

# Sistema de Manutenção Baseada Em Condição Para Usina Hidrelétrica de Balbina

**Alberto J. Álvares<sup>1</sup>, Edgar J. Amaya<sup>1</sup>, Rosimarci Tonaco<sup>1</sup>**

(1) Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Curso de Sistemas Mecatrônicos. Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900 – Asa Norte – Brasília – DF, Brasil.(alvares@AlvaresTech.com, eamaya@unb.br, rosimarci@hotmail.com)

## RESUMO

A metodologia foi desenvolvida no contexto do projeto Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidrelétricas de Balbina e Samuel, onde o objetivo é o desenvolvimento de um sistema inteligente de manutenção preditiva para a usina de Balbina. A metodologia SIMPREBAL é baseada em conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, sendo utilizada para analisar os modos e efeitos de falhas das Unidades Geradoras Hidráulicas de Balbina a partir das grandezas monitoradas pelo sistema de supervisão e controle da Usina, focando a sua análise no sistema da Turbina. O objetivo é conceber uma metodologia para coleta e análise de dados das unidades geradoras hidráulicas da usina, e a implementação de um sistema computacional com vistas à produção de diagnósticos que auxiliem a tomada de decisão quanto às ações operacionais e de manutenção das máquinas, contribuindo desta maneira ao aumento da disponibilidade dos equipamentos e sugestões para a tomada de decisões dos operadores e o pessoal de operação.

## INTRODUÇÃO

O modelo OSA-CBM (*Open System Architecture for Condition Based Maintenance*) que consiste em sete camadas mostrado na Fig. 1, será utilizado como referência para o desenvolvimento do sistema de manutenção inteligente baseado em condição, maiores detalhes sobre o modelo, podem ser encontrados no *site* <http://www.osacbm.org>. A noção de uma arquitetura estendida em camadas usada aqui é consistente com o conceito usado em Buschman (1996). As camadas hierárquicas representam uma transição lógica ou um fluxo da saída dos sensores para a camada de tomada de decisão, através das camadas intermediárias assim ate chegar à camada de.



Fig. 1: Arquitetura OSA-CBM e suas 7 camadas

A seguir será apresentado um exemplo das sete camadas estudando o caso do mancal combinado do sistema da turbina e como estas se ajustam ao sistema SIMPREBAL que é baseado em manutenção centrada em confiabilidade(MCC). segundo Fleming et al. (1997), a MCC

envolve uma consideração sistemática das funções do sistema, a maneira como essas funções falham e um critério de priorização explícito baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança para a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis tecnicamente e custos eficientes no combate a essas falhas (p.53).

## ESTUDO DE CASO: MANCAL COMBINADO DO SISTEMA DA TURBINA

Esta seção apresenta uma breve explicação sobre os mancais do grupo turbina-gerador, bem como, um estudo de caso utilizando como exemplo o mancal combinado. O mancal combinado do sistema é responsável por suportar o empuxo radial do eixo da turbina e o empuxo hidraulico vertical. O arranjo dos mancais do grupo turbina-gerador mostrado na figura 2 é o seguinte: o mancal de guia inferior ou mancal da turbina é colocado próximo à extremidade inferior do eixo, na tampa superior e compatível com o arranjo e o acesso à vedação do eixo; o mancal combinado ou mancal guia-escora é suportado por uma estrutura cônica apoiada na tampa superior; e o mancal de guia superior ou mancal do gerador é locado imediatamente acima do rotor do gerador, no centro da aranha superior do gerador, cujo peso deve ser suportado pela carcaça do estator, mas as forças radiais do mancal devem ser suportadas pela estrutura de concreto.

