

GANHOS COM MANUTENÇÃO PREDITIVA BASEADA NOS DADOS DE PROCESSO EM TEMPO REAL¹

Elizabeth Barabas²

Resumo

Manter os ativos em perfeito funcionamento é essencial para qualquer empresa. Hoje em dia, a manutenção tem sido executada em sua maior parte nas paradas de manutenção, ou então pelo mais antigo procedimento : “se quebrar, conserte”. Num ambiente industrial moderno, onde os sistemas de automação disponibilizam uma enorme quantidade de dados de processo e informações em tempo real, agora podemos levar o desempenho da planta para um nível otimizado, através da manutenção preditiva em tempo real. Manutenção Preditiva em tempo real, ou Manutenção Baseada na Condição do equipamento, é baseada na condição real e momentânea do ativo, exigindo manutenção somente quando há uma ameaça de condição de falha. Seus objetivos são a prevenção de tempo parado não planejado, fazendo uso ótimo de recursos de manutenção, e maximizando a vida operacional dos ativos da planta. As informações de temperatura, pressão, vibração, vazão, etc, que são utilizadas para operar a planta, são as mesmas que podem ser utilizadas para sua manutenção. Um programa de manutenção preditiva em tempo real faz uso desses dados, e com base em seu poder de previsão, acrescenta à sua operação aumento na capacidade de produção da planta, confiabilidade e lucratividade, entre outros benefícios.

Palavras-chave: Manutenção preditiva; Manutenção baseada na condição.

CONDITION-BASED MAINTENANCE

Abstract

Keeping physical assets in proper working order is essential to any organization. Today, most maintenance is still performed either according to a set calendar schedule, or according to that most ancient of operating procedures: “if it breaks, fix it.” But in a modern, data-intensive automation system environment, we can do much better, and take plant performance to the next level with condition-based maintenance (CBM). Condition-based maintenance is maintenance based on an asset’s actual condition – a philosophy that entails performing maintenance only when there is an impending fault or failure condition. The objectives of condition-based maintenance are prevention of unplanned downtime, making optimal use of maintenance resources, and maximizing the operational life of plant assets. The information critical to the operation of your mill – temperature, vibration and airflow data, etc. – can become critical to its maintenance. A condition-based maintenance program takes this data and unlocks its predictive power to add capacity, reliability and profitability to your operation.

Key words: Predictive maintenance; Condition based maintenance.

¹ *Contribuição técnica ao 12º Seminário de Automação de Processos, 1 a 3 de outubro de 2008, Vitória, ES*

² *Gerente de Sistemas de Otimização – Softbrasil. betty@softbrasil.com.br*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o grupo consultivo ARC^[4], cerca de 5% da produção norte-americana é perdida todos os anos devido à paradas imprevistas. Isto corresponde a cerca de US \$ 20 bilhões. Cerca de um terço das paradas é atribuída a falhas de equipamentos. A partir disso, por si só, é evidente que a manutenção adequada dos equipamentos pode agregar um valor tremendo.

Como as organizações e equipamentos se tornam mais sofisticados, as expectativas de manutenção também evoluem. Esta evolução pode ser vislumbrada ao longo de três gerações:

- A primeira geração (1940-1950): A atitude "corrigir quando quebrar" prevaleceu nesta fase, principalmente porque a indústria não era muito automatizada nessa época.

- A segunda geração (1950-1980): A automação e mecanização da indústria aumentou. A indústria nesta fase, já era dependente de máquinas/equipamentos desempenhando a maior parte do trabalho. A Manutenção preventiva (total em intervalos fixos) apareceu como a primeira prática de manutenção. Os custos de Manutenção começaram a aumentar rapidamente.

- A terceira geração (de 1980 em diante): Ativos tornam-se mais complexos. Os tipos de falha são compreendidos de uma forma mais ampla e os métodos de manutenção informatizada estão se tornando a tendência mundial. A Manutenção Baseada na Condição (CBM) começa a ganhar terreno como uma alternativa econômica, substituindo o intervalo fixo da Preventiva. As corporações e os mercados estão se tornando cada vez mais complexos, equipes multi-funcionais acabam se tornando responsáveis pela manutenção.

No início da terceira geração, empresas de prestação de serviços de manutenção começaram a adotar novas tecnologias para proporcionar eficiência na gestão da manutenção. Um forte impulso foi dado para a transição entre a manutenção reativa para a manutenção proativa, e a Manutenção baseada na Condição está na vanguarda dessa atividade.

2 O QUE É MANUTENÇÃO BASEADA NA CONDIÇÃO (CBM)?

CBM é uma abordagem de manutenção onde as intervenções no equipamento são feitas com base na sua efetiva e real condição de funcionamento, conforme identificado por vários dispositivos, ferramentas e/ou medições. Um programa de CBM devidamente implementado irá prever o aparecimento de uma falha com tempo suficiente para permitir que seja feita uma parada devidamente programada no equipamento, e que sejam executadas as ações de manutenção necessárias. CBM é geralmente sub-utilizada na maior parte das empresas. A prática mais utilizada é a manutenção programada, baseada em intervalos definidos de tempo. Esta prática torna-se extremamente ineficiente pois a utilização dos equipamentos, seu desgaste e condições podem variar drasticamente entre diferentes locais e instalações. A Manutenção programada é baseada nas recomendações dos fabricantes e são baseadas em estimativas e médias.

3 VIABILIDADE DA CBM

Os departamentos de manutenção mais rentáveis e eficientes descobriram o equilíbrio adequado entre Manutenção Reativa / Corretiva e Preventiva, e a Baseada na Condição - CBM. O objetivo é ter muito pouca manutenção corretiva e o mínimo

possível de manutenção preventiva. Para se alcançar este objetivo estratégias e processos de manutenção, como o CBM devem ser implementados. CBM é uma estratégia de manutenção viável somente quando há um padrão de degradação detectável e previsível que dispõe de tempo suficiente para realizar a atividade de manutenção adequada uma vez que a falha tenha sido detectada. O CBM tem enorme potencial de redução de custos em duas áreas principais:

- a. Manutenção Preventiva; e
- b. Prevendo o aparecimento de uma falha.

Muitas organizações implementam CBM junto com um plano formal de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), onde esta iniciativa para ativos críticos com os modos de falha dominantes satisfazem as exigências de viabilidade do CBM. Outro bom ponto de partida para um estudo de CBM seria a de implementar um CBM centrado no Gerenciamento de Performance de Ativos.

4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Atingir a verdadeira estratégia de manutenção significa a transição entre realizar manutenção baseada no tempo decorrido com base nos tempos indicados pelo fabricante para que ela seja feita, e manutenção baseada nas condições atuais de operação do equipamento.

O exemplo hipotético a seguir olha para dois equipamento idênticos que funcionam em condições diferentes utilizando as mesmas recomendações do Fabricante. Equipamento # 1 opera em um ambiente relativamente limpo e não as condições de operação são estáveis, e dentro dos limites ideais. Equipamento # 2 opera em um ambiente sujo e está exposto a um grande oscilação de temperatura e a condições acima dos limites pré-estabelecidos pelo fabricante.

O diagrama a seguir mostra a forma como a frequência de manutenção recomendada pelos fabricantes pode variar com base nas reais condições de funcionamento.

