

AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE VIBRAÇÕES ¹

Gustavo Leopoldo Gomes ²

Resumo

O trabalho é baseado na automação das análises e diagnósticos de vibração para monitoramentos *on-line* e *off-line*. A implantação foi executada em um contrato de performance da SKF, em uma planta com 1.862 ativos monitorados por análise de vibração. Foi utilizado o sistema de auxílio à tomada de decisão para monitoramento de vibração e variáveis de processo, denominado @ptitude[®]. O sistema @ptitude[®] é configurável de acordo com modelos específicos para cada ativo e tem como principal objetivo aumentar a produtividade do processo de análise de vibrações, mantendo a confiabilidade no diagnóstico.

Palavras-chave: Aptitude; Ativos; SKF

AUTOMATION OF THE PROCESS OF VIBRATION ANALYSIS AND DIAGNOSIS

Abstract

The work is based on the automation of the analyses and diagnoses for vibration monitoring "on-line" and "off-line". The implementation was executed in a performance contract of SKF, in a plant with 1.862 assets monitored by vibration analysis. A decision support system denominated @ptitude[®] is a computer application that analyzes data and presents the results so users can easily make business decisions. The system @ptitude[®] is flexible in agreement with specific models for each asset and it has as main objective to increase the productivity of process of vibrations analysis, maintaining the reliability in the diagnosis.

Key words: Aptitude; Assets; SKF

¹ *Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS*

² *Pós-graduado em Engenharia de Manutenção e Graduado em Engenharia Industrial Mecânica com especialidade em Análise de Vibrações. SKF do Brasil Ltda.*

1 INTRODUÇÃO

Utilizando um sistema de auxílio à tomada de decisão para monitoramento de vibração e variáveis de processo, denominado @ptitude[®], foi criado um banco de dados contendo 1.862 ativos monitorados no Machine Analyst[®],³ onde o objetivo foi aumentar a produtividade do processo de análise de vibrações, mantendo a confiabilidade no diagnóstico; O presente trabalho consiste na abordagem dos benefícios da automatização das análises e diagnósticos de vibrações para monitoramentos “on-line” e “off-line” em relação ao método tradicional de trabalho. Mostra, também, as vantagens da utilização do sistema @ptitude[®] configurável, de acordo com modelos específicos para cada ativo.

Vão ser apresentadas as etapas de implantação do @ptitude[®] em um contrato de performance da SKF, englobando todos os ativos monitorados preditivamente e a forma como este sistema adquire, organiza, documenta e registra os conhecimentos do cliente para melhorar a eficiência e a integridade dos ativos.

No decorrer do trabalho também será mostrado como as regras matemáticas permitem a completa interação entre todas as variáveis de operação de um ativo. Serão apresentados como resultados reais, através de números, o aumento da produtividade do processo de análise de vibrações, mantendo a confiabilidade no diagnóstico, onde todos os relatórios dos ativos são emitidos pelo sistema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Recursos Humanos

Dois meses de implantação utilizando um Técnico e um Engenheiro.

2.2 Recursos de Hardware e Software

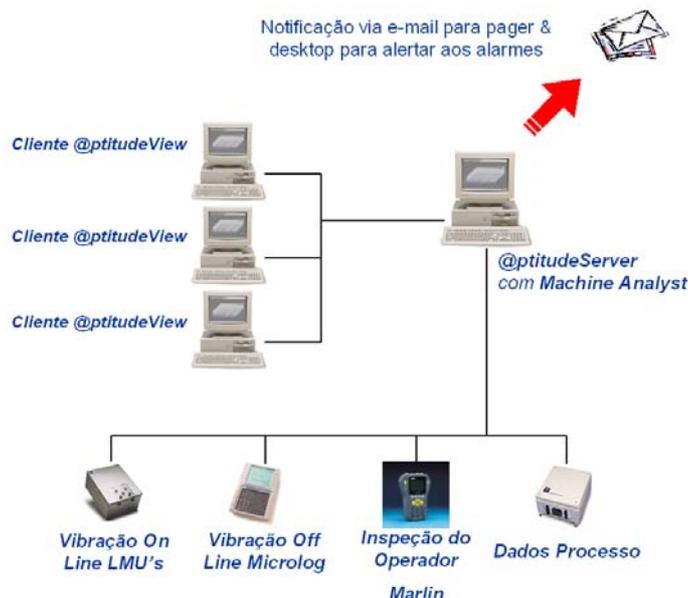


Figura 1 – Sistema instalado

³ Software de gerenciamento de dados de vibração da SKF.

Configuração do computador servidor utilizado no cliente: 1 Desktop Pentium4, 512MB de RAM, 3,06GHz;

@ptitude® Versão 2.2 – licença para 1900 ativos.

Sistema instalado em rede com três computadores clientes para acessar o @ptitude®

2.3 Etapas da Implantação

Etapa 1 – Levantamento dos dados

Atividades: Contagem dos ativos existentes no banco de dados de vibração. Avaliação do banco de dados de vibração quanto à nomenclatura de máquinas e sets, hierarquia definitiva, rotas definidas e setups mínimos necessários para o @ptitude®. Levantamento de dados para o estudo de viabilidade. Número de técnicos, tempos de análise, número de ativos, periodicidade de análise, experiência dos técnicos e tempo de histórico. Avaliação do computador servidor em que seria instalado o @ptitude®, quanto à capacidade de processamento e exclusividade de uso para o programa. Número de técnicos que utilizariam o @ptitude® para consulta, cadastro e configuração. Testes de rede para avaliar a possibilidade de instalação de cliente/servidor.

Etapa 2 – Estudo de viabilidade econômica inicial

Atividades: O estudo de viabilidade econômica foi feito considerando os seguintes fatores: Número de técnicos do cliente; Número de ativos; Periodicidade de medição, tempo de análise, tempo de histórico e tempo de experiência dos técnicos. O resultado considerou o período de cinco anos e forneceu o valor do investimento inicial necessário para implantar o @ptitude® para todos os ativos, a TIR e o VPL.

Etapa 3 – Elaboração da programação de implantação

Atividades: Elaboração de planilha com a programação semanal das atividades. Número total de 35 ativos cadastrados no @ptitude® por dia. Divisão da implantação em duas curvas: ativos cadastrados e ativos não confiáveis ou incompletos.

Etapa 4 – Instalação do @ptitude® para servidor e clientes

Atividades: O @ptitude® foi instalado como servidor em uma máquina mais exclusiva e como cliente em outras três. Como o @ptitude® foi instalado em rede corporativa do cliente, qualquer computador da rede pode consultá-lo, desde que tenha o cliente instalado. Embora o @ptitude® possa trabalhar com os bancos de dados M/S SQL Server e Oracle, o banco de dados utilizado foi o M/S Access, pois oferece maior rapidez de cadastramento, maior facilidade de manutenção e backup. Este banco de dados não necessita do aplicativo instalado.

Etapa 5 – Cadastramento dos ativos no @ptitude®

Atividades: Antes de iniciar, foi treinado em loco, durante dois dias, um profissional do cliente que foi responsável pelo início do cadastramento, manutenção do sistema e ajustes dos alarmes. Todo o trabalho de cadastramento foi supervisionado pela Engenharia da SKF. Houve visitas semanais, totalizando 16 dias de suporte. Modelos matemáticos foram desenvolvidos e aperfeiçoados pela Engenharia da SKF para o cliente. O ajuste de alarmes foi executado pelos técnicos do cliente, desde o cadastramento do primeiro ativo até o último. Os alarmes foram ajustados

novamente de acordo com novas avaliações do técnico. À medida que os alarmes foram sendo ajustados, maior economia de tempo foi sendo gerada.

Etapa 6 – Avaliação dos resultados

Atividades: Os registros de tempos de análise e diagnóstico das rotas com uso e sem uso do @ptitude[®] foram agrupados, analisados e inseridos em um relatório final conclusivo. Os dias realizados de cadastramento e suporte da Engenharia geraram um gráfico que relaciona o VPL e a TIR do investimento para cinco anos.