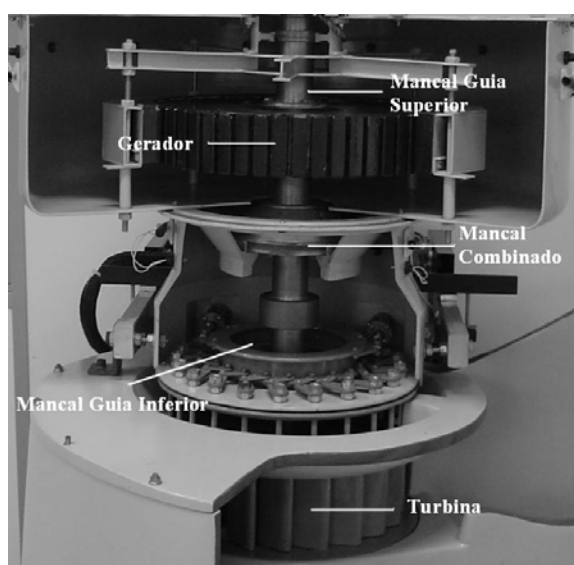


Fig. 2: Maquete de uma Unidade Geradora Hidráulica

Uma vez definida as funções do sistema utilizando as sete camadas do modelo OSA-CIM, pode-se definir os módulos das camadas para o sistema em estudo do mancal combinado.

*Módulo de sensor:* A aquisição de dados necessários para o processamento da informação relativo ao mancal combinado, a obtenção dos TAGs referentes a cada equipamento é feita via OPC e/ou SQL para TAGs da instrumentação Fieldbus Foundation da Smar da serie 302 é feita segundo Smar (2001), e os banco de dados da Rockwell via JDBC mostrado na Fig. 3.

*Processamento de sinal:* O sistema deve acessar os dados da Usina de Balbina a partir dos Bancos de Dados SQL utilizados pelo Sistema de Monitoramento de Balbina, Sistema de Gestão de Operação e Manutenção ou diretamente da instrumentação Fieldbus e Rockwell por meio do servidor OPC mostrado na Fig. 3, sendo que estes disponibilizam as informações on-line dos equipamentos. Para obtenção das variáveis on-line via OPC de acordo as configurações dos blocos funcionais segundo Smar(2005), esta-se desenvolvendo um programa para aquisição das TAGs necessárias pra avaliação dos equipamentos em C/C++ e uma interface C/C++ com Java através de JNI (Java Native Interface).

*Monitoração de Condição:* Esta camada determina a condição do sistema atual, subsistema, ou indicadores de condição de componente baseando-se em algoritmos, sistemas inteligentes e na

saída dos módulos de sensores e processamento de sinal. É possível fazer o uso de histórico de condição local e fornecer parâmetros para o modelo. Duas dimensões devem ser consideradas: primeira, o sistema *Assetview* da Smar e o sistema *MES Maximo* fornecem análises relativa à condição da instrumentação *FieldBus*; segunda dimensão, o sistema *SIMPREBAL* fornece a condição do sistema monitorado. Um exemplo de regras de produção pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Regras de produção e Possíveis dificuldades de funcionamento

Condição	Falha	Causa provável	Solução
Pressão de Oleo > 60bar	Trocador de calor sujo	Sujera nas placas do trocador de calor ativo.	Fazer o Bypass para o outro trocador de calor e Limpar as placas do trocador sujo.
Nível de Oleo na cuba <15mmH2O	Falta de óleo na cuba	Vazamento de oleo	aumentar oleo na Cuba
Temp. do metal mancal > 75 °C	Vibração crescente	Funcionamento com cargas abaixo do nominal.	Evitar que a unidade geradora funcione por tempo demasiado com cargas baixas.

*Avaliação de saúde:* Na primeira dimensão o conversor *FieldBus* e o sistema *Assetview* da Smar fornecem a avaliação da saúde da instrumentação *FieldBus*. Na segunda dimensão o sistema *SIMPREBAL* fornece a avaliação da saúde do sistema monitorado. A avaliação da saúde do equipamento ocorre através da extração das características de cada equipamento e posterior detecção de anomalias e diagnósticos dos mesmos. Para tanto, deve-se criar um conjunto de regras de produção mostrado na Tabela 1, que seja capaz de expressar e avaliar a condição atual do equipamento, evitando desta forma uma possível falha/falta.

