



**XXII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTM/29  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - XIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES - GTM**

**OS SISTEMAS DE MONITORAÇÃO SÃO UTILIZADOS E CONTRIBUEM EFETIVAMENTE PARA MELHOR O&M?**

**Francisco Roberto Reis França(\*)  
ELETRONORTE**

**Norberto Bramatti  
ELETRONORTE**

**Antonio Augusto Bechara Pardaul  
ELETRONORTE**

**RESUMO**

Manutenção com Base na Condição, instalações desassistidas e sistemas de monitoração são assuntos atuais dos gestores do sistema elétrico após a mudança ocorrida no mercado brasileiro que busca rentabilidade dos ativos e imposto limitações às instalações de transmissão e geração, com a postergação de ampliações e aumento do risco operacional. A necessidade de redução do custo, exigência de máxima disponibilidade e utilização dos equipamentos em seus limites ocasionaram uma inevitável corrida aos sistemas de monitoração. Mas, estes, em geral, estão sendo planejados, utilizados e contribuem para obter melhores resultados nos indicadores de O&M, na Eletronorte? É o assunto deste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE**

Monitoração, monitoramento, automação, disponibilidade, confiabilidade.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Na Eletrobras Eletronorte, a pedido da Diretoria de Operação, foi analisado criticamente o universo de sistemas de monitoração instalados com o objetivo de responder a questão: **Os sistemas de monitoração são utilizados e contribuem efetivamente para obter melhores resultados nos indicadores de O&M?** Esse assunto ganhou destaque a partir da proposta de fornecedor internacional que motivou a avaliação da estratégia até então adotada de desenvolvimento próprio com um produto disponível no mercado internacional. No presente trabalho, a partir de consulta aos usuários, especialistas e gestores dos principais empreendimentos da empresa e propostas formuladas em Plano de Ação elaborado com objetivo de aperfeiçoar os sistemas de monitoração existentes são apresentadas recomendações para tomada de decisão quanto à continuidade do desenvolvimento próprio ou a adoção de sistema de monitoração comercializados no mercado internacional, analisada a contribuição dos Projetos P&D ANEEL para a melhoria do monitoramento em geral e a incorporação e utilização de ferramentas de planejamento e gestão da operação e manutenção nos sistemas de monitoração. A consulta procurou saber se os sistemas de monitoração em uso na empresa têm contribuído para: 1) Aumento da disponibilidade de unidades geradoras e equipamentos de transmissão? Por quê? 2) Aumento da capacidade de geração contratada e energia produzida e redução do número de paradas de máquina e tempo de desligamento? 3) Auxílio no planejamento e execução das atividades previstas no Programa Anual de Manutenção comprovado pelos indicadores de PV – Parcela Variável? 4) Prevenção de desligamentos, paradas intempestivas de unidades geradoras e equipamentos de transmissão e melhora no desempenho dos equipamentos em geral? 5) Facilitar a operação e manutenção, diminuir viagens a serviço e reduzir o custo de O&M? 6) Permitir a análise e o diagnóstico adequado de unidades geradoras e equipamentos de transmissão a partir das Normas internacionais e brasileiras e atendimento a Resoluções ANEEL ou pelo contrário, ações de operação e manutenção são tomadas com base empírica? 7) Por que mesmo possuindo sistemas de monitoração desenvolvidos na empresa, instalados e funcionando perfeitamente e atendendo os requisitos de O&M exigidos em algumas Regionais, outras Regionais não os utilