

# **INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO DA CONDIÇÃO NA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA DAS MINAS DE COBRE DA CVRD.**

**Código do Trabalho:**  
**56119**

## **Resumo:**

*O monitoramento da condição bem integrado, em função das várias ferramentas de análise preditiva, contribui de forma decisiva na gestão de ativos das diversas unidades de negócios, nas quais venha a ser aplicado. Sendo assim, as análises de monitoramento da condição de cada equipamento, quando realizadas de forma integrada com as diversas técnicas e ferramentas de inspeção preditiva, auxilia os inspetores de preditiva na elaboração de laudos com maior assertividade, fornecendo desta forma melhores subsídios ao planejamento de manutenção e consequentemente um melhor controle dos custos de manutenção da unidade.*

*Palavras-chave: Preditiva, Análise, Vibração.*

## **1 - Introdução (O Monitoramento da Condição)**

A Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) através da DIOC (Diretoria de Operações de Não Ferrosos de Carajás) está implantando o projeto de extração e tratamento de minério de cobre na região de Carajás. Neste processo estarão sendo aplicados/utilizados dois tipos de equipamentos:

Equipamentos de Mina: perfuratrizes, escavadeiras, caminhões e pás carregadeiras, os quais executam o transporte do minério lavrado até a 1<sup>a</sup> fase do tratamento/ beneficiamento que é a britagem.

Equipamentos de Usina: britadores, transportadores de correias, moinhos, bombas, ciclones, células de flotação, espessadores, filtros e demais equipamentos, os quais processam o mineral retirado da mina e concentram o mesmo até a sua especificação final, conforme parâmetros de processo previamente definidos.

O Monitoramento da Condição nas minas de cobre da CVRD, vem sendo implantado através da integração das técnicas de análise de vibração, análise de óleo, análise de corrente elétrica, análise termográfica, análise de ruído, ferramentas corretivas como alinhamento LASER e balanceamento dinâmico em campo e ainda exames/inspeções através de END (Ensaio Não Destrutivos) tais como: LP (Líquido Penetrante), PM (Partícula Magnética), US (Ultrason), Endoscopia Industrial e Emissão Acústica).

Com a aplicação integrada das várias técnicas de preditiva disponíveis pode-se chegar numa melhor consistência e acerto das análises e diagnósticos dos dados coletados, bem como numa melhor elaboração dos laudos fornecidos ao planejamento da manutenção, visando desta forma alcançar uma gestão de ativos com maior controle e com menores custos.

## **2 - Formação da Equipe**

Entre todos os desafios da DIOC na implantação das Operações das Minas de Cobre na região dos Carajás, um deles é a utilização de mão-de-obra local e sem experiência (cerca de 70%).

Sendo assim, parte da equipe da GAEOT (Gerência de Área de Engenharia de Manutenção das Operações do Cobre) é formada por jovens oriundos das cidades de Canaã dos Carajás e Parauapebas, com formação de nível médio, os quais durante o período de 01 ano, passaram por um treinamento elaborado e ministrado por um convênio entre a CVRD e o SENAI-PA, no qual teve em sua grade curricular, cursos básicos de mecânica, eletroeletrônica, hidráulica, pneumática, segurança, entre outros.

A equipe é formada por uma composição entre os jovens treinados e inspetores mecânicos e elétricos, bem como técnicos mecânicos, eletromecânicos e eletroeletrônicos, visando desta forma difundir, equilibrar e homogeneizar o mais rápido possível os diferentes níveis de conhecimentos e experiências que compõem a equipe.

## **3 - Especificação dos Equipamentos**

Durante o estágio de especificação dos equipamentos foi aplicada uma matriz de decisão (uma das ferramentas da qualidade) para auxiliar e no parecer técnico, a respeito da aquisição dos softwares, equipamentos e instrumentos de apoio à manutenção preditiva, no auxílio do monitoramento da condição.

A matriz de decisão apresentou um comparativo entre as várias opções de tecnologia apresentadas pelo departamento de suprimentos, levando em consideração apenas às características técnicas, uma vez que os critérios comerciais sempre são tratados pelo departamento de suprimentos da CVRD.

Durante a análise, o principal foco foi voltado para que os sistemas oferecidos pelos fornecedores tivessem total integração (interface) com o novo sistema de informática (Projeto ELO e o sistema de manutenção MAXIMO) que vem sendo implantado na CVRD, visando desta forma ter um sistema global que direcione de forma natural os demais sistemas e subsistemas para uma padronização de trabalho.

Sendo assim, no quesito integração (interface) com o sistema MAXIMO, os fornecedores “A” e “B”, não atenderam a tal exigência (de caráter desclassificatório) e, portanto foram considerados como vetados para a aquisição, conforme planilha da matriz de decisão.

Desta forma, nos demais quesitos o fornecedor “C” apresentou propostas menos integradas quando comparadas tecnicamente com o fornecedor “D”, conforme planilha da matriz de decisão.

Ou seja, apesar de atender ao principal quesito (integração/interface com o sistema MAXIMO), o fornecedor “C”, não ofereceu uma solução global e integrada que pudesse gerir com apenas um sistema (software), as várias ferramentas de preditiva, tais como: análise de vibrações, alinhamento LASER, balanceamento dinâmico em campo, análise de óleo, análise de ruído, análise termográfica, análise elétrica de motores. Possibilidades estas que foram oferecidas pelo fornecedor “D”, bem como características mais específicas, tais como:

- coletor de vibrações com 02 canais, possibilitando maior rapidez nas rotas de inspeção, coletando 02 pontos em um único ciclo, permitindo também, o cruzamento de fase e plotagem de órbita;
- software com capacidade de análise da forma de onda circular, o qual possibilita um melhor diagnóstico na análise de engrenagens;
- capacidade de memória, o que permite carregar todas as rotas de inspeção e coletas de dados de uma única vez;
- módulo de diagnóstico automático e estatístico, fornecendo ao analista maior agilidade e qualidade do diagnóstico;

Ademais da análise técnica realizada, outros fatores levantados durante o processo, foram também observados e levados em consideração, o fato de outras gerências de manutenção da CVRD também estarem em processo de aquisição dos mesmos equipamentos para as suas respectivas equipes de manutenção preditiva. Em cada caso, as respectivas análises técnicas também tinham demonstrado o direcionamento para os equipamentos do fornecedor “D”.

## **4 - Ferramentas Integradas**

### **4.1. - Análise de Vibrações**

Para a realização das medições e análises de vibração, utiliza-se 02 coletores/analisadores de vibrações, modelo 2130, fabricante CSI, integrado ao software RBMware, fabricante CSI.



#### **4.2. - Análise de Óleo**

Para a realização das análises dos óleos coletados, utiliza-se o analisador de óleo, modelo Trivector 5200, fabricante CSI, integrado ao software RBMware, fabricante CSI.



#### **4.3. - Análise Termográfica**

Para a realização das medições e análises termográficas, utiliza-se a câmera termográfica, modelo P60, fabricante Flir Systems, integrado ao software RBMware, fabricante CSI.



#### **4.4. - Ferramentas Corretivas (Alinhamento LASER e Balanceamento de Campo)**

Para a realização dos serviços/reparos de alinhamento e balanceamento, utiliza-se o alinhador LASER c/ kit p/ balanceamento, modelo UltraSpec, fabricante CSI, integrado ao software RBMware, fabricante CSI.



#### **4.5. - Análise de Corrente em Motores Elétricos**

Para a realização das medições e análises de correntes em motores elétricos, será utilizado o Anel de Fluxo Magnético (em fase de implantação), fabricante CSI, integrado ao software RBMware, fabricante CSI.



#### 4.6 - Análise de Ruídos com Ultrason

Para a realização das medições e análises espetrais de ruídos, será utilizado o modelo SonicScan (em fase de implantação), fabricante CSI, integrado ao software RBMware, fabricante CSI.



### 5 - Aplicações

As Ferramentas Integradas têm as suas aplicações diversificadas, conforme a demanda de uma rotina normal da área de inspeção preditiva.

Sendo assim, foi realizado um levantamento prévio dos equipamentos normalmente monitorados por técnicas e ferramentas de inspeção e análise preditiva:

#### EQUIPAMENTOS MONITORADOS

Rotativos	Estáticos	Elétricos
Motores Elétricos	Vasos de Pressão	Redes e Linhas
Motores Diesel	Tubulações	Trafos
Geradores	Moegas	Chaves
Bombas	Eixos	Conectores
Redutores	Correias	Painéis
Compressores	Revestimentos	Motores
Ventiladores	Vasos e Tanques	
	Estruturas	

Em seguida, foi realizado um segundo levantamento, desta vez para verificar quais as técnicas de preditiva que poderiam vir a ser aplicadas, aos diversos tipos de equipamentos que viriam a ser monitorados:

## TÉCNICAS UTILIZADAS

Rotativos	Estáticos	Elétricos
Análise de Vibrações	Líquido Penetrante (LP)	Análise de Vibrações
Análise de Óleo	Partícula Magnética (PM)	Análise de Corrente
Análise Termográfica	Ultrason (US)	Análise Termográfica
Análise de Ruído	Medição de Espessura	Análise de Óleo
Inspeção Sensitiva	Endoscopia Industrial	
Alinhamento LASER	Inspeção Visual	
Balanceamento	Emissão Acústica (EA)	
Telemetria	Teste Hidrostático (TH)	

Após o levantamento dos equipamentos a serem monitorados e das técnicas a serem utilizadas, realiza-se o levantamento das ferramentas a serem aplicadas para cada situação e/ou necessidade.

## FERRAMENTAS APLICADAS

Software da Preditiva RBMware integrado ao MAXIMO		
Rotativos	Estáticos	Elétricos
Analisador de Vibrações Marca: CSI Modelo: 2130	Líquido Penetrante (LP) Marca: Genérico Kit: Removedor, Penetrante e Revelador	Analisador de Vibrações Marca: CSI Modelo: 2130
Analisador de Óleo Marca: CSI Modelo: Trivector 5200	Partícula Magnética (PM) Marca: Genérico Kit: YOKE e Particulas (via úmida / seca)	Analisador de Corrente Marca: CSI Modelo: 343 Espira de Fluxo Magnético
Câmera Termográfica Marca: FLIR SYSTEMS Modelo: ThermaCAM P60	Ultrason (US) Marca: PANAMETRICS Modelo: EPOCH 4	Câmera Termográfica Marca: FLIR SYSTEMS Modelo: ThermaCAM P60
Analisador de Ruído Marca: CSI Modelo: SonicScan 7100	Medidor de Espessura Marca: PANAMETRICS Modelo: 37 DL Plus	Analisador de Óleo Marca: CSI Modelo: Trivector 5200
Alinhador LASER Marca: CSI Modelo: UltraSpec Pro	Endoscopia Industrial Marca: Everest VIT Modelo: XL Pro	
Balanceamento Marca: CSI Modelo: UltraSpec Pro	Emissão Acústica (EA) Serviço Contratado	

## **6 - Conclusão**

A integração de múltiplas tecnologias permite correlacionar dados de VIBRAÇÃO (análise de espectros, formas de onda, fase e diagnósticos automáticos); TRIBOLOGIA (análise trivetorial de desgaste, composição química e contaminação); TERMOGRAFIA (escala de cores e anotação de imagens, análise de perfis e histogramas térmicos); MONITORAMENTO DE CORRENTE EM MOTORES DE INDUÇÃO (diagnóstico automático do rotor e estator por análise de corrente e de fluxo magnético), bem como os HISTÓRICOS DE MANUTENÇÃO após intervenções de manutenção preventivas e/ou corretivas (alinhamento LASER e balanceamento com tolerâncias e resultados de cada tarefa).

## **7 - Agradecimentos**

Agradecemos a realização deste trabalho primeiramente à Deus, pelo dom da vida; à minha esposa Ana Patrícia, pela compreensão em saber dividir o nosso tempo com as minhas atividades no trabalho; ao Altiberto Brandão, pela oportunidade oferecida de apresentar este trabalho; ao Damião Marinho, pela ajuda na implantação da inspeção preditiva na Usina do Sossego; ao representante técnico da CSI para a região norte/nordeste do Brasil – VITEK Consultoria Ltda, à toda família da DIOC e GEOSY, em especial à toda equipe da GAEOT.

## **8 - Referências**

Manuais Técnicos e Apostilas dos Equipamentos CSI, FLIR SYSTEMS, PANAMETRICS E EVEREST VIT, utilizados pela Equipe de Inspeção Preditiva (PAPC – Mina do Sossego);

Material levantado durante Workshop de Manutenção da DIOC, organizado pela Gerência de Engenharia de Manutenção das Operações do Cobre (GAEOT), realizado em julho/2003, Carajás-PA.

Material levantado durante Congresso de Processamento Mineral (PROCEMIM 2003), organizado pela Universidade de Chile e realizado em agosto/2003, Antofagasta-Chile.

# **INTEGRATION OF THE CONDITION MONITORING TOOLS IN THE IMPLEMENTATION OF PREDICTIVE MAINTENANCE OF CVRD'S COPPER MINES**

## ***Abstract:***

*The equipment's condition monitoring when fully integrated, using several analysis tools, contributes decisively for the assets management of the businesses area in which it's applied.*

*The condition monitoring analysis of each equipment, when accomplished in an integrated way, using several techniques and predictive inspection tools, provides a very good support for more precise diagnostics, supplying better subsidies to the maintenance planning and consequently a better control of the maintenance cost and effectiveness.*

***Keywords:*** Condition monitoring, analysis, vibration, predictive