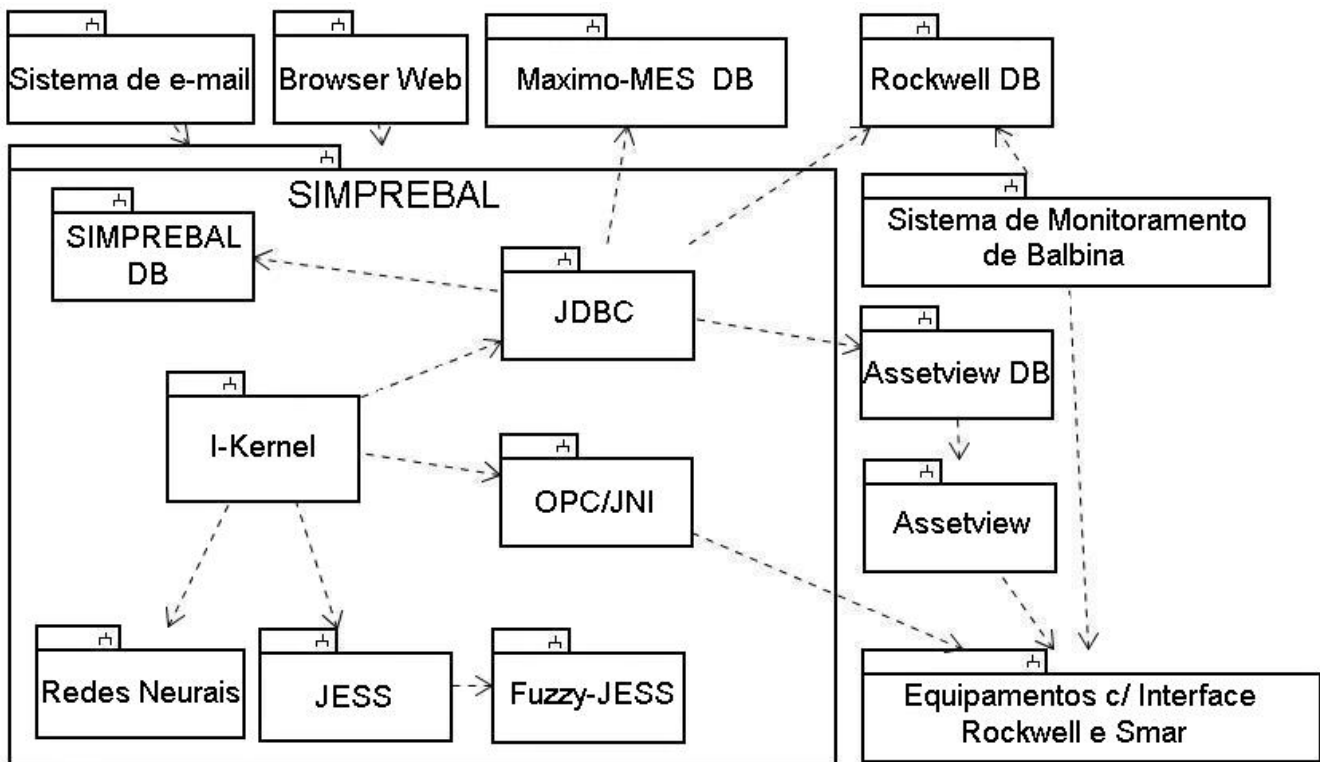


Fig. 3: Visão Geral do Projeto SIMPREBAL, demonstrando o I-Kernel e sua interação.