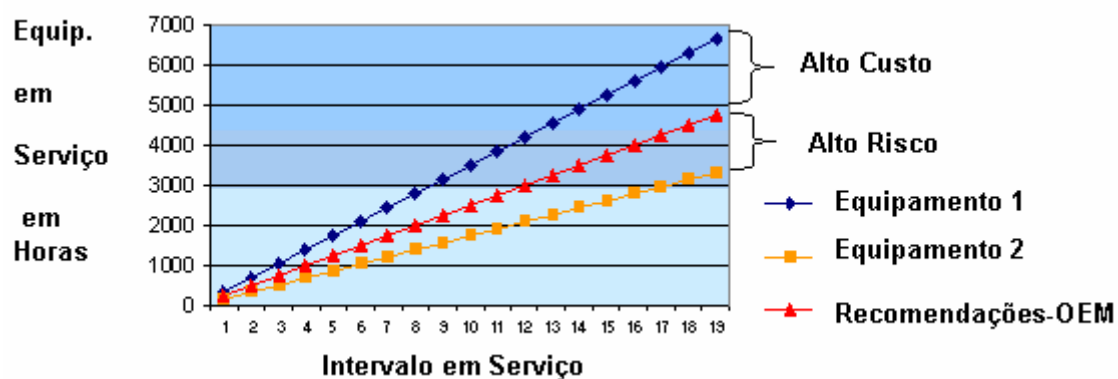


Figura 1: Manutenção Recomendada x Necessidades Reais

O diagrama acima mostra que o Equipamento # 1, que opera em um ambiente limpo vai realmente precisar de manutenções menos frequentes do que as recomendadas pelo fabricante, porisso o total dos custos de manutenção e inatividade associados a este equipamento, são superiores às exigidas. Com o Equipamento # 2 operando em condições extremas, a manutenção exige intervenções mais frequentes, seguindo as recomendações do fabricante do equipamento, porém mesmo assim o potencial de desgaste e de falhas é maior. A chave para a implementação do CBM

com êxito é ter a capacidade de determinar com precisão quando os equipamentos realmente precisam de manutenção.

5 PREVER A FALHA QUE ESTÁ PARA ACONTECER

CBM é mais freqüentemente visto como uma atitude pró-ativa para a gestão de ativos. Aplicando a tecnologia CBM adequadamente, as falhas podem ser previstas com antecedência suficiente para permitir que a equipe de manutenção possa executar ações corretivas antes que a falha ocorra, reduzindo assim as paradas não programadas e falhas e danos em cascata.

A fim de utilizar CBM como um meio eficaz de manutenção pró-ativa, as falhas dos equipamentos devem ser determinados e manutenção tática que impedem que a falha ocorra, quando identificados devem ser selecionada. Um processo formal de RCM pode proporcionar muitas das informações necessárias para a implementação de um programa de CBM.

Um equívoco comum na CBM é que a maior parte das falhas possa ser prevista com um único ponto de medição (tais como vibração ou temperatura). Na grande maioria dos casos, são precisos muitas medições a fim de determinar o verdadeiro estado do equipamento e as falhas. Cada falha deixa uma única assinatura de diferentes variáveis. Um exemplo simples disso seria uma bomba que tem uma progressiva diminuição no fluxo. Como um dado único, a diminuição do fluxo poderia ser causada por dezenas de causas. Se a mesma bomba tiver correlacionados dados de diminuição no fluxo, alta temperatura e elevada vibração, isso poderá identificar falha de rolamento. O grande desafio é identificar esses modos de falha com antecedência suficiente para permitir correções antes que as falhas aconteçam.

6 CBM BASEADO EM ANÁLISES MULTIVARIÁVEIS

Muitos acham que, para obter um CBM com bom desempenho, devem ser utilizadas ferramentas como sistemas de medição de vibração, equipamento de infravermelho, e equipamentos de testes elétricos, isolados um do outro. Na verdade, a maior parte das indústrias já estão recolhendo dados para CBM. Os operadores atualmente lidam com imensa quantidade de dados de produção, coletados a partir de dezenas ou mesmo centenas de variáveis de processo em tempo real ou próximo disso. Infelizmente, esse grande número de variáveis deixa os operadores com recursos limitados para antecipar as interrupções e obriga-os a confiar nos sistemas de alarme para torná-los cientes de quando é necessária uma ação corretiva. A questão é que, quando um alarme é ativado, muitas vezes já é demasiado tarde.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, assinaturas de falha podem ser analisadas e armazenadas para comparar com as leituras em tempo real.

A análise multivariável é uma ferramenta estatística que tem sido desenvolvida para lidar com grande número de dados e variáveis. Ao invés de olhar para todas as variáveis do processo, a fim de determinar em que estado está o processo, uma combinação (linear ou não linear) das variáveis é calculada. A combinação das variáveis de processo é chamada de Componente Principal.

