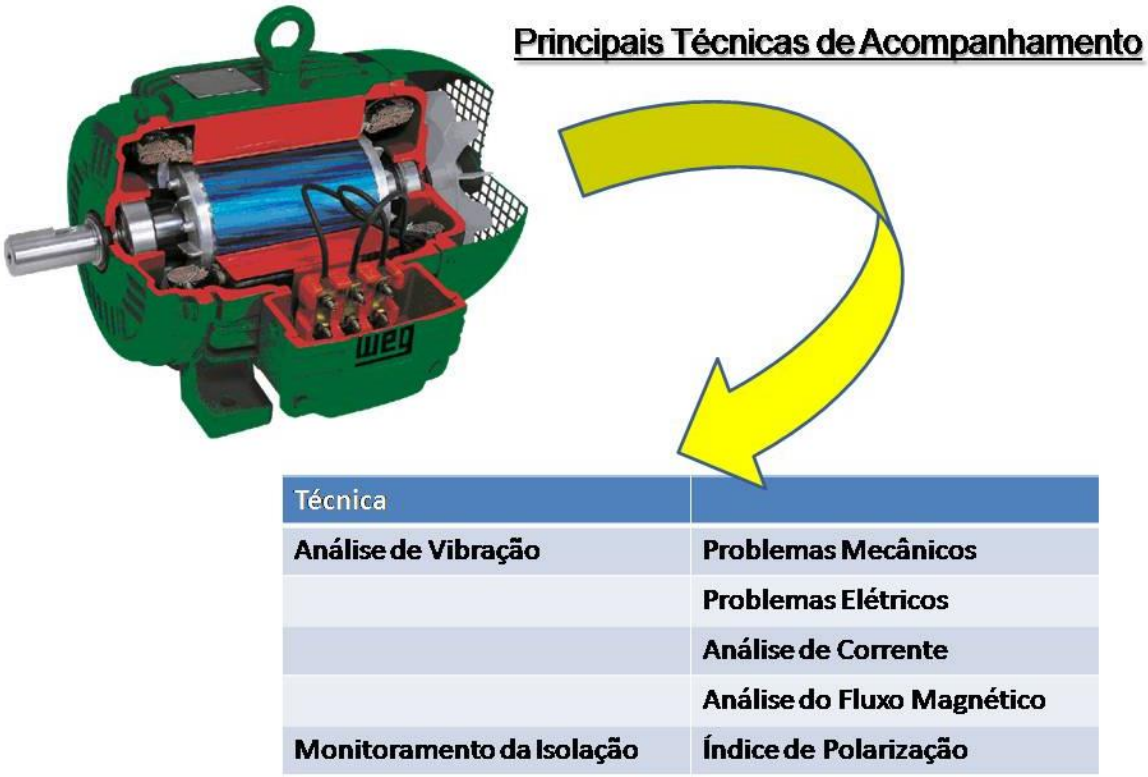
Fabrica de Garrafas

Pote Injetado

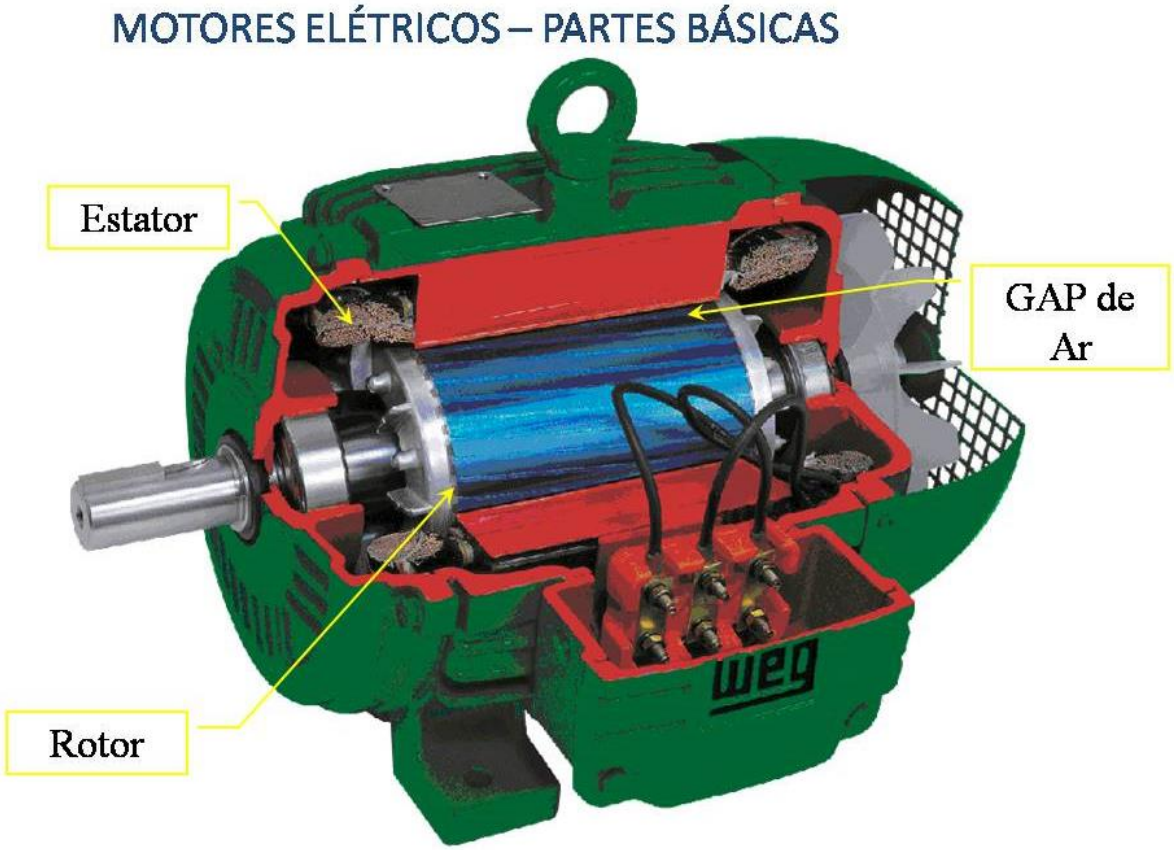
Macho de Injetora



4.2.3.4 Monitoramento por Análise de Vibração



Técnica	
Análise de Vibração	Problemas Mecânicos
	Problemas Elétricos
	Análise de Corrente
	Análise do Fluxo Magnético
Monitoramento da Isolação	Índice de Polarização



MONITORAMENTO DE PROBLEMAS MECÂNICOS

Embora não seja manutenção preditiva, é preciso ressaltar na necessidade de se cuidar de alguns aspectos:

a) Esforço feito pelas correias
b) Excentricidade causada por polias
c) Eixo empenado ou torto
d) Tampas frouxas
e) Falta ou excesso de graxa
f) Peso excessivo da polia na ponta do eixo do motor
g) Cuidado na lavagem de motor (depende do grau de proteção)
h) Alinhamento do conjunto (após reparos)
i) Desbalanceamento residual do conjunto
j) Proximidade junto a fontes externas

MONITORAMENTO DE PROBLEMAS ELÉTRICOS

Falhas no Rotor ou no Estator – Provocarão

Variação nas Forças Magnéticas

Erros na parte Rotativa – Ou seja Rotor ou GAP de Ar

- Variações Dinâmicas no GAP de Ar – Excentricidade
- Barras Quebradas (rotores do tipo Gaiola)
- Falta de contato nos anéis (rotores do tipo gaiola)
- Espiras em curto (rotores bobinados)

Erros na parte Estacionária

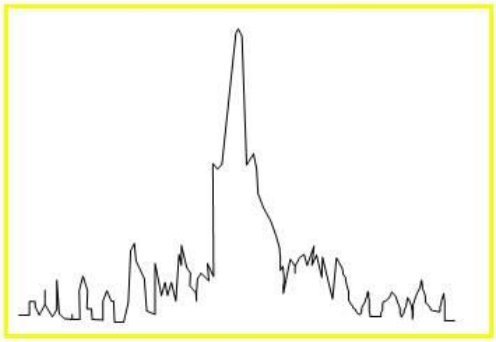
- Problemas no enrolamentos
- Desvios estacionários do GAP de Ar

Variações no GAP de Ar

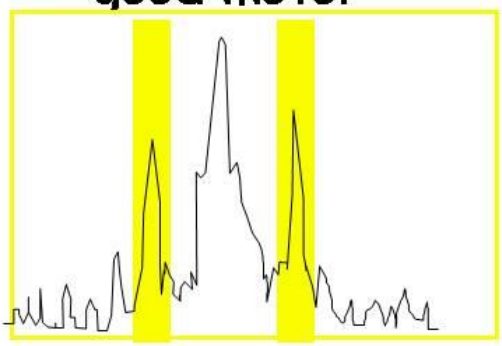
Freqüência de Defeitos nas Ranhuras

Análise por Espectro de Corrente

primary rotor
fault sidebands



good motor



bad motor

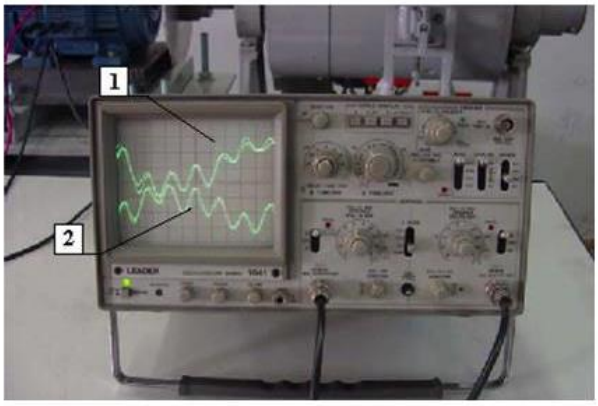
Análise do Fluxo Magnético

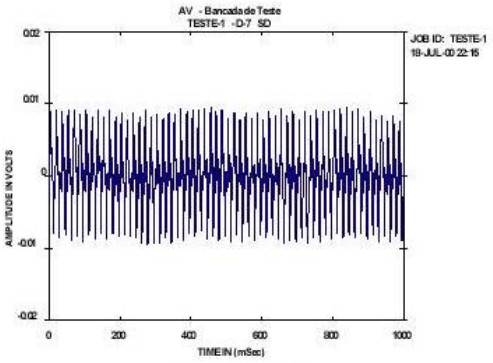
A análise de fluxo permite diagnosticar as falhas existentes nas barras do rotor, anomalias existentes no estator e desbalanceamento de tensão.

A análise destas falhas é feita através da inspeção de duas faixas espectrais: baixa freqüência e alta freqüência.

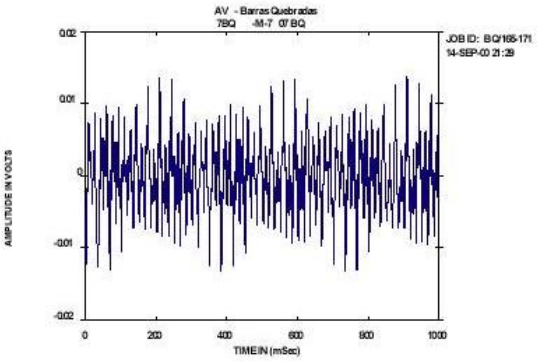
A análise de fluxo magnético é uma técnica recente que usa um sensor do tipo, bobina de fluxo.
O processo consiste na colocação da bobina no lado da ventoinha,

Análise do Fluxo Magnético





(a) Sem defeito



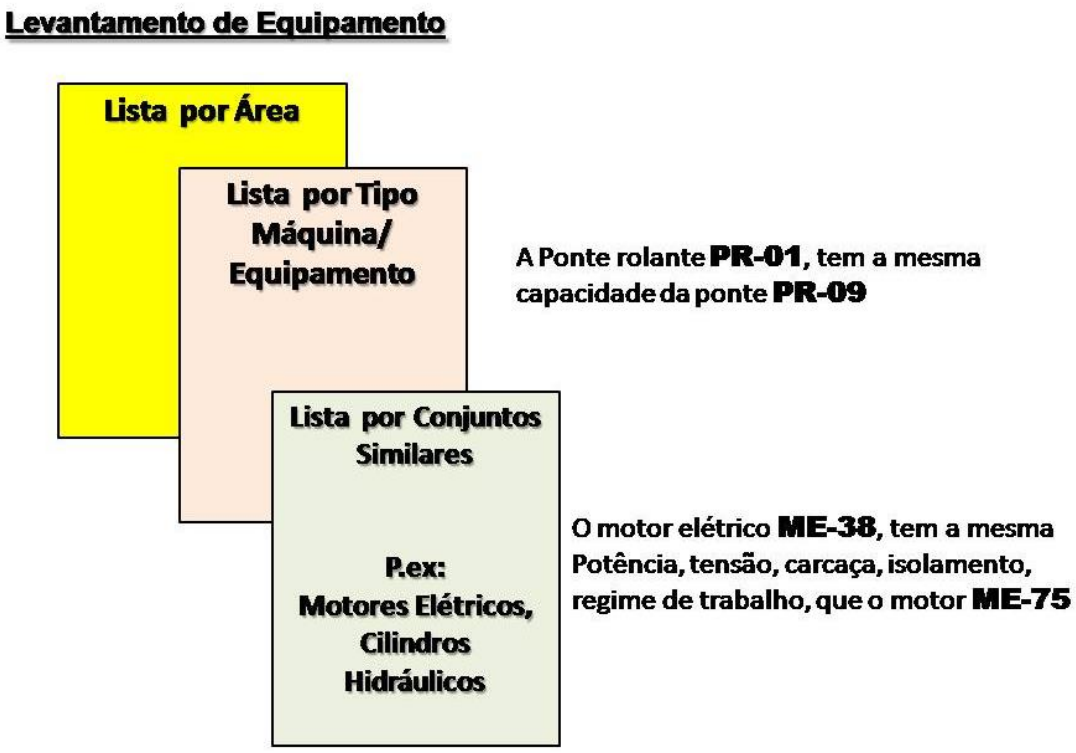
(b) Barras quebradas

5.0 Etapas da Gestão da manutenção

Iniciaremos verificando com detalhe a etapa 1 de planejamento.

6.1 Planejamento

6.1.1 Levantamento de Equipamentos



Exemplo de Listagem de Equipamentos (incompleta)				
Área:	620 - Laminação 1			
Código	Nomenclatura	Fabricante	Qtd	Prioridade
620.01	Ponte Rolante 50T	VILLARES	01	
620.02	Ventilador Axial	BUFALO	30	

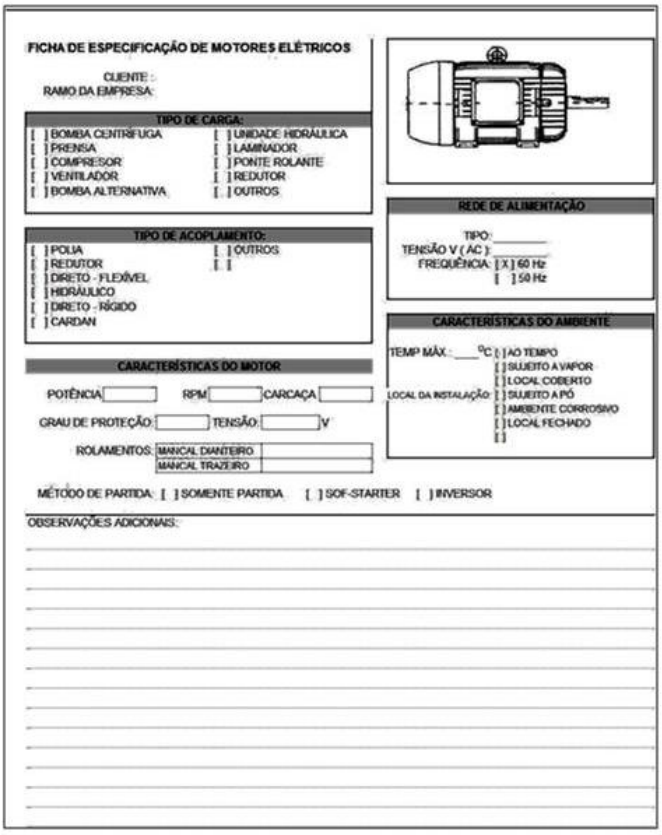
Exemplo de Listagem de Equipamentos (mais completa)				
Área:	620 - Laminação 1			
Código	Nomenclatura	Fabricante	Qtd	Prioridade
620.01	Ponte Rolante 50T	VILLARES	01	
	Motor Translação da Ponte 75 CV/1775 RPM, carcaça 225 S/M, IP55, CAT N, S1	WEG	01	
	Motor translação do Carro 50 CV1770 RPM, carcaça 200L, IP55, CAT N, S1	WEG	01	
	Motor Levantamento da carga 100CV/1780 RPM, carcaça 250 S/M, IP55 CAT N, S1	WEG	01	
620.01	Ventilador Axial, tipo JETPUMP 3CV/3370 RPM, carcaça F56H, IP(W)55, CAT H, S1	BUFALLO	30	

Exemplo de uma ficha de informações de motores

Levantamento de Equipamento

Os ganhos do setor com as informações bem organizadas são:

- *Eficiência*
- *Organização*
- *Confiabilidade*
- *Facilidade de acesso*
- *Agilização dos processos.*


FICHA DE ESPECIFICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

CLIENTE :
RAMO DA EMPRESA:

TIPO DE CARGA:
[ ] BOMBA CENTRÍFUGA [ ] UNIDADE HIDRÁULICA
[ ] PRENSA [ ] LAMINADOR
[ ] COMPRESSOR [ ] PONTE ROLANTE
[ ] VENTILADOR [ ] REDUTOR
[ ] BOMBA ALTERNATIVA [ ] OUTROS

TIPO DE ACOPLAMENTO:
[ ] POLIA [ ] OUTROS
[ ] REDUTOR [ ]
[ ] DIRETO - FLEXÍVEL
[ ] HIDRÁULICO
[ ] DIRETO - RÍGIDO
[ ] CARDAN

CARACTERÍSTICAS DO MOTOR
POTÊNCIA RPM CARCAÇA
GRAU DE PROTEÇÃO: TENSÃO: V
ROLAMENTOS: MANCAL DIANTEIRO / MANCAL TRAZEIRO
MÉTODO DE PARTIDA: [ ] SOMENTE PARTIDA [ ] SOF-STARTER [ ] INVERSOR

REDE DE ALIMENTAÇÃO
TIPO:
TENSÃO V (AC):
FREQUÊNCIA: [X] 60 Hz [ ] 50 Hz

CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE
TEMP MÁX.: °C [ ] AO TEMPO [ ] SUJEITO A VAPOR [ ] LOCAL COBERTO
LOCAL DA INSTALAÇÃO: [ ] SUJEITO A PÓ [ ] AMBIENTE CORROSIVO [ ] LOCAL FECHADO

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Exemplo de Plaqueta de informações de uma máquina

Levantamento de Equipamento

Aproveitar as informações da placa de identificação

Exemplo de Cadastro de Equipamento

EQUIPAMENTO: COMPRESSOR DE AR # 1 **"FAMÍLIA":** CA.MS.01
FABRICANTE: MAUÁ S.A
TIPO/MODELO: P/25-10-s
ORIGEM FABR.: PIRACICABA (BR)
FORNECEDOR: ENGIN S.A.
ARMAZENAGEM: LIGADO PARA AQUECIMENTO
REFERÊNCIAS: MANUAIS MS-2Y56/90 (A2/PP3) E MS-3J74/89 (A2/P2)
DESENHOS: MS-3789-R3 (A3G3) e MS-3801-R2 (A3/G1)
DIMENSÕES: Comp. 1350mm Larg. 700mm, Alt. 800mm.
PESO: 390 Kg
PLANTA: FÁBRICA SÃO JOSÉ **CD. EQ.:** SJ.G2.AC.CA.01.B
LOCALIZAÇÃO: GALPÃO 2 – JUNTO TURBINAS **Nº IDENT.:** 153.829

Dados do Fornecimento

Exemplo de Cadastro de Equipamento

SISTEMA OPERACIONAL: AR COMPRIMIDO
CUSTO: US$3,820.00 **INÍCIO OPERAÇÃO:** 22/07/92

DADOS TÉCNICOS

CAPACIDADE DE COMPRESSÃO: 25 PÉS3/MIN.
MODELO MOTOR: 34-ZT3 **FREQUÊNCIA DO MOTOR (Hz):** 60
POTÊNCIA DO MOTOR (HP): 10 **TENSÃO DO MOTOR (V):** 380
NÚMERO DE PÓLOS DO MOTOR: 4
TOMADA E COMPRESSÃO DO AR: FEITA POR DOIS PISTÕES.