2.4 Funcionamento do @ptitude[®]

O @ptitude[®] tem seu funcionamento baseado na lógica booleana e na estruturação dos modelos matemáticos em níveis de componentes, falhas, defeitos, sintomas e características chaves (Figura 2).

Os dados analisados pelo sistema podem vir de uma única fonte de dados ou utilizar várias fontes como: vibração, processo e inspeção. Em nossa implantação, os modelos foram desenvolvidos para trabalharem somente com o banco de dados do Machine Analyst[®], que possui dados de vibração on-line, off-line, pontos derivados e entradas manuais de inspeção (Figura 2).

Entre as fontes possíveis de dados que o @ptitude[®] pode consultar e avaliar estão bancos de dados do Machine Analyst[®] ou prism4[®],⁴ servidores OPC V2 ou V3 e banco de dados do sistema Vibrometer[®].⁵

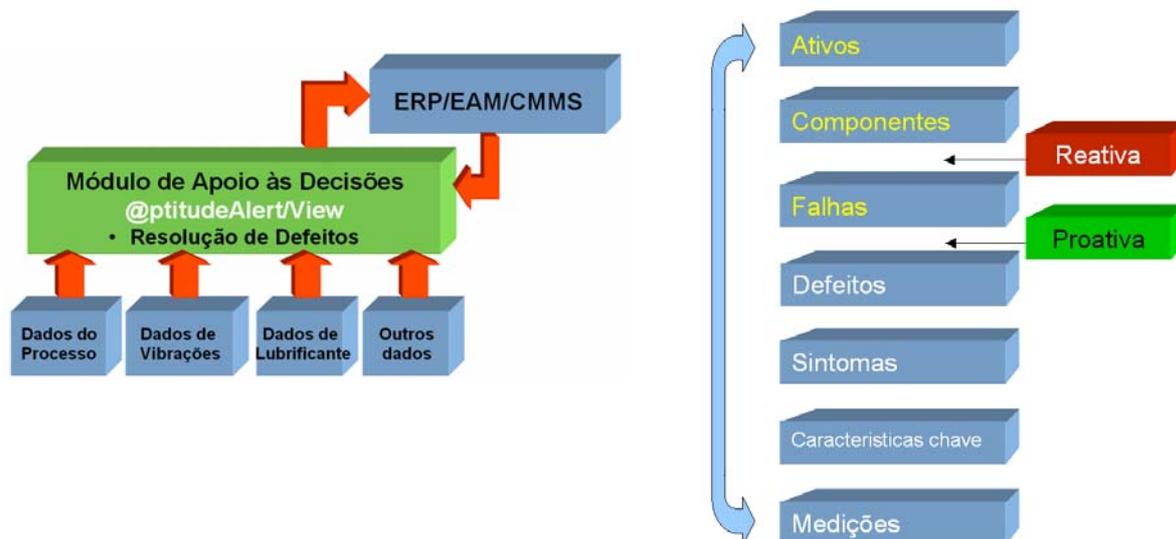


Figura 2 – Estruturação do modelo matemático do @ptitude[®]

Veja na Figura 3 o exemplo do modelo matemático de “Moto-Ventilador com 2 rolamentos” adaptado para a implantação no cliente. A base de conhecimento foi adquirida originalmente de modelos criados nos USA, os quais foram desenvolvidos de acordo com estudos dos modos de falhas para cada componente e combinados com a experiência prática de 100 anos da SKF.

Os modelos matemáticos dos USA e os modelos criados e adaptados para o Brasil estão disponíveis para serem usados em novas implantações, mas novos modelos pode ser criados de acordo com as necessidades do cliente.

⁴Software de gerenciamento de dados de vibração da SKF, versão anterior ao Machine Analyst.

⁵ Vibrometer é o sistema da SKF para proteção e monitoramento de máquinas.

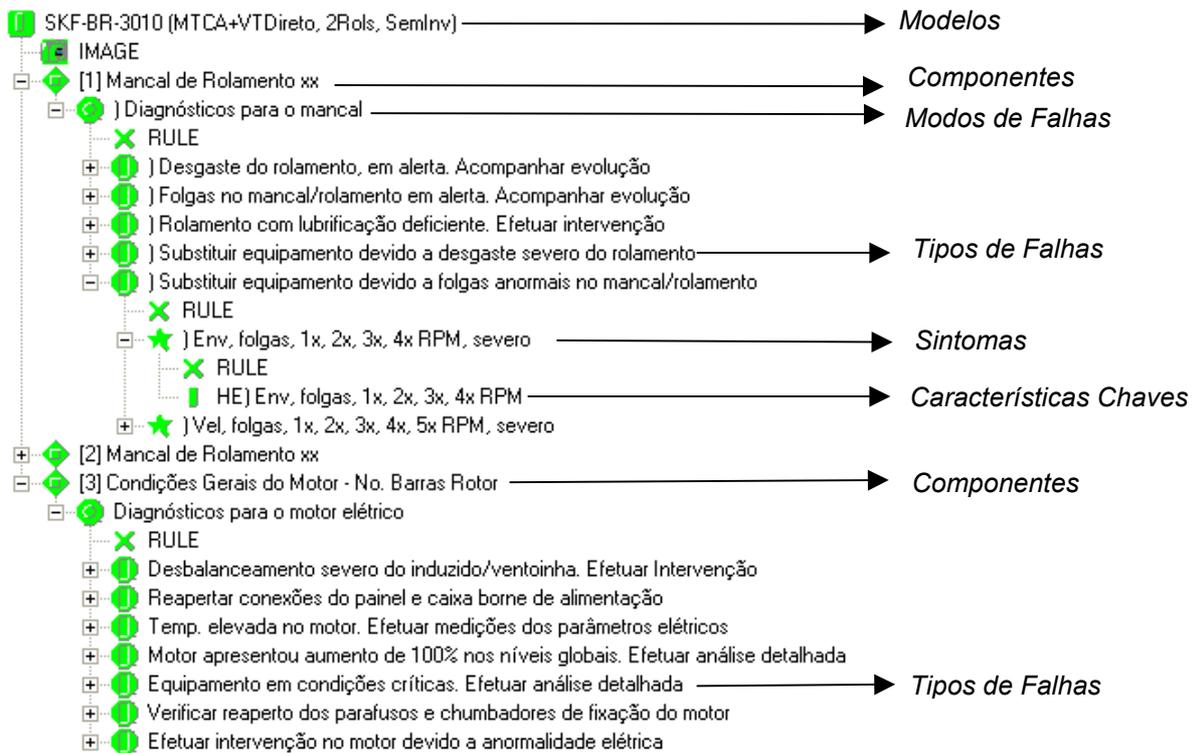


Figura 3 – modelo matemático para “Moto-ventilador com 2 rolamentos”

Na SKF existem inúmeros modelos matemáticos já criados e disponíveis para uso imediato em novas implantações. Eles estão divididos por tipos de equipamentos, podem ser customizados e terem as regras definidas pelo próprio cliente. Os modelos estão em constante avaliação dos diagnósticos emitidos e podem sofrer revisões periódicas que tem o objetivo de melhorar a confiabilidade do resultado (Figura 4).

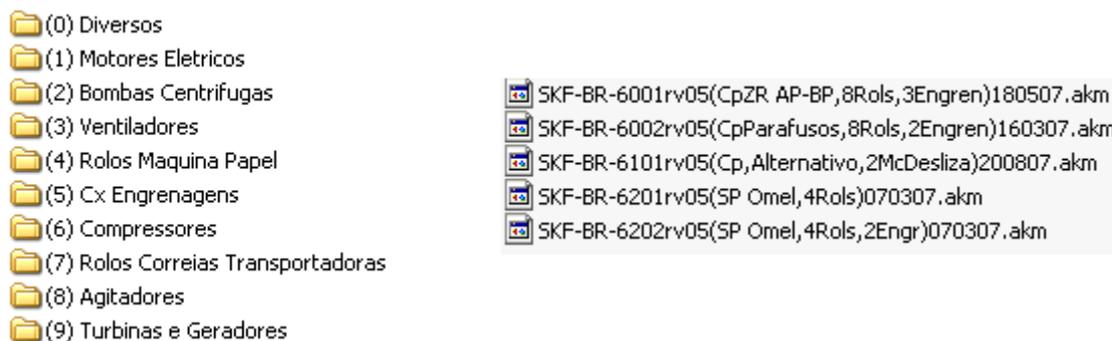


Figura 4 – grupo de modelos matemáticos criados para a implantação.

A criação das regras no @ptitude[®] é feita através de lógica booleana, conforme exemplo da figura 05 que mostra a programação do sintoma de “desbalanceamento” para o modelo de motor elétrico. Para a implantação em nosso cliente, os modelos originais da SKF-USA foram traduzidos e adaptados para os dados disponíveis no banco de dados do Machine Analyst[®], inclusive foi necessário a criação de novas regras booleanas.

Portas Lógicas

Características Chaves

Lógica Booleana



- (1HV) Vel. 1x, 2x, 3x, 4x, 5x RPM.1x
- (1HV) Vel. 1x, 2x, 3x, 4x, 5x RPM.2x
- (1HV) Vel. 1x, 2x, 3x, 4x, 5x RPM.3x
- (1HV) Vel. 1x, 2x, 3x, 4x, 5x RPM.4x
- (1HV) Vel. 1x, 2x, 3x, 4x, 5x RPM.5x

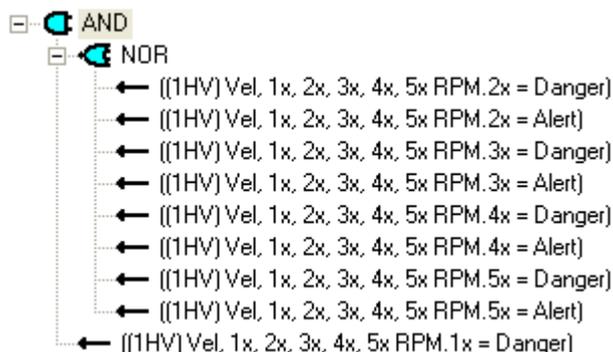


Figura 5 – programação da logica booleana.

A ferramenta possibilita utilizar diferentes formas de saída dos resultados. Além da visualização dos diagnósticos na tela do computador cliente ou servidor, é possível enviar email dos ativos críticos, enviar mensagens para pagers e abrir notas nos sistemas de manutenção CMMS, os quais já existem interface para o SAP®, Maximo®, Engica® e API Pro®. Outra característica importante da ferramenta é o contínuo monitoramento de dados novos, ou seja, a cada período de tempo, o @ptitude® faz uma varredura em todas as bases de dados e se houver valores novos é feito um novo diagnóstico automático (Figura 6).

Módulo @ptitude de Apoio a Decisões

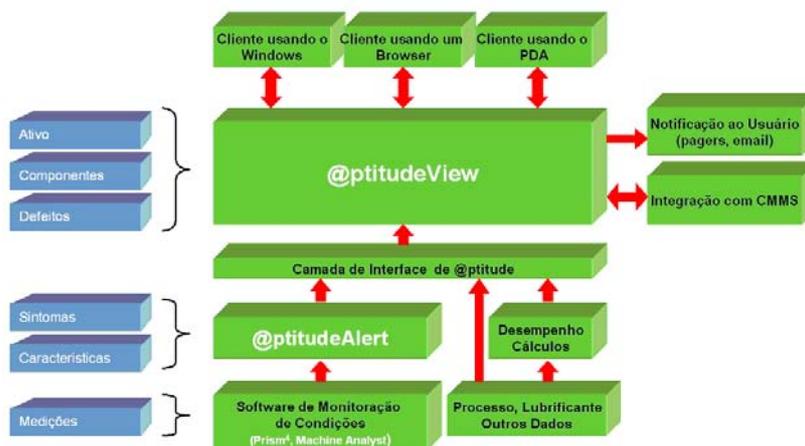


Figura 6 – estrutura de entradas e saídas possíveis no @ptitude®

3 RESULTADOS

3.1 Horas Salvas pelo @ptitude® Teórico X Real

3.1.1 Cálculo teórico antes do início da implantação

108 horas salvas por mês para 1.862 ativos cadastrados

3.1.2 Levantamento prático e real após o término da implantação

Foram analisadas 11 rotas, contendo 308 ativos (16,5% do banco total) e foram medidos 199 minutos para analisar e diagnosticar as 11 rotas utilizando o @ptitude®.