Normalmente com uma técnica como esta, somos capazes de reduzir o número de variáveis a 4 ou 5 componentes principais.

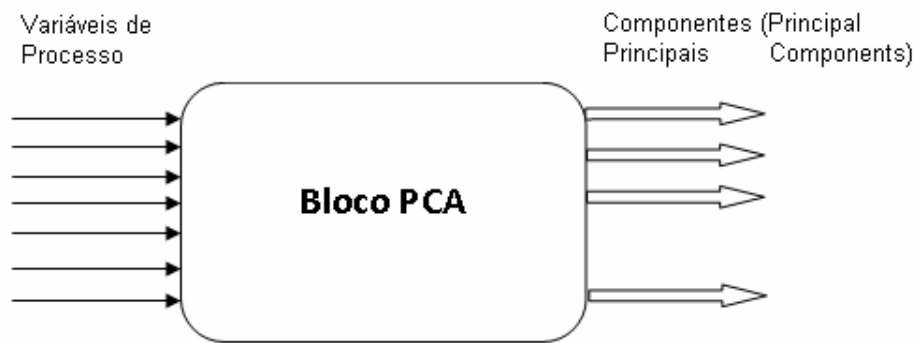


Figura 2: Visão Geral do processo PCA (Análise dos Componentes Principais)

Uma abordagem CBM para a manutenção consiste das seguintes etapas:

- **Coleta de Dados:** Esta é a etapa mais importante. Para que qualquer análise seja significativa, um certo número de dados devem ser recolhidos com uma resolução mínima, a fim de se poder deduzir qual é o estado do processo. Para algumas variáveis de processo, tais como temperaturas e pressões, a resolução dos dados em minutos pode ser aceitável. Para os equipamentos rotativos, milissegundos é uma resolução que poderia ser necessária.
- **Validação dos Dados:** Nesta etapa, os dados são checados com os seus valores-limite, e as decisões são tomadas quanto à forma de como devem ser substituídos dados que faltam e também a redundância deve ser utilizada sempre que possível.



Figura 3: Funções Típicas de um Sistema CBM

- **Análise:** Os dados validados são analisados através da técnica de escolha. Há uma multiplicidade de técnicas (junto com PCA) que podem ser utilizadas. Lógica Fuzzy, Regressão Parcial dos Mínimos Quadrados (PLS), Redes Neurais, e Wavelets são algumas das técnicas que têm sido utilizadas.
- **Notificação:** Com base na análise realizada durante a etapa anterior, alguns alarmes e eventos são gerados, e apresentados à pessoas pré-definidas. As novas tecnologias estão disponíveis agora permitindo notificação por e-mail, SMS, em pagers.

7 EXEMPLOS

Nesta seção são apresentados alguns casos que já encontramos :

Caso 1:

Pontos que estão próximos ao centro, representam comportamento de processo mais consistente

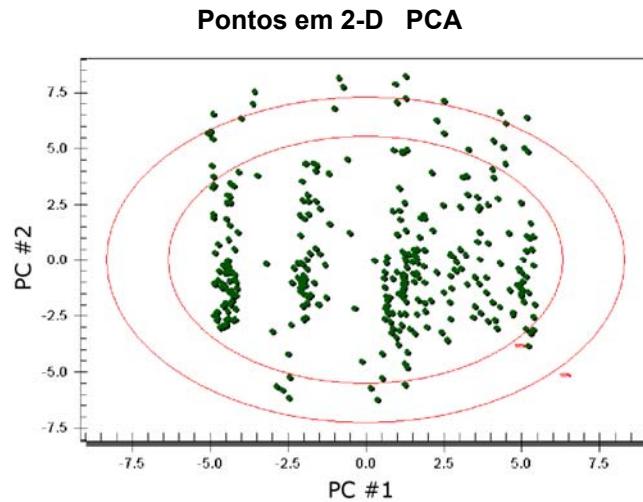


Figura 4: Gráfico PCA para um processo em condições normais de operação

Observe como na Figura 4 todos os pontos estão posicionados no lado direito do gráfico PCA. É muito fácil descobrir quais variáveis de processo têm contribuído para os principais componentes que estão fora da zona normal de funcionamento (fora do perímetro exterior da elipse). Esta capacidade permite que engenheiros e o pessoal de operação possa facilmente detectar e, tomar as medidas adequadas quando o processo/equipamento estiver fora da sua zona de operação normal.