*Prognósticos:* Na tarefa de prognóstico, considera-se a avaliação da saúde do sistema, subsistemas, componentes, o escalonamento empregado (predição de uso) e a capacidade de raciocínio do modelo para prever o estado de saúde do equipamento. O sistema *SIMPREBAL* irá utilizar abordagem baseada em Sistemas Inteligentes enfocando a utilização de Sistemas Especialistas,

Lógica Fuzzy e Redes Neurais, para o qual temos que ter um modelo fuzzy, já que segundo Tanaka & Wang (2001), para se construir um sistema fuzzy, é preciso obter um modelo fuzzy de Takagi-Sugeno do sistema. Um prognóstico é sugerido a partir das informações dos módulos anteriores. Este pode ser baseado em modelos pré-estabelecidos ou feito considerando as características encontradas na avaliação de saúde.

*Tomada de decisão:* Integra informações necessárias para a tomada de decisão, considerando informação sobre a saúde dos equipamentos e para predizer a saúde de um sistema e/ou subsistema. O sistema SIMPREBAL irá realizar a tomada de decisão baseando-se na sua base de conhecimento gerada a partir da árvore de faltas/falhas, da árvore de sintomas, e pelas informações de inspeções realizadas pelo sistema TPM (Manutenção Produtiva Total), segundo Wyrebski (1998) hoje é considerada uma metodologia que auxilia na redução de ocorrência de falhas em instalações de máquinas e equipamentos nas empresas. Nesse módulo o sistema inteligente apresenta algumas sugestões para a solução do problema, cabe ao usuário tomar a decisão mais aplicada.

*Apresentação:* Suporta a apresentação de informação para o controle das entradas dos usuários de sistemas (por exemplo, manutenção e operação). As saídas incluirão qualquer informação produzida pelas camadas mais baixas e as entradas incluirão qualquer informação requerida pelas camadas mais baixas. Fornece também a interface homem/máquina, a interface será desenvolvida para GUI (Interface Gráfica com o Usuário) baseada em browser (Netscape, Mozilla, Iexplore, entre outros) usando html, XML, javascript e applets (Java).

## CONCLUSÃO

Com a proposta apresentada no presente artigo, espera-se mostrar sugestões de manutenção para os operadores e o pessoal de manutenção antes que o equipamento apresente problema. Esse processo de manutenção é conhecido como manutenção preditiva e é baseada em confiabilidade. O sistema SIMPREBAL será desenvolvido usando técnicas de IA (Inteligência Artificial) como regras de produção, Lógica Fuzzy e redes neurais, o que facilitará o processo de tomada de decisão, visto que um dos objetivos do sistema é avaliar e monitorar o equipamento para oferecer prognósticos confiáveis. Permitindo dessa maneira que o operador possa tomar decisões de manutenção com base em informações geradas pelo sistema. O Sistema Inteligente SIMPREBAL auxiliará na tomada de decisão sugerindo prognósticos, para que a manutenção do equipamento possa ocorrer antes que a falha no mesmo ocorra. Isto implica em ganho de tempo e maior confiabilidade do sistema da usina. Vale ressaltar que a metodologia aqui proposta ainda está em fase de elaboração, resultados concretos serão obtidos posteriormente.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Eletronorte, Manaus Energia e ao Eng. Antonio Araújo da Eletronorte pelas informações cedidas que foram de extrema importância para o desenvolvimento do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Buschman, Frank, *“Oriented Software Architecture A System of Patterns”*, England; 1996
- Fleming, P. V.; França, S. R.R. O., *“Considerações Sobre a Implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos”*, Abraman 12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT044, São Paulo, (1997).
- Smar, *“Equipamentos de Campo série 302 Foundation. Manual de instalação, operação e manutenção”*, (2001)
- Smar, *“Manual de instruções dos blocos funcionais Fieldbus Foundation”*, (2005).
- Tanaka, K. Wang, H.O., *“Fuzzy control systems design and analysis a linear matrix inequality approach”*, New York: John Wiley & Sons (2001).
- Wyrebski, J., *“Manutenção Produtiva Total um Modelo Adaptado”*, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, (1998).