



**Projeto Manutenção Preditiva**

**Análise de vibrações**

**[www.gatec.com.br](http://www.gatec.com.br)**

gatec

# **ANÁLISE DE VIBRAÇÃO**

## **1 - DEFINIÇÃO TÉCNICA**

## **2 - CONCEITUAÇÃO :**

### **2.1 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO X ASSINATURA ESPECTRAL**

### **2.2 MONITORAMENTO DA VIBRAÇÃO**

## **3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO**

## **4 – MANUTENÇÃO PREDITIVA / RESULTADOS**

### **4.1 ESTATÍSTICA DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO**

### **4.2 BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO PREDITIVA**

## **5 – PLANO DE MONITORAMENTO INTERNO**

## **6 – ETAPAS DO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO**

# ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

## 1- DEFINIÇÃO TÉCNICA :

A Análise de Vibração é o processo pelo qual as falhas em componentes móveis de um equipamento, são descobertas pela taxa de variação das forças dinâmicas geradas.

Tais forças afetam o nível de vibração, que pode ser avaliado em pontos acessíveis das máquinas, sem interromper o funcionamento dos equipamentos.

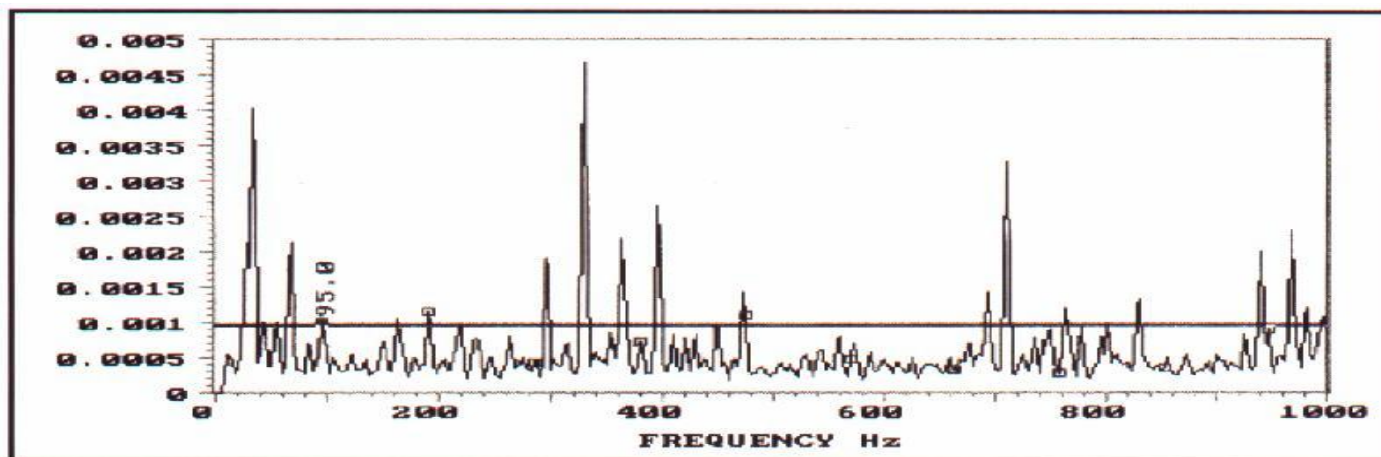
## 2 - CONCEITUAÇÃO:

### 2.1 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO X ASSINATURA ESPECTRAL

Uma máquina, caracterizada por suas partes móveis, vibrará de acordo com as frequências características dos seus componentes.

Cada tipo de máquina possui uma

**"ASSINATURA ESPECTRAL ORIGINAL"**



## 2 - CONCEITUAÇÃO :

### 2.1 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO X ASSINATURA ESPECTRAL

**Dois fatos básicos asseguram a confiabilidade da técnica de análise da "ASSINATURA ESPECTRAL"**

- 1 - Todos os componentes comuns, possuem diferentes e particulares frequências de vibração, que podem ser isoladas e identificadas;
- 2 - A amplitude de cada componente de vibração distinto, deverá permanecer constante ao longo do tempo, caso não ocorram alterações na **dinâmica operacional** da máquina ou **mudança** na integridade dos componentes.

