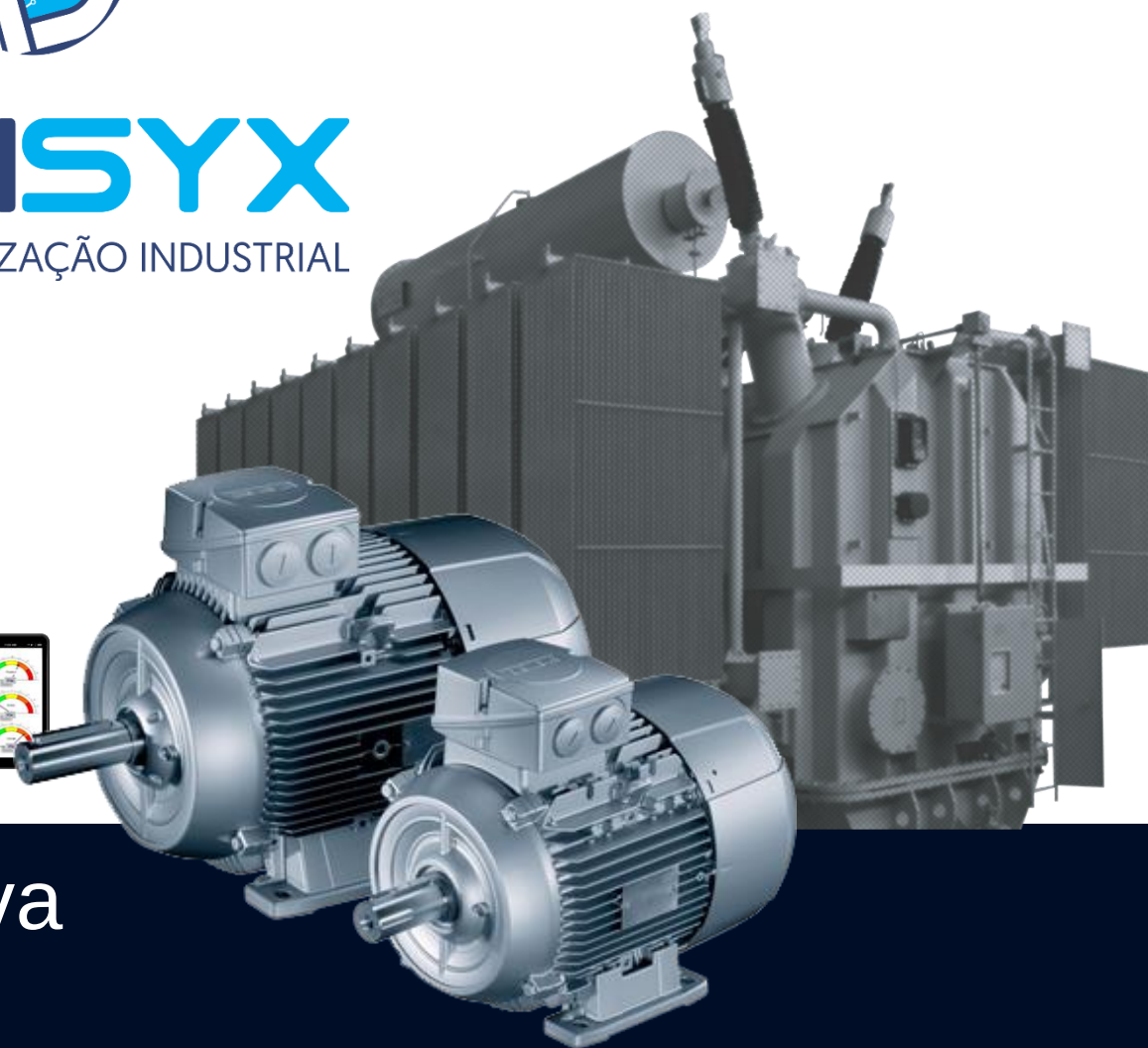
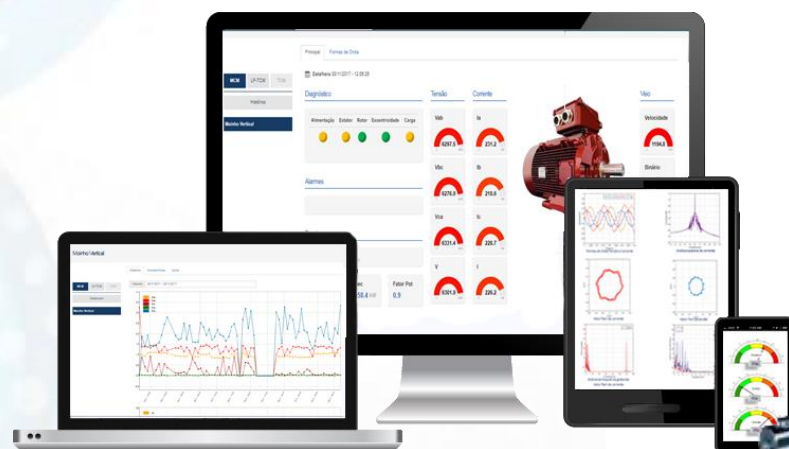


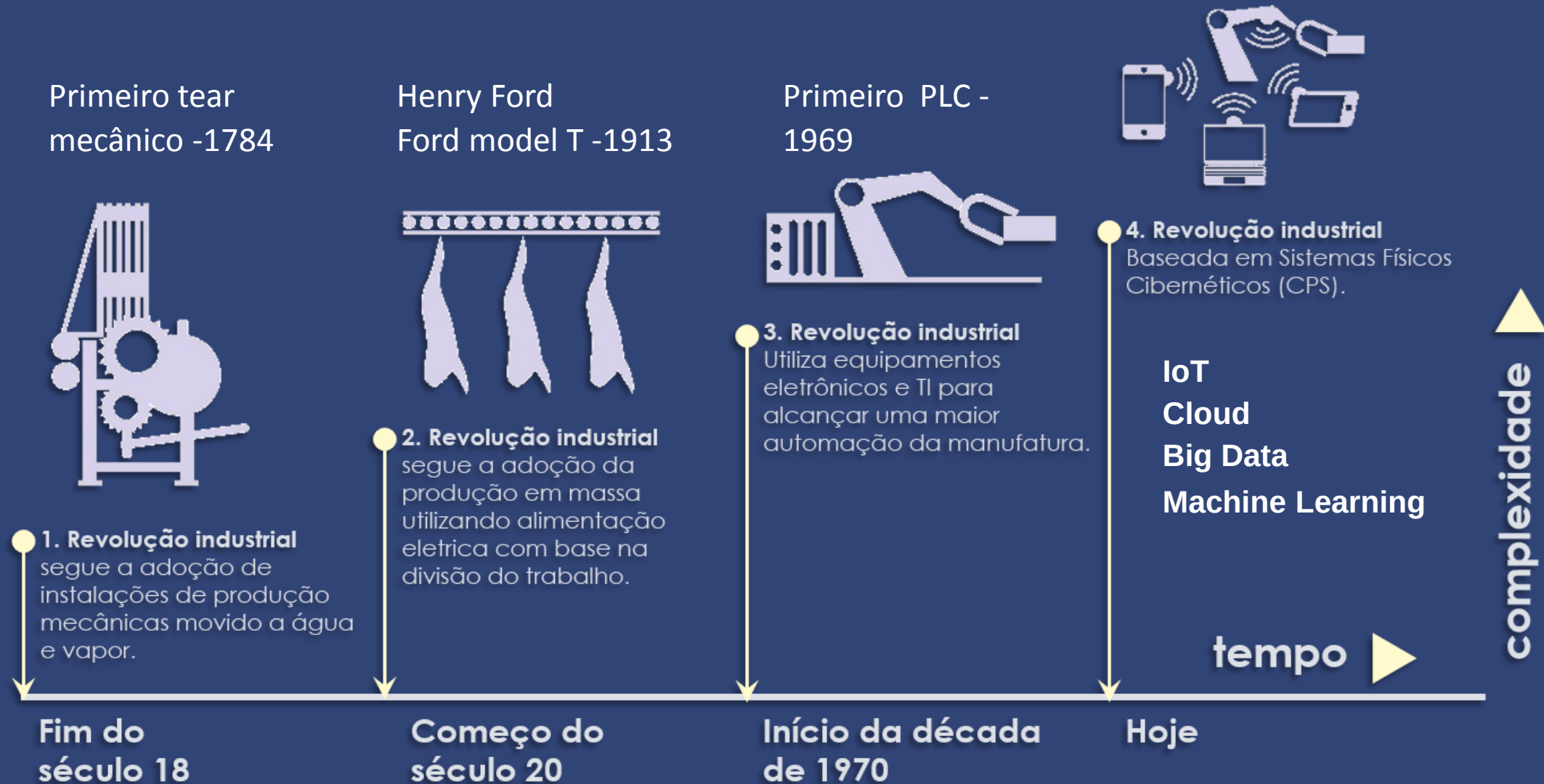


DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL



Indústria 4.0 – Manutenção Preditiva em Motores e Transformadores

Industria 4.0?





- Celular
- Notebook
- Tablet

Fácil acesso
aos dados

Gestão
Inteligente

- Correlação de dados
- Prever
acontecimentos

Comunicação
Máquina-
Máquina

Manutenção
Preditiva

Detetar Avarias
antes de elas
acontecerem

- Os dados analisados
por uma máquina
são enviados e
processados por
outra sem
intermediário





Manutenção
Preditiva



Indústria 4.0: Manutenção preditiva



Manutenção Corretiva

- Manutenção realizada somente após falha
- Planejada: gestores esperam conscientemente a falha para tomar providências



Manutenção Preventiva

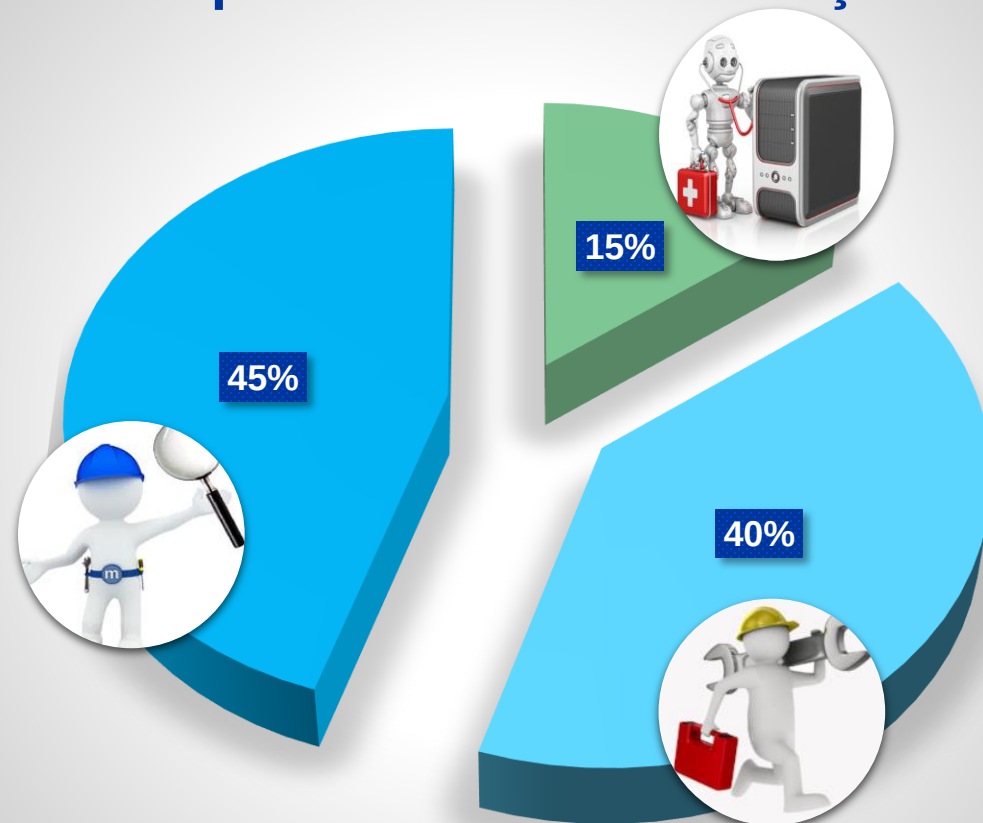
- Evitar que máquinas falhem ou quebrem e prejudiquem o processo industrial
- Estabelecimento de intervalos para reparar necessidades básicas dos equipamentos, como limpeza e lubrificação, por exemplo.



Manutenção Preditiva

- Antecipar às falhas evitando problemas não planejados
- Avaliar as condições de cada equipamento e detectar quando um problema pode ocorrer.

Tempo Gasto em Manutenção



Industria 4.0: Manutenção Preditiva



Vantagens M.Preditiva



Custos
manutenção

- Redução de 25 a 30%

Avarias imprevistas

- Redução de 70 a 75%



Paragens

- Redução de 35 a 45%

Produção

- Aumento de 20 a 25%



Custos de Manutenção em Relação à Corretiva

Corretiva



1000
Reais

Preventiva



500
Reais

Preditiva



280 Reais

Como deveria ser um diagnóstico ideal



- Evitar perda de produção;
- Aumentar o tempo disponível;
- Detectar problemas que ocorrem em plena carga.

**Não Parar!
o Equipamento**



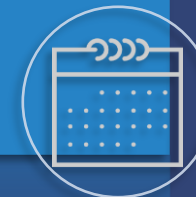
- Sem interferência no processo;
- Sem retirar equipamento do lugar (custos de parada + transporte).

Não invasivo.



- Idealmente, o tempo entre cada diagnóstico por deveria ser semanalmente, ou até mesmo a cada minuto.
- Previsão atempada de um problema.

**Diagnósticos
Muito Frequentes**



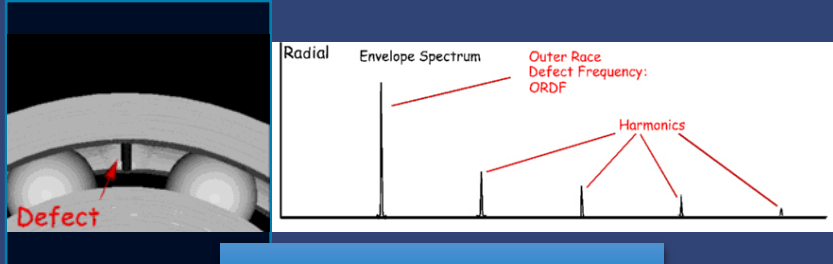
- Valor preciso que identifique a condição do equipamento desde ótimo estado até condição crítica.
- Cálculo da evolução da condição do equipamento entre cada amostra.

**Avaliação
numérica precisa
da condição.**

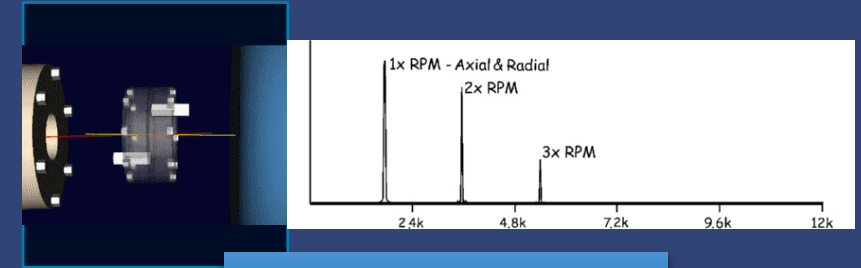


Problemas Mecânicos em Motores

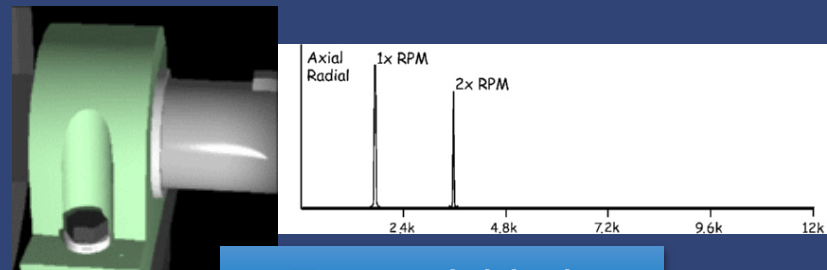
Análise de Vibração no domínio da Frequência



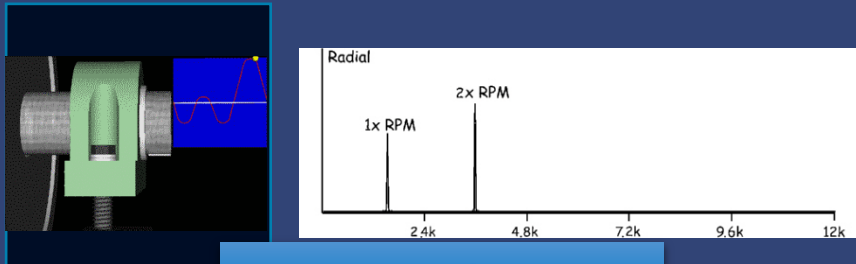
Rolamentos



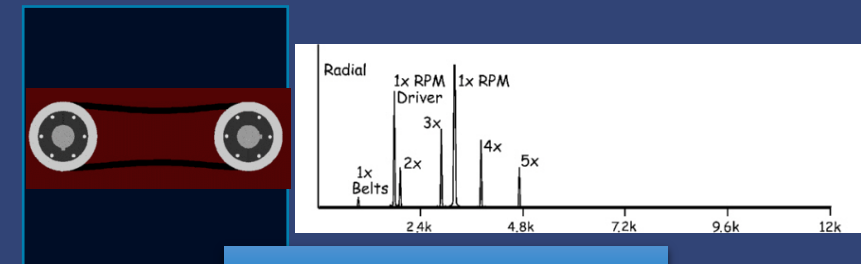
Desalinhamento



Excentricidade

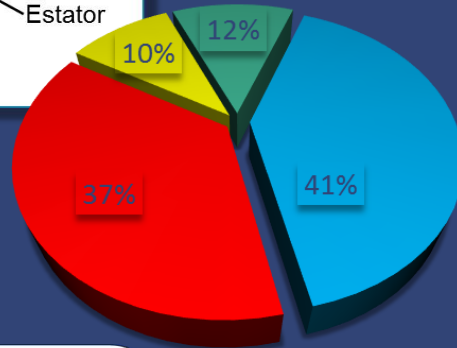
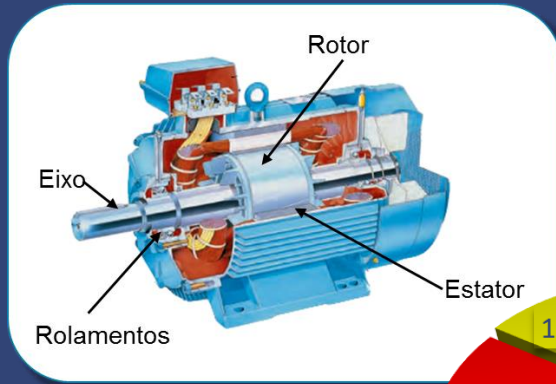


Apoios Soltos



Polias e Correias

Problemas em Motores e transformadores & Diagnósticos Atuais



■ Rolamentos
■ Estator
■ Rotor
■ Outros

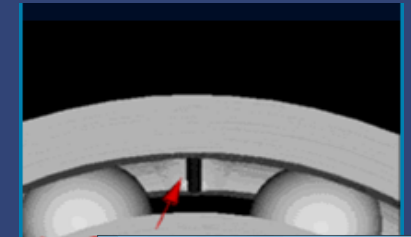
Problemas elétricos



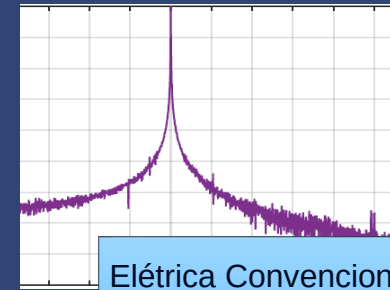
Acústica



Temperatura



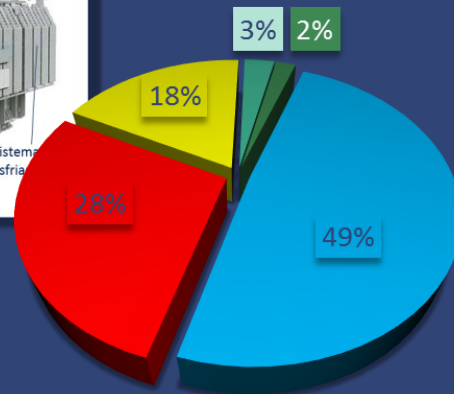
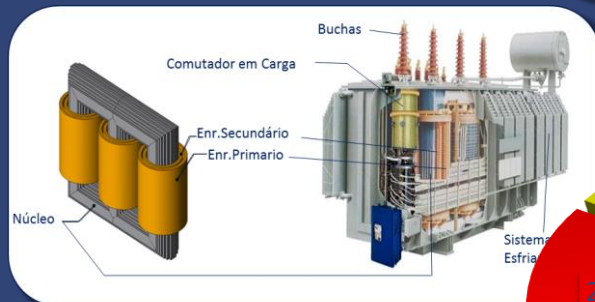
Vibração



Elétrica Convencional



Óleo Isolante

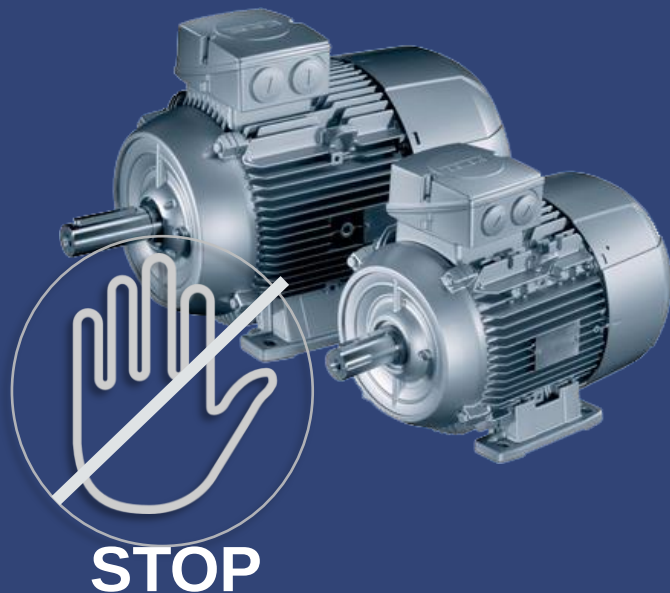


■ Enrolamentos e Conectores(Leads)
■ Cumutadores de Carga
■ Buchas
■ Nucleo



Apenas detetam problemas elétricos num estágio muito avançado

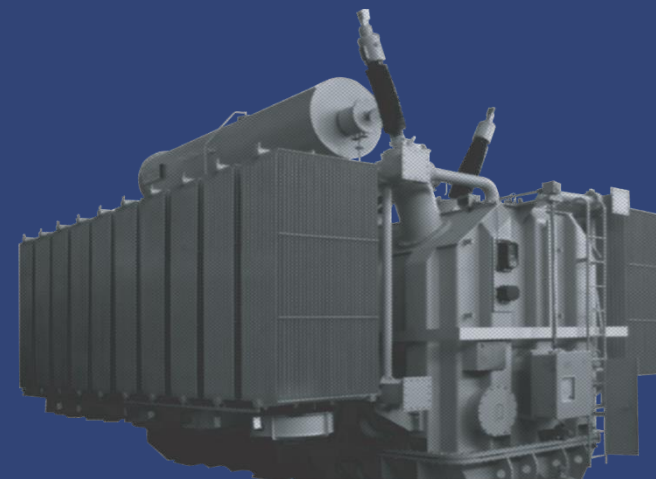
Como antecipar as falhas, Hoje? Preventiva!



Parar o motor e realizar testes diretamente:

- Índice envelhecimento
- Índice de absorção
- Índice de polarização
- etc

Testes muito Precisos –Precisam do motor parado

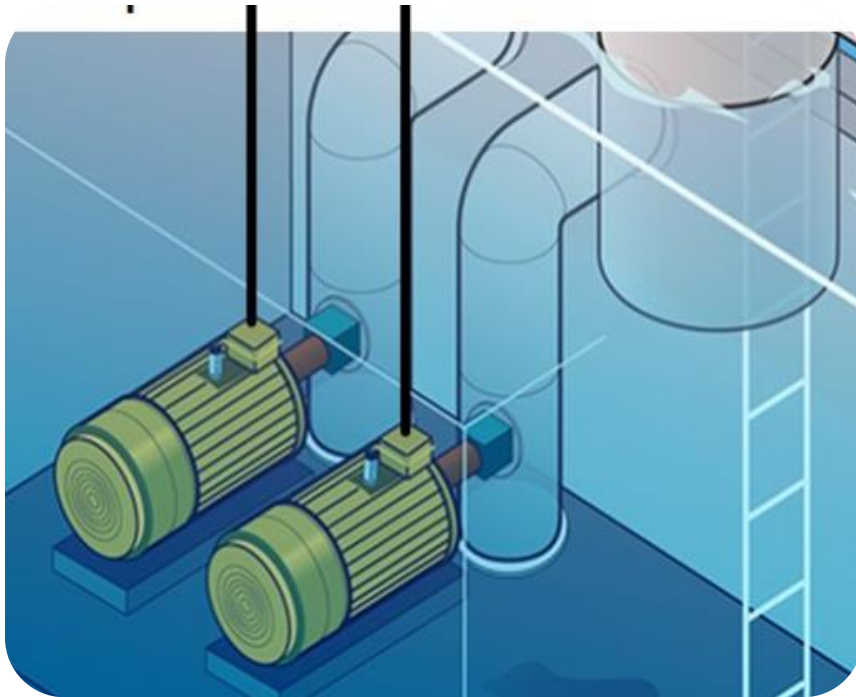


Realizando troca de peças por tempo de uso definidas pelo fabricante.

Análise do óleo se não for transformador seco

É muito comum usar redundância

Como Fazer quando os motores não estão acessíveis?



Exemplo: Bombas Submersas

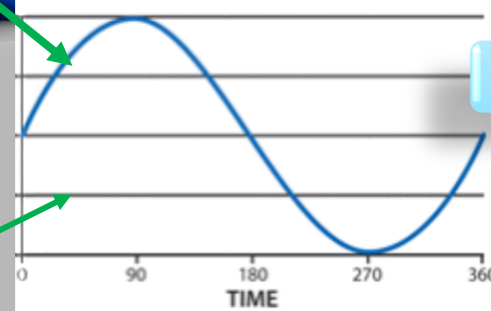
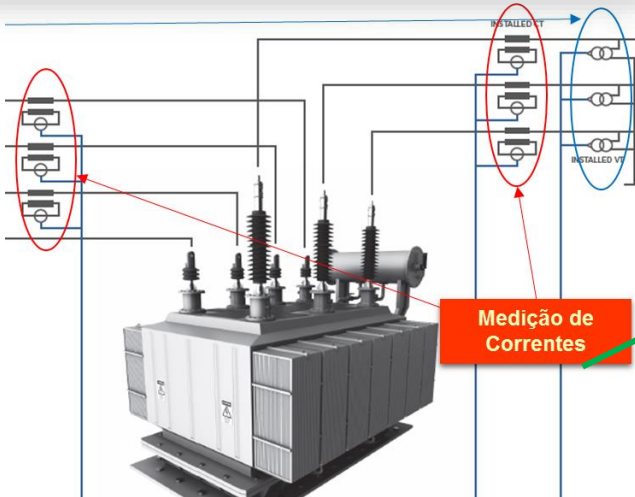
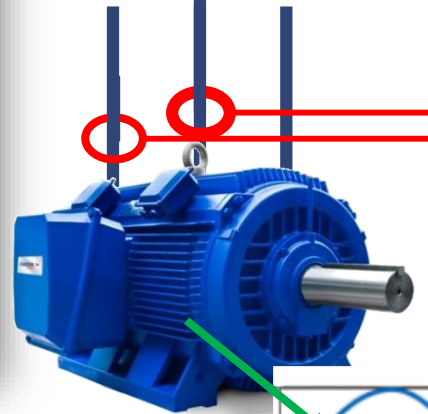


Análise Elétrica – Convencional

Só analisa uma fase por vez!!!



Medição das
Correntes



Uma Fase de Corrente

Algoritmo
FFT



Análise Espectral da Corrente

E Agora?

Só posso ter soluções para
Problemas Mecânicos em
Motores?

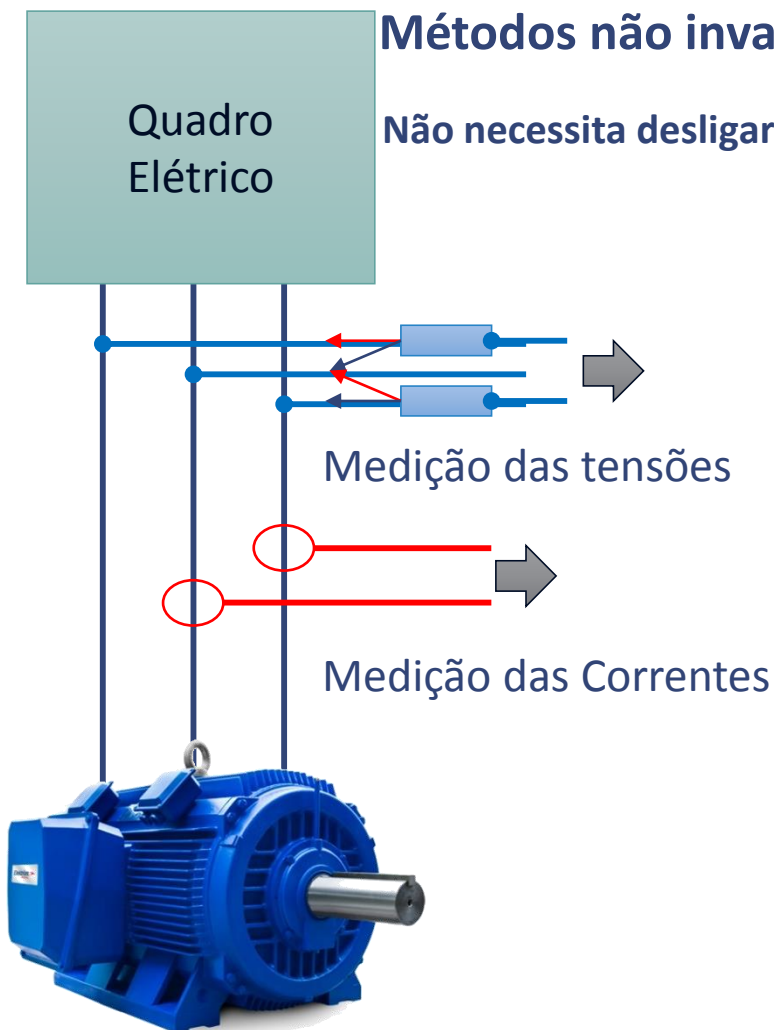
E quanto aos
transformadores secos?



Medindo apenas correntes

Métodos não invasivos

Não necessita desligar a carga!



Calculamos um Valor correspondente à condição de cada um dos componentes abaixo

Rotor



Estator



Excentricidade



Problemas de carga



Alimentação



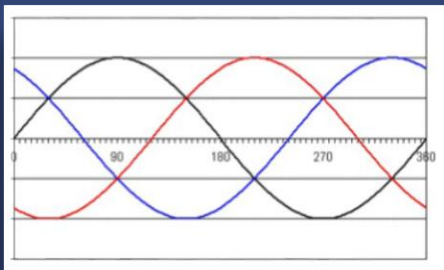


DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

Nossa Técnica –

validado e comprovado por anos de estudos e publicações no IEEE

Técnica de vetores de coordenadas espaciais;
Aplicados às Correntes e Tensões de Motores e Transformadores



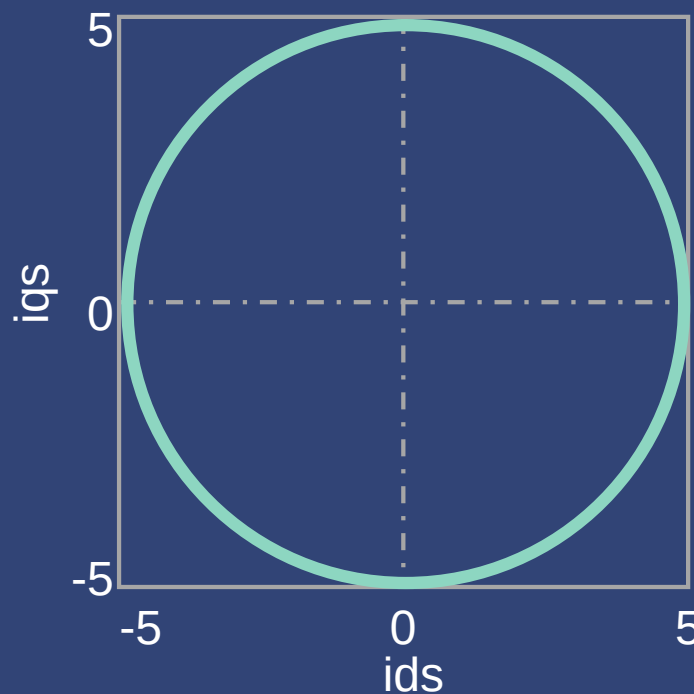
Leva em conta às 3 fases correlacionando-as!!

Permite representar uma máquina a fase do motor onde ocorreu a avaria.

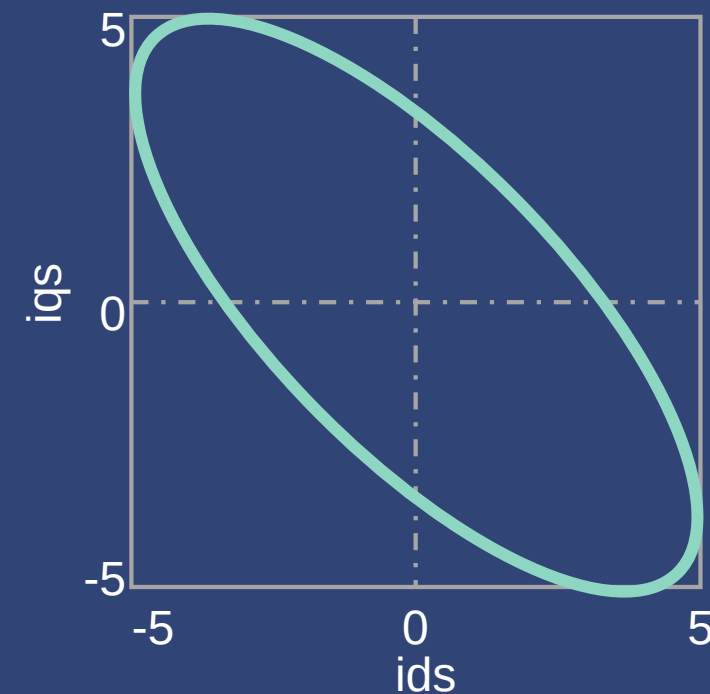
No caso de quebra de barras magnéticas no espaço do entreferro do tipo sinusoidal), rotóricas, surgem componentes com frequências através de um sistema bifásico equivalente, representado em i_d e i_q que não são representadas no plano definido por por um sistema de eixos ortogonais (ângulos elétricos).

O que nos obrigou a evoluir a técnica para análise espectral

Equipamento Perfeito

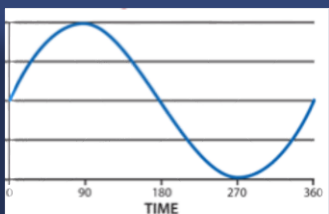


Equipamento com Avaria



Transformada do vetor da correlação

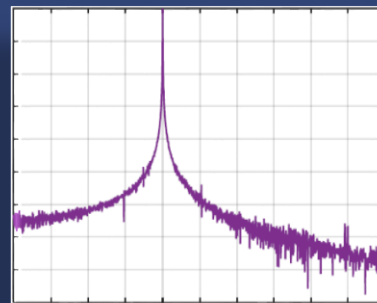
Análise Espectral da Corrente Convencional