Seriam gastos 948 minutos para analisar e diagnosticar as 11 rotas sem o @ptitude®.

Logo: O total do tempo salvo (economia) utilizando o @ptitude® é igual a 749 minutos para 11 rotas, ou 308 ativos. Se foram salvos 749 minutos para 308 ativos, então seriam salvos 4.528 minutos para toda planta (1.862 ativos), isto seria +/- 76 horas mensais de economia real.

3.2 Outra Estimativa de Ganho

Foram medidos 199 minutos para analisar e diagnosticar 308 ativos utilizando o @ptitude®, então seriam gastos 1.203 minutos para toda planta (1.862 ativos), isto seria +/- 20 horas. Considerando que o trabalho diário é de seis horas, logo em 3,33 dias úteis é possível analisar toda a planta.

™ Considerando um erro grande de aproximadamente 50%....então temos cinco dias para análises e diagnósticos utilizando o @ptitude®.....ou seja, uma semana de trabalho para toda a planta.

3.3 Nível de Assertividade dos Diagnósticos do @ptitude

Foram analisadas 11 rotas, contendo 308 ativos, ou seja, 16,5% do banco total
Onde: 92,9% (286) dos ativos estavam com diagnósticos corretos e coerentes
6,81% (21) dos ativos estavam com diagnósticos parcialmente corretos
0,29% (1) dos ativos estavam com diagnóstico errado (regras corrigidas)
Ver gráfico da Figura 7.

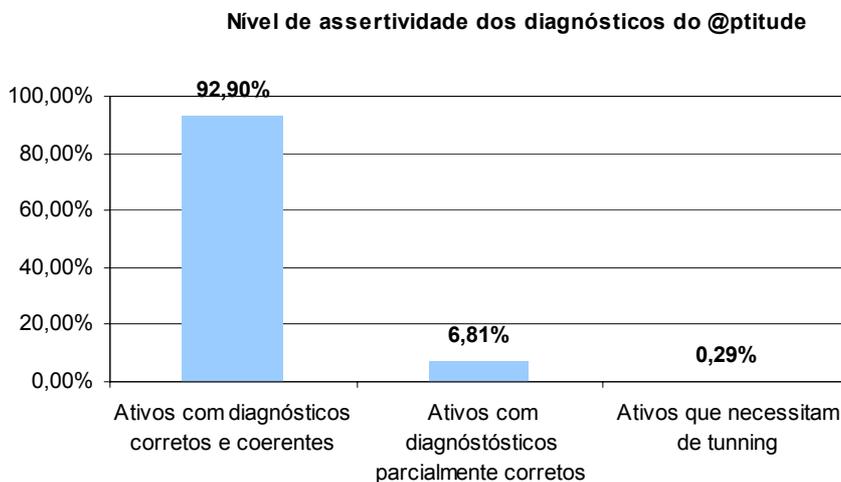


Figura 7 – gráfico de assertividade dos diagnósticos do @ptitude®

4 CONCLUSÃO

Como vantagens de implementação de um sistema automático de apoio a tomada decisões, temos:

- Aumento da confiabilidade dos diagnósticos;
- Melhor aproveitamento de tempo e dos recursos de manutenção, por meio de automação do processo de análise e decisão;

- Maior integração entre as informações de dados de ativos e o planejamento empresarial;
- Diagnósticos antecipados, graças a uma melhoria de eficiência; e
- Redução do tempo de treinamento dos funcionários novos.

Para os 1.862 ativos cadastrados, foi medido um ganho mensal de 76 horas contra 108 horas calculadas, teoricamente. Porém, o ganho real aumentará gradativamente de acordo com o aumento da confiança dos técnicos do cliente na utilização da ferramenta.

Existem algumas considerações para o perfeito funcionamento do @ptitude[®]. A seguir são listados três pontos, em ordem de importância, que devem ser seguidos:

- Rotação real exata cadastrada no espectro do Machine Analyst ;
- Componentes corretos cadastrados no @(rols, engren, barras, pás, etc.); e
- Alarmes ajustados corretamente no @ptitude[®].

A implantação do @ptitude[®] neste cliente é considerada a segunda etapa de um processo de otimização do desempenho de monitoramento preditivo. A primeira etapa consistiu na adequação/modificação do banco de dados de acordo com o estudo realizado pela Engenharia da SKF. Este estudo modificou configurações e procedimentos de medição, proporcionando economia na coleta, análise e diagnóstico.

Para a terceira etapa, pretende-se trabalhar com os recursos humanos utilizados para a coleta de dados e sugerir modificações físicas e técnicas para o modelo atual de coleta de vibrações.

O ganho completo do sistema de monitoramento de vibrações vem com a soma das três etapas (Figura 7).

Aumento do ganho em 3 etapas

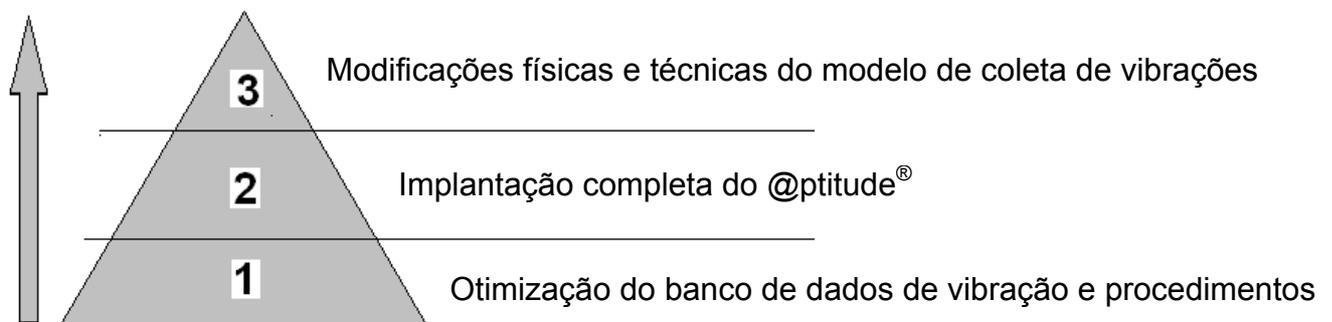
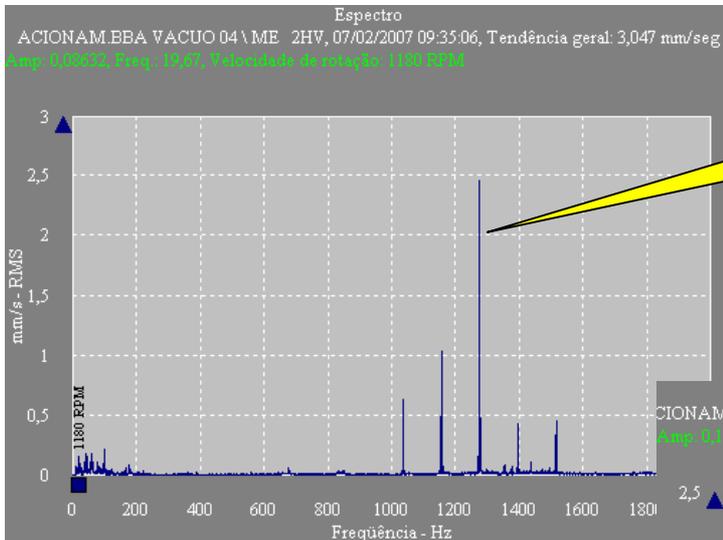