## 2 - CONCEITUAÇÃO :

### 2.2 MONITORAMENTO DA VIBRAÇÃO

No evento de que um ou mais componentes comecem a falhar, a frequência e amplitude da vibração **começarão a mudar**.

**O monitoramento de vibração é o processo de descobrir e analisar essas mudanças.**

Através do processo de análise de espectro aplicado ao sistema inteiro, é possível identificar as características de vibração de cada componente individual para monitorar sua condição.

A deterioração da "**ASSINATURA ESPECTRAL**" é um sinal de que o equipamento *perdeu sua integridade*.

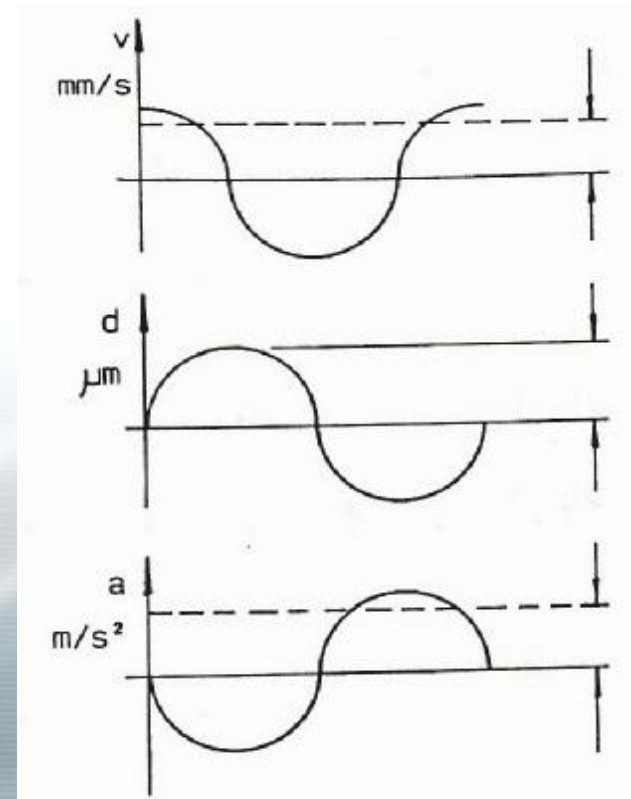
### 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

Os Parâmetros de vibração são quase universalmente medidos em unidades métricas de acordo com recomendações de Normas, Ex: DIN7090, ISO2372, atualmente substituída pela ISO10816, sendo:

**Velocidade** : mm/s.

**Deslocamento** : ( Mícron ).

**Aceleração** : m/s<sup>2</sup>





# 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

Ex. Norma ISO2372 :

Norma ISO 2372 para Balanceamento

NÍVEL	CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS			
	CLASSE I Até 15 KW ( 20 CV ).	CLASSE II 15 A 75 KW ( 20 - 100 CV )	CLASSE III Acima de 75 KW base rígida	CLASSE IV Acima de 75 KW base flexível
	VALOR RMS DA VELOCIDADE DE VIBRAÇÃO ( mm/s ).			
A - Bom	até 0,71	até 1,12	até 1,8	até 2,8
B - Satisfatório	0,71 a 1,8	1,12 a 2,8	1,8 a 4,5	2,8 a 7,1
C - Insatisfatório	1,8 a 4,5	2,8 a 7,1	4,5 a 11,2	7,1 a 18,0
D - Inaceitável	Acima de 4,5	acima de 7,1	acima de 11,2	acima de 18,0