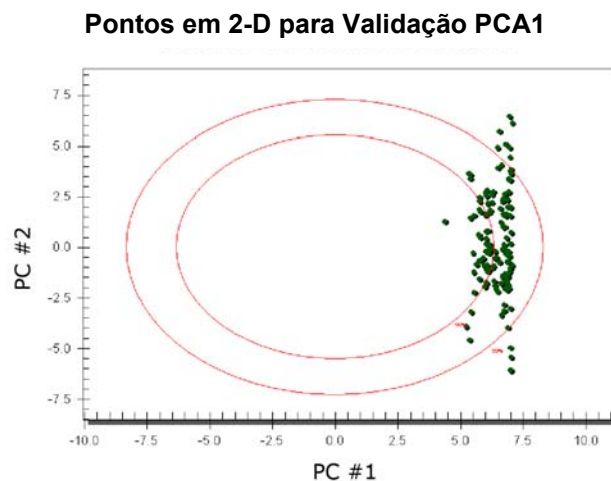


Figura 5 : Gráfico PCA para um processo que está desviado do normal.

Caso 2 :

Regiões Múltiplas de Operação

Esta tecnologia permite que os engenheiros da planta possam monitorar diferentes regiões de operação do equipamento.

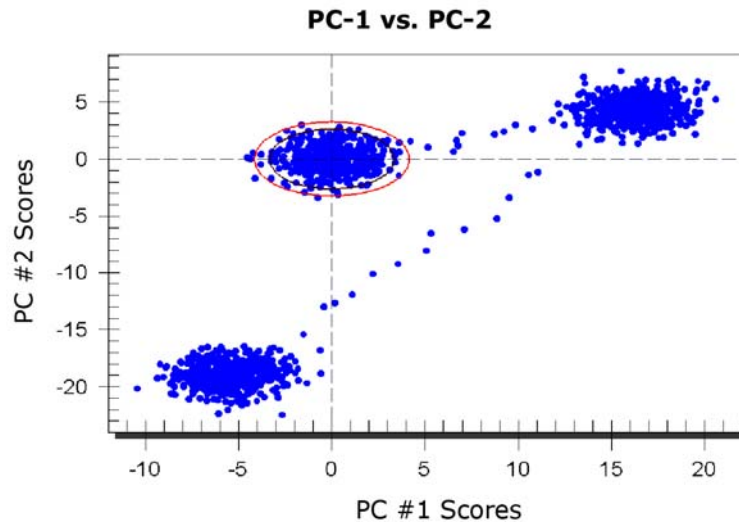


Figura 6: Gráfico PCA com múltiplas regiões de operação

Estão claras as transições do equipamento de estado A para B, e depois para C, e que não há caminho direto para ir de A para C. Esta funcionalidade acrescenta robustez na previsão de falhas, já que esta metodologia pode detectar a diferença entre os estados de transição e detecção de estados de falha.

Caso 3:

Previsão de Falha

A força desta tecnologia é que ela permite a geração de "sinais de alarme" que pode gerar alarmes e eventos baseados na combinação do comportamento de todas as variáveis de processo. Este caso apresenta uma análise realizada com os dados de uma caldeira. Apesar de o formato dos dados ser real, os valores absolutos foram alterados neste documento.

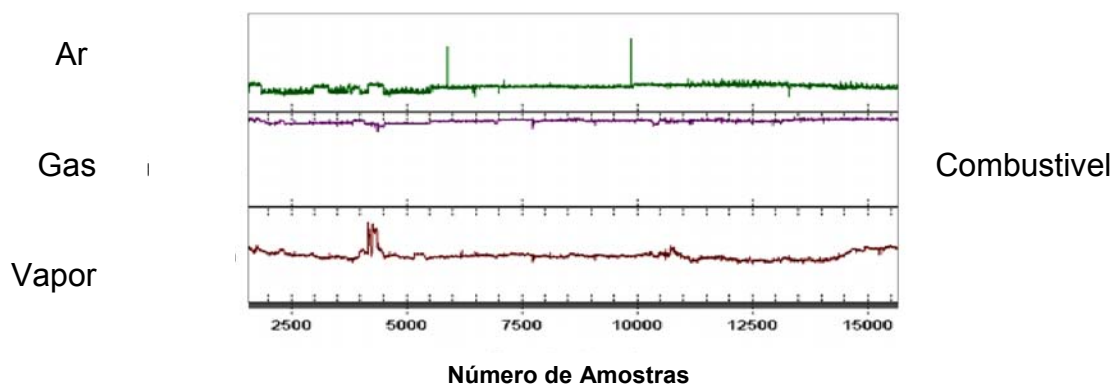


Figura 7: Principais variáveis da caldeira

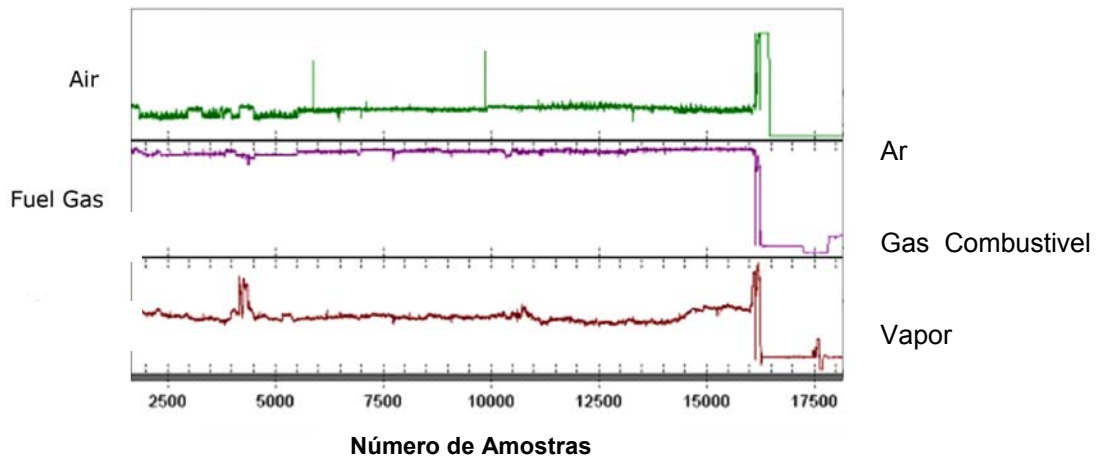


Figura 8: Parada da Caldeira que ocorreu próxima a amostra 16000

Olhando para as principais variáveis de processo da caldeira, tudo parece normal, com algum tipo de perturbação no processo no ponto 4500.

No entanto, na Figura 7, vemos que a caldeira sofreu uma parada em torno de amostra número 16000.

Ao utilizar uma técnica estatística de CBM, selecionamos um período em que a operação da caldeira parecia "normal". Depois, passamos todos os dados de processo pelo modelo estatístico desenvolvido e um sinal de alarme foi gerado indicando a diferença entre o modelo e os dados reais.

Os limites são automaticamente calculados com base no número e qualidade dos dados, e quando o sinal de erro ultrapassa os limites, um alarme é acionado.