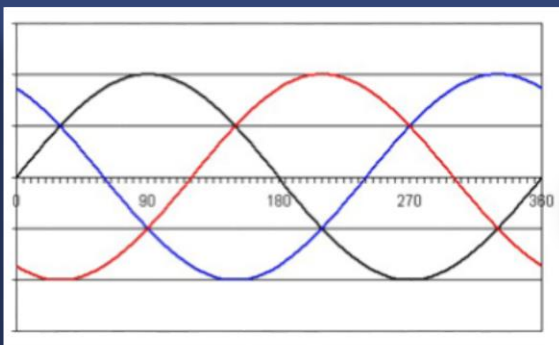
Uma corrente de alimentação



Algoritmo
FFT



Nossa Técnica



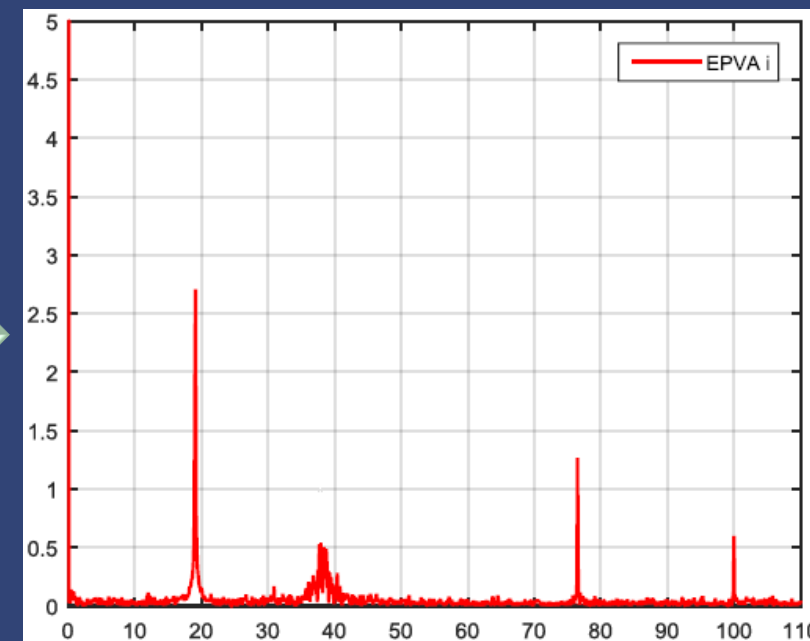
Três correntes de alimentação



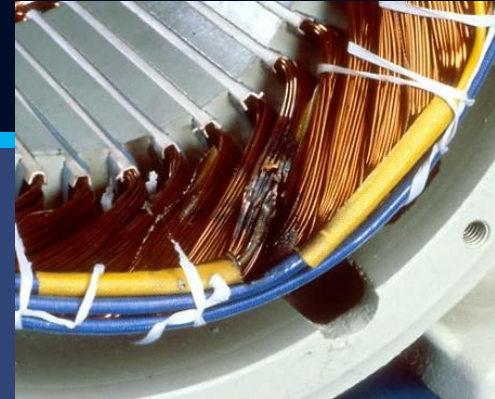
Transformada
da
correlação



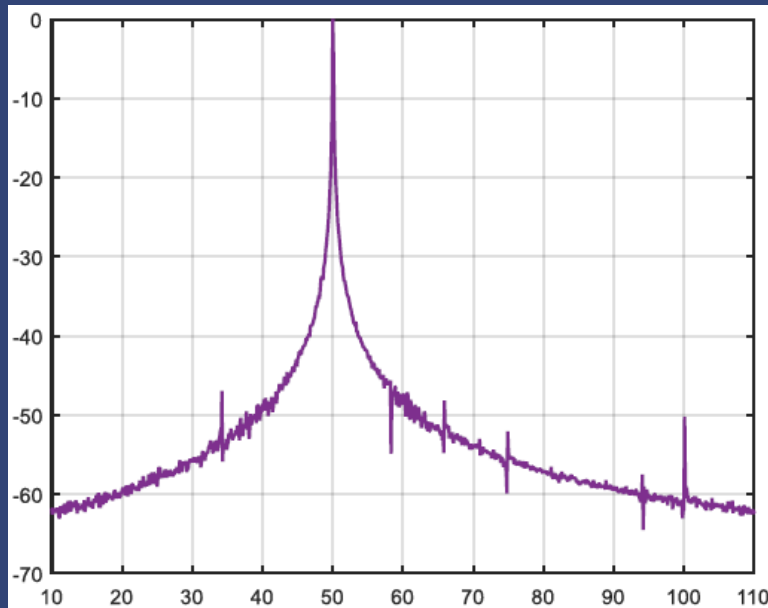
Algoritmo
FFT



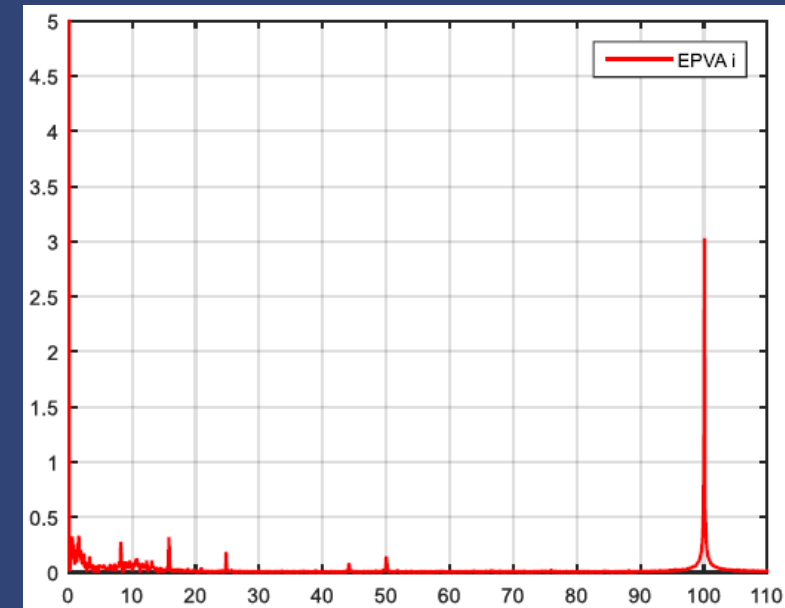
Problemas Estator



2ª ordem da
frequencia do motor

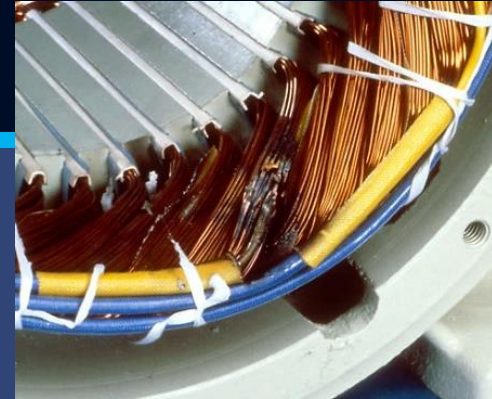


Tecnica Comum



Nossa técnica

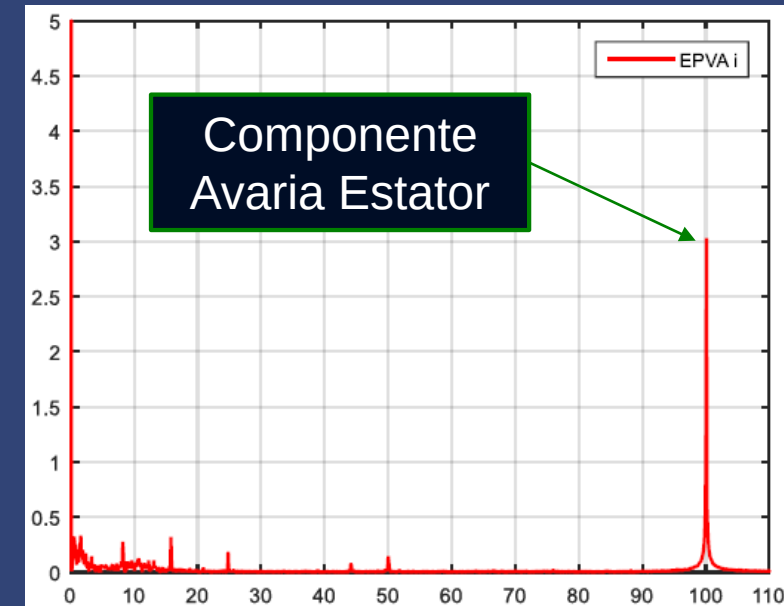
Problemas Estator



2ª ordem da
frequencia do motor

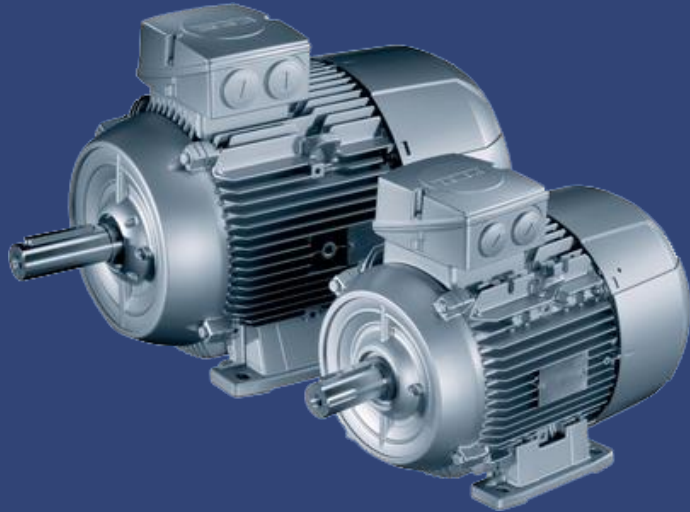


Tecnica Comum



Nossa técnica

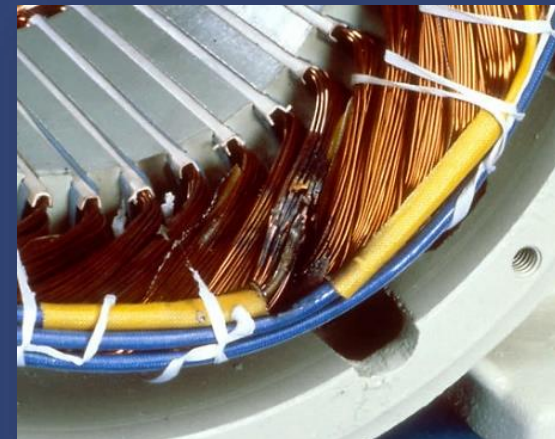
Problema Estator



Verificar pontos de mau contato elétrico/alta resistividade
no lado do quadro elétrico como na caixa de terminais no motor

- Apertos;
- estado dos terminais;
- maus contactos;
- malhas de terra dos cabos;
- etc..

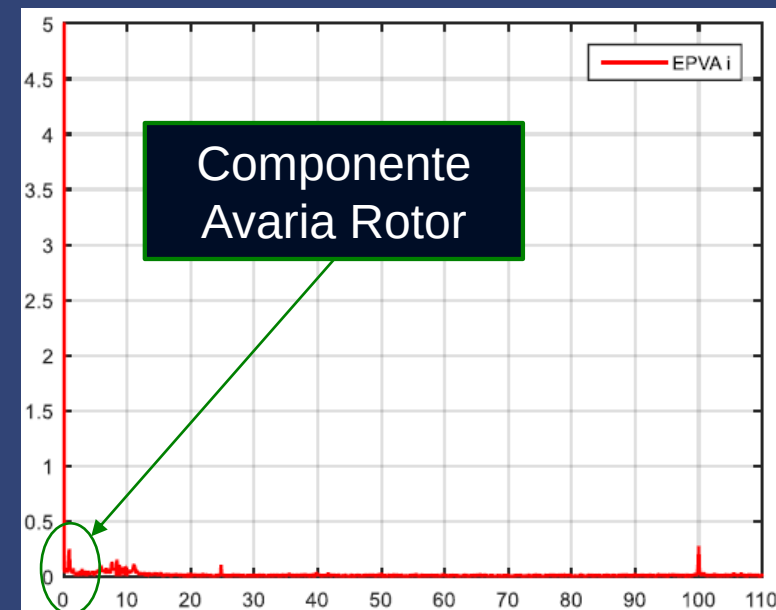
- Possível problema de curto-circuito nas bobinas do estator ou no núcleo ferromagnético



Problemas de Rotor

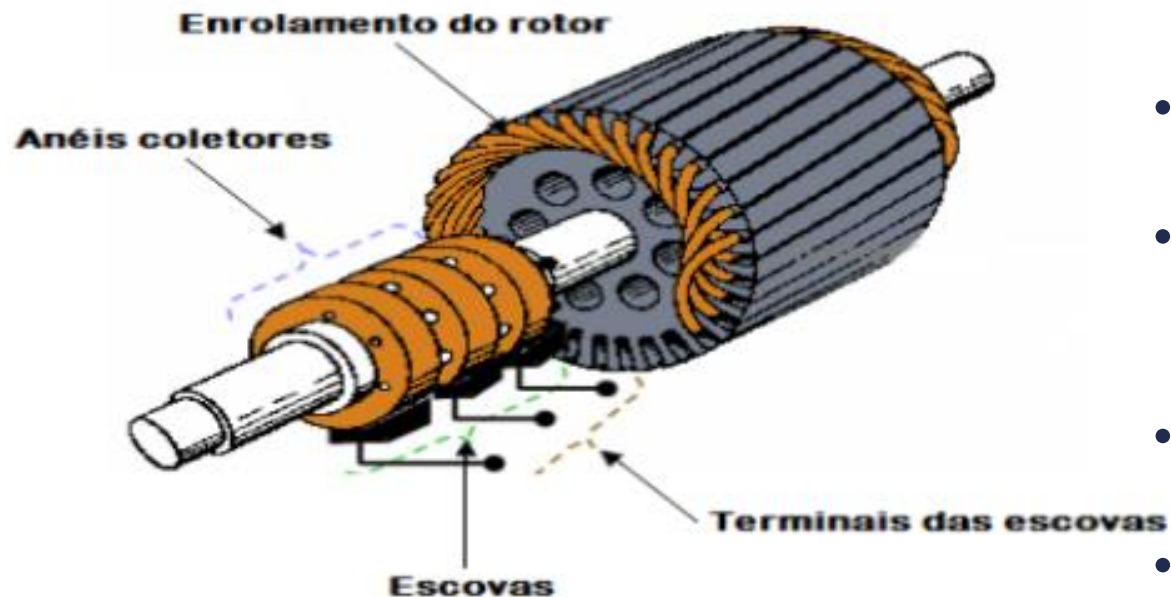


Técnica comum



Nossa técnica

Rotor Bobinado



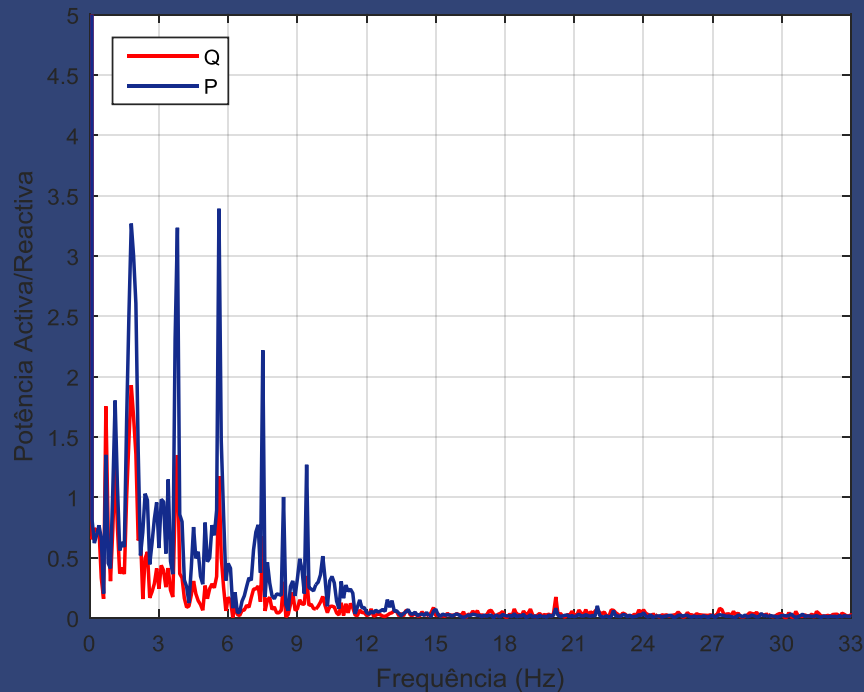
- Verificar o estado e tensão das escovas
- Avaliar a condição dos anéis coletores do rotor
- Pontos de mau contato elétrico desde as escovas até ao arrancador de resistências
- Problemas no contator de curto-circuito do rotor
- Problemas na bobinagem ou núcleo do rotor

Rotor Gaiola



- Porosidade da gaiola
- Barras quebradas

Problemas de Rotor

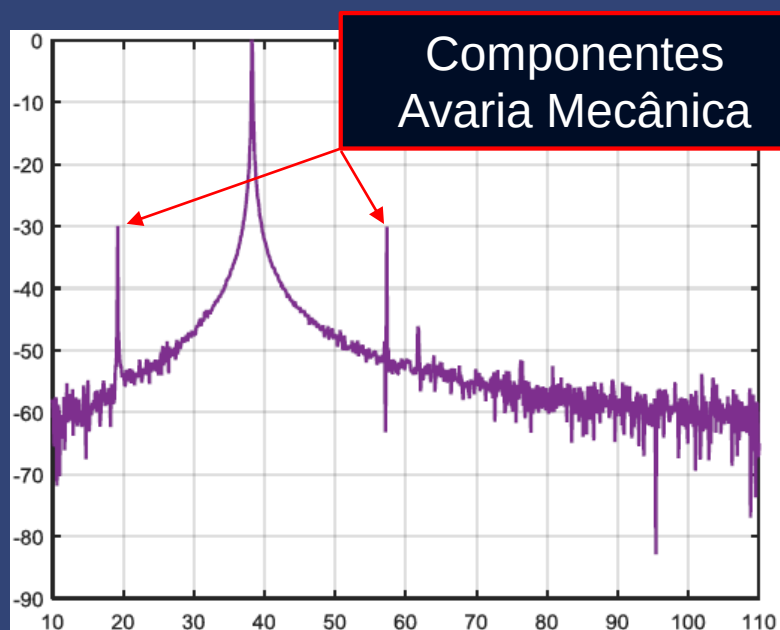
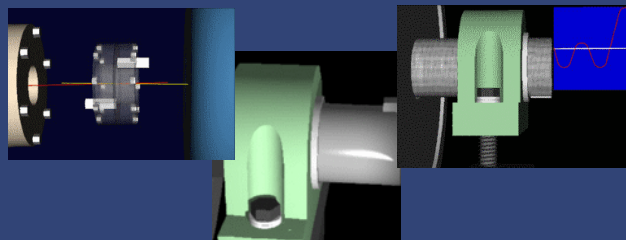


Análise de baixa frequência das potências instantâneas do motor

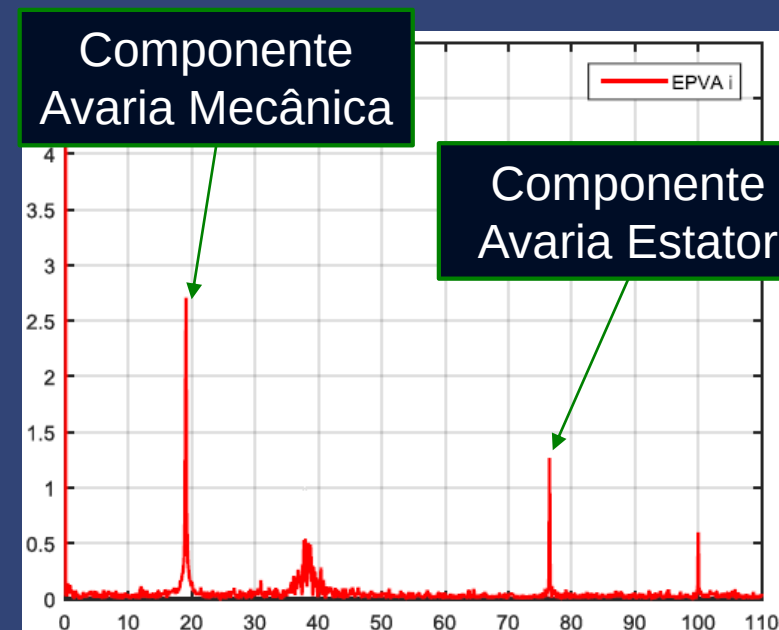
- A existência de picos nas baixas frequências são indícios de problemas com a carga ou com o rotor;
- Para distinguir analisamos vetor park da potência:
 - P - potência ativa
 - Q - potência reativa
- Se os picos de P são superiores aos de Q então é problema da carga;
- Se os Picos de Q são superiores aos de P então problemas de rotor.

Problemas Mecânicos

Avarias **Mecânicas**

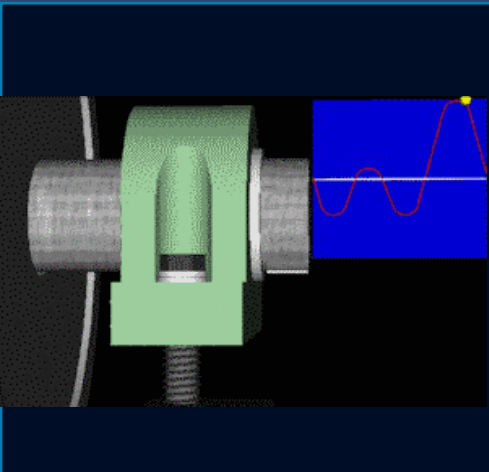
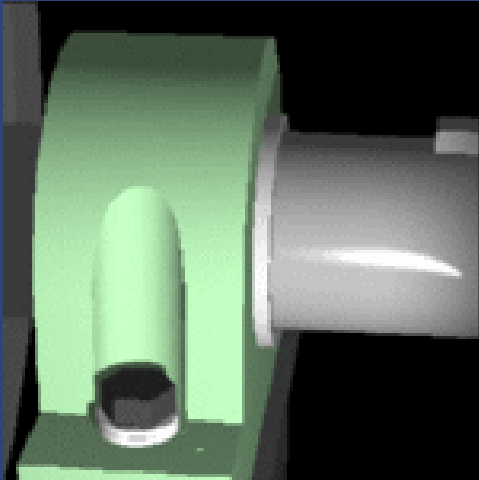


Técnica Comum



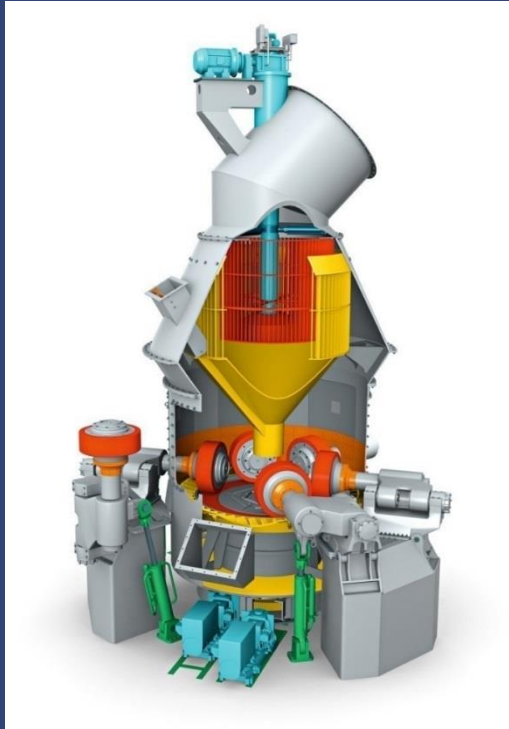
Nossa Técnica

Excentricidade

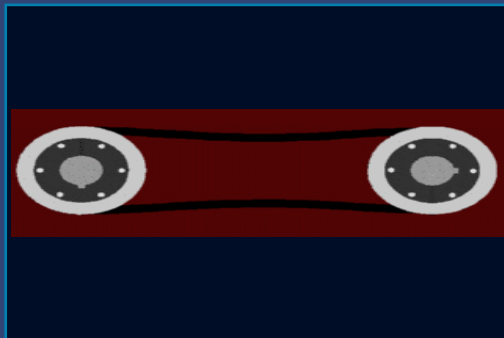


- Verificar o alinhamento do eixo com a carga
- Verificar se o motor e a carga (bomba, ventilador, etc...) estão bem fixos à base
- Verificar se não existem eixos ou acoplamentos mecânicos danificados
- Verificar o estado dos rolamentos (podem estar ligeiramente torcidos)

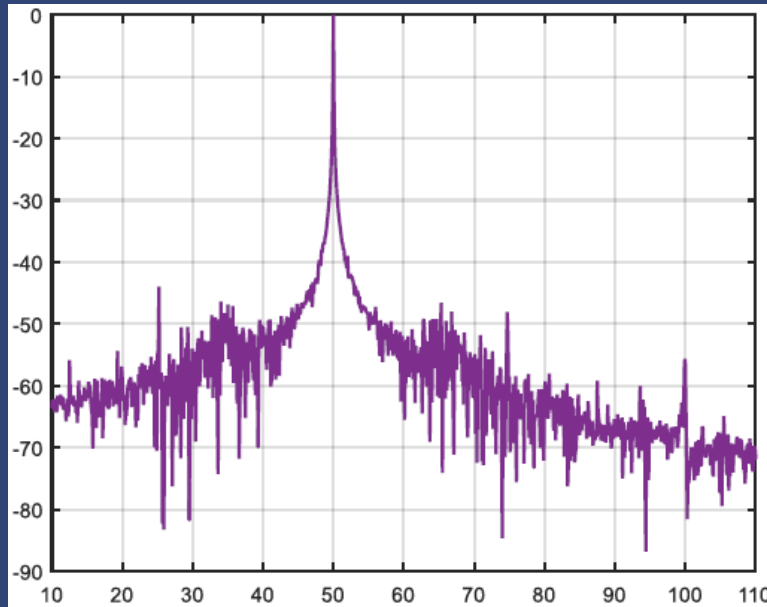
Carga



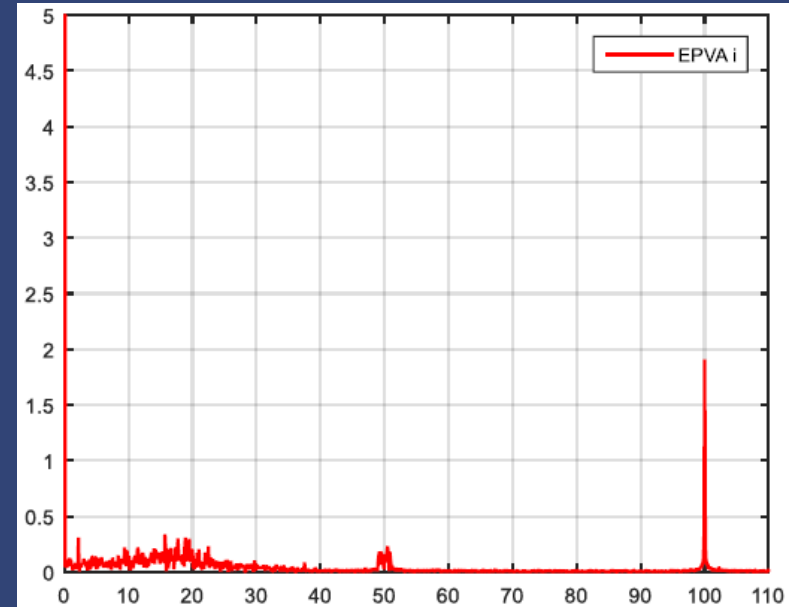
- Avaliar se a variação de carga pode ser natural do processo/aplicação
- Se existir sistema de polias, verificar a tensão/estado das correias e excentricidade das polias
- Avaliar desbalanceamento mecânico da carga
- Verificar se a bomba, ventilador, etc... está em bom estado



Múltiplos problemas

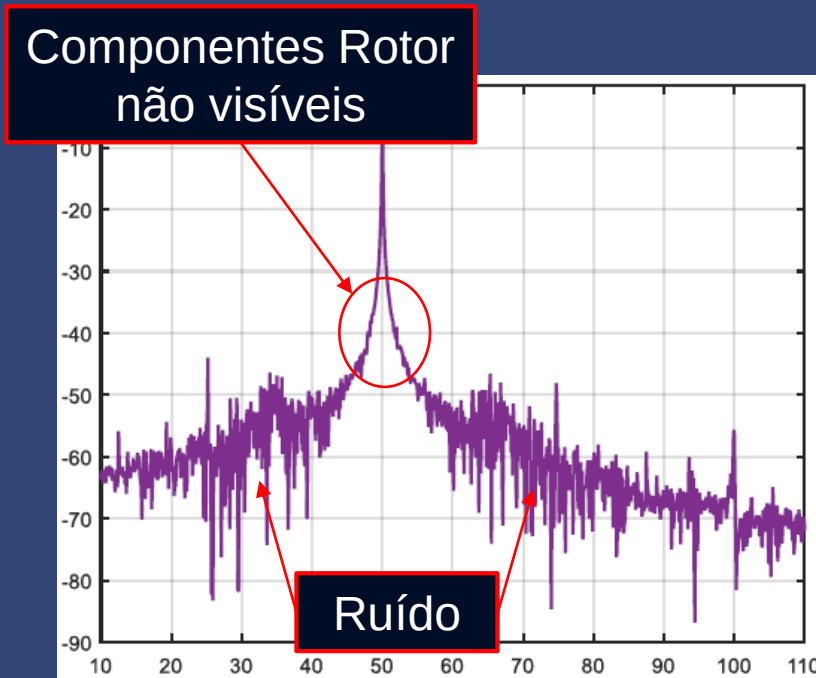


Técnica Comum

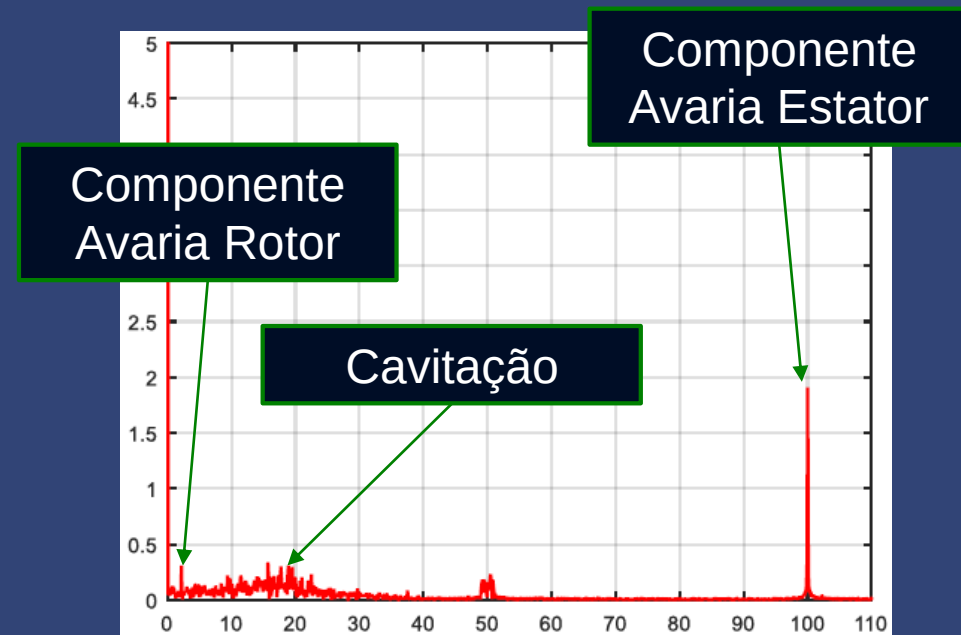


Nossa Técnica

Múltiplos problemas



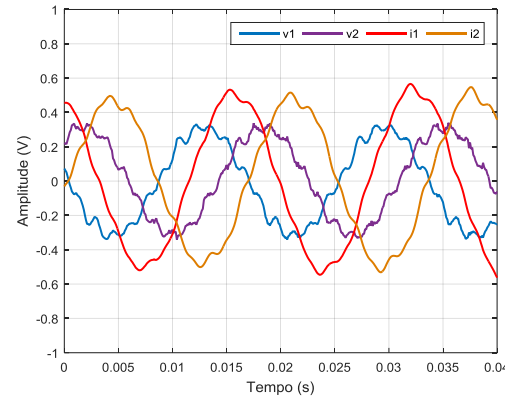
Técnica Comum



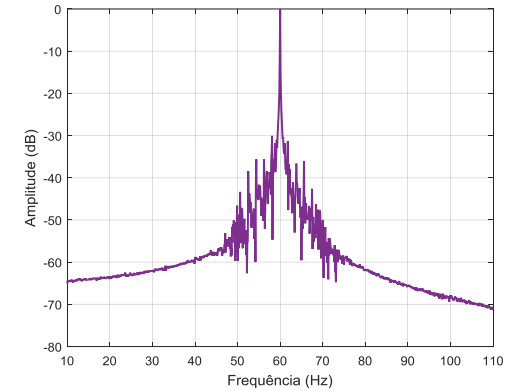
Nossa Técnica

A tecnologia é baseada nos Vetores de Park.

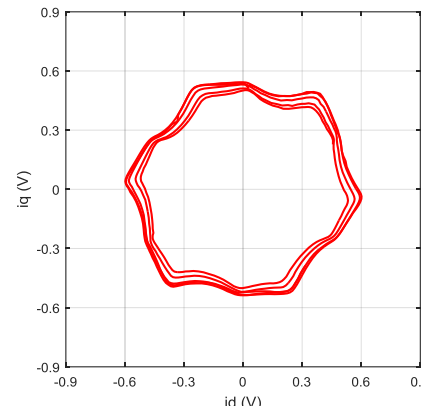
A partir de uma coleta de 2 a 5 minutos são medidos e criados vários tipos de gráficos, os convencionais e próprios de nossa tecnologia.



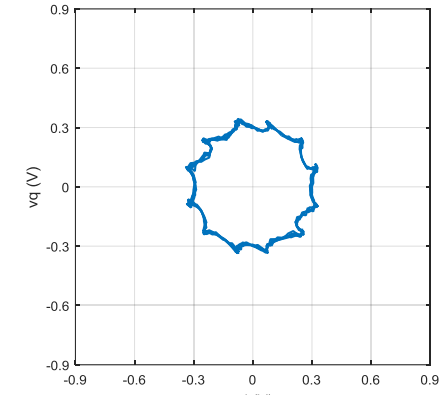
Formas de Onda Tensão e Corrente



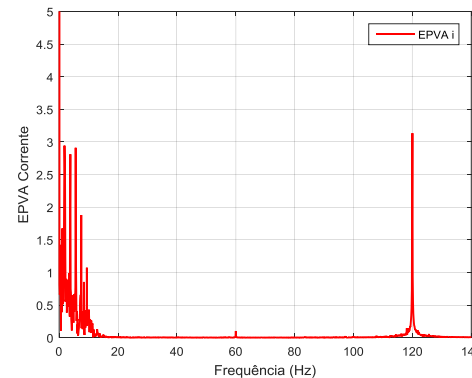
Análise espectral da corrente



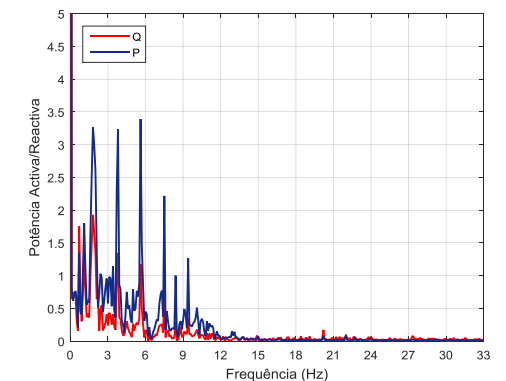
Vetor Park da corrente



Vetor Park da tensão



Análise de frequência global do Vetor Park da corrente



Análise de baixa frequência das potências instantâneas do motor

- Distorção harmónica da tensão:
 - Instalar filtros
 - Se houver inversores ligados no barramento, separar para usar um transformador dedicado para os motores com inversor
- Problemas nas tensões do inversor:
 - Problemas nos transístores e eletrónica de potencia
 - Sincronismo dos sinais de controlo do inversor
 - Contactar fabricante para eventual substituição de alguns módulos de potência



DENSIX

SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

Indústria 4.0

ENGINE
MAKE SOLUTIONS

Avárias detectadas- Online

Avárias Elétricas

Avárias Mecânicas

Alimentação

- Desbalanceamento da tensão;
- Distorção harmônica.

$$0.0 < \text{FSa} < 2.0$$

Estator

- Desbalanceamento da corrente devido problemas na bobinagem.

$$0.0 < \text{FSe} < 2.0$$

Rotor

- Rotor Bobinado: Desbalanceamento da corrente devido problemas no circuito do rotor;
- Rotor Gaiola: Barras quebradas.

$$0.0 < \text{FSr} < 2.0$$

Excentricidade

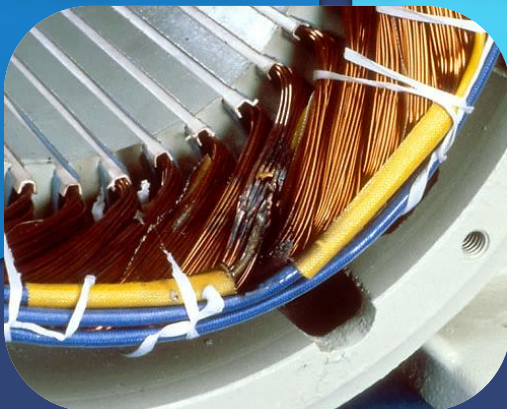
- Desalinhamento do motor com a carga;
- Desbalanceamento do rotor;
- Problema de fixação do motor .