Dados Técnicos

6.1.2 Definição da criticidade

Para uma correta utilização dos serviços e da mão de obra é necessário que os equipamentos a serem trabalhados tenham uma classificação prévia, que deverá ser feita em comum acordo com a produção, para que não só a manutenção, mas também todos entendam e saibam dar importância relativa na hora de priorizar os serviços.

Alguns critérios existem, não são únicos mas serão colocados como exemplo para serem analisados e avaliados quanto a sua utilização, podendo cada empresa desenvolver e implementar o seu próprio critério visando atender a sua realidade da sua produção.

Na verdade o que precisamos é ter uma classificação que represente a importância relativa do equipamento dentro do processo de produção, como um todo e não simplesmente sob uma visão de manutenção.

Classificação de Equipamento

Esta etapa pode ser feita, hoje em dia de:

a) Forma manual

b) Forma automática (embutida dentro dos sistemas)

Na verdade o que é mais importante é a gestão em si, e não uma vez feita, esquecer e achar que será sempre a mesma por toda a vida útil do equipamento.

Vantagens de se ter todos os seus equipamentos classificados e conhecidos:

a) Intercambiabilidade em momentos estratégicos
b) Dimensionamento de recursos (peças, almoxarifados, etc ...)
a) Facilidade no planejemento da manutenção.

A tabela a seguir confronta as principais necessidades de manutenção com as criticidades

	Tipo de Criticidade →	Baixa	Média	Alta
NECESSIDADES	Manutenção Planejada	Não Obrigatório	Obrigatório	Imprescindível
	Mão de Obra Treinada	Desejável	Obrigatório	Imprescindível
	Histórico com Análises	Desejável	Obrigatório	Imprescindível
	Gestão por Indicadores	Não Obrigatório	Obrigatório	Imprescindível
	Gestão de Sobressalentes	Não Obrigatório	Obrigatório	Imprescindível
	Engenharia de Manutenção	Não Obrigatório	Desejável	Imprescindível
	Manutenção Preditiva	Não Obrigatório	Desejável	Imprescindível
	Manutenção Preventiva	Não Obrigatório	Imprescindível	Imprescindível

Classificação de Equipamentos - Critério Tradicional

Classe	Descrição
A	**Equipamento cuja parada interrompe o processo produtivo e por esta razão sua programação de manutenção preventiva deve ser rigorosamente cumprida**
B	**Equipamento que participa do processo produtivo, porém sua Parada por algum tempo não interrompe a produção e assim, sua programação de manutenção preventiva deve ser executada dentro de uma determinada faixa de tempo**
C	**Equipamento que não interfere no processo produtivo e, em conseqüência sua programação de manutenção preventiva pode deixar de ser executada**

Tabelas para definição de criticidade

GRAU DE SEVERIDADE EM DECORRÊNCIA DE UMA FALHA DE EQUIPAMENTO	
I Desprezível	A falha não traz quaisquer tipos de prejuízos à linha de produção ou à produtividade da unidade industrial A falha representa para o processo, por safra, um índice de indisponibilidade inferior a 10%. A falha não compromete a qualidade do produto A falha não causa quaisquer tipos de impactos ambientais A falha não concorre para a ocorrência de acidentes ou de doenças do trabalho, nem promove situações de concentração ou agravamento dos agentes de risco ambientais.
II Moderado	A falha não implica em parada da linha de produção, mas implica em redução da capacidade produtiva A falha representa para o processo, por safra, um índice de indisponibilidade de 10% a 30% A falha compromete a obtenção do produto final, podendo-se entretanto aproveitar o subproduto decorrente desta, para comercialização A falha causa impactos ambientais, embora não se caracterize como infração à Legislação Ambiental A falha concorre para a ocorrência de acidentes do trabalho impessoais e/ou concentração / agravamento dos agentes de risco ambientais
III Severo	A falha implica em parada total da linha de produção A falha representa para o processo, por safra, um índice de indisponibilidade superior a 30%. A falha compromete totalmente o aproveitamento da matéria-prima utilizada, tendo-se que descartar a batelada já processada A falha caracteriza-se como infração à Legislação Ambiental A falha concorre para a ocorrência de acidentes do trabalho pessoais e/ou de doenças do trabalho

Critério para gestão de Equipamentos

Probabilidade de Ocorrência de Falha	
A	RARA (nunca ocorreu, mas pode ocorrer)
B	REMOTA (já ocorreu 1 vez)
C	PROVÁVEL (já ocorreu mais de 1 vez)

Nível de Criticidade (Severidade x Propabilidade)			
	A	B	C
I	1	1	2
II	1	2	3
III	2	⑥	3

Nível de Criticidade	
1	Menor
2	Sério
3	Crítico

Critério para gestão de Equipamentos

	Necessidades						
	Planejamento	Mão de Obra Treinada	Histórico com Análises	Gestão por Indicadores	Gestão de Sobressalentes	Engenharia de Manutenção	Ferramentas Modernas
A I	Não Obrigatório	Desejável	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório
A II	Não Obrigatório	Desejável	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório
A III	Desejável	Obrigatório	Desejável	Desejável	Não Obrigatório	Desejável	Desejável
B I	Desejável	Desejável	Desejável	Desejável	Não Obrigatório	Não Obrigatório	Não Obrigatório
B II	Obrigatório	Obrigatório	Obrigatório	Desejável	Desejável	Desejável	Desejável
B III	Imprecindível	Imprecindível	Imprecindível	Obrigatório	Obrigatório	Obrigatório	Obrigatório
C I	Desejável	Obrigatório	Desejável	Desejável	Não Obrigatório	Desejável	Desejável
C II	Imprecindível	Imprecindível	Imprecindível	Obrigatório	Obrigatório	Imprecindível	Imprecindível
C III	Imprecindível	Imprecindível	Imprecindível	Obrigatório	Obrigatório	Imprecindível	Imprecindível

Classificação de Equipamento - Critério mais Atual

Este critério já envolve algorítimos, que levam em consideração, mais aspesctos do dia a dia da fabrica e por isso, podem ajudar a direcionar melhor as prioridades.

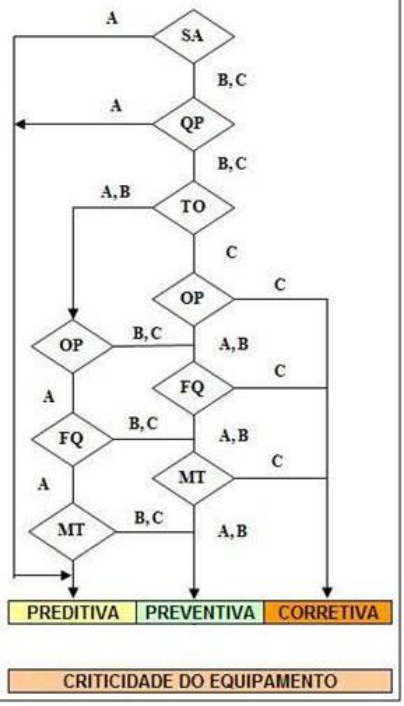
- Segurança e Meio-ambiente
- Qualidade e Produtividade
- Oportunidade de Produção
- Taxa de Ocupação
- Frequência de Quebra
- Mantenabilidade

Matriz para definição da Criticidade do Equipamento

ALGORITMO DE DETERMINAÇÃO DA CRITICIDADE DO EQUIPAMENTO

A PARADA REPENTINA DO EQUIPAMENTO PROVOCA:

		ALTA (A)	MÉDIA (B)	BAIXA (C)
SA	Segurança e Meio-ambiente	Acidentes Pessoais, Agressões ao Meio-ambiente e Danos Materiais	Exposição a Riscos de Acidentes ao Meio-ambiente ou do Patrimônio	Nenhum risco
QP	Qualidade e Produtividade	Produtos com defeito, redução da Velocidade e Redução da Produção	Variação da Qualidade ou da Produtividade	Não afeta
OP	Oportunidade de Produção	Cessa todo o Processo	Cessa parte do Processo	Não afeta
TO	Taxa de Ocupação	24 horas por dia	Dois turnos ou horário Administrativo	Ocasionalmente ou não faz parte do Processo Produtivo
FQ	Frequência de Quebra	Intervalo menor que 6 meses	Em média uma vez por ano	Raramente Ocorre
MT	Mantenabilidade	O tempo e/ou custo do reparo são elevados	O tempo e/ou custo do reparo são suportáveis	O tempo e/ou custo do reparo são irrelevantes



6.1.3 Elaborando planos e programando ações

Planejamento das Atividades de Manutenção

Para que a Manutenção, possa cumprir sua função na organização, deve:

a) **partir de um Diagnóstico da planta bem como da sua manutenção (situação atual),**
b) **Listar os ativos que deverão ser gerenciados**
c) **Dividir cada um desses ativos em conjuntos, sub-conjuntos principais de manutenção**
d) **Listar as ações de manutenção que precisam e que podem ser feitas.**

Muitas empresas gastam um monte no lugar e hora errados, simplesmente porque nunca deram uma paradinha para ver o que realmente estão fazendo.

O planejamento das atividades é essencial para que a Manutenção atinja seus objetivos e metas de disponibilidade e confiabilidade operacional ao custo adequado, sem perda da qualidade e também buscando excelência nas questões ligadas à Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS).

A função planejar significa definir os trabalhos, a forma e os recursos necessários para execução e, conseqüentemente, a tomada de decisões.

Planejamento das Atividades de Manutenção

Plano de Manutenção

Um plano de manutenção deve responder às seguintes perguntas:

Perguntas essenciais para o **Planejamento**	O que fazer?
	Como fazer?
	Em quanto tempo?
Perguntas imprescindíveis para a **Programação**	Onde fazer?
	Quem? (recursos humanos necessários)
	Quando fazer?
	Quanto custa?
	Quais os materiais necessários?
	Quais as ferramentas necessárias?

Cadastro de Endereços ou de Locais de Instalação

O Cadastro de Endereços ou de Local de Instalação consiste na divisão dos sistemas produtivos em processos e na subdivisão em função, possibilitando o gerenciamento dos equipamentos e serviços, nos diversos níveis da instalação e de forma independente da organização.

Essa estruturação é que permitirá a alocação e o controle de custos no nível de detalhamento que se deseja, bem como o histórico do equipamento.

A codificação dos Locais de Instalação varia de acordo com cada empresa e com o software utilizado, mas, de um modo geral, o código deve definir:

- A Empresa ou Unidade;
- A Sub-unidade ou Área do sistema produtivo;
- O Equipamento ou a Linha
- O Sistema e processo dentro de cada Equipamento;
- O sub-sistema e a respectiva função;
- O Conjunto;
- O Subconjunto;
- A lista de Componentes (peças) ou lista técnica.

> O **Local de Instalação** é o endereço onde as atividades de manutenção são executadas.

Como começamos ?

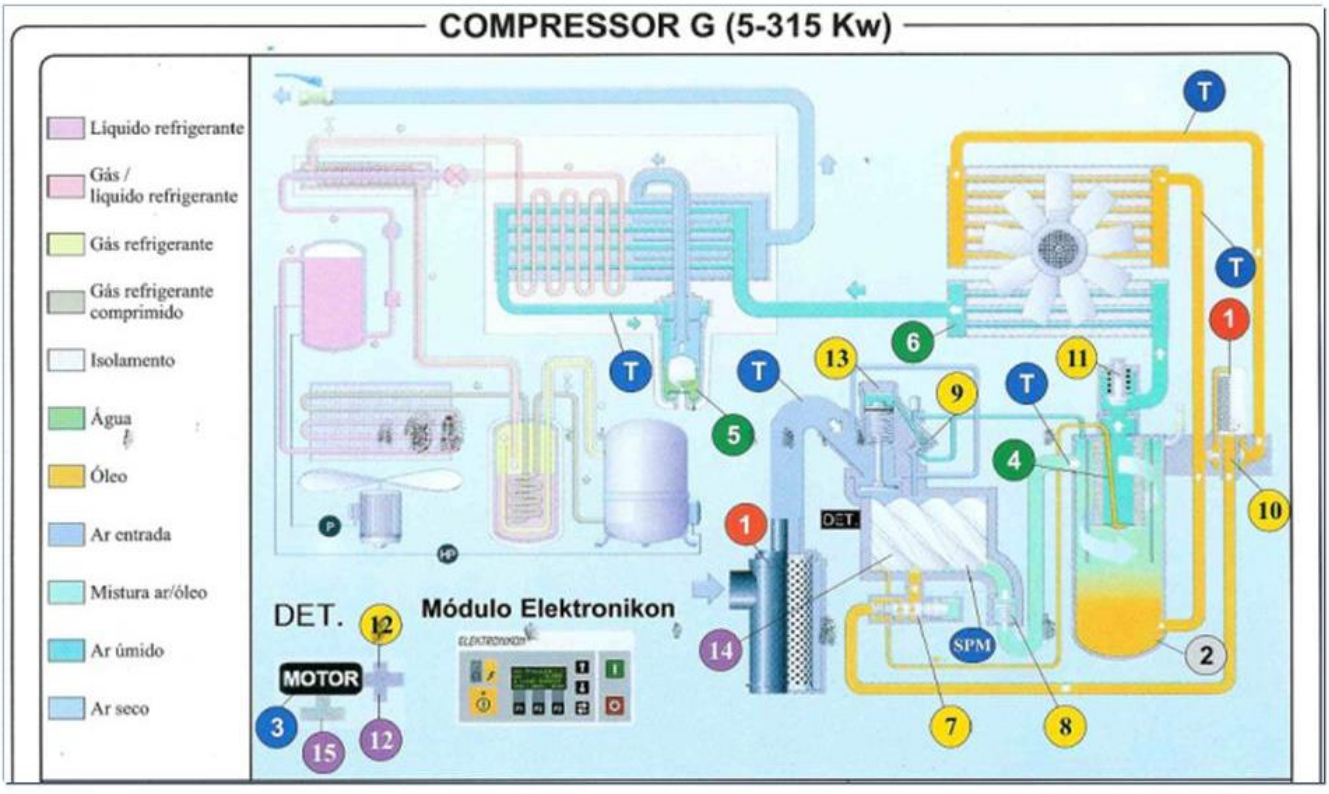
Informações do fornecedor, é o ponto de partida

4 MANUTENÇAO *Instruções contidas em um catálogo de fornecedor*

4.1 Advertências G/8
4.2 Operaçoes depois das primeiras 50 h. G/8
4.3 Operaçoes semanais: G/8
4.4 Operaçoes mensais: G/9
4.5 Operaçoes a cada 50 horas
ou a cada 6 meses: G/9
4.6 Operaçoes a cada 2 anos
ou a cada 2000 horas G/9
4.7 Tabela de manutençao programada G/10
4.8 Oleos recomendados G/10
4.9 Dados elétricos G/10

5 TABELA DE PESQUISA DE AVARIAS G/11

Maneiras como esta informação é **repassada pelos fornecedores** ....



PONTOS	PERÍODO	ESCOPO DO TRABALHO	PERIODICIDADE A	B	C	D	E	F
T/SPM 3	1000/2000 h	Medir temperatura/monitoramento das condições.	X	X	X	X	X	X
		Engraxar rolamentos do motor (1)	X	X	X	X	X	X
		Testar dispositivos de segurança	X	X	X	X	X	X
1	2000 h ou 6 meses	Substituir filtros de ar e óleo		X	X	X	X	X
2	1000/4000 h ou 1 ano	Substituir óleo do compressor (2)						X
4	4000 h ou 1 ano	Substituir [illegible]				X	X	X
5		Revisar separador de condensados				X	X	X
6		Limpar externamente resfriadores (3)				X	X	X
7	8000 h ou 2 anos	Revisar válvula de retenção de óleo					X	X
8		Revisar válvula de retenção de ar					X	X
9		Revisar válvula de recirculação					X	X
10		Substituir válvula termostática					X	X
11		Revisar válvula de pressão mínima					X	X
12		Substituir correias (4)					X	X
12		Substituir elemento do acoplamento					X	X
13		Revisar válvula de admissão					X	X
6		Limpar internamente o resfriador					X	X
12	24000 hs	Substituir polia motora (4)						X
14		Revisar elemento compressor (5)						X
15		Substituir coxins						X

Quando fazer

O que fazer

Como fazer

(1) Conforme instrução específica.
(2) Troca de óleo:
- A cada 1000 h utilizando óleo mineral.
- A cada 4000 h utilizando Atlas Copco Roto-Injectfluid ou óleo sintético.

(3) Para máquinas refrigeradas por água, desmontar e limpar internamente.
(4) Somente para unidades acionadas por correia.
(5) Depende das leituras SPM.

Nota: O tipo de manutenção pode variar para os diferentes modelos, baseado na recomendação da fábrica.

Maneiras como esta informação é **repassada pelos fornecedores ....**

Manutenção — **Plano de manutenção**

Em horas de serviço (hs)[1] cada: Uma só vez após 2) 50-150	Cada 10 hs ou diariamente	125	250	500	1000	2000	3000	5000	Inspeccionar	Limpar	Trocar	Actividade	Consultar a secção do manual de instruções
	•								•			Nível de óleo no motor/tanque separado	6.1.2
•									•			Estanquecidade do motor (Fugas).	
	•								•			Filtro de ar em banho de óleo e filtro seco 3) 4)	6.3/6.4
		•							•			Ligações da bateria e dos cabos	6.7.1
		•	•	•					•			Sistema de refrigeração (segundo o tipo de aplicação do motor) 6)	6.3.1/6.3.2
•		•	•	•					•		•	Óleo para motor (segundo tipo de aplicação do motor) 5)	6.1.1/6.1.2
•				•							•	Elemento do filtro de óleo	6.1.3
•					•						•	Elemento do filtro de combustível	
•				•	•				•			Folga das válvulas (ajustá-la, se for necessário)	
•					•				•			Suporte do motor (proceder ao reaperto, se for necessário)	
•			•						•			Correia trapezoidal (retesá-la, se for necessário)	6.5
			•						•			Sistema de alarme	6.5.5
•										•		Limpeza prévia do combustível	6.2.2
•					•				•			Fixações	6.9.1
					•				•			Velas de incandescência 4)	6.9.3
				•							•	Filtro de óleo do fluxo derivado	6.1.4
							•		•			Velas de incandescência com pino	
							•		•			Válvula de injecção	

Quando fazer

O que fazer

Como fazer

1) Tempos orientativos máximos admissíveis.
2) Operação inicial de motores novos e recondicionados.
3) Proceder à limpeza, se for necessário (consultar a secção 6.3).
4) Proceder à troca, se for necessário. Proceder aos trabalhos de manutenção segundo o indicador da mesma, se este existir.
5) Consultar os intervalos de mudança do óleo na secção 6.1.1.
6) Limpar o sistema / as alhetas de refrigeração.

Conjunto ou Sub-conjunto

Estratégias de Manutenção

+

Ações específicas

Ex.: Motor Elétrico

Perguntas Básicas
De que área ?
De que máquina ?
Qual a prioridade da maquima ?

Caso voce desenvolva um plano próprio, tilizar, p. ex. uma folha de
Plano Mestre de Manutenção por Maquina

PLANO DE MANUTENÇÃO

Fabrica: _____
Setor: _____
Equipamento: _____
Ccusto _____

Legenda: ***D*** *- Diário,* ***S*** *- Semanal,* ***Q*** *- Quinzenal,* ***M*** *- Mensal,* ***3M*** *- Trimestral,* ***SM*** *- Semestral,* ***AN*** *- Anual,* ***BA*** *- Bianual*

Item do Plano	Conjunto	Atividade	Instrução Manutenção	Equipe	Num. Pessoas	Tempo Estimado	Eqto Operando	Periodicidade							
								D	S	Q	M	3M	SM	AN	BA

Planejamento das Atividades de Manutenção

Exemplo:

a) **Empresa** ..... **FICTÍCIA S A**
b) **Unidade** ..... **Joinville**
c) **Sistema Produtivo (setor)** ..... **Fundição**
d) **Equipamento** ..... **Maquina Limpeza**
e) **Sistema** ..... **Acionamento**
f) **Conjunto** ..... **Motor Elétrico**

A atividade a ser desenvolvida será no motor elétrico

*Legenda: **D** - Diário, **S** - Semanal, **Q** - Quinzenal, **M** - Mensal, **3M** - Trimestral, **SM** - Semestral, **AN** - Anual, **BA** - Bianual*

Item do Plano	Conjunto	Atividade	Instrução Manutenção	Equipe	Num. Pessoas	Tempo Estimado	Eqto Operando	Periodicidade							
								D	S	Q	M	3M	SM	AN	BA
		Motor Elétrico													
		Medir Vibração	LPP-04	MEC	1	0,25	Sim			△					
		Verificar aperto dos parafusos de fixação	LPP-05	VIB	1	0,40	Sim				△				

Que informações contém este formulário:

PLANO DE MANUTENÇÃO

Fabrica: ❶ Fabrica 1
Setor: Laminação 1 ❷
Equipamento: ❸ Ponte Rolante 620.01
Criticidade: Alta ❹

*Legenda: **D** - Diário, **S** - Semanal, **Q** - Quinzenal, **M** - Mensal, **3M** - Trimestral, **SM** - Semestral, **AN** - Anual, **BA** - Bianual*

❺ Item do Plano	❻ Conjunto	❼ Atividade	Instrução Manutenção	Equipe	Num. Pessoas	Tempo Estimado	Eqto Operando	Periodicidade							
			❽	❾	❿	⓫	⓬	D	S	Q	M	3M	SM	AN	BA
											⓭				

Campo	Informação
1	**Local : Fabrica**
2	**Setor : Laminação 1**
3	**Ponte Rolante 620.01**
4	**Criticidade: Alta**
5	**Item do plano: sequência**
6	**T.A.G. do Conjunto (divisão estrutural)**
7	**Descrição da atividade**

Campo	Informação
8	**Instrução de manutenção**
9	**Equipe: ELE – MEC – INS**
10	**QTD.de Pessoas**
11	**Tempo estimado: : colocar em decimal de hora (p.ex.: 0,25)**
12	**Eqto Parado**
13	**Colocar qual a periodicidade**

Exemplo de Preenchimento Planilha
Motor Elétrico

Equipamento	FR01 – Maquina Fresadora
Conjunto	A - Sistema de Acionamento
Criticidade	Alta

Item do Plano	Conj.	Atividade	IM	Equip	Num. de Pessoas	Tempo Estim.	Eqto Parado	Periodicidade							
								D	S	Q	M	3M	6M	A	BA
	FR01A	**Motor Elétrico**													
1		Medir Amperagem		ELE	1	0,25	N					X			
2		Medir Isolamento	E-03	ELE	1	0,25	N						X		
3		Metir Temperatura		ELE	1	0,25	N			X					
4		Lubrificar os rolamentos		MEC	1	0,25	S				X				
5		Medir Vibração		MEC	1	0,50	N				X				
6		Verificar reaperto parafusos		MEC	1	0,25	S					X			
7		Verificar alinhamento	E-04	MEC	1	1,00	S						X		
8		Verificar o estado retentores		ELE	1	0,10	S				X				
		Limpar caixa de ligação		ELE	1	1,00	S							X	
		ir tampa defletora		ELE	1	0,25	S		X						
		r Rotor/Estator	E-05	ELE	2	4,00	S								X

Planejamento das Atividades de Manutenção

Na verdade nós precisamos planejar, para que os eventos ocorram dentro daquilo que esperamos, ou seja, resultados aceitáveis, aproveitamento racional do tempo, dos recursos disponíveis, sem risco de acidentes e com custos dentro do esperado .

Independentemente do sistema adotado precisamos de pessoas treinadas, para fazer as rotinas necessárias, para que isso ocorra.

O importante é não perder a visão Global da sua Manutenção

Principais Tarefas
Levantamento das atribuições
Levantamento dos Equipamentos
Codificação
Apropriação dos custos
Cadastramentos
Documentos
Formulários
Prioridades
Gerar os planos
Procedimentos
Programação
Medição e Acompanhamento
Avaliação Resultados

Mão de Obra – por Especialidade

É a necessidade de recurso (pessoas) necessários para executar as atividades a resolução de um serviço.
precisa ser bem dimensionada pois é a base para todo o dimensionamento de uma equipe (p.ex.: Manutenção)

Normalmente utilizamos a expressão homen-hora que quer dizer:

Um **homem-hora** (tradução literal do inglês *man hour*, "hora-homem") é uma unidade, convencionada e subjetiva, que mede a quantidade de trabalho realizada por uma pessoa durante uma hora.

Quando for usado por efetivo de fora da empresa é diferenciada como Mão de Obra Terceirizada.

Máquinas

É a necessidade de recurso (equipamentos) necessários para executar as atividades para a resolução de um serviço.
Se não forem previstos podem atrapalhar ou mesmo impedir a realização dos mesmos

É utilizada a expressão Horas Máquina necessária

Ferramentas

É a necessidade de recurso (ferramentas) necessários para executar as atividades para a resolução de um serviço.
Se não forem previstos podem atrapalhar ou mesmo impedir a realização dos mesmos

É utilizada a expressão Horas ferramenta necessária

6.1.4 Planejamento de sobressalentes

CUSTO DA MANUTENÇÃO NO BRASIL				
Ano da Pesquisa	Ano Base	PIB (Milhões de R$)	CTM/EB (%)	Custo (Milhões de R$)
2011	2010	3.675.000	3,95	145.162,500
2009	2008	2.900.000	4,14	120.060,000
2007	2006	2.322.000	3,89	90.325,800
2005	2004	1.769.202	4,10	72.537,282
2003	2002	1.346.028	4,27	57.475,396
2001	2000	1.101.255	4,47	49.226,099
1999	1998	914.188	3,56	32.545,093
1997	1996	778.887	4,39	34.193,139
1995	1994	349.205	4,26	14.876,133

Gastos com Manutenção

R$ 145 bilhões de Reais

ou

US$ 86 bilhões

dolar out/11 – 1,68

Ano	Composição dos Custos de Manutenção (%)			
	Pessoal	Material	Serviços Contratados	Outros
2011	31,13	33,35	27,03	8,48
2009	31,09	33,43	27,27	8,21
2007	32,35	30,52	27,20	9,93
2005	32,53	33,13	24,84	9,50
2003	33,97	31,86	25,31	8,86
2001	34,41	29,36	26,57	9,66
1999	36,07	31,44	23,68	8,81
1997	38,13	31,10	20,28	10,49
1995	35,46	33,92	21,57	9,05
Média	33,90	32,01	24,86	9,22
Desvio Padrão	2,38	1,55	2,56	0,73

Valores percentuais de 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009 e 2011 foram corrigidos para fechamento em 100% (cem por cento).

É razoável dizer que se gasta anualmente R$ 40 bilhões de Reais com materiais de manutenção

Valor do Estoque de Manutenção

R$ 19 bilhões de Reais

Estoque						
Índices de Custos	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Valor de Estoque pelo Custo Total da Manutenção	16,00%	13,00%	11,95%	11,48%	14,02%	13,11%
Rotatividade de Estoque	5 meses	4 meses	4 meses	4 meses	4 meses	5 meses

Estoque						
Índices de Custos	2009	2011	2013	2015	2017	2019
Valor de Estoque pelo Custo Total da Manutenção	13,11%	13,20%				
Rotatividade de Estoque	5 meses	4 meses				

Gestão de Sobressalentes de Manutenção

(Ponto de Equilíbrio nos estoques)

O grande desafio da gestão de estoques é encontrar o ponto de equilíbrio entre a demanda e o investimento, de maneira que se mantenha o estoque em níveis adequados, ou seja, que não faltem produtos quando necessários, mas que também não permaneçam por longos períodos estocados sem utilização.

A exceção é feita para os sobressalentes, que são estratégicos (peças reservas), ainda que permaneçam longos períodos sem utilização, quando necessários, precisam estar à disposição.

Fatores de Influência – estrutural

a) Tipo e tamanho da empresa
b) Estrutura de logística da empresa
c) Distância dos grandes centros comerciais
d) Tipo de estratégia de manutenção adotada

A estratégia de preventiva, tende a ter resultados mais previsíveis e Por consequência, mais fáceis de se planejar.

A estratégia de corretiva tende a gerar resultados totalmente imprevisíveis e por consequência, mais dfícieis de serem planejados

As soluções para não manter estoques são:

a) Rapidez na compra, na fabricação e na entrega (Logística);
b) Mais integração entre Suprimentos – Produção – Materiais – Manutenção;
c) Parcerias com Fornecedores – (políticas);
d) Atuação junto a Clientes;
e) Mais manutenção preventiva e preditiva que corretiva;
f) Cuidados especiais com equipamentos.

Just in time
Kanban
Consignação

Contudo, é importante lembrar que **as falhas no atendimento** podem provocar prejuízos enormes, com aumento do tempo de parada de equipamentos (perda de produção), atraso na entrega de produtos aos clientes etc.

Imaginemos que uma peça reserva (específica), que tenha um tempo de ressuprimento longo, mais ou menos 180 dias.

Ao decidirmos estocá-la, é necessário avaliar não só o impacto financeiro, (capital remunerado), como também o custo de manutenção do estoque.

Por outro lado, é preciso avaliar o quanto seria o impacto da maquina parada, (produção perdida, vendas não entregues, cliente insatisfeito, etc ...)

Todos estes aspectos devem ser levados em consideração,

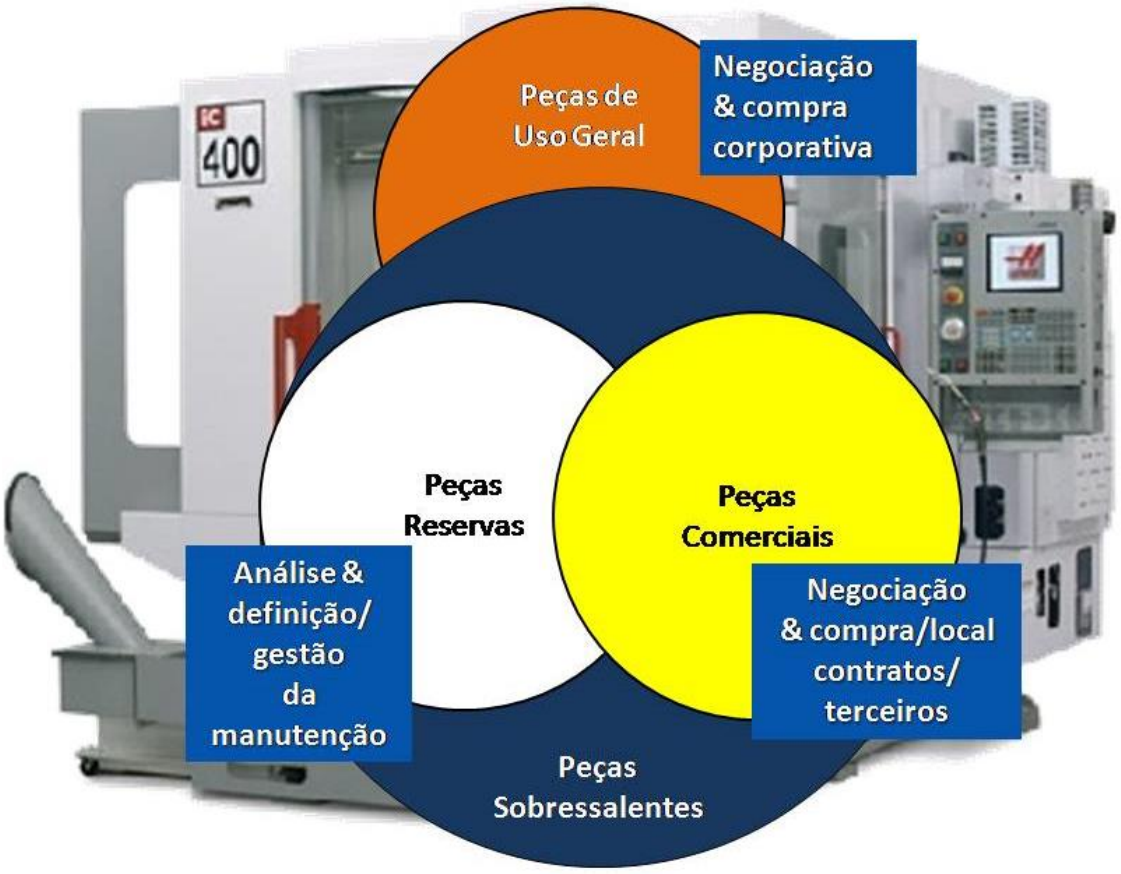
Tipos de materiais;

a) **Peças Reservas(específicas): aquelas que a sua aquisição deverá ser feita sob desenho ou sob uma referência de um único fornecedor (importado ou não)**

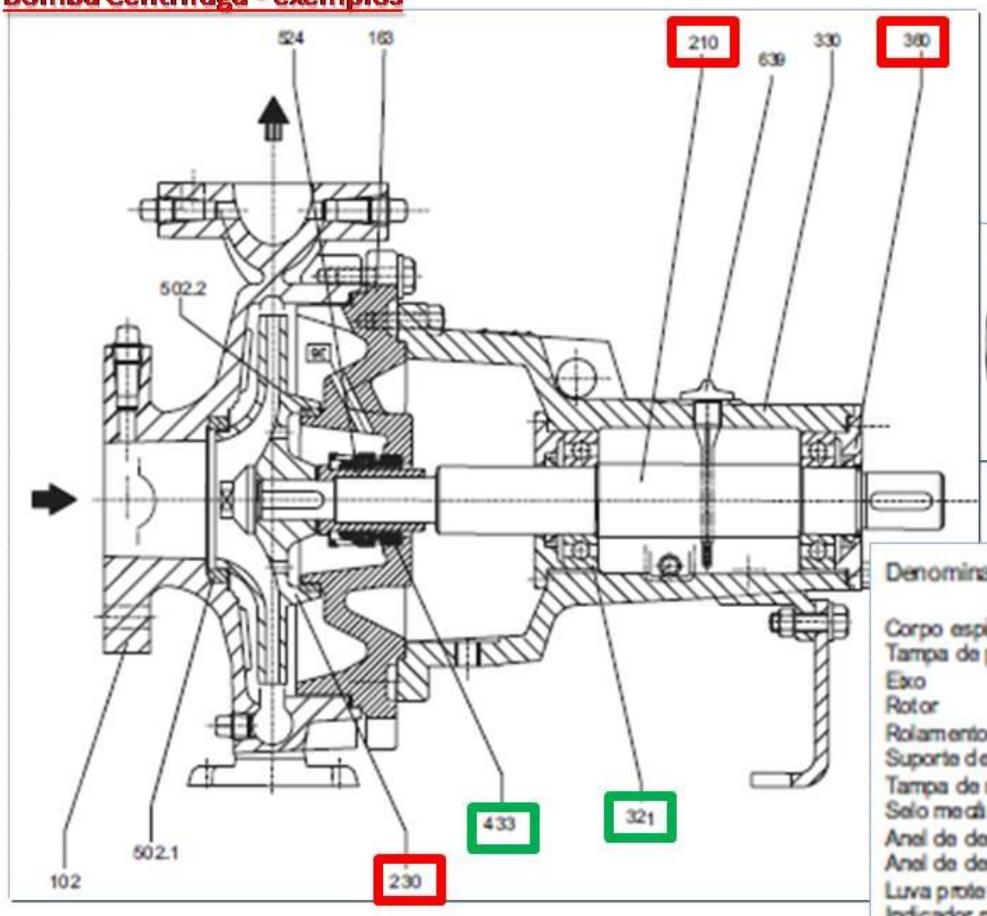
b) **Peças Comerciais: aquelas que correspondem ao que é usado em uma maquina, porém a sua aquisição não depende de um só fornecimento(nacional ou importado).**

b) **Peças Sobressalentes: aquelas que correspondem ao que é usado em uma maquina, sendo reserva ou comerciais(o todo)**

c) **Peças de uso geral: são aquelas que podem ser usadas por todo a fabrica que não pertencem a uma maquina específica. (ex.: material de consumo, material de limpeza, etc ..)**



Bomba Centrífuga - exemplos



Peças:

a) **Reservas**
b) **Comerciais**

Denominação	Peça Nº
Corpo espiral	102
Tampa de pressão	163
Eixo	210
Rotor	230
Rolamento	321
Suporte de mancal	330
Tampa de mancal	360
Selo mecânico	433
Anel de desgaste	502.1
Anel de desgaste	502.2
Luva protetora do eixo	524
Indicador nível de óleo	639

Usando a <u>Estratégia de Manutenção Preventiva</u>:

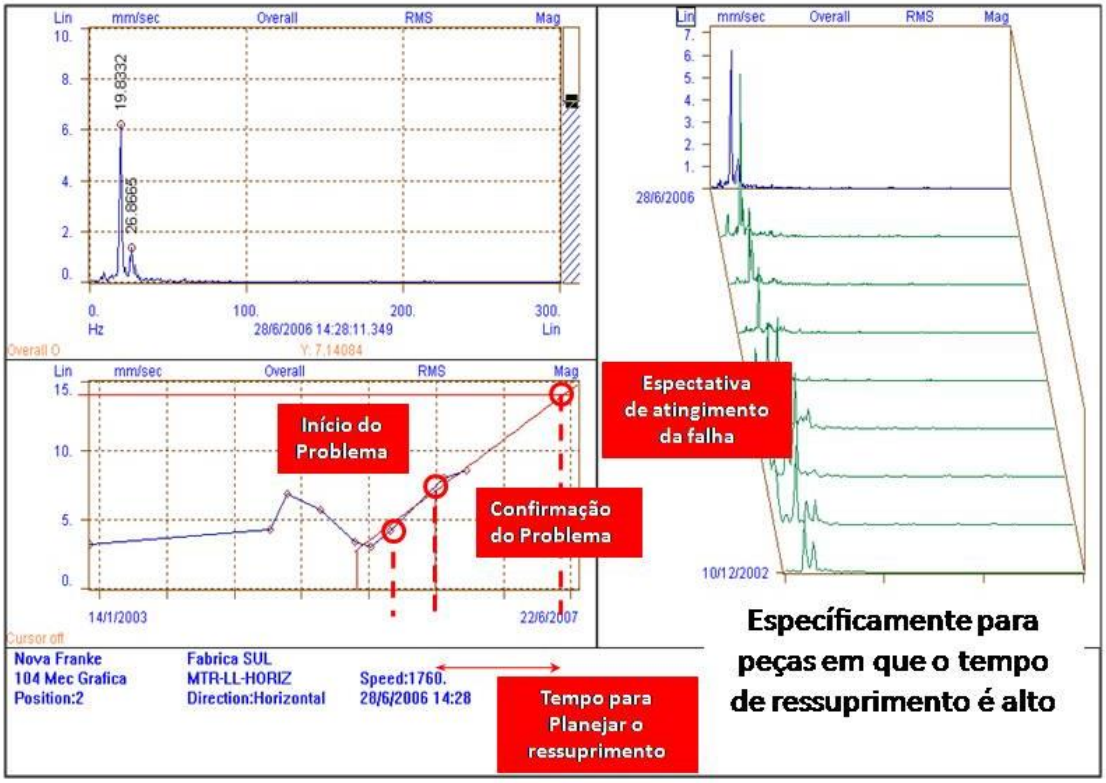
a) **É possível <u>fazer compras mais planejadas</u>, com uma <u>melhor negociação</u>**

b) **É possível obter <u>uma melhor logística</u>, e por consequência um <u>melhor planejamento</u>.**

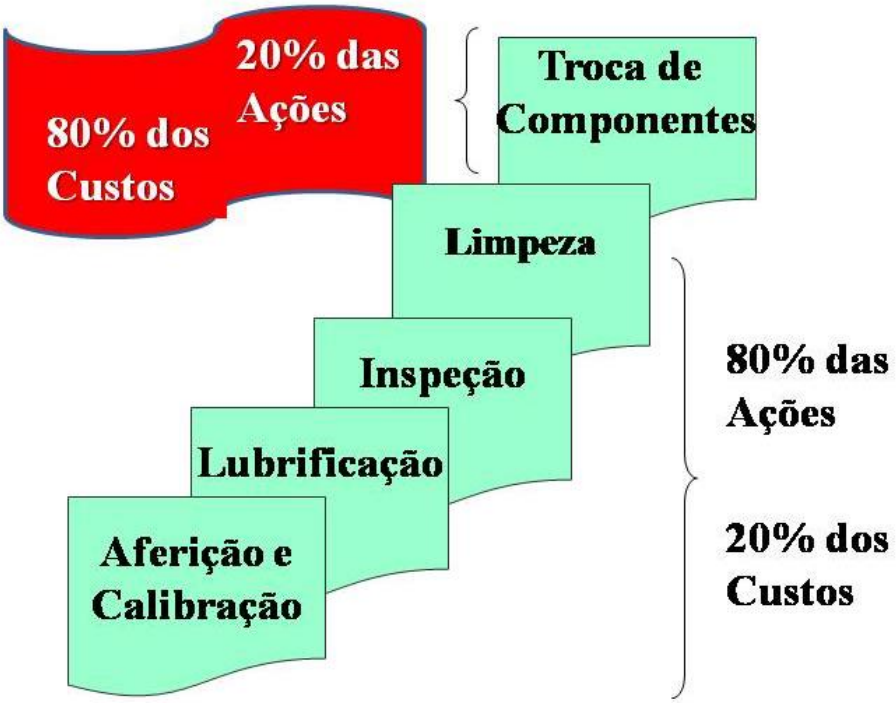
c) **É possível <u>quantificar melhor os níveis de estoques</u>, uma vez que é sabido de antemão o quanto de demanda será necessário.**

d) **É possível <u>praticar a "prioridade de uso"</u>, uma vez que se conheça as diversas aplicações para cada material em estoque.**

Usando a <u>Estratégia de Manutenção Preditiva</u>:



Dia a dia da Manutenção x Atividades x Custos



Como premissa básica, não devemos formar estoques quando:

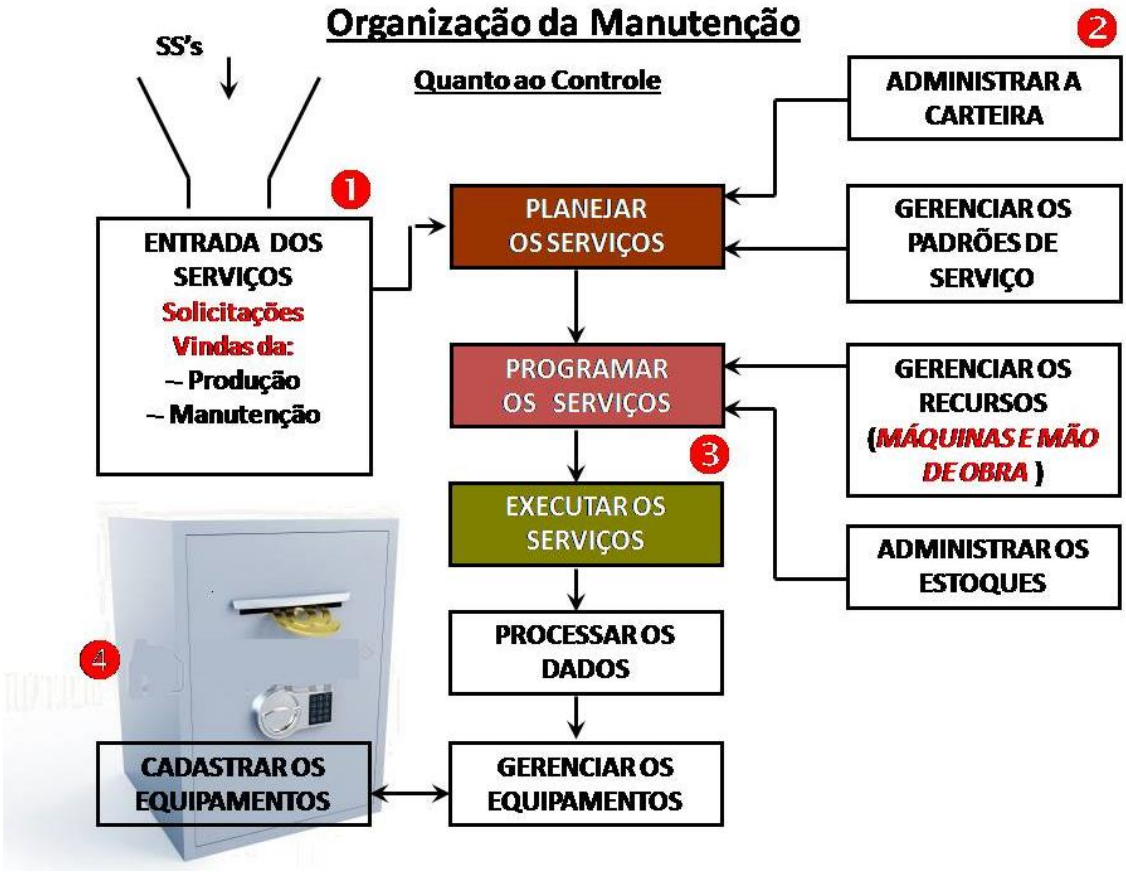
a) O material for necessário **mais de 3 vezes ao ano** (exceto para peças reservas)

b) A falta temporária do material **não provoca problemas na produção ou em serviços importantes.**

c) Pode ser comprado **num prazo que o "cliente" pode esperar**.

6.2 Ferramentas de Programação de Serviços

O Fluxo abaixo ilustra a sequência dos serviços de um setor de manutenção bem organizado.



Os pontos 1.2, 3 e 4 são pontos de gargalo aonde merece uma maior atenção.

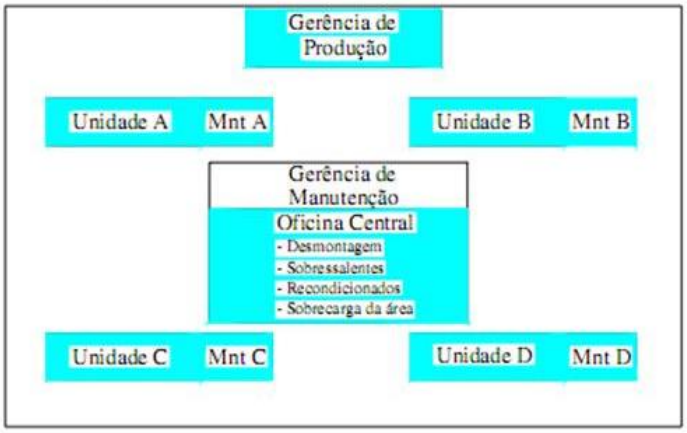
Já o gráfico abaixo ilustra o fluxo de entrada de serviços correspondente ao ponto de gargalo 1.

ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

FORMAS DE ATUAÇÃO

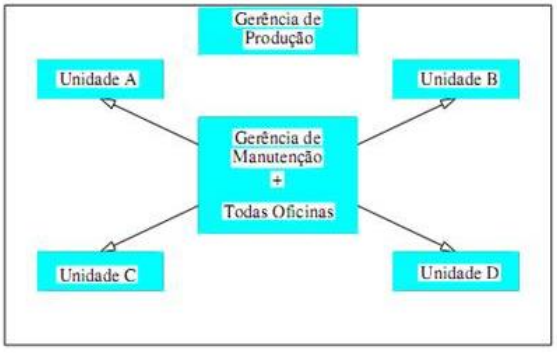
MISTA

- A instalação possui várias oficinas para realizar serviços de emergência e de maior prioridade e uma oficina central para realizar os serviços mais importantes.
- Na oficina central ficam alojados os recursos mais caros (empilhadeiras, instrumentos, tornos, e outros recurso importantes) para execução de serviços de manutenção.



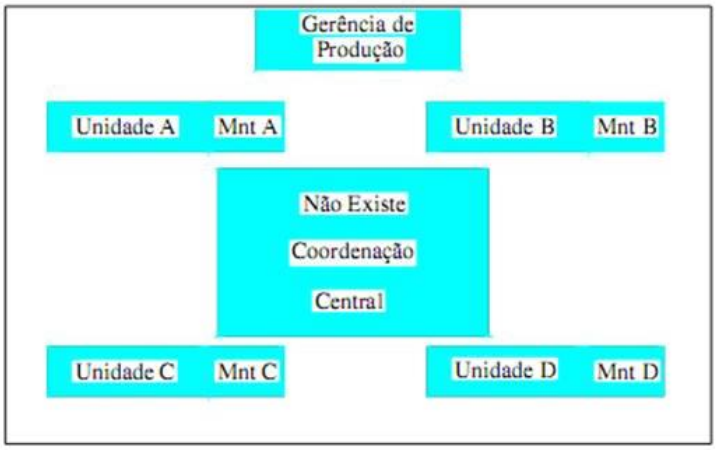
CENTRALIZADA

- Equipe localizada numa mesma área;
- Responsabilidade de um supervisor;
- O planejamento, o registro das ocorrências, etc. ficam sob uma única responsabilidade;
- Da oficina centralizada parte o efetivo para trabalhar em qualquer lugar da instalação, retornando após a conclusão dos serviços;



- Neste local informam os resultados dos serviços realizados e recebem as novas instruções;

- DESCENTRALIZADA
- **Melhor e a maior agilidade no atendimento dos setores da instalação, principalmente naquelas que ocupam grandes áreas físicas, ou que tem grande diversidade de equipamentos;**



Gargalo 2 - Priorização de Serviços

ORDENS DE MANUTENÇÃO

A OS(Ordem de Serviço) é o documento básico para o registro da prestação dos serviços de Manutenção.

A princípio como regra geral nenhum serviço de manutenção deverá ser feito sem uma OS préviamente emitida e aprovada.

O conteúdo deste documento deve conter:

a) Descrição da tarefa a ser executada
b) Solcitante
c) Executante
d) Identificação do Procedimento a ser seguido
e) Identificação do Padrão de segurança
f) Datas (solicitação, execução)
g) Outras informações (prioridade, centro de custo, etc .)

STATUS DAS OS's

A OS terá um ciclo de vida: do nascimento até seu encerramento, a mesma passará por algumas fases, algumas obrigatórias, outras não, A estas fases daremos o nome de estado da OS e a seguir os definimos:

Não Iniciada
É o primeiro estado da Ordem; quando da sua abertura a mesma ficará aguardando uma data para execução. Neste estado a OS não tem apontado nenhum histórico, HH ou material.

Programada
No momento e que uma Ordem é programada, ou seja, é definida a data para a sua execução, ela passa para este estado, podendo receber apontamentos.

Iniciada
É a ordem que já foi programada pelo menos uma vez, e que tenha recebido algum tipo de apontamento, mas que ainda possua pendência para sua execução.

Suspensa
Quando a OS requerer alguma ação externa, para a sua execução, podemos suspendê-la até tal ação ser tomada.

Encerrada
Quando os serviços forem totalmente concluídos.

MANUTENÇÃO CORRETIVA	X	MANUTENÇÃO PREVENTIVA
É obrigatório a emissão de OS Bem como o dos seguintes campos: - Sintoma - Causa - Ação a ser tomada		Não é necessário a Emissão da OS Elas são emitidas Automaticamente Pelo sistema

Classificação de Prioridades

Quais as principais convenções

a) **Sistema Numérico** – 1,2,3,4 e 5 sendo 1 a de maior importância
Observação: Não pode ser aceito códigos como: 0, -1, ou -2

b) **Sistema Alfanuméricos** – do tipo P , I N (Interfere, Não interfere ou Interfere parcialmente, além dos códigos numéricos
Observação Não recomendado, pois fica muito confuso

c) **Sistemas por palavras** – do tipo conforme abaixo:
Emergência – Pare tudo o que você esta fazendo e vá agora atender ...
Urgência – termine o que você está fazendo e vá atender
Necessária – Atendimento considerado o normal...
Desejável – Refere-se a trabalhos que não estão nas 3 ultimas anteriores e pode ser feito dentro de algum tempo que pode ser até semanas
Prorrogável – É o mais baixo nível e refere-se a atendimentos em equipamentos que não possuem ligação com a produção

Observação: Não podem ser aceitos palavras como Urgentíssimo ...

d) **Outro códigos de palavras**: T48, T96 e ROT.
e) Sistema de prioridade **por importância do equipamento**
Observação: Com ou sem Matriz

	Conseqüência da Falha							
Classe do Equipamento	Risco de vida	Risco meio ambiente	Qualidade do Produto	Volume de Produção	Conservação	Melhorias	Serviços Rotineiros	Conforto
Vital e Único	1	2	4	7	11	16	21	26
Vital e não Único	3	5	8	12	17	22	27	31
Não Vital e Único	6	9	13	18	23	28	32	35
Não Vital e não Único	10	14	19	24	29	33	36	38
Improdutivo	15	20	25	30	34	37	39	40

Tabela de Priorização

Código	Descrição	Faixa
EME	Emergência	1 a 6
URG	Urgência	7 a 15
T48	Programável com 48h	16 a 25
T96	Programável com 96h	26 a 34
ROT	Rotina	35 a 40

O trabalho solicitado é em equipamento vital e não único.

A não execução do trabalho afeta a qualidade do produto.

O computador verifica o número e transforma o número no código combinado e imprime na O.S.

Matriz de prioridade com a ação resultante.

Classificação de Prioridades

A	Equipamento Vital para a Produção	Sem Reserva
B	Equipamento Vital para a Produção	Existe Reserva
C	Equipamento Não Vital para a Produção	Sem Reserva
D	Equipamento Não Vital para a Produção	Existe Reserva
E	Equipamentos fora de Operação	

1	Emergência
2	Urgência
3	Planejável
4	Recomendável
5	Rotina

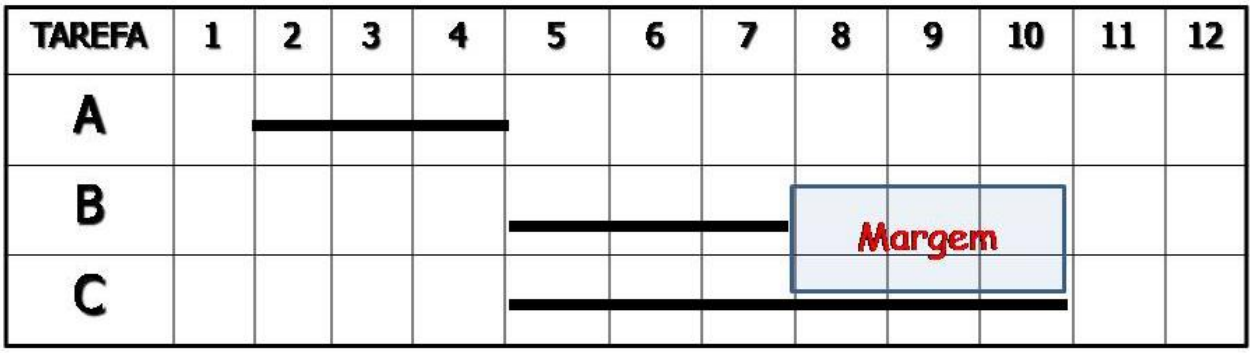
	1	2	3	4	5
A	A1	A2	A3	A4	A5
B	B1	B2	B3	B4	B5
C	C1	C2	C3	C4	C5
D	D1	D2	D3	D4	D5
E	E1	E2	E3	E4	E5

O uso de Matrizes

Gargalo 3 – Calculando e programando serviços

Gráfico de GANTT

É a visualização gráfica que permite visualizar a seqüência das tarefas, sendo a duração indicada por uma barra



O término da atividade **A**, condiciona o início de **B** e **C**, existe uma "margem" da Atividade **B**, sobre a atividade **C** e isto permite uma folga na programação que Pode ser utilizada para nivelar a carga.