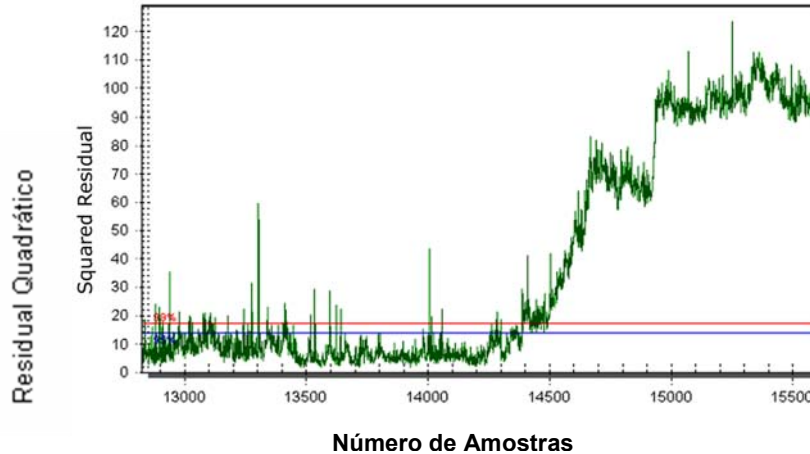


Figura 9: Sinal de Alarme da caldeira. Um alarme é acionado perto do ponto 14500.

A Figura 8 mostra o sinal de alarme. Próximo ao ponto 14500, um evento será desencadeado mais tarde, na escalada para se tornar um alarme, uma vez que o erro não volte para os seus valores normais. Isso representa aproximadamente 2 semanas de prazo avisando o pessoal de operação/manutenção!

8 IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO NA CBM

Como foi mencionado acima, com a 2ª. e 3ª. gerações de equipamentos deu se origem a verdadeira automação dos equipamentos e processos industriais, como a conhecemos hoje.

Na realidade a abordagem CBM é quase que totalmente baseada na coleta em **tempo real** de informações que estão nos Sistemas de Supervisão e Controle, CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e SDCDs (Sistemas Digitais de Controle Distribuído).

Os Sistemas de Alarmes, são importantíssimos para mostrar para a CBM quais são os diferentes limites de operação dos equipamentos e seus componentes.

Os Sistemas PIMS (Plant Information Management System), que são ferramentas de bases de dados históricos de variáveis tem também um valor agregado muito grande para uma CBM, pois por seu intermédio podemos fazer análises nos diferentes estados de funcionamento dos equipamentos.

Enfim, a CBM é uma abordagem que potencializou a utilização dos sistemas de automação, e finalmente ampliou a utilização das variáveis de processo não somente pela operação, produção e processo, mas também pela manutenção. Desta forma os novos conceitos de OEE (Eficiência Global do Equipamento), que pode ser aplicado a equipamentos e também a áreas de produção, bem como de ALM (Asset Lifecycle Management – Gerenciamento do Ciclo de Vida do Ativo)

9 CONCLUSÃO

A CBM é uma abordagem de manutenção, que tem sido utilizada já a mais de vinte anos. Com as grandes quantidades de dados disponíveis nas plantas industriais hoje em dia, a questão central passa a ser determinar quais os dados que devem ser analisados, quando e como. A CBM pode ser implementada com relativa facilidade utilizando algumas das tecnologias mais recentes, com registros, rastreamento e assinaturas de análises de falhas. A avaliação contínua das assinaturas de falhas comparadas com os dados em **tempo real**, pode gerar notificações antecipando para os usuários falhas iminentes, indicando a saúde do equipamento, e também sua vida útil. O resultado é simples; reduzindo o tempo de paradas, eliminando efeitos de falha em cascata, e uma queda em custos de manutenção.

A CBM veio para aproximar a operação da manutenção, e esta que tinha uma atuação off-line, hoje está totalmente conectada em **tempo real** com os equipamentos e a planta como um todo.

Uma estratégia CBM executada com êxito deverá proporcionar um ROI (Retorno de Investimento) de seis a doze meses, aumentando disponibilidade e a confiabilidade da planta a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- 1 “The Reliability Handbook: From downtime to uptime – in no time!” John D. Campbell, Editor. Plant Engineering and Maintenance, Volume 23, Issue 6, December 1999.
- 2 “Reliability Centered Maintenance”, John Moubray, Industrial Press, April 1997
- 3 “Data Mining and Knowledge discovery for process monitoring and control”, X.Z. Wang, Springer-Verlag, 1999.
- 4 ARC Advisory Group