$$0.0 < \text{FSx} < 2.0$$

Carga

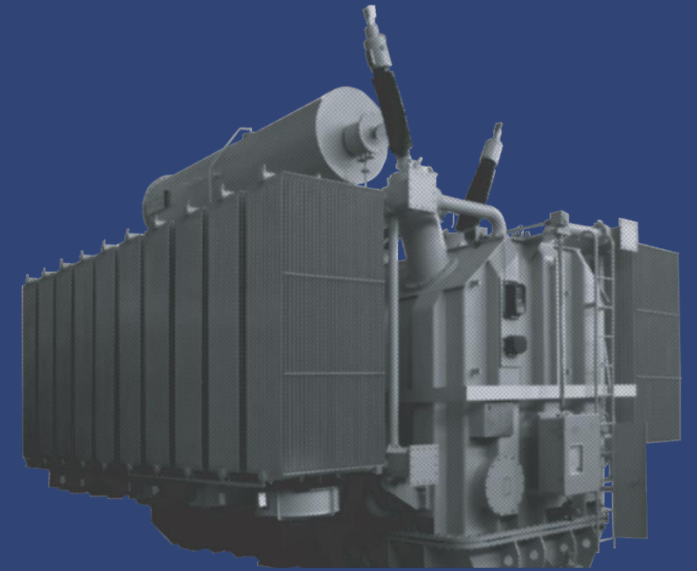
- Nível de variação de carga elevado;
- Problemas em sistemas de correias/polias.

$$0.0 < \text{FScar} < 2.0$$



FS – Fator de Severidade

Avárias detectadas Online

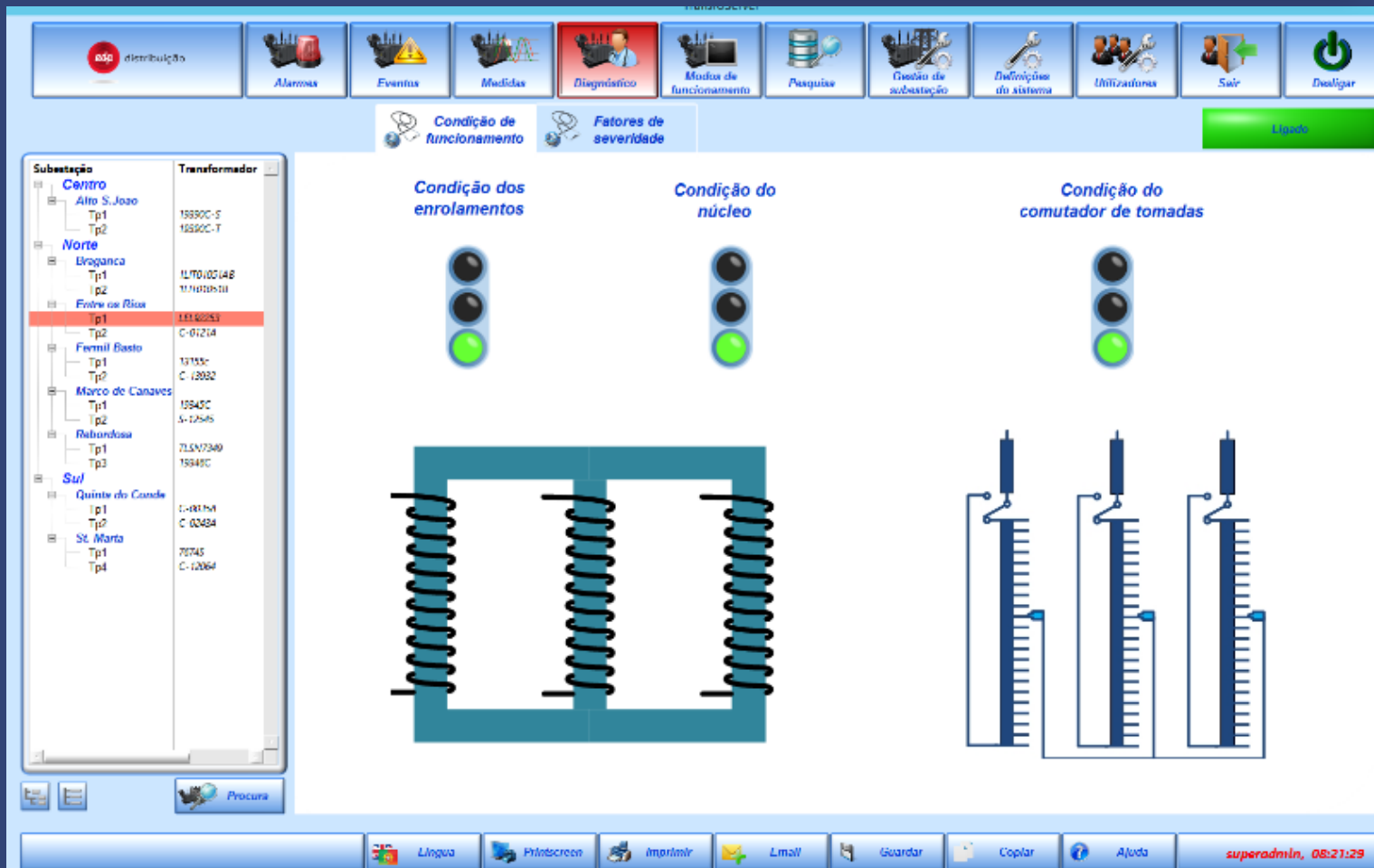


INOVADOR

Núcleo de cada Fase

Enrolamentos de cada fase

Comutador de tomadas



MCM– Online TCM

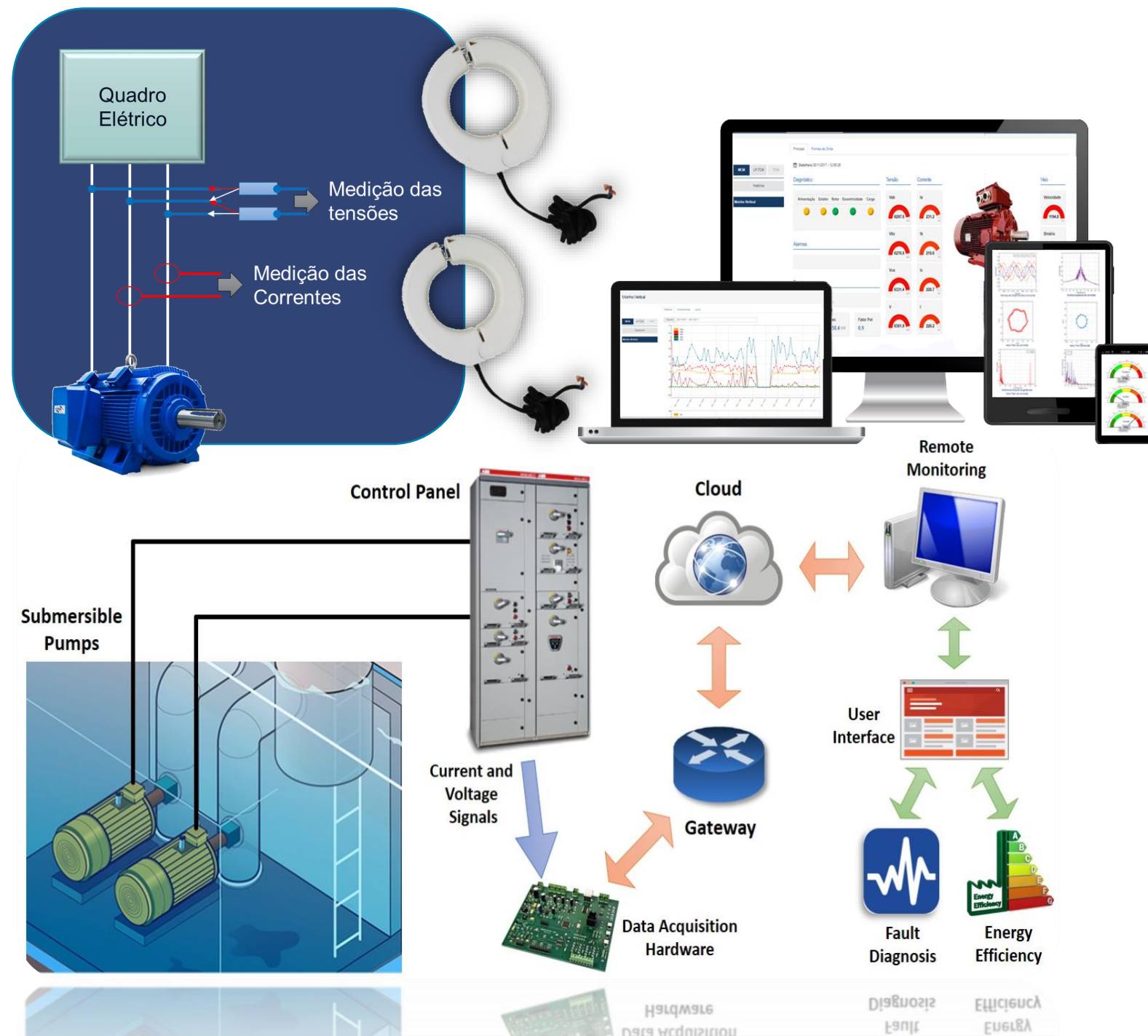
Solução de monitoramento
contínuo

Hardware:

Caixa de comando, módulos +
sensores. Pack por equipamento.

Software:

1 Licença por cada 10
equipamentos



Alarmes, eventos e semáforos

Os motores têm diferentes aplicações dentro da mesma indústria e de indústria para indústria.

A cada nova aplicação, necessitamos de estudar quais os valores de Fatores de Severidade (FS) que são:

Críticos;

Alerta;

Aceitáveis.



Diagnóstico

Alimentação	Estator	Rotor	Excentricidade	Carga
-------------	---------	-------	----------------	-------



Alarmes

São notificações automáticas pre programadas.

Quando as condições do alarme forem cumpridas o alarme é ativado.

Quando o alarme é ativado, é registrado no sistema o dia a hora e qual o alarme.

É apresentado no painel principal ;

É Enviado email aos contactos seleccionados para receber esse alarme



MCM	LP-TCM	TCM	Histórico	Relatório	Estatísticas	Eventos	Alarmes	Características	Ajuda
Este equipamento									
Painel de controlo									
Histórico									
Nome	Mensagem	Data e hora	Verificado por						
Rotor	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do rotor do motor.	21/04/2019 - 17:55:48	[Verificar]						
Varição de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:55:46	[Verificar]						
Varição de Carga	O motor está a operar com variação de carga muito acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:10:45	[Verificar]						



Equipamento	Alarme	Mensagem	Data e hora	Verificado por
F03	 Rotor	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do rotor do motor.	21/04/2019 - 17:55:48	 Verificar
	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:55:46	 Verificar
	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga muito acima dos valores normais.	21/04/2019 - 10:10:45	 Verificar
	 Rotor	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do rotor do motor.	21/04/2019 - 01:25:13	 Verificar
	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	20/04/2019 - 21:25:56	 Verificar
	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga muito acima dos valores normais.	20/04/2019 - 13:55:51	 Verificar
	 Variação de Carga	O motor está a operar com variação de carga um pouco acima dos valores normais.	20/04/2019 - 13:55:09	 Verificar
	 Estator	Existe uma possível avaria em desenvolvimento no circuito do estator do motor.	20/04/2019 - 11:25:53	 Verificar

MCM

LP-TCM

TCM

Histórico

Relatório

Estatísticas

Alarmes

Características

Ajuda

Este equipamento

Painel de controlo

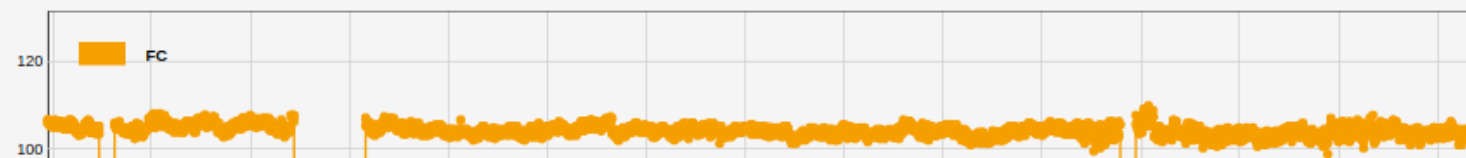
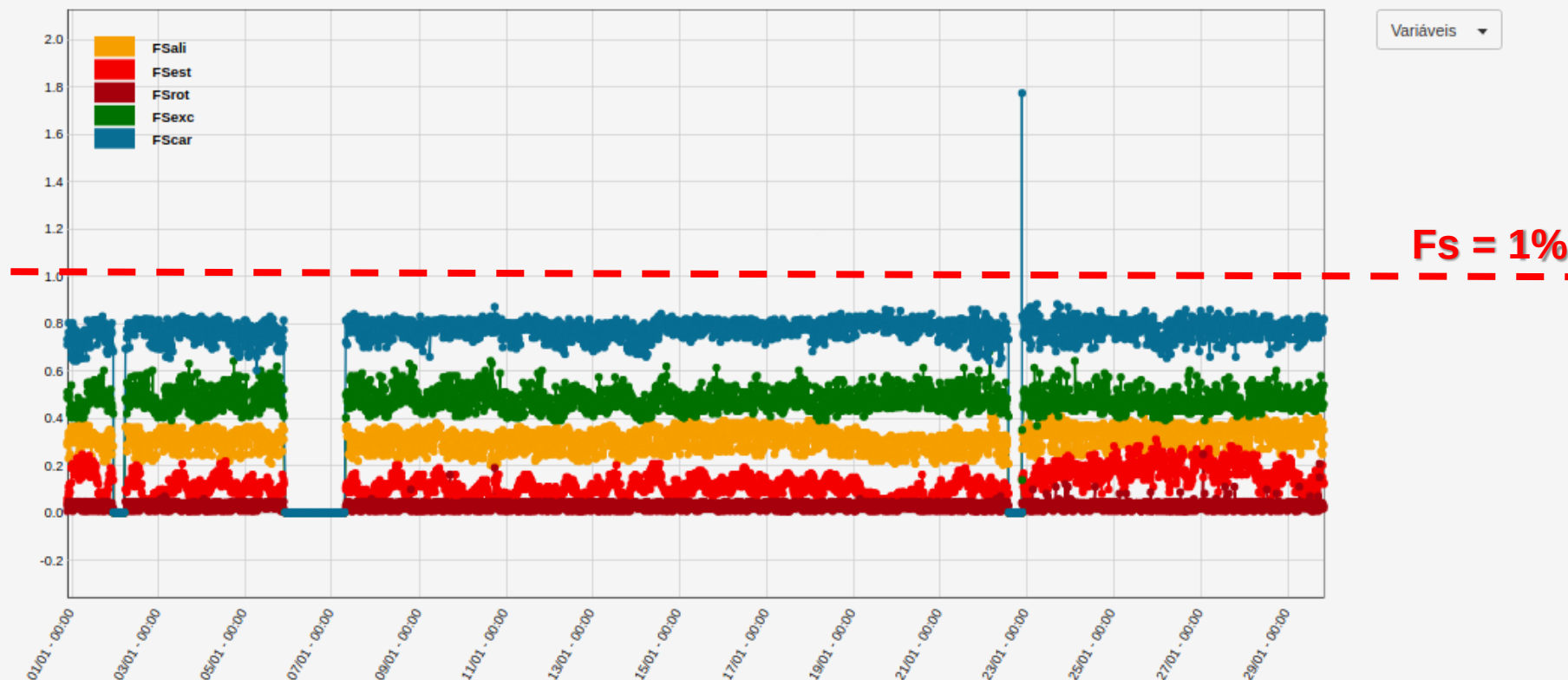
Histórico