Gráfico de GANTT – Considerações importantes

Caminho crítico

É o conjunto de tarefas "em série" que determinam a duração total de um serviço.

Program Evaluation and Review Technique ou **PERT**

- Exemplo de uma programação de serviço, baseada em um **PERT**
- Imaginemos o seguinte serviço hipotético: - Recuperação de um conjunto na oficina central.

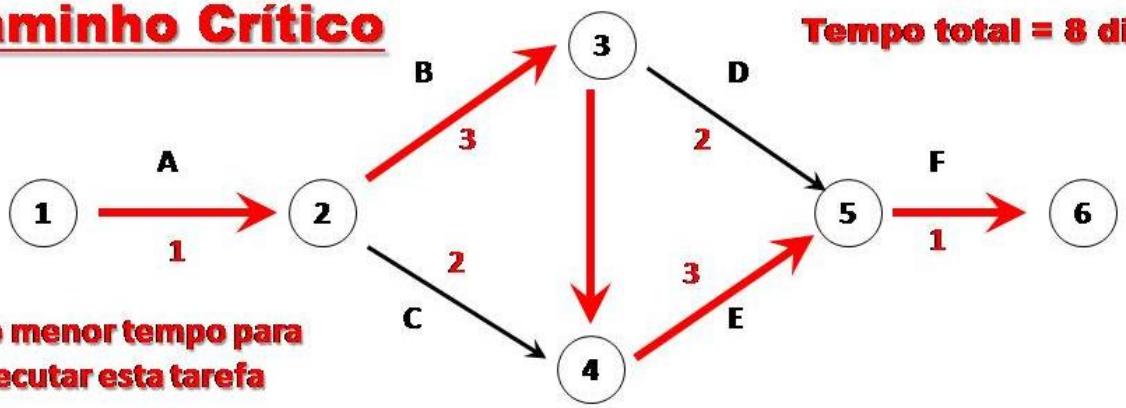
ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	TEMPO
A	Desmontar no Equipamento	1
B	Abertura do Conjunto	3
C	Preparar Peças	2
D	Limpar, reparar e trocar	2
E	Fechar na Oficina	3
F	Montar no Equipamento	1

15

ATIVIDADE	DEPENDE DE	TEMPO
A	-	1
B	A	3
C	A	2
D	B	2
E	B, C	3
F	D, E	1

Caminho Crítico

Tempo total = 8 dias



É o menor tempo para executar esta tarefa

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	TEMPO
A	Desmontar no Equipamento	1
B	Abertura do Conjunto	3
C	Preparar Peças	2
D	Limpar, reparar e trocar	2
E	Fechar na Oficina	3
F	Montar no Equipamento	1

ATIVIDADE	DEPENDE DE	TEMPO
A	-	1
B	A	3
C	A	2
D	B	2
E	B, C	3
F	D, E	1

- **BACK-LOG**

- É a carteira de serviços da manutenção

- Na prática é o tempo que a manutenção devera trabalhar para executar os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos ou OS's durante a execução das pendências.

- Este indicador serve para realizar um gerenciamento efetivo do dimensionamento e controle das equipes.

$$\text{BACK-LOG} = \frac{\text{Carga de serviço pendente}}{\text{Capacidade de serviço}}$$

Fatores que influem o cálculo do Backlog:

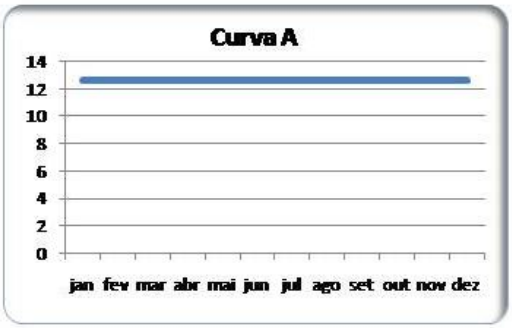
Na carga de serviço pendente
a) Qtd. De OS's
b) Quantidade de Hs pendentes (Carga de Trabalho)
c) Efeitos sazonais (produção, manutenção ou eventos isolados)

Na Capacidade de serviço
a) Tamanho da equipe (Qtd.)
b) Especialidade
c) Indicadores de RH (pessoal em férias, absenteísmo, turno)
d) Vagas abertas dentro da equipe (não preenchidas).

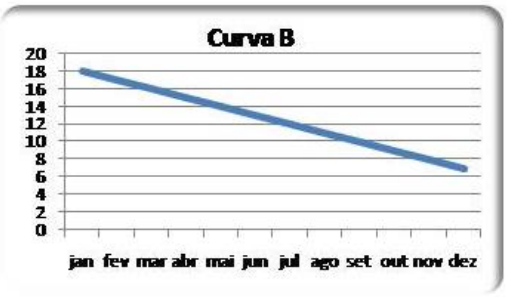
Normalmente é expresso em dias, semanas

BACK-LOG - Curva Caracterísiticas

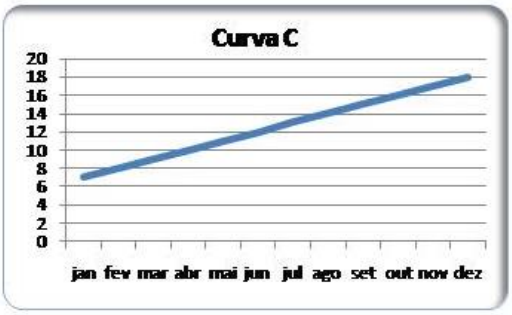
O gráfico ao lado, indica que o processo está estável, embora não seja possível afirmar se é um patamar aceitável ou não



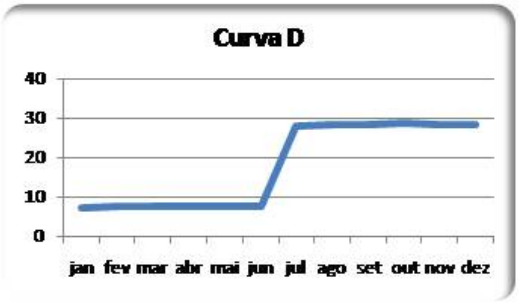
O gráfico ao lado, indica que está havendo um decréscimo na demanda de serviços, o que preocupa pela probabilidade de ocorrer ociosidade



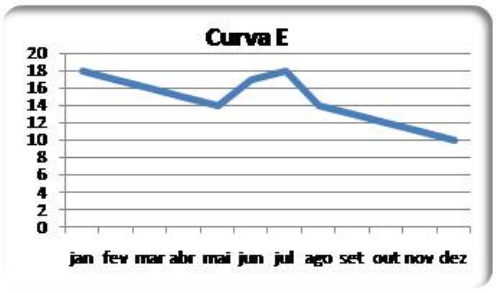
O gráfico ao lado, indica um quadro que preocupa, pelo fato de que poderá acontecer falta de recursos, baixa na qualidade dos serviços e isto pode gerar um descontrole dos serviços



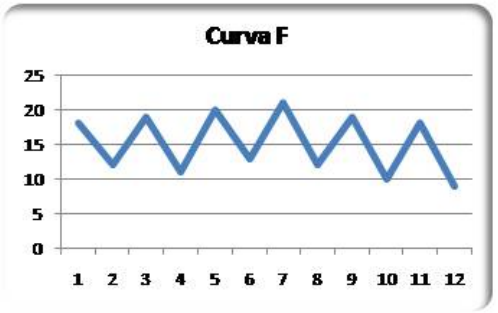
O gráfico ao lado, indica que pela própria inversão, de um patamar mais baixo, para um patamar mais alto, deve ter ocorrido uma fato novo atípico em relação ao anteriormente praticado, que precisa ser analisado quanto a capacidade da equipe



O gráfico ao lado, indica um quadro contrário ao anterior, o que pode indicar que serviços não estão mais sendo feitos e que podem estar sendo feitos por terceiros, ou houve redução no quadro.

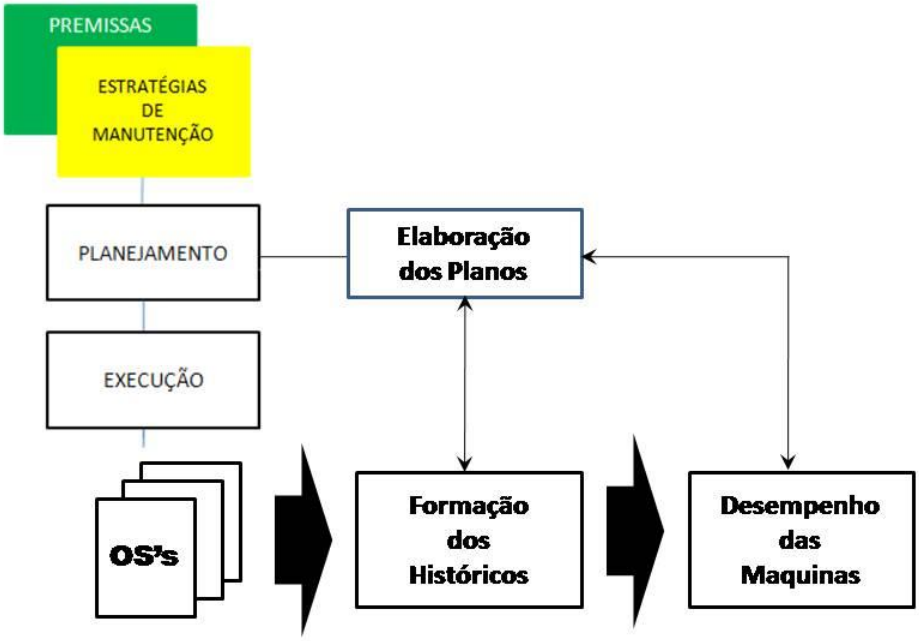


O gráfico ao lado, indica que o processo não está sob controle, ou seja ou há um problema no PCM, ou há um problema nos cliente (demanda), que precisa ser rápidamente sanado.



6.4 Controle da Manutenção por Indicadores

As atividades de manutenção devem ser controladas através dos resultados, que devem ser apresentados em relatórios gerenciais, extraídos diretamente do software de gerenciamento(banco de dados) que contém as informações oriundas dos serviços que foram executados e registrados nas OS´s.



Para garantir os resultados desejados, é necessário estabelecer itens de controle sobre os resultados do processo gerencial, ou seja, itens de verificação sobre cada causa para garantir os resultados desejados para o item de controle.

Entre as ferramentas de controle das Atividades de Manutenção estão os Indicadores de Desempenho, a qual passaremos a estudá-los a partir de agora.

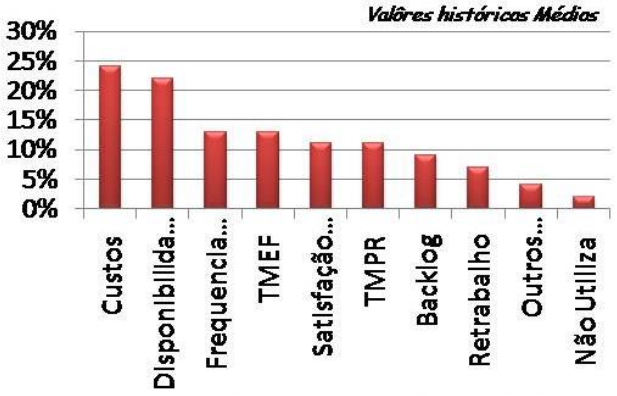
A tabela abaixo mostra os principais índices de desempenho utilizados e difundidos no Brasil na visão das empresas que reconhecem a importância da manutenção industrial, sendo que parte deles se referem à análise específica para da gestão dos equipamentos e os demais tratam da gestão de custos envolvidos com as manutenções executadas

Pesquisa ABRAMAN - 2011

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância - GI)										GI 2011
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	21,56	1
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	10,47	5
Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	6,37	7
Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	20,74	2
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	4,72	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	9,86	6
Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	0,82	9
TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	13,35	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	12,11	4
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	0,00	10

Indicadores mais Utilizados segundo a ABRAMAN-2011

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância - GI)										GI 2011
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	21,56	1
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	10,47	5
Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	6,37	7
Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	20,74	2
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	4,72	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	9,86	6
Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	0,82	9
TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	13,35	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	12,11	4
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	0,00	10



- As máquinas são feitas de componentes e de peças, todos sujeitos a desgastes e a falhas. Assim se não for dada atenção necessária às maquinas elas falharão.

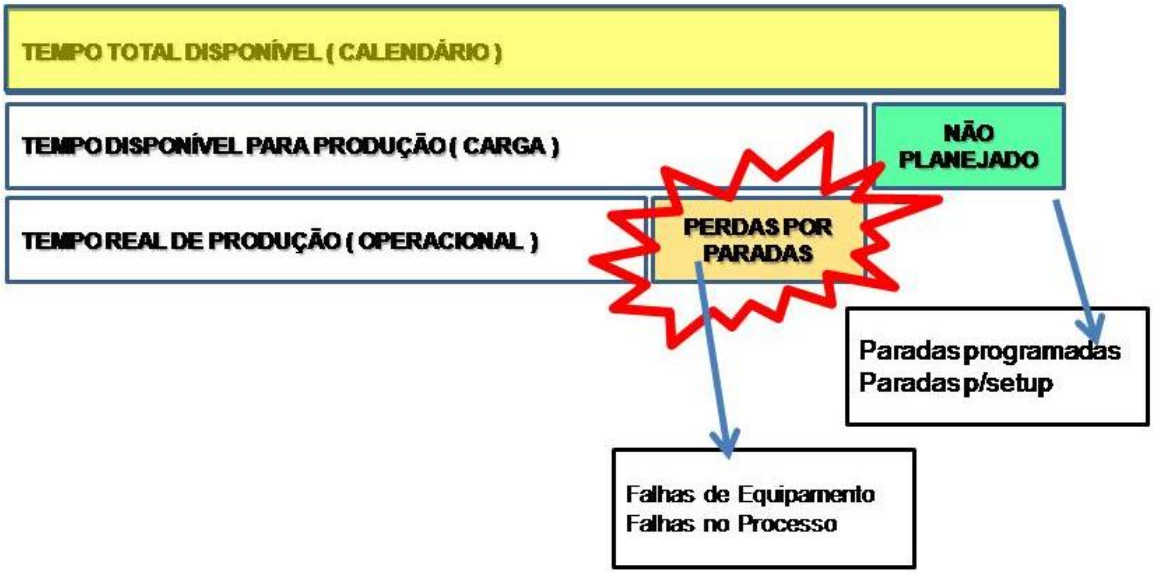
- Os índices e indicadores de manutenção são de grande utilidade para que se saiba o que está ocorrendo e evitar considerações do tipo "*eu acho*".

- Servem para quantificar e medir as variáveis, os itens de controle e de verificação para que rapidamente se possa saber a situação real e comparar com outras situações e outras datas.

O gerenciamento eficaz do sistema de manutenção exige o levantamento e tratamento sistemático de indicadores que permitam avaliar a evolução e a tendência de cada um dos processos envolvidos e a eficiência com que os mesmos estão sendo tratados.

Indicadores são necessários para identificar oportunidades competitivas e devem mostrar às áreas quais são as melhorias necessárias e que benefícios podem ser esperados, como priorizar recursos, e medir o progresso e efetividade das iniciativas de melhoria

O diagrama abaixo representa a distribuição do tempo total de uma maquina levando-se em consideração todos os eventos de interrupção.



Em cima desta visão é que os indicadores são calculados após ser apurado o tempo real de produção.

Existem muitos indicadores, porém há um conjunto mínimo que é bastante utilizado pela quase totalidade das empresas.

Estes indicadores, são denominados de "índices de classe mundial", que são utilizados segundo a mesma expressão em vários países inclusive no Brasil.

São seis os indicadores que formam os "índices de classe mundial":

- **MTBF** - Mean Time Betwwen Failures, conhecido no Brasil como TMEF – Tempo Médio Entre Falhas.
- **MTTR** – Mean Time To Reparo, ou TMPR – Tempo Médio Para Reparo.
- **MTTF** – Mean Time To Failure, ou TMPF - Tempo Médio Para Falha.
- **Disponibilidade** Física do Equipamento.
- **Custo de Manutenção por Faturamento**.
- **Custo de Manutenção por Valor de Reposição**.

Além dos "índices de classe mundial", existem mais oito indicadores muito importantes para medição do desempenho. São eles:

- **Backlog**
- **Retrabalho**
- **Índice de Corretiva**
- **Índice de Preventiva**
- **Alocação de HH em OS**
- **Treinamento na Manutenção**
- **Taxa de Freqüência de Acidentes**
- **Taxa de Gravidade de Acidentes**

DISPONIBILIDADE

A disponibilidade, para um determinado período de tempo, mede a percentagem de tempo de bom funcionamento em relação ao tempo total. Adotando a base de tempo de calendário (24 horas/dia)

D = (TF / TT) * 100 %

Em que:

- TF = tempo de *bom* funcionamento no período (= total de horas no período em que não esteve a reparar avarias)
- TT = tempo total do período (= total de horas do período de análise)

Um outro têrmo usado pata tempo de bom funcionamento é Tempo Operacional Total.

Comparando-se o que foi mostrado no diagrama da página anterior, teremos que o Tempo Operacional Total, corresponde ao Tempo Real de Produção.

Também é possível calcular a disponibilidade através de uma outra relação conforme mostrado abaixo.

Disponibilidade

A disponibilidade – É a relação entre o tempo em que o equipamento ou a Instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total e é dada pela seguinte relação:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad \text{ou} \quad \frac{TOPT}{TOPT + TRPT}$$

A Disponibilidade é função das Confiabilidade e da Manutenabilidade

Para aumentar a disponibilidade de uma planta, sistema ou equipamento Teremos que :

a) Aumentar a confiabilidade expressa pelo TMEF
b) Reduzir o tempo para reparo, expresso pelo TMPR
c) Aumentar o TMEF e diminuir o TMPR simultaneamente

MTBF DE UM EQUIPAMENTO

O MTBF é o tempo médio entre avarias.