### **3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:**

**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 )**

### 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

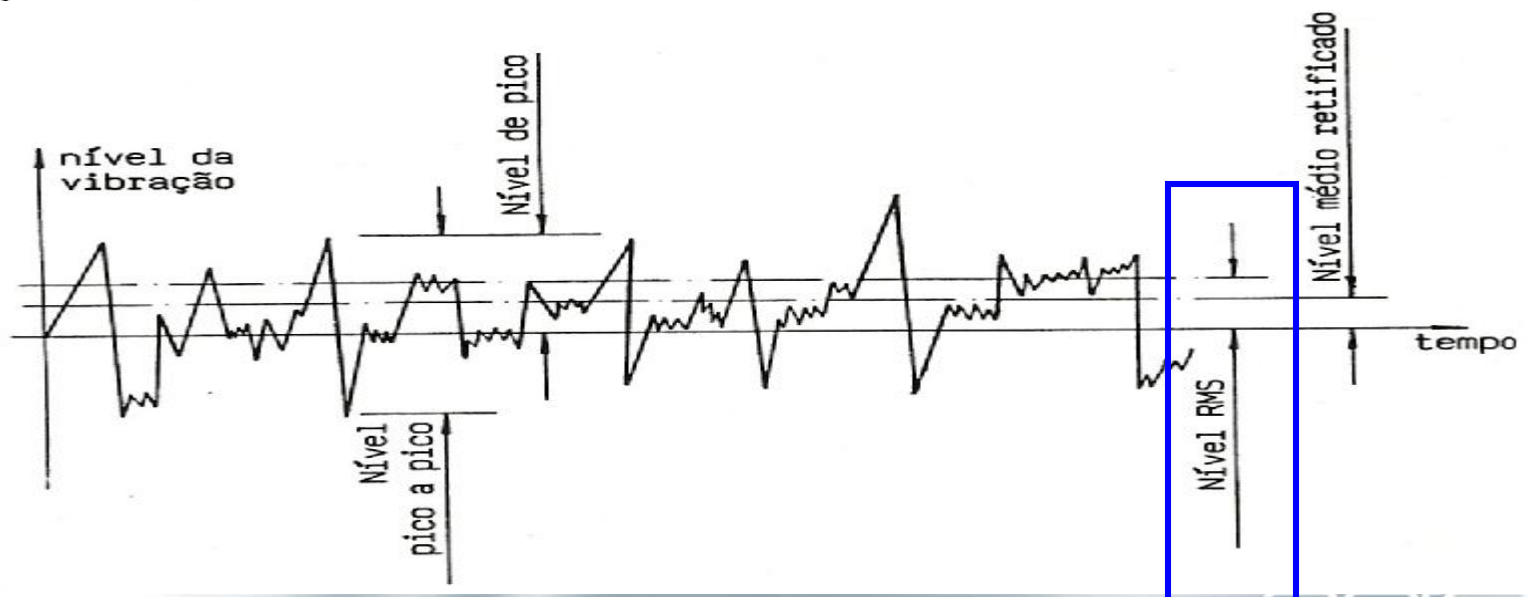
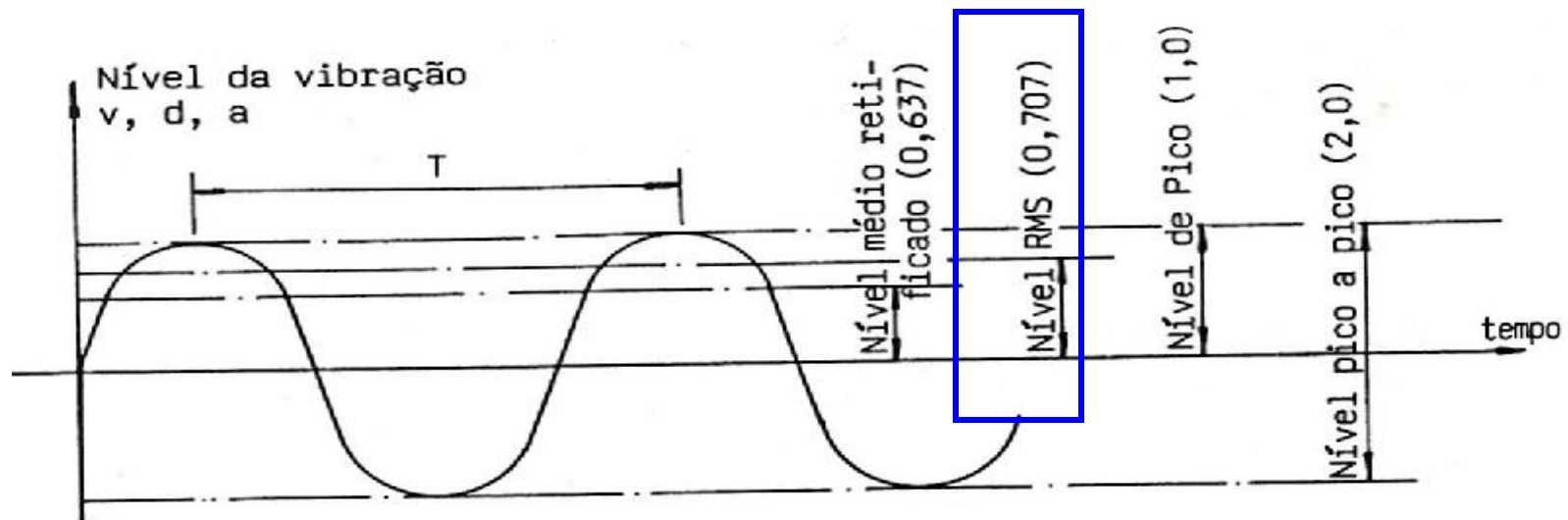
Pico a Pico: O Valor Pico a Pico indica o percurso máximo da onda, e pode ser útil onde o deslocamento vibratório da parte da máquina é crítico para a tensão máxima ou folga mecânica é limitante.

Pico : O Valor de Pico é particularmente válido para indicação de choques de curta duração, porém indicam somente a ocorrência do pico, não levando em consideração o histórico no tempo da onda.

Médio Retificado: leva em consideração o histórico no tempo da onda, mas é considerado de interesse prático limitado, por não estar relacionado diretamente com qualquer quantidade física útil.

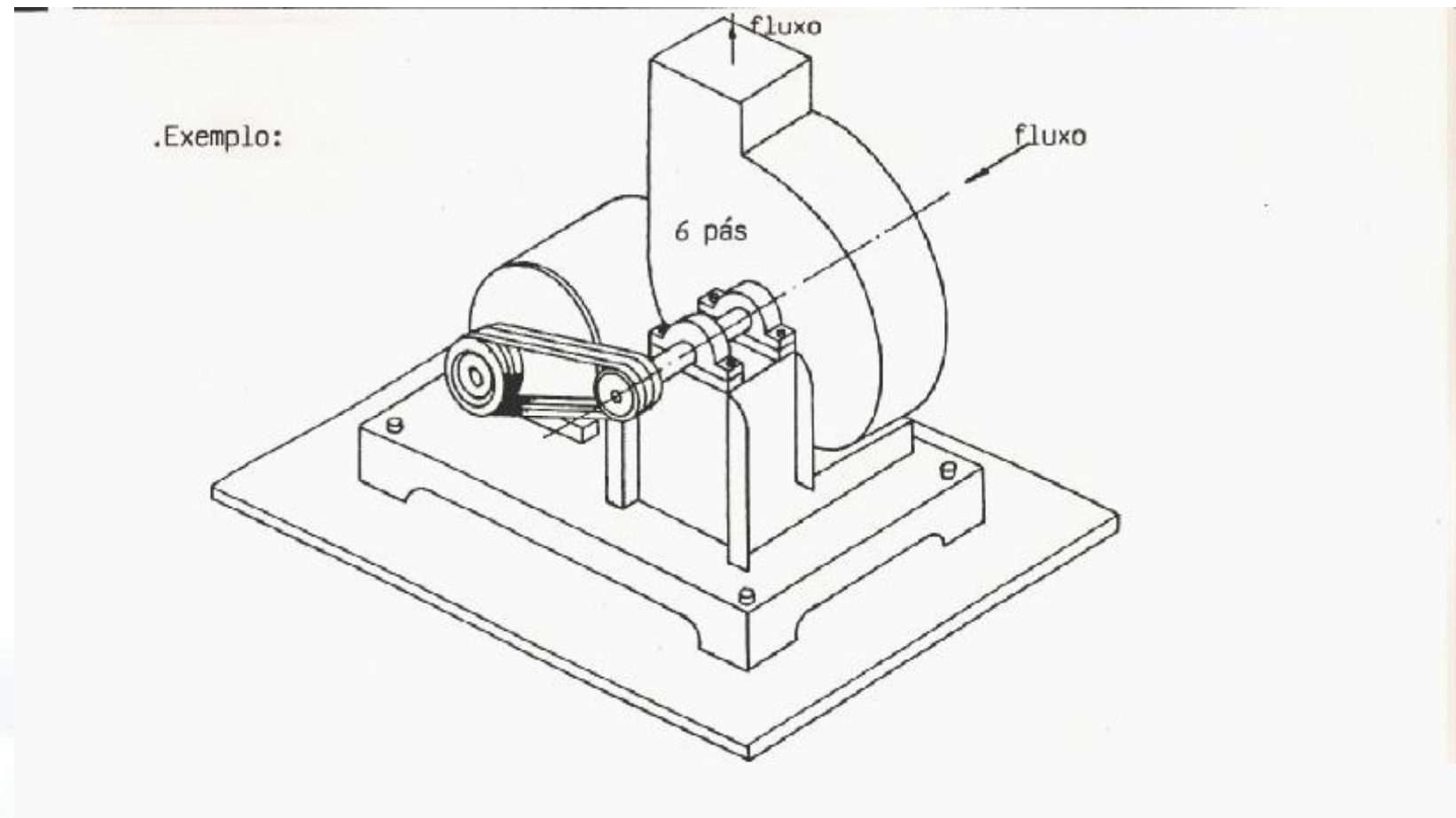
**RMS**: É a medida de nível mais relevante, porque leva em consideração o histórico no tempo da onda e dá um valor de nível o qual é diretamente relacionado à energia contida, e portanto, à capacidade destrutiva da vibração.

### 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

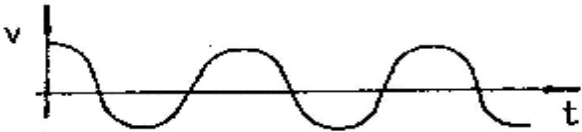
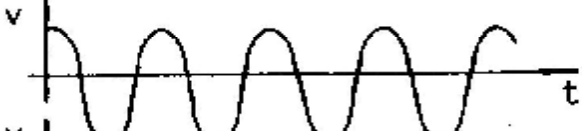
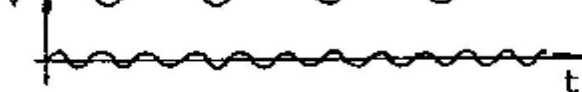
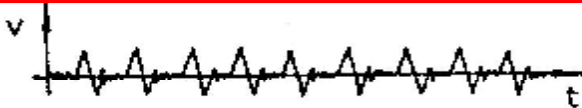
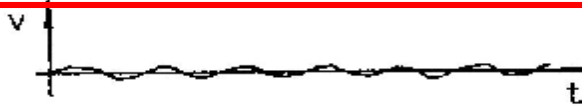
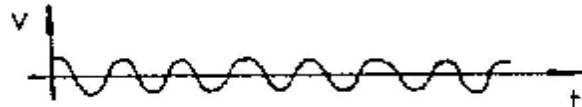
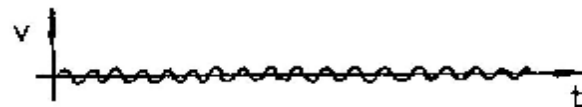



### 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

#### EXEMPLO ILUSTRATIVO :



# 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

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

### **3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:**

#### **FREQUÊNCIA DOS COMPONENTES DE ROLAMENTOS :**

**BPFI** - (frequência de passagem da esfera na Pista Interna)

**BPFO** - (Frequência de Passagem de Esfera na Pista Externa)

**BSF** - ( Elemento Rolante )

**FTF** - ( Frequência da Gaiola )

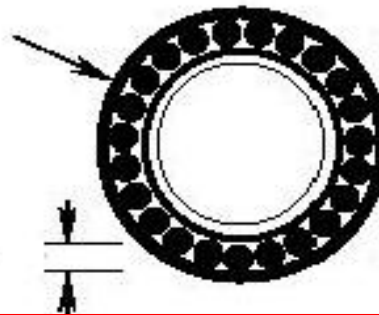
# 3 - PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO:

## EXEMPLO ILUSTRATIVO :

Nota 1:

Numero de esferas

Diametro da esfera



Pitch  
Diametro



Angulo de contato

$$\text{Defeito na pista externa} = \frac{n}{2} \frac{\text{RPM}}{60} \left( 1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right) \quad \text{BPFO}$$

(Frequencia de passagem da esfera na pista externa)

$$\text{Defeito na pista interna} = \frac{n}{2} \frac{\text{RPM}}{60} \left( 1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)$$

(Frequencia de passagem da esfera na pista interna)

$$\text{Frequencia de giro da esfera} = \frac{P_d}{2B_d} \frac{\text{RPM}}{60} \left[ 1 - \left( \frac{B_d}{P_d} \right)^2 \cos^2 \phi \right]$$

$$\text{Frequencia fundamental} = \frac{1}{2} \frac{\text{RPM}}{60} \left( 1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \phi \right)$$

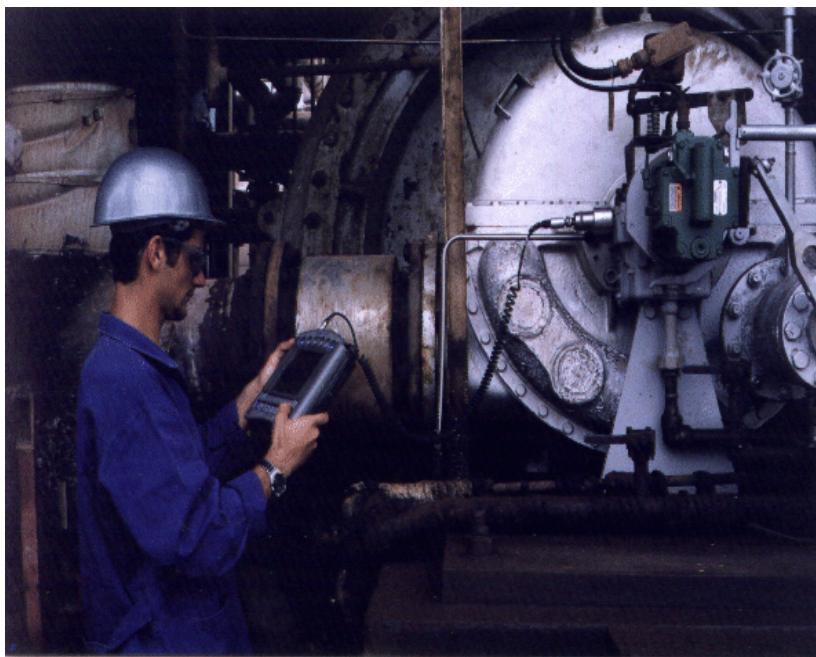
$P_d$  = Pitch diametro

$B_d$  = Diametro da esfera

$n$  = Numero de esferas

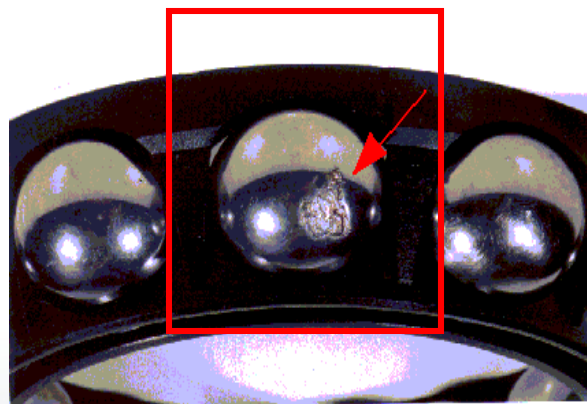
$\phi$  = Angulo de contato





**Funcionário trabalhando  
com equipamento  
Analisador de Vibrações.**

**Detalhe do defeito  
encontrado em uma das  
esferas do rolamento.**



## 4 – MANUTENÇÃO PREDITIVA / RESULTADOS:

*A manutenção preditiva é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e sistemas da planta industrial, para otimizar a operação total da planta industrial.*

**A Manutenção Preditiva por análise de vibrações,** está baseada no conhecimento do estado da máquina através de medições periódicas e contínuas de um ou mais parâmetros significativos, evitando paradas inesperadas e substituição de peças desnecessárias.