Lista de equipamentos

Bomba de Vácuo VSA2

Intervalo 01/01/2019 - 31/01/2019

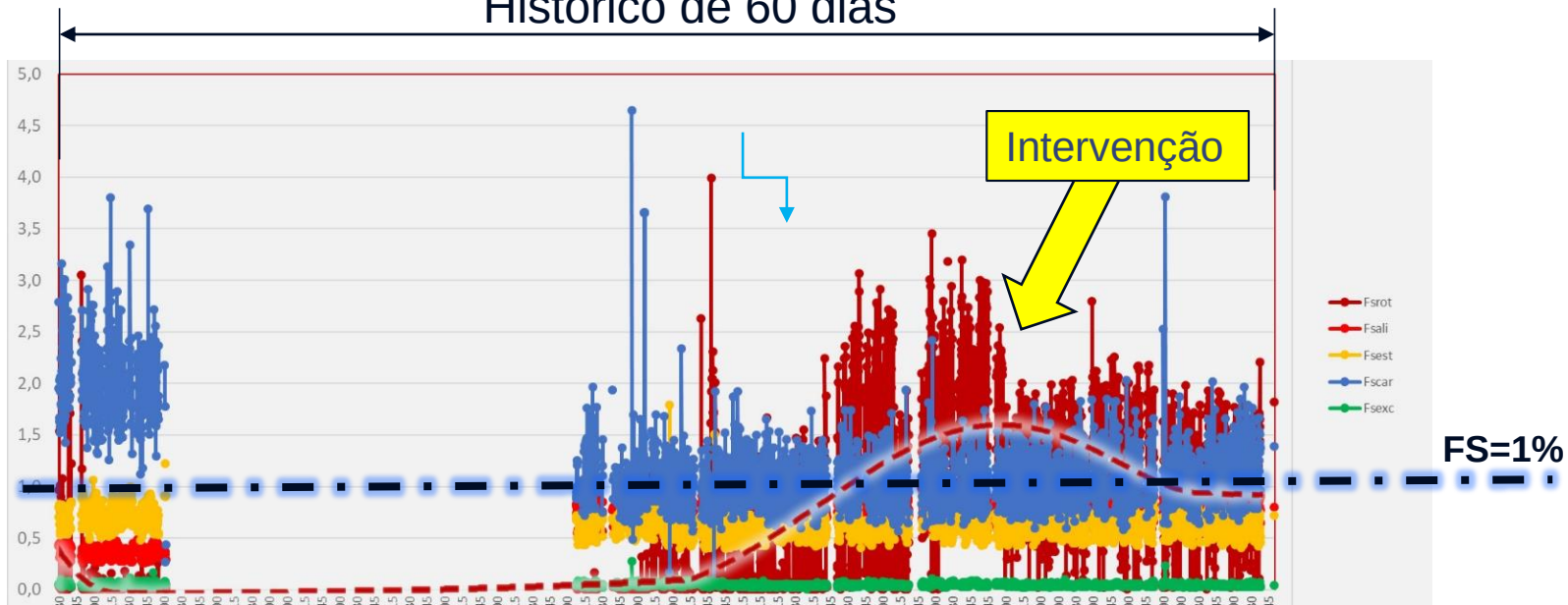
CSV



Variáveis

Variáveis

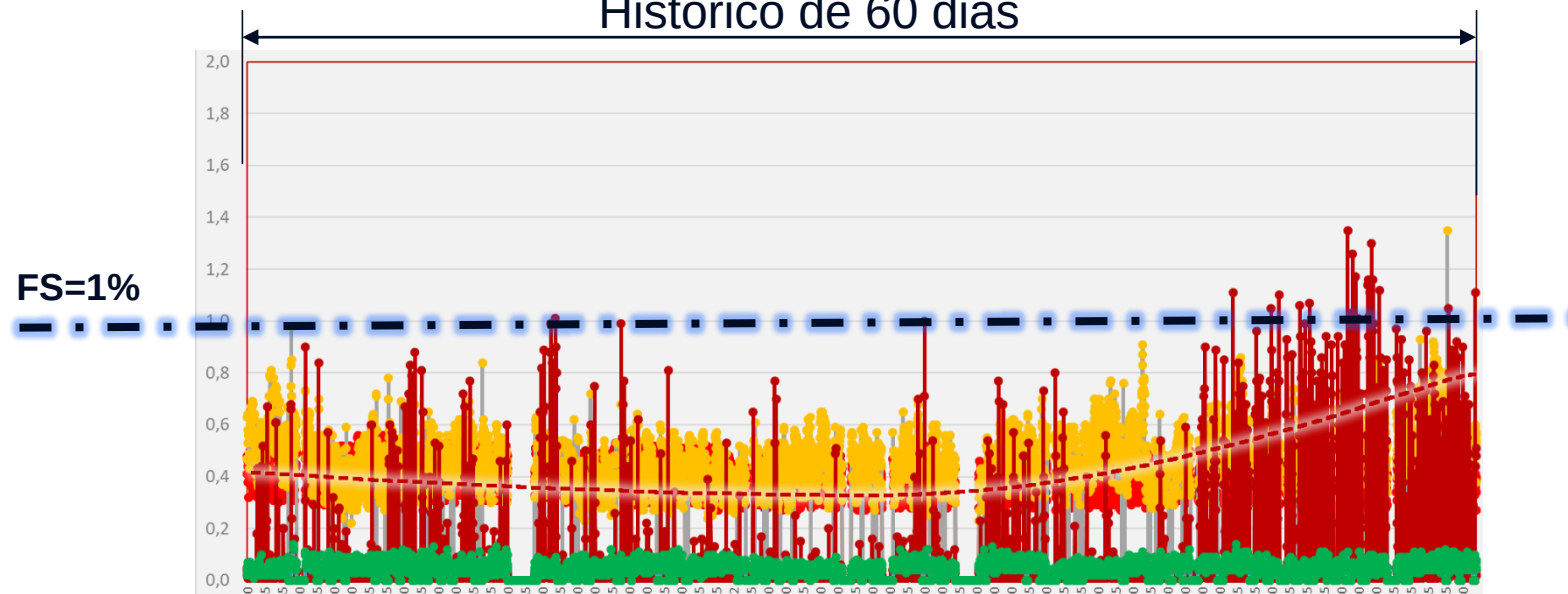
Histórico de 60 dias



Fábrica A – Moinho Vertical



Histórico de 60 dias



Fábrica B – Moinho Vertical

Vantagens

Não precisa de parar o motor

Apenas medindo grandezas elétricas

Faz o diagnóstico a cada 15 minutos

Apresenta para cada item um valor de 0.0 à 2.0%

- Evitar perda de produção;
- Aumentar o tempo disponível;
- Detectar problemas que ocorrem em plena carga.

**Não Parar!
o Equipamento**



- Sem interferência no processo;
- Sem retirar equipamento do lugar (custos de parada + transporte).

Não invasivo.



- Idealmente, o tempo entre cada diagnóstico por deveria ser semanalmente, ou até mesmo a cada minuto.
- Previsão atempada de um problema.

**Diagnósticos
Muito Frequentes**

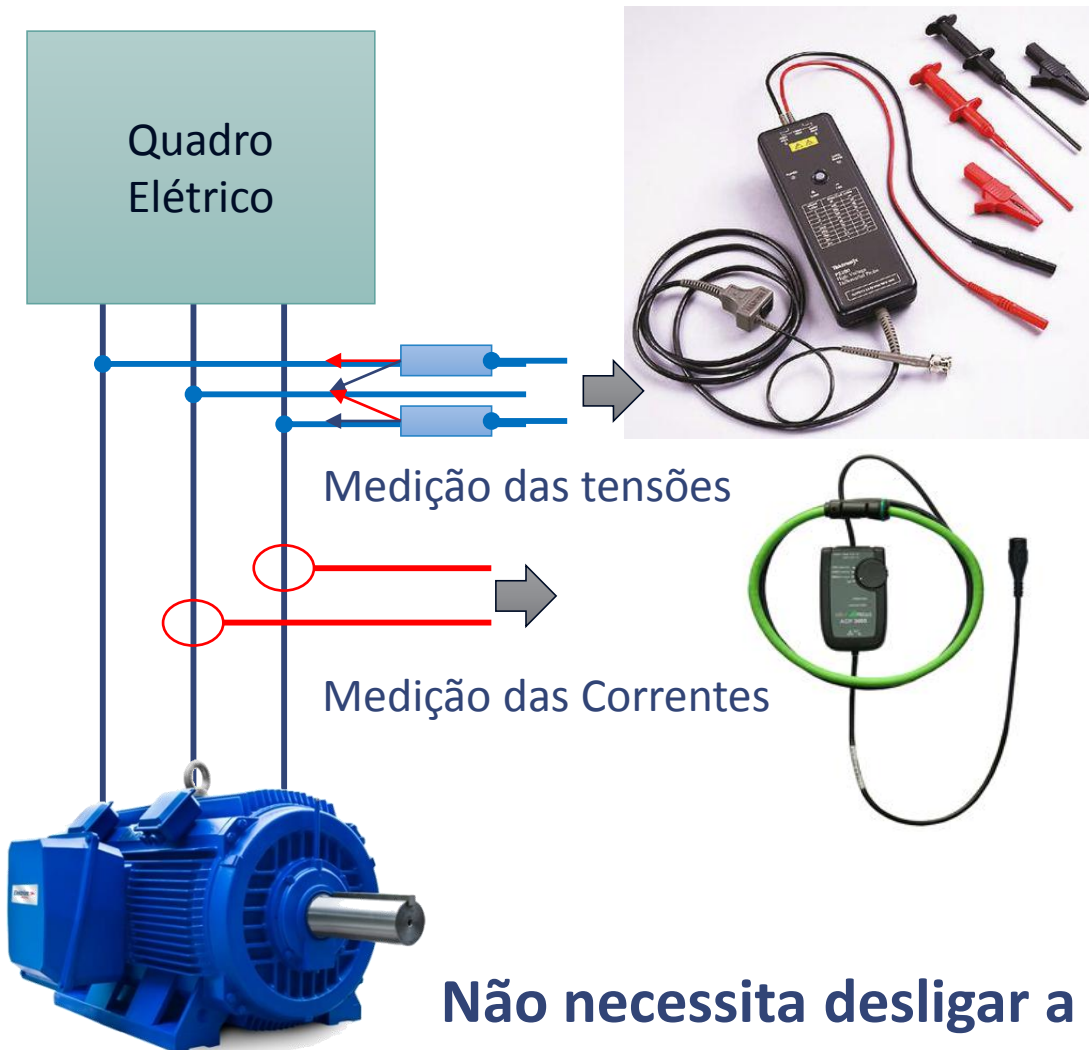


- Valor preciso que identifique a condição do equipamento desde ótimo estado até condição crítica.
- Cálculo da evolução da condição do equipamento entre cada amostra.

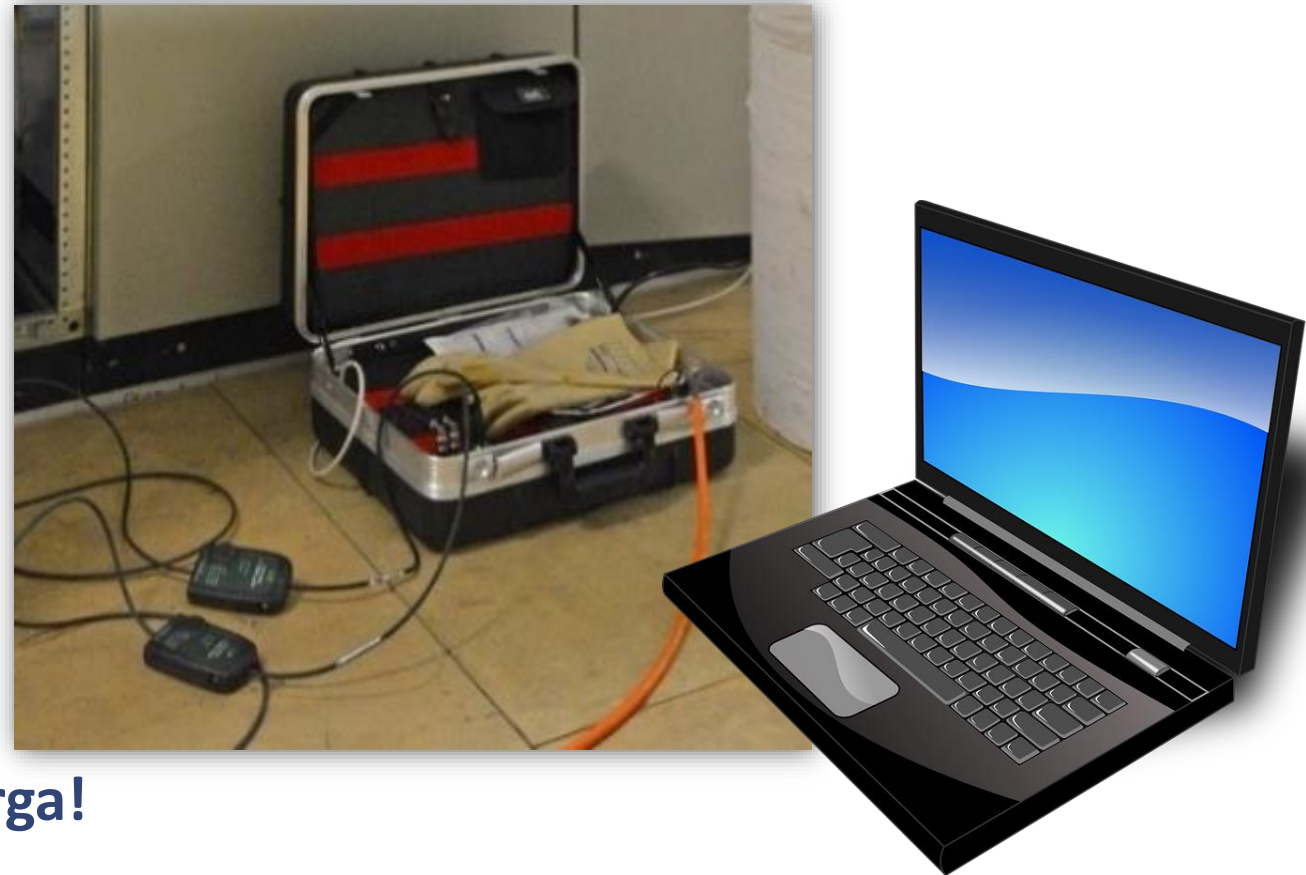
**Avaliação
numérica precisa
da condição.**



Kit Portátil – Diagnóstico superficial



Métodos não invasivos



Não necessita desligar a carga!