O seu cálculo, é feito somando os tempos de funcionamento (TBF1, TBF2, TBF3, etc.) dividindo pela quantidade de avarias no período:avaliado

MTBF = (TBF1 + TBF2 + TBF3 + TBF4) / Qtd. de falhas, o resultado é dado em horas.

P.exemplo: Uma maquina obteve o seguinte histórico:

TBF	Horas	Falha
1	180	1
2	252	1
3	280	1
4	240	1

Cálculo do MTBF

MTBF: (180+252+280+240) / 4
MTBF: 238 horas

O MTBF é o tempo médio entre avarias.

Algumas limitações práticas, em termos de gestão, em utilizar este indicador para um equipamento:

a) é a de que se não houver avarias não há indicador;
b) se só existir uma avaria no período também não há indicador;
c) se existirem duas avarias é um indicador pouco expressivo.

De fato, o MTBF é um indicador que só faz sentido utilizar num equipamento quando existe um número apreciável de avarias no período de análise.

Portanto, para UM equipamento, o MTBF deve ser utilizado para períodos longos de análise: num caso típico, digamos, nunca menos de 1 ano.

Normalmente este índice é utilizado para:

a) itens que são reparados após a ocorrência de uma falha,
b) ou que não permitem que sejam feitos intervenções preventivas pela estratégia do negócio ou pelo custo,
c) ou qualquer outro conceito adotado,
d) mas é importante salientar que não se dispensa seu uso para os demais equipamentos da planta.

Se o seu valor aumenta indica que o número de corretivas diminuiu e o total de horas disponíveis aumentou.

TAXA DE FALHAS DE UM EQUIPAMENTO

Normalmente este índice é utilizado para valiar com que frequência ocorrem as falhas

a) é normalmente expresso por unidade de defeitos / hora
b) Indicado por λ (lambida)
c) Embora não seja, assume que é um valor constante.

Seu cálculo é dado por:

λ = qtd. de falhas / hora

Existe uma relação entre a **λ** e o **MTBF**, para períodos longos de acompanhamento

$\lambda = 1 / MTBF$

Exemplo anterior
MTBF: 238 horas
$\lambda = 1 / MTBF$
$\lambda = 1 / 238$, logo $\lambda = 0{,}0042$ falhas/h

MTTF DE UM EQUIPAMENTO

Difere do **MTBF**, pelo fato que se aplica a itens que não são reparáveis, tais como:

Exemplo de itens não reparáveis

Exemplo de itens reparáveis

Maquinas com componentes que não são reparáveis, mas que são calculados da mesma forma, porém analisados conceitualmente de forma diferente

MTTR – Mean Time To Reparo ou **TMPR** - Tempo Médio Para Reparo.

É a razão entre a soma das horas indisponíveis para a operação e o número de corretivas no período.

$$MTTR = \frac{\text{Total de Horas em Correções}}{\text{N.º Total de Falhas}}$$

Esse índice deve ser usado para itens cujo tempo de reparo ou substituição é significativo, em relação ao tempo total de operação.

Geralmente itens tais como:

a) caldeiras,
b) fornos,
c) centrífugas,
d) geradores,
e) ou equipamentos centrais do processo produtivo.

O **MTTR** é o tempo médio para reparos.

O seu cálculo, é feito somando os tempos de reparos (TTR1, TTR2, TTR3, etc.) dividindo pela quantidade de avarias no período:avaliado

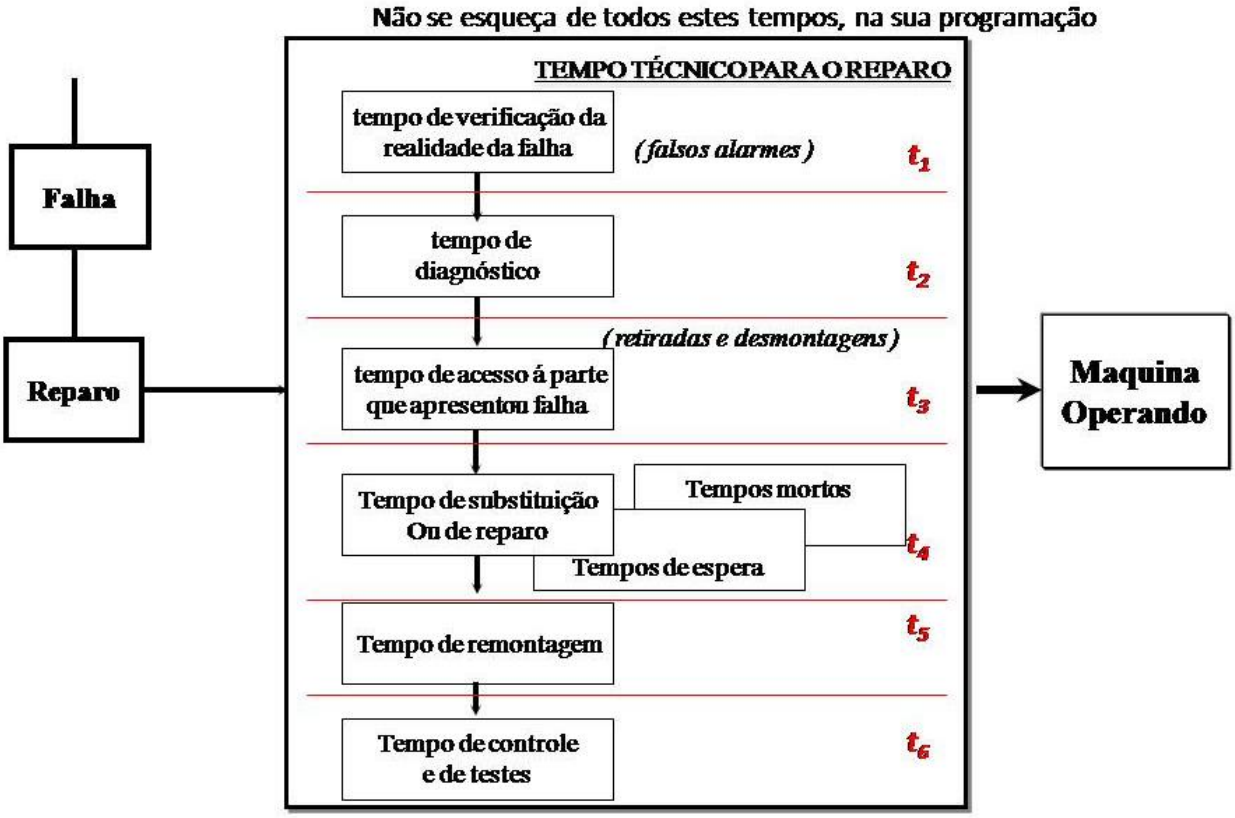
MTTR = (TTR1 + TTR2 + TTR3 + TTR4) / Qtd. de falhas, o resultado é dado em horas.

P.exemplo: Uma maquina obteve o seguinte histórico:

TTR	Horas	Falha
1	18	1
2	16	1
3	14	1
4	12	1

Cálculo do **MTTR**

MTTR: (18+16+14+12) / 4
MTTR:: 15 horas


Não se esqueça de todos estes tempos, na sua programação
Falha
Reparo
TEMPO TÉCNICO PARA O REPARO
tempo de verificação da realidade da falha
(falsos alarmes)
t_1
tempo de diagnóstico
t_2
(retiradas e desmontagens)
tempo de acesso á parte que apresentou falha
t_3
Tempo de substituição Ou de reparo
Tempos mortos
Tempos de espera
t_4
Tempo de remontagem
t_5
Tempo de controle e de testes
t_6
Maquina Operando

TAXA DE REPARO DE UM EQUIPAMENTO

Normalmente este índice é utilizado para Avaliar o tempo médio gasto com reparos

a) é normalmente expresso por unidade de reparos / hora
b) Indicado por μ (mi)
c) Embora não seja, assume que é um valor constante.

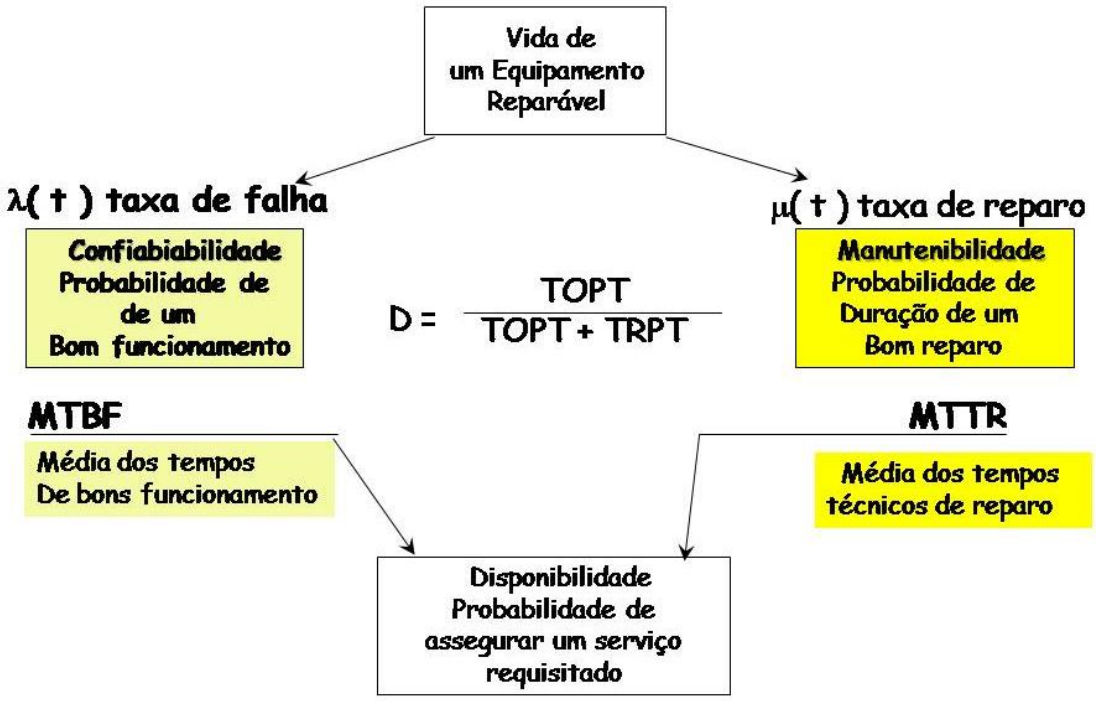
Seu cálculo é dado por:

μ = qtd. de reparos / hora

Existe uma relação entre a **μ** e o **MTTR**, para períodos longos de acompanhamento

$\mu = 1 / MTTR$

Exemplo anterior
MTTR:: 15 horas
$\mu = 1 / MTTR$
$\mu = 1 / 15$, $\mu = 0{,}0666$ reparos/h



Abaixo passaremos a destacar os demais indicadores que embora não sejam do tipo padrão mundial, também são considerados e bastante utilizados pelas empresas.

Custo de Manutenção por Faturamento

O custo é composto por gastos de pessoal, materiais contratação de serviços externos, depreciação e perda de faturamento. E consiste na relação do custo total e o faturamento total da empresa.

$$\frac{\Sigma \text{ Custo de Manutenção}}{\text{Faturamento}}$$

Custo de Manutenção por Valor de Reposição

É a razão entre o custo total de manutenção de um determinado equipamento e o valor deste mesmo equipamento.

Backlog

É o tempo necessário para que uma equipe de manutenção leve para concluir seu trabalho, levando em consideração que esteja aplicando toda a

Alocação de HH em OS

O indicador de Hora Homem alocado em Ordem de Serviços mostra o percentual de horas da manutenção oficializada no PCM, e sua necessidade reside nos seguintes fatores:

- Verificação do nível de utilização do sistema da manutenção;
- Indicação do percentual de dedicação a serviços indiretos da manutenção, como também do nível de ociosidade ou sobrecarregamento das equipes.

Treinamento na manutenção

Este índice corresponde à parcela de HH dedicado a aperfeiçoamento, com relação ao HH disponível no período.

$$\frac{\text{HH dedicado a treinamentos}}{\text{HH instalado no período}} \times 100\%$$

Taxa de Freqüência de Acidentes

A taxa de freqüência de acidentes representa o número de acidentes por milhão de HH trabalhando.

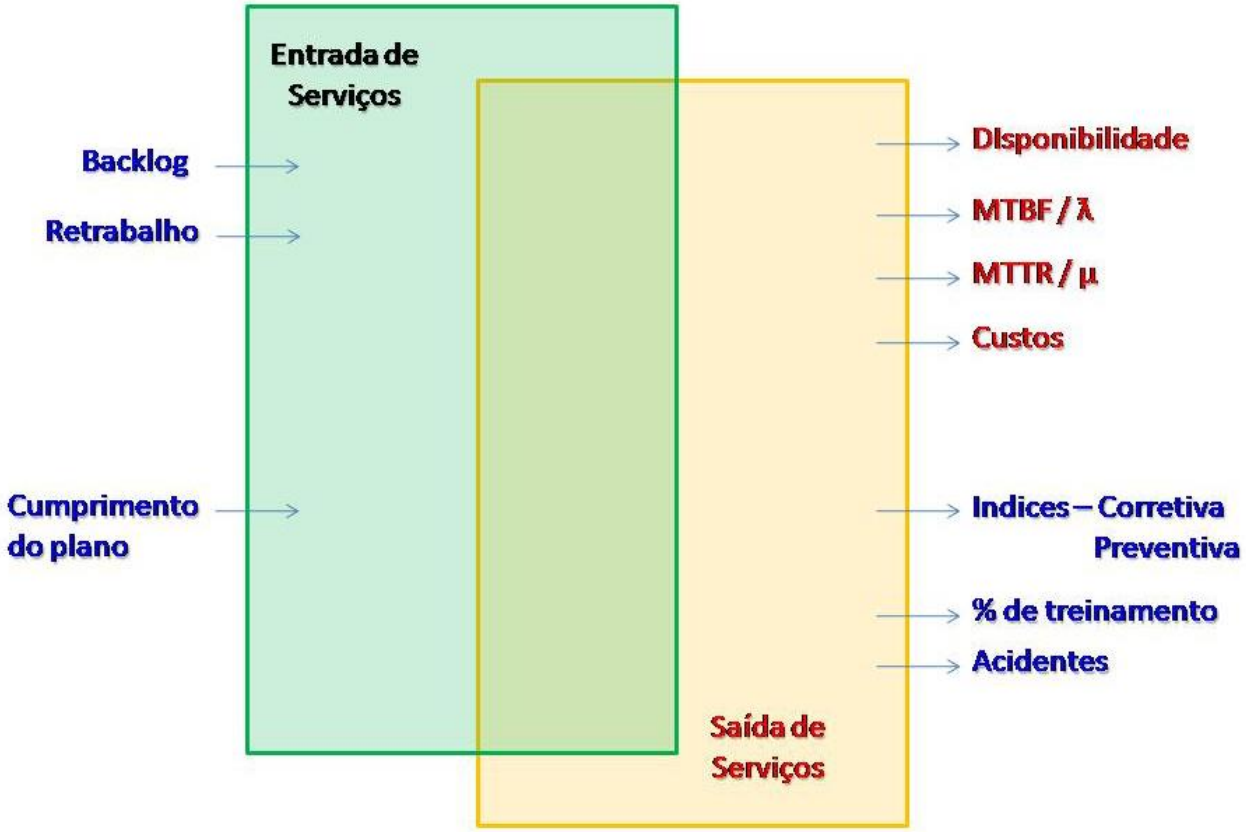
$$\frac{\text{Número de Acidentes}}{\text{Homens Horas Trabalhando}} \times 10^6$$

Taxa de Gravidade de Acidentes

Consiste no total de homens horas perdido decorrente de acidentes de trabalho, por milhão de HH trabalhado.

$$\frac{\text{Total de HH perdido}}{\text{Homens Hora Trabalhando}} \times 10^6$$

O diagrama a seguir ilustra a utilização dos indicadores vistos em relação a Gestão da Manutenção.



Observe que para uma empresa poder gerir bem os seus serviços de manutenção será necessário acompanhar uma boa parte dos indicadores que foram mencionados.

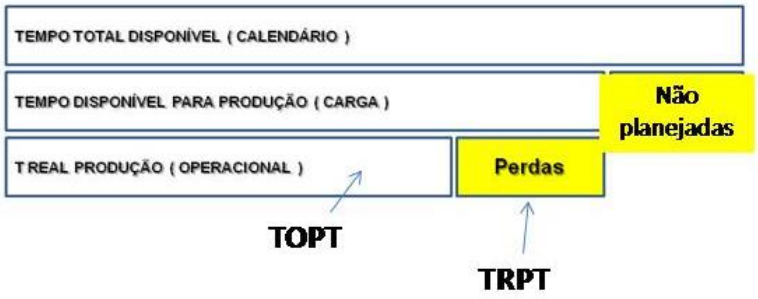
Na tabela a seguir temos na pesquisa da Abraman, como as empresa tratam a questão dos seus indicadores.

Analisando a tabela da ABRAMAN, percebemos que dos indicadores principais, a grande maioria é acompanhado pelas empresas.

	Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância - GI)										GI 2011
	Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	
Φ	Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	21,56	1
	Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	10,47	5
	Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	6,37	7
Φ	Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	20,74	2
Φ	Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	4,72	8
Φ	Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	9,86	6
	Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	0,82	9
Φ	TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	13,35	3
Φ	TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	12,11	4
	Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	0,00	10

Pesquisa ABRAMAN - 2011

Em seguida apresentamos um quadro resumo dos principais indicadores vistos, bem como o formulário para os cálculos necessários.



Disponibilidade

$$D = \frac{TOPT}{TOPT + TRPT}$$

Tempo médio entre falhas

$$MTBF: \frac{TOPT}{n}$$

Tempo médio para reparo

$$MTTR: \frac{TRPT}{n}$$

Taxa de Falha

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Taxa de reparo

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

Utilizando o formulário sugerido apresentamos um exemplo calculado para uma maquina que trabalhou num regime de trabalho conforme indicado e teve um histórico de ocorrências também mostrado.

Indicadores

Disponibilidade

$$D = \frac{TOPT}{TOPT + TRPT}$$

Tempo médio entre falhas

$$MTBF = \frac{TOPT}{n}$$

Tempo médio para reparo

$$MTTR = \frac{TRPT}{n}$$

Taxa de Falha

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Taxa de reparo

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

	Falhas		Maquina 1	
			Func.	Par.
	1		150	13
	2		180	11
	3		144	12
	4		200	11
	5		250	12
	6		120	12
	7		280	12
	8		200	12
Totais	8	=n	1524	95
Indicadores	DISP			
	MTBF			
	λ			
	MTTR			
	μ			

6.3 Ações Corretivas

Após termos verificados os resultados obtidos, podemos confrontar com o que foi planejado para sabermos o que ficou fora do previsto, ou seja nesta etapa da gestão passamos a nos preocupar com o refinamento dos resultados, pesquisar dentre os diversos dados obtidos dos serviços executados o “ porque” do não atendimento do resultado previsto.