## **4 – MANUTENÇÃO PREDITIVA / RESULTADOS:**

**Deve-se ressaltar que o principal motivo pela adoção da manutenção Preditiva é o econômico, verificando-se os seguintes resultados:**

- Eliminação de desperdício de peças;
- Diminuição de estoques associados;
- Aumento da eficiência nos reparos;
- Aumento da confiabilidade da planta;
- Diminuição da gravidade dos problemas;
- Maior disponibilidade das máquinas, (menor perda de tempo).

**Como consequência, são obtidos os seguintes resultados :**

- Diminuição dos custos globais;
- Aumento da confiabilidade;
- Aumento da produtividade;
- Melhoria da qualidade.

## 4.1 ESTATÍSTICA DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os custos de manutenção correspondem a parte principal dos custos operacionais totais de todas as plantas industriais de manufatura e de produção.

Dependendo da indústria específica, os custos de manutenção podem representar entre **15% a 30%** do custo dos bens produzidos.

Por exemplo, em **indústrias alimentícias**, os custos médios de manutenção podem representar cerca de **15%** do custo dos bens produzidos; enquanto que nas indústrias siderúrgicas, de papel e celulose, e outras indústrias pesadas, a manutenção pode representar até **30%** dos custos totais de produção.

FONTE : “Plant Performance Group”  
(uma divisão da “Technology for Energy Corporation”)

**gatec**

## 4.2 BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

Pesquisa com 500 fábricas, com sucesso no programa Mnt. Preditiva. Países do grupo de amostra : Estados Unidos, Canadá, Grã-Bretanha, França, e Austrália.

### **BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO PREDITIVA:**

#### **BENEFÍCIO PERCENTUAL**

<b>REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO .....</b>	<b>50 A 80%</b>
<b>REDUÇÃO DE FALHAS NAS MÁQUINAS .....</b>	<b>50 A 60%</b>
<b>REDUÇÃO DE ESTOQUE DE SOBRESSALENTES .....</b>	<b>20 A 30%</b>
<b>REDUÇÃO DE HORAS EXTRAS PARA MANUTENÇÃO .....</b>	<b>20 A 50%</b>
<b>REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DAS MÁQUINAS .....</b>	<b>50 A 80%</b>
<b>AUMENTO NA VIDA DAS MÁQUINAS .....</b>	<b>20 A 40%</b>
<b>AUMENTO DA PRODUTIVIDADE .....</b>	<b>20 A 30%</b>
<b>AUMENTO DOS LUCROS .....</b>	<b>25 A 60%</b>

FONTE : “Plant Performance Group”

(uma divisão da “Technology for Energy Corporation”)

**gotec**



## **5 – ETAPAS DO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO ANÁLISE DE VIBRAÇÃO**

- 1 – Orientar o levantamento junto aos responsáveis, dos equipamentos a serem classificados para o monitoramento;
- 2 – Orientar o cadastramento individualizado dos equipamentos no sistema adquirido, definindo níveis de alarme, faixas de medição, parâmetros utilizados, frequência de coleta de dados, etc.;
- 3 – Configuração da rota de coleta de dados de acordo com o lay out da planta fabril;
- 4 – Elaboração de métodos adequados para a implantação do Plano de Manutenção Preditiva / análise de vibrações.

## **5 – ETAPAS DO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO ANÁLISE DE VIBRAÇÃO**

**5 – Acompanhamento dos dados das coletas nas rotas;**

**6 – Relatórios com as seguintes informações:**

- Total de máquinas monitoradas,
- Condição dos equipamentos após o enquadramento nos seus respectivos alarmes (gráfico demonstrativo),
- Tipos de defeitos encontrados (gráfico demonstrativo),
- Resumo geral da condição de equipamento,
- Recomendações e observações de como eliminar os problemas encontrados.

**7 – Elaboração do plano de ação de melhorias contínuas;**



## **5 – PLANO DE MONITORAMENTO INTERNO**

### **CENÁRIO ATUAL :**

- CONTRATAÇÃO SERVIÇOS EXTERNOS
  - Monitoramento em poucos equipamentos;
  - Baixa frequência de inspeções;
  - Baixa “ intimidade ” com os equipamentos;
  - Varreduras gerais de final de período;
  - Histórico de acompanhamento e tendências quase nulo.

### **CENÁRIO PROPOSTO :**

- CAPACITAÇÃO DE EQUIPE INTERNA
  - Monitoramento em até 100 % dos equipamentos;
  - Aumento da frequência de inspeções;
  - “ Intimidade ” com os equipamentos assegurada;
  - Histórico e tendências íntegros;
  - Acompanhamentos e avaliações constantes e confiáveis.

# 6 – ETAPAS DO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO

## ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

ITEMS	ETAPAS DO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO
	<b>ETAPA 1 - Conceitos e Normas</b>
1	<b>Introdução aos conceitos e Normas</b>
1.1	Apresentação aos Conceitos Técnicos
1.2	Apresentação as Normas de Severidade
	<b>ETAPA 2 - Mapa de Cenário Atual</b>
2	<b>Levantamento e classificação dos Equipamentos</b>
2.1	Levantamento e identificação dos Equipamentos da Planta Industrial
2.2	Enquadramento e Identificação do Grupo de Operação de Severidade
2.3	Identificação e elaboração dos critérios de classificação :
	Maquinas - Criticas, Essenciais, Não Essenciais
2.4	Detalhamento das características técnicas construtivas dos Eqptos.
	<b>ETAPA 3 - Definições Técnicas</b>
3	<b>Definições dos níveis, escalas, faixas e parâmetros</b>
3.1	Definição dos Níveis de Alarme por grupo e por maquina
3.2	Definição dos pontos de monitoramento
3.3	Faixas de medições específicas
3.4	Definição das periodicidades das visitas de monitoramento
3.5	Estudo e configuração do Plano de rotas de coleta de dados de acordo com o lay-out da planta fabril
3.6	Definição das localizações dos pontos e preparação dos mesmos

	<b>ETAPA 4 - Preparação e configuração no Sistema</b>
4	<b>Configurações do Software com a base de dados</b>
4.1	Conceito prático operacional do Software Aplicativo
4.2	Cadastros, criação de Planos, rotas, exportações e Importações de dados
4.3	Input das informações colidas e planilhadas em loco dos equipamentos
4.4	Preparação dos Planos de Inspeções Preditivas
4.5	Preparação dos Planos de Rotas
4.6	Criação e preparação dos Pontos de Monitoramento
4.7	Identificação dos componentes
	<b>ETAPA 5 - Coleta de dados em loco - Planta Industrial</b>
5	<b>Coleta e transferência dos dados</b>
5.1	Operacionalização prática do Aparelho e do Software Aplicativo
5.2	Exportação e Importação dos dados coletados em loco ( Plano x Rotas )
5.3	Coleta de dados em Planta Industrial - Monitoramento dos Equipamentos
5.4	Acompanhamento dos dados das rotas monitoradas
5.5	Desenvolvimento da interpretação dos diagnósticos
	<b>ETAPA 6 - Avaliação do Projeto</b>
6	<b>Avaliação do Projeto</b>
6.1	Avaliação das metodologias e estruturas operacionais
6.2	Avaliação dos beneficios e resultados alcançados
6.3	Avaliação da performance da equipe de Mnt. Preditiva
6.4	Elaboração do Plano Gestor para ações de melhorias contínuas

**GRATO PELA  
ATENÇÃO**