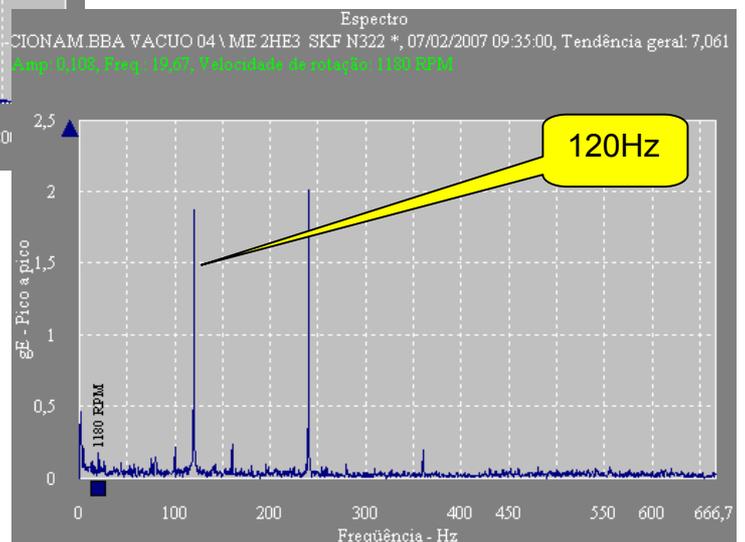
Figura 7 – Aumento do ganho em três etapas

5 EXEMPLO REAL DE DIAGNÓSTICOS EMITIDOS PELO @PTITUDE®

Equipamento: Acionamento Bomba de Vácuo 04 - CL4002



Passagem de barras com bandas de 120Hz



120Hz

- [-] P2 - BOMBAS DE VÁCUO
 - [-] Event Log History
 - [-] IMAGE
 - [+] 3040-53-45-0-30-01
 - [+] 3040-53-45-0-30-02
 - [+] 3040-53-45-0-30-03
 - [+] 3040-53-45-0-30-04
 - [-] Event Log History
 - [-] IMAGE
 - [-] Faults
 - [-] (M) Efetuar intervenção no motor devido a anormalidades elétricas
 - (1) 2x frequência de linha, moderado
 - (2) Frequência de ranhuras RBPF, moderado
 - (2) Frequência de ranhuras RBPF, severo
 - [-] (M) Medir motor desacoplado, conferir folgas nos mancais e/ou corrigir pé manco
 - (1) Acel, nível global, moderado (1HA)
 - (2) Acel, nível global, moderado (2HA)
 - (2) Frequência de ranhuras RBPF, moderado
 - (2) Frequência de ranhuras RBPF, severo
 - (1) 2x frequência de linha, moderado
 - [-] (M) Efetuar medições dos parâmetros elétricos do motor
 - (2) Frequência de ranhuras RBPF, moderado
 - (1) 2x frequência de linha, moderado
 - (2) Frequência de ranhuras RBPF, severo
 - [+] AKS

BIBLIOGRAFIA

- 1 Failure Analysis: Built-in Backstops (Sprag Type), The Falk Corporation 7 pages October, 1979
- 2 Root Cause Analysis, Gerard Schram 15 pages September, 2004
- 3 Em meio eletrônico: Troubleshooting Gear Drives, Falk Corporation 7 pages May, 2003
- 4 FMEA, Gerard Schram 10 pages April, 2003
- 5 Electric Motors - Maintenance Strategy, Mel Barratt 18 pages February, 2005
- 6 Fans - Maintenance Strategy, Mel Barratt 14 pages January, 2005
- 7 Fault Detection for Mining and Mineral Processing Equipment, Keith E Meyers, Matt Yeknik 5 pages September, 2001
- 8 Fault Detection for Mining and Mineral Processing Equipment, Mark Dunn, DEI Ltd 10 pages January, 2005
- 9 Predictive Maintenance, SKF 4 pages April, 2002SKF
- 10 Condition Monitoring Microlog, SKF 5 pages May, 2002
- 11 Vibration Monitoring of Paper Machines, SKF 34 pages October, 2003
- 12 Spectrum Analysis, Jason M Mais 31 pages January, 2004