As metodologias mostradas no diagrama ilustram algumas das ferramentas à disposição da manutenção para pesquisar/apurar as causas de um resultado ou não previsto ou indesejável.

Abordaremos a ferramenta MASP, neste curso, porém as demais ferramentas mencionadas também sejam de grande uso.

FMEA – Análise de Modos de Falhas e Efeitos

É uma técnica que procura listar todas as possíveis falhas (de um produto, processo ou serviço) e suas causas que para que sejam analisadas e tomadas as ações preventivas necessárias, afim de se alcançar os objetivos necessários.

FTA – É um método que estuda os fatores que poderiam causar um determinado evento indesejável(falha). É possível determinar as freqüências destes eventos a partir da combinação de lógica de sistema.

MASP é uma metodologia sistemática de um conjunto de ações planejadas para análise e solução de problemas, documentadas e acompanhadas periodicamente, visando atingir determinadas metas ou objetivos, num prazo estabelecido

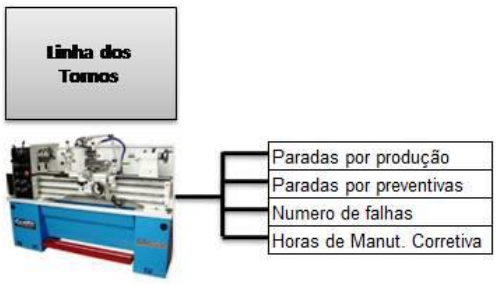
METODOLOGIA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS COM ENVOLVIMENTO DE TODOS•MACRO-FLUXO		
FLUXO	PROCESSOS	OBJETIVO
①	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIR CLARAMENTE O PROBLEMA E RECONHECER A SUA IMPORTÂNCIA.
②	OBSERVAÇÃO	INVESTIGAR AS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO PROBLEMA COM UMA VISÃO AMPLA E SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA.
③	ANÁLISE	DESCOBRIR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS.
④	AÇÃO	BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS.
⑤	VERIFICAÇÃO	VERIFICAR SE O BLOQUEIO FOI EFETIVO.
?	(O Bloqueio foi efetivo?)	
⑥	PADRONIZAÇÃO	PREVENIR CONTRA O REAPARECIMENTO DO PROBLEMA.
⑦	CONCLUSÃO	RECAPITULAR TODO O PROCESSO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA PARA O TRABALHO FUTURO.

MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS - "QC STORY".			
PDCA	**FLUXO-GRAMA**	**FASE**	**OBJETIVO**
P	①	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
	②	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	③	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	④	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	⑤	Execução	Bloquear as causas fundamentais.
C	⑥	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	N ? S	(Bloqueio foi efetivo?)	
A	⑦	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	⑧	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Apresentaremos a seguir alguns casos em que foram usados a ferramenta MASP, para análise de falhas.

Análise de Disponibilidade

Caso – Fabrica Tornos

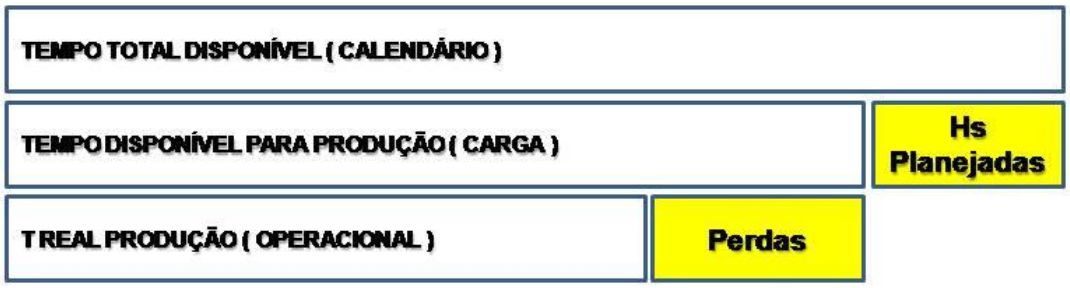


FABRICA 1

TR-01	TR-02	TR-03	TR-04	TR-05	TR-06
24	24	24	16	8	24
8	6	12	10	8	10
3	2	5	4	3	4
15	12	20	18	15	18

Dados Operacionais:

Empresa trabalha 2 turnos por dia, cada turno de 8h
Trabalha de 2ª a sabado, folga aos domingos, considerar mês com 30 dias cada, a meta da empresa é 98% de Disponibilidade

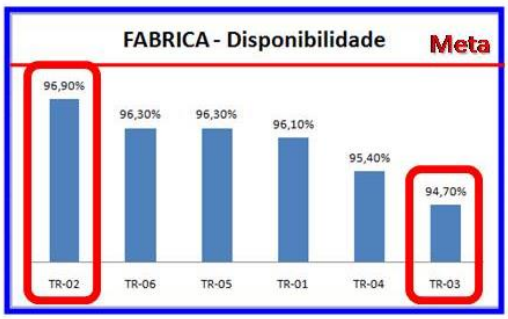


		TR-01	TR-02	TR-03	TR-04	TR-05	TR-06
Carga/turno		16	16	16	16	16	16
Dias/mes		26	26	26	26	26	26
Horas Disp.		416	416	416	416	416	416
Horas Não Planej.	Produção	24	24	24	16	8	24
	Diversos	8	6	12	10	8	10
Hs Real Prod.		384	386	380	390	400	382
Hs Corretiva		15	12	20	18	15	18

CÁLCULO DE INDICADORES – TR-01

		TR-01	TR-02	TR-03	TR-04	TR-05	TR-06
	Carga Turnos	16	16	16	16	16	16
	Dias mês	26	26	26	26	26	26
	$T_{calend.\ Total}$	416	416	416	416	416	416
Paradas	Produção	24	24	24	16	8	24
Planejadas	Preventiva	8	6	12	10	8	10
	$T_{calend.\ Real}$	384	386	380	390	400	382
	Num. falhas	3	2	5	4	3	4
	Horas Corretiva	15	12	20	18	15	18
	TOPT	369	374	360	372	385	364
	MTBF	123	187	72	93	128	91
	λ	0,00813	0,005348	0,013889	0,010753	0,007792	0,010989
	MTTR	5	6	4	4,5	5	4,5
	μ	0,20000	0,16667	0,25000	0,22222	0,20000	0,22222
	Disponibilidade	96,1%	96,9%	94,7%	95,4%	96,3%	95,3%

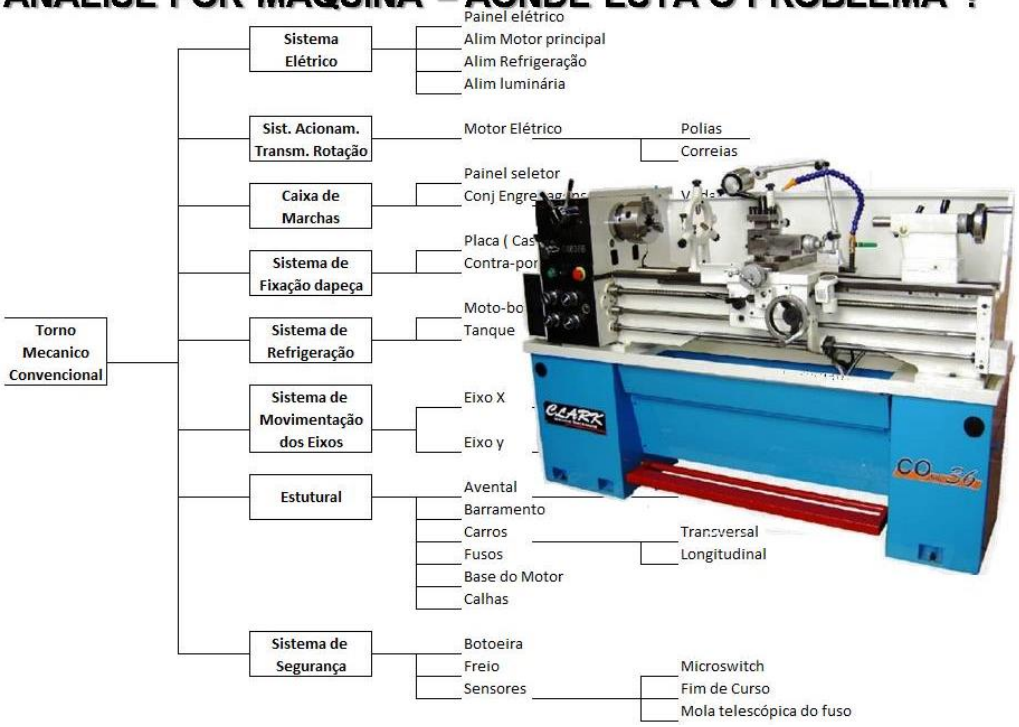
CÁLCULO DE INDICADORES – GERAL DA LINHA



A fabrica precisava que todas as maquina trabalhassem com uma disponibilidade acima de 97%, com os gráficos acima percebe-se que todas as maquinas ficaram abaixo desta meta porém a maquina TR-03 foi a maquina que ficou mais abaixo da meta com o maior número de ocorrências de falha

Será necessário então apurar dentro dos dados da maquina TR-03, o porquê de ela ter atingido um valor muito baixo de disponibilidade.

ANÁLISE POR MAQUINA – AONDE ESTÁ O PROBLEMA ?



HISTÓRICOS - FORMAÇÃO

- Consiste em obter informações relevantes das ocorrências nos equipamentos, é obtido ou de forma manual através de fichas preenchidas, ou automaticamente, no fechamento das OS's nos sistemas de manutenção.

HISTÓRICOS

- Representam uma eficaz ferramenta decisória no processo gerencial para que a sua consulta seja direcionada e rápida e ajude na decisão de uma provável ação, **é extremamente importante a padronização, dos têrmos usados, bem como caso seja possível a utilização de códigos**, que facilitem o trabalho como um todo.

HISTÓRICO DE EQUIPAMENTO - Exemplo de um controle manual

HISTÓRICOS

Área :	21030 - Prensas Mesas			Equipamento :		Prensa Hidraulica DAN_PREESSE II			
	Contador	Evento					Códigos		
Datas	Hs, Km	Código	Descrição	Intervenção	Executante	Duração	Causa	Natureza	Gravidade
20/abr			Folga em 1 correia do motor	Ajuste na tensão das correias	JL	00:15	2	1	2
15/jun			Detectado aumento do nivel de vibração						
			no mancal lado da turbina	Desmontado o conjunto e verificado					
				desgaste nos rolamentos, feito a troca	GR	04:30	1	1	1
17/jun			Nivel de vibração continua alto	Inspecionado e verificado um desalinha					
				-mento da polia movida, corrigido	HD	01:15	2	1	1
30/jun			Vazamento de graxa no lado do mancal	Reapertado a tampa	AS	01:00	2	1	
03/ago			Quebra do pé do motor	Trocado o conjunto	JL	03:00	0	1	0

CAUSA DE FALHA	
0	Acidente Imprevisível
1	Causa intrínseca detectável
2	Causa intrínseca não detectável
3	Defeito proveniente de má conservação
4	Má intervenção anterior
5	Mau comportamento
6	Instruções não respeitadas
7	Falha segunda
8	Outra causa

NATUREZA	
1	Origem Mecânica
2	Origem Elétrica
3	Origem Eletrônica
4	Origem Hidráulica

GRAVIDADE	
0	Falha Crítica
1	Falha maior
2	Falha menor

- Critério adotado pela empresa, para identificação das ocorrências

12

É a fonte básica da pesquisa de um setor de P.C.M. pois constitui um banco de dados organizado que nos permite uma pesquisa rápida por:

A maneira como a informação deverá ser cadastrada deverá ser uma padronização feita pelo P.C.M. e distribuida para todos mantenedores, afim de garantir a qualidade desta informação que será gerada e posteriormente consultada.

Quando do encerramento da OS deverá ser informado:

a) Causa (Motivo da Intervenção)
b) Sintoma (efeito resultante no maquinário)
c) Intervenção (Solução dada)

TABELA DE CAUSAS, EFEITOS E AÇÕES

Um exemplo

Encerramento

Efeito: M-Quebra
Ação: 0301
Causa: 0103

EFEITOS		CAUSAS
S/ DEFEITO	0000	DESCONHECIDA
E - MAU CONTATO	0100	DESGASTE
E - CURTO CIRCUITO	0101	ROMPIMENTO
E - QUEBRA (COMP ELÉTRICO)	0102	TEMPERATURA
E - QUEIMA (COMP ELÉTRICO)	0103	SOBRECARGA
E - MOTOR QUEIMADO	0104	SUJEIRA
E - MOTOR DEFEITUOSO	0105	OXIDAÇÃO
M - QUEBRA	0201	VIBRAÇÃO
M - DESGASTE/ DEFORMAÇÃO	0202	FALTA DE LUBRIFICAÇÃO
M - TRAVAMENTO	0203	OPERAÇÃO IMPRÓPRIA
M - DESALINHAMENTO	0204	PROBLEMAS DE FABRICAÇÃO
M - AFROUXAMENTO	0205	PERDA/ EXTRAVIO
M - DESBALANCEAMENTO	0206	ERRO DE MONTAGEM
M - DESREGULAGEM	0207	AÇÃO
VAZAMENTO HIDRÁULICO	0301	SUBSTITUÍDO
VAZAMENTO ÓLEO MOTOR	0302	REPARADO
ENTUPIMENTO HIDRÁULICO	0303	MODIFICADO
PERDA DE PRESSÃO HIDR.	0304	REAPERTO
VAZAMENTO PNEUMÁTICO	0305	REGULAGEM
ENTUPIMENTO PNEUMÁTICO	0306	CONFECCIONAR
PERDA DE PRESSÃO PNEU.	0307	VEDADO/ SOLDADO
F - FALTA DE COMPONENTE	0401	LIMPEZA
F - LOCAL INADEQUADO	0402	AJUSTE/ ALINHAMENTO
F - OXIDAÇÃO	0403	BALANCEAMENTO
F - VAZAMENTO DE COMB.]	0404	SERV. EXTERNO
F - SUJEIRA/ CONTAMINAÇÃO	0405	RECUPERAÇÃO

14

ORDEM DE SERVIÇO

PCM - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

EMPRESA FICTÍCIA - UNIDADE DE JOINVILLE **OS: 2116**

Equipamento:	A001	VITAL E ÚNICO	ABERTURA:	06/12/2008 15:36
TAG:	12345	SISTEMA CXX	STATUS:	ABERTA
CENTRO DE CUSTO:	130000	CENTRO CUSTO 001	TIPO DE FALHA:	VAZAMENTO NA BOMBA
PRIORIDADE			TIPO MANUTENÇÃO:	01 - CORRETIVA
SOLICITANTE:	10	SÉRGIO MANOEL LOPES	EMITENTE:	35 CARLOS MANOEL RAMALHO
DEPARTAMENTO:	12	AAAA	A REALIZAR POR:	MM MANUTENÇÃO MECÂNICA

Fechamento da OS:

1ª Possibilidade: Substituída a Bomba por outra idêntica

2ª Possibilidade: Desmontada a bomba no local e substituída a gaxeta por uma outra nova e mantida a bomba em serviço

Causa	Sintoma	Intervenção
Eixo empenado	Vazamento pela Gaxeta	Substituição da Bomba
Desalinhamento		Substituição da gaxeta
Desgaste gaxeta		
Gaxeta muito apertada		
Sujeira / detritos		

Evitar descrições com títulos no infinitivo, que possam gerar dúvidas, quando da análise posterior no histórico.

Não muito adequado: Trocar vedação do conjunto

Melhor: Troca da vedação do conjunto ☑

Evitar descrições com títulos genéricos.

Não adequado: Revisão geral do conjunto

Mais adequado: Detalhar o que foi feito ☑

Evitar descrições com dois tipos de intervenção.

Não adequado: Feito revisão no conjunto e trocado a peça x.

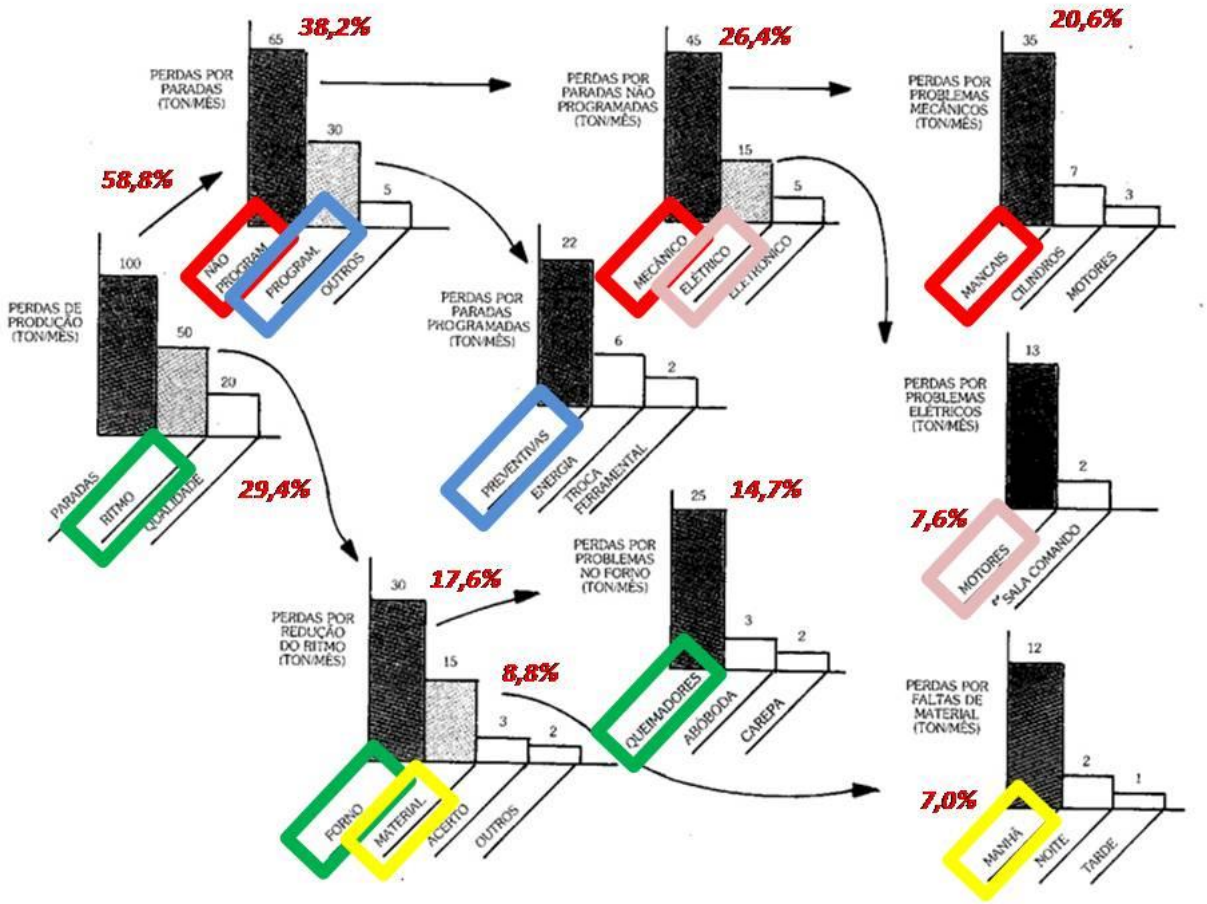
Mais adequado: Separar o que é preventiva do que é corretiva

Motivo: Como a descrição da OS vai para o histórico, facilita a compreensão.

Análise de Falhas

Caso – Produção

Para este caso precisava-se saber aonde estava concentrado as causas de uma determinada perda de produção de uma fabrica, e através da pesquisa em cima dos documentos da própria produção foi possível tirar uma conclusão a respeito.



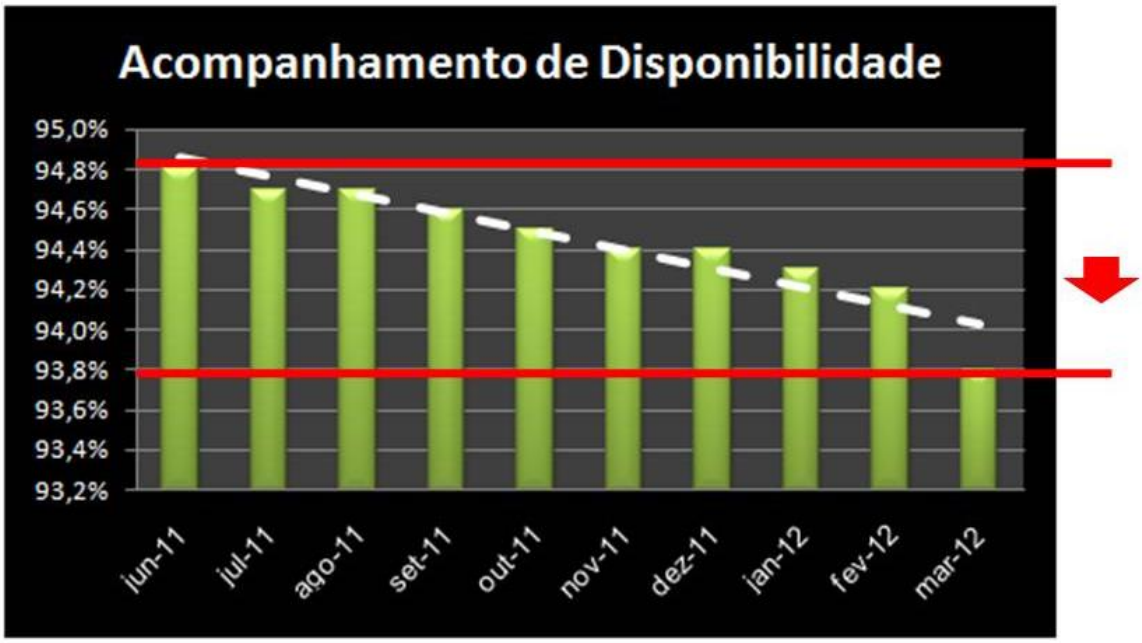
No caso o maior problema de perdas é por paradas, e dentro das paradas a maior perda é por paradas na previstas por problemas mecânicos por causa de mancais.

Então este é o caminho que a manutenção tem que investigar primeiro para diminuir as perdas desta fabrica, embora haja outros caminhos de perdas.

Análise de Disponibilidade

Caso – 2ª Fabrica Tornos

jun-11	jul-11	ago-11	set-11	out-11	nov-11	dez-11	jan-12	fev-12	mar-12
94,8%	94,7%	94,7%	94,6%	94,5%	94,4%	94,4%	94,3%	94,2%	93,8%



No gráfico é possível verificar que a disponibilidade da fabrica vem caindo ao longo do tempo.

O que isso representa ?

Imagine, isso em horas ....

Para uma maquina que trabalhou 24 h / dia, durante 30 dias no mês e teve 40 h de paradas planejadas (PCP e preventiva), ela teria que ter trabalhado:

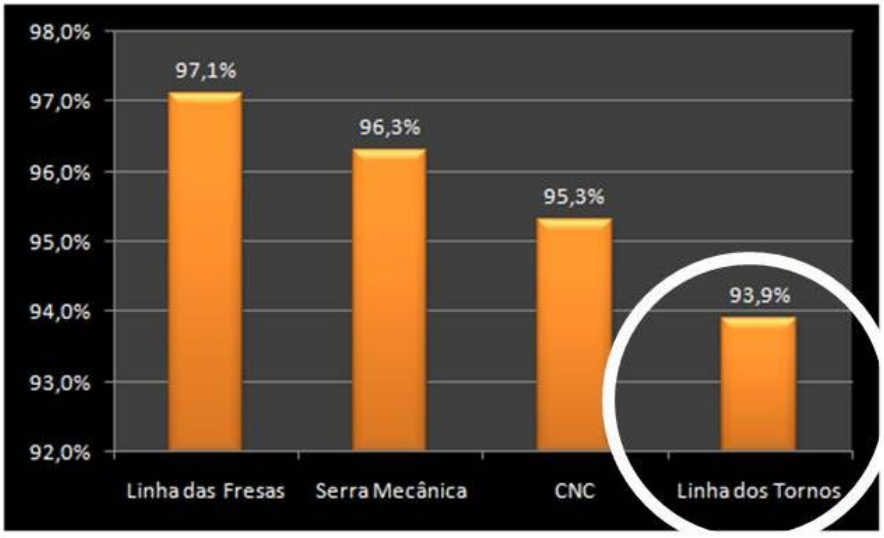
Tprodução = (24 x 30) – 40
T produção = 680 h

Com uma disponibilidade de 93,8%, ela teve 42 h de Manut. Corretiva, ou seja, quase dois dias de maquina parada ! ! !

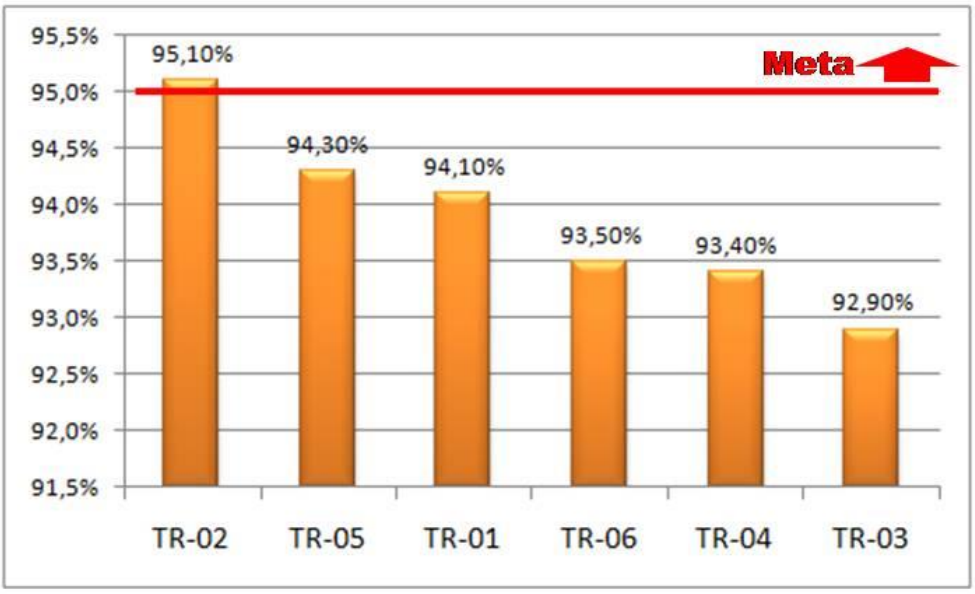
Analisar falhas é descobrir o que deu errado, uma vez que o objetivo não foi atingido.

Neste caso é necessário saber aonde, ou porque não foi possível alcançar a meta.

A primeira coisa é verificar como está a disponibilidade por área.



Percebe-se que o maior problema está na linha de tornos, logo é preciso continuar investigando, no sentido de tentar descobrir qual dos tornos preocupa mais, então ....



O gráfico por máquinas mostra valores nos quais podem ser tomados, Algumas conclusões, senão vejamos:

a) Meta > 95,0 %

Das 6 maquinas da fabrica, apenas 1 está acima da meta estabelecida, o que pode significar que temos ou muito problemas nestas maquinas ou que todas as maquinas apresentam problemas comuns

b) Torno TR-03

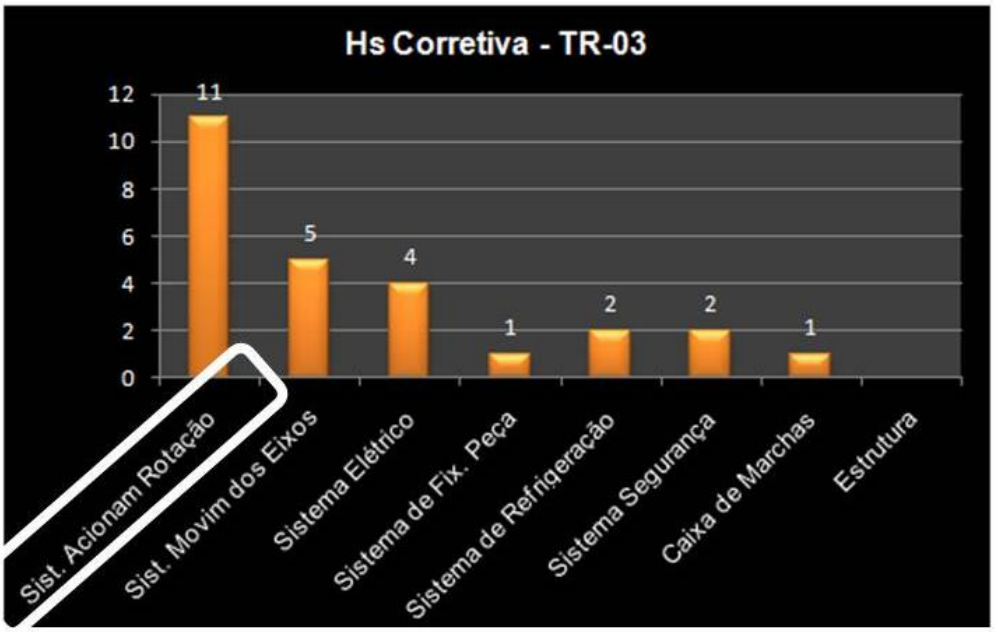
Esta maquina apresenta patamar mais baixo do que todas as outras

c) Resultado geral da área

Comparando com a meta de 95,0%, todas as 5 (cinco) máquinas juntas tem uma perda de quase 6% de disponibilidade.

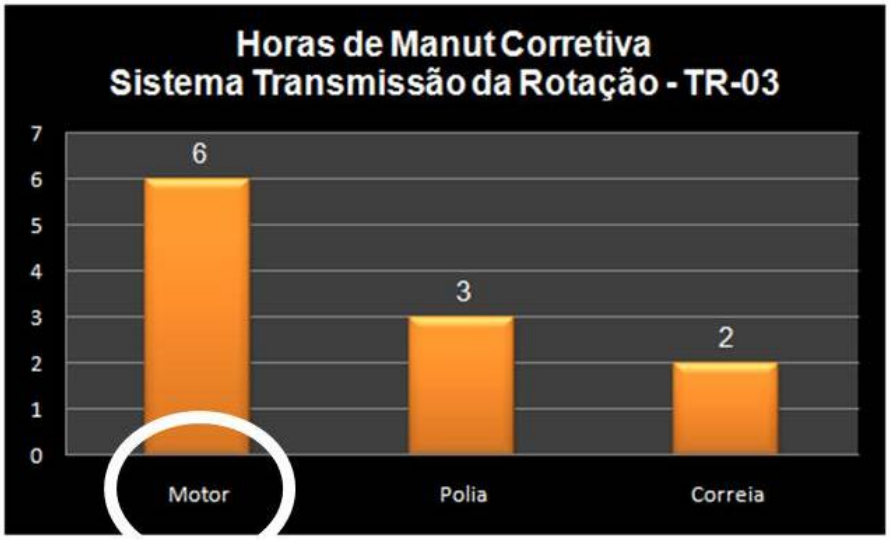
Neste caso é preciso adotar uma linha de ação e segui-la, para ver se os resultado se alteram.

Começaremos a analisar específicamente as ocorrências de falhas no torno TR-03, para tentarmos descobrir, alguma evidência maior.

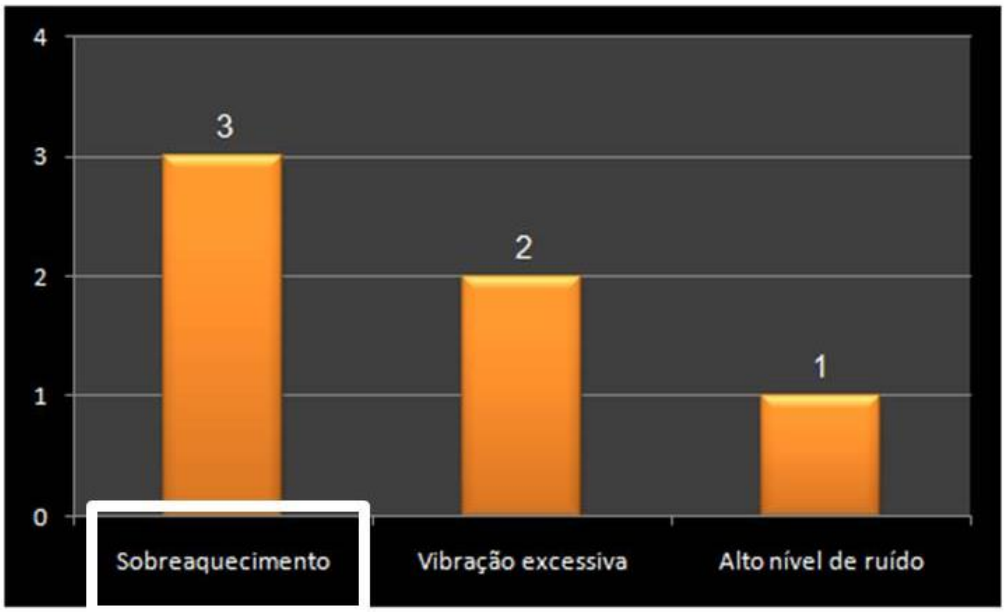


É percebível que foram gastas mais horas como sistema de transmisão da rotação, representando quase 40 % de todas as horas gastas em manutenção corretiva.

É preciso então abriir as OS's e avaliar o que neste conjunto tem causado mais horas de reparo.



Como mostrado no gráfico, o motor elétrico foi o conjunto que mais se trabalhou em têrmos de manutenção corretiva, resta saber agora o que foi feito ocorreu no motor neste período.



A partir daqui observa-se que será necessário uma maior profundidade na análise para se chegar a uma conclusão mais exata.

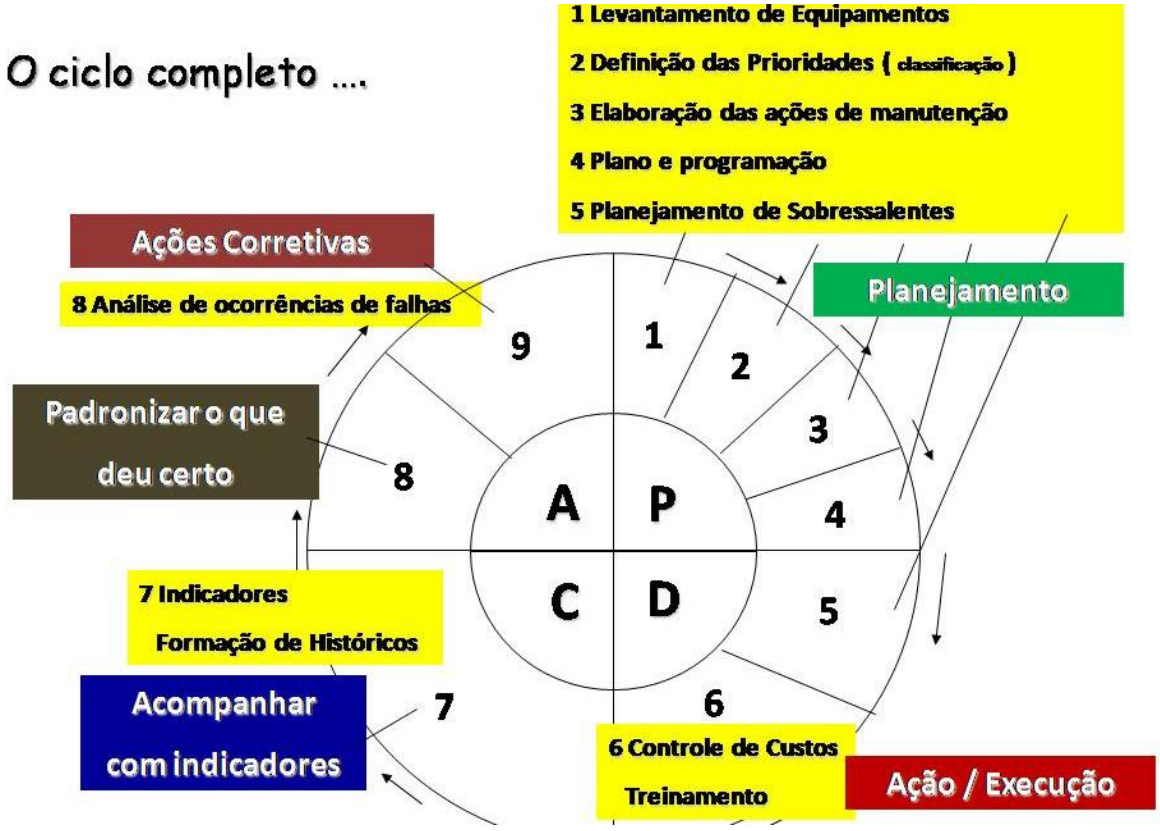
O fato é que agora temos um retrato melhor da situação, senão vejamos:

A análise feita nos levou a saber que caminho seguir para começar a tomar as ações corretivas com vistas a aumentar a disponibilidade não só da máquina como também da própria fabrica.

A manutenção então precisa ser metódica no sentido de eliminar uma por uma as principais causas.

7.0 Considerações Finais

Todas as etapas da gestão de uma manutenção foram vistas e cada uma delas é fundamental dentro do contexto como um todo, não é possível fazermos um bom trabalho sem um bom planejamento, e muito menos podemos pensar em resultados sem sabermos executar os serviços planejados.

Paralelo a isso é fundamental acompanharmos com indicadores tudo o que está sendo feito visando atingir o que foi planejado.

Por último a manutenção precisa analisar o que deu errado, saber aonde precisa atuar para conseguir atingir seus objetivos, refazer quem sabe seu plano, ou melhorar a sua execução, enfim precisa saber aonde tem que agir para alcançar suas metas.