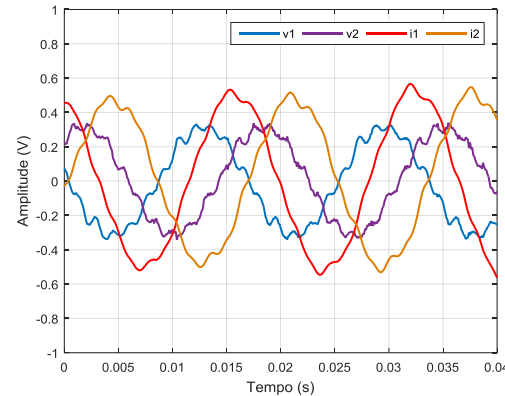
Laudo

**As amostras são enviadas para o laboratório
onde se faz análise minuciosa.
5 dias úteis**

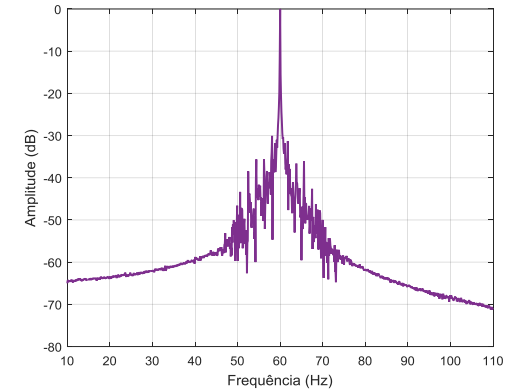


A tecnologia é baseada nos Vetores de Park.

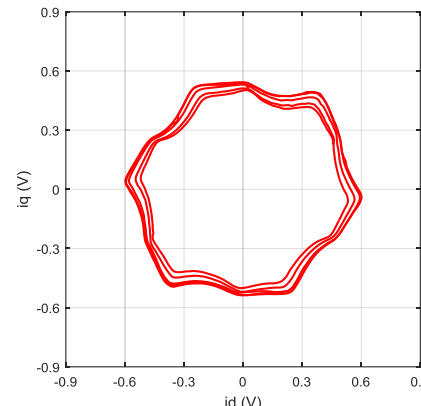
A partir de uma coleta de 2 a 5 minutos são medidos e criados vários tipos de gráficos, os convencionais e próprios de nossa tecnologia.



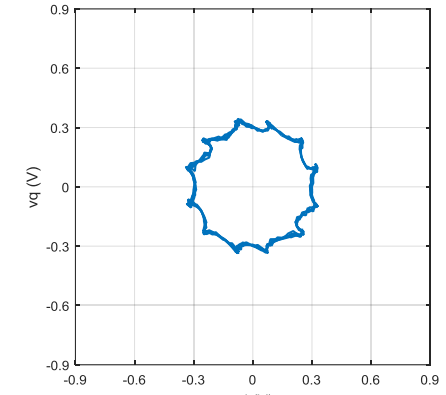
Formas de Onda Tensão e Corrente



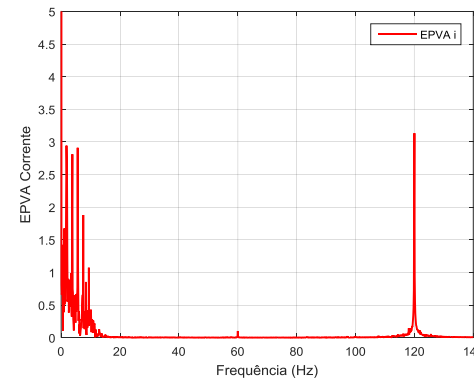
Análise espectral da corrente



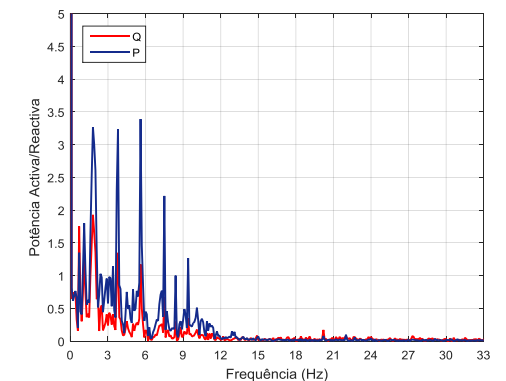
Vetor Park da corrente



Vetor Park da tensão



Análise de frequência global do Vetor Park da corrente



Análise de baixa frequência das potências instantâneas do motor



DENSYX

SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

ANÁLISE DE VIBRAÇÃO INDUSTRIAL

Identificação do Equipamento

Resumo do Diagnóstico

Designação do Equipamento	Código do Equipamento	Alimentação	Estator	Rotor	Excentricidade	Carga	Principais Observações*
Moinho de Carvão	8501KM1	2	1	4	1	2	Assimetria rotórica causada pelo sistema de escovas e/ou eventuais pontos de mau contato elétrico no circuito elétrico rotórico
Motor do Forno	07L240	2	2	1	1	4	Oscilação de carga apreciável causada pelo sistema mecânico de acionamento do forno

Tensão	Corrente	Pot. Elétrica	Cos ϕ	Frequência	THD Tensão	THD Corrente
6258 V	35.3 A	254.3 kW	0.66	50 Hz	3.9 %	6.8 %

Tabela I – Parâmetros elétricos de funcionamento do motor.

Velocidade	Deslizamento	Potência	Rendimento
743 rpm	1 %	239.5 kW	94.2 %

Tabela II – Parâmetros mecânicos de funcionamento do motor.

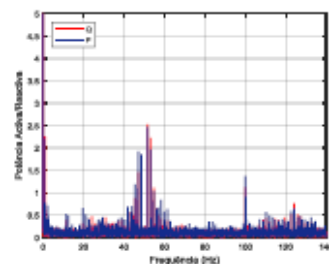


Figura 7 – Espectro das potências do motor.

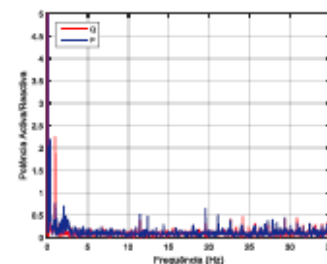


Figura 8 – Espectro das potências do motor (detalhe).

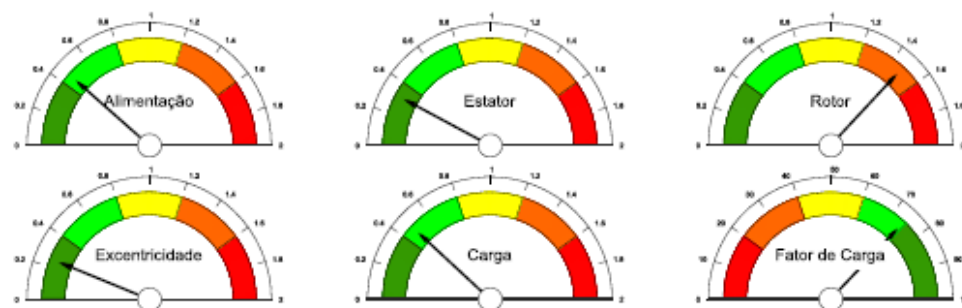


Figura 9 – Indicadores gerais do estado de funcionamento do motor.

4. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES:

Este motor apresenta uma assimetria no rotor, provavelmente associada ao seu circuito elétrico. Esta poderá ser devida a:

- Contacto elétrico através das escovas – mau contacto mecânico, diferentes características elétricas das escovas em cada fase ou problemas nos anéis de deslizamento
- Outros pontos de mau contacto elétrico – situações de desequilíbrio elétrico provocadas por mau aperto/corrosão de terminais no circuito das escovas e/ou no sistema de arranque externo (resistências de arranque/contacto)
- Problemas na bobinagem interna do rotor – envelhecimento dos enrolamentos

Recomenda-se:

- Numa próxima manutenção programada, verificar o sistema de escovas/molas, maus apertos e/ou contactos elétricos no circuito elétrico rotórico.
- Uma próxima ação de manutenção preditiva deste motor num prazo de 6 meses, com o fim de efetuar o acompanhamento da assimetria rotórica.

Laudo Interno da fábrica, após laudo MCM ; Fornecido e de autoria do Cliente

Introdução:

Esta relatório de intervenção surge no seguimento da análise da condição do motor ████████ AV/RT 500 LA 47 N.º 852306001, com aplicação no acionamento principal do Moinho de Carvão, realizada pela Enging - Make Solutions Lda, a 12 de março de 2018 (Anexo A), na qual se verificou a existência de uma assimetria rotórica causada pelo sistema de escovas e/ou eventuais pontos de mau contato elétrico no circuito elétrico rotórico (Figura 1) [1].

Identificação do Equipamento		Resumo do Diagnóstico					Principais Observações*
Designação do Equipamento	Código do Equipamento	Alimentação	Estator	Rotor	Excentricidade	Carga	
Moinho de Carvão	8501KM1	2	1	4	1	2	Assimetria rotórica causada pelo sistema de escovas e/ou eventuais pontos de mau contato elétrico no circuito elétrico rotórico

Figura 1 - Resumo de inspeção [1]

A análise realizada apresentava ainda as conclusões e recomendações evidenciadas na Figura 2.

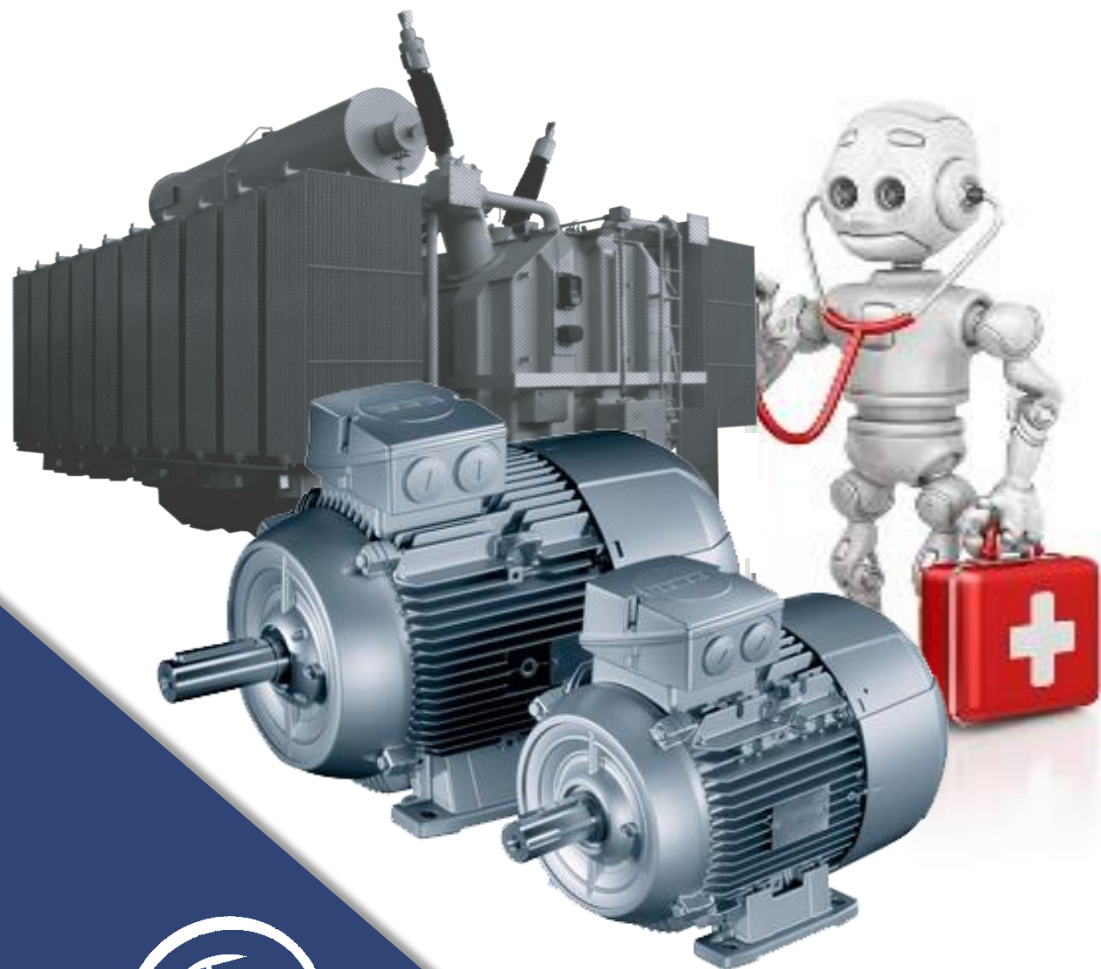
Conclusões: Este motor apresenta uma assimetria no rotor, provavelmente associada ao seu circuito elétrico. Esta poderá ser devida a:
• Contacto elétrico através das escovas – mau contacto mecânico, diferentes características elétricas das escovas em cada fase ou problemas nos anéis de deslizamento • Outros pontos de mau contacto elétrico – situações de desequilíbrio elétrico provocadas por mau aperto/corrosão de terminais no circuito das escovas e/ou no sistema de arranque externo (resistências de arranque/contactador) • Problemas na bobinagem interna do rotor – envelhecimento dos enrolamentos
Recomendações: Recomenda-se:
• Numa próxima manutenção programada, verificar o sistema de escovas/molas, maus apertos e/ou contactos elétricos no circuito elétrico rotórico. • Uma próxima ação de manutenção preditiva deste motor num prazo de 6 meses, com o fim de efetuar o acompanhamento da assimetria rotórica.

Figura 2 - Conclusões e recomendações [1]

Assim, na sequência do problema detetado, efetuou-se, como medida complementar e preventiva, a Ordem de Trabalho 20045824 VERIFICAÇÃO LIGAÇÕES ROTOR, com a seguinte lista de tarefas:

- Verificar as ligações na caixa de terminais do rotor do motor;
- Verificar aperto dos fiéis das escovas assim como os suportes;
- Verificar as ligações do coletor de anéis;
- Verificar a existência de pontos quentes em todo o coletor;
- Verificar apertos dos cabos ao contactor de curto circuito;
- Verificar os contactos do contactor de curto circuito, se necessário substituir;
- Verificar a existência de pontos quentes no contactor Curto Circuito.





OBRIGADO



DENSYX
SOLUÇÕES OTIMIZAÇÃO INDUSTRIAL

✉ filipe@densyx.com.br

📞 (19)9 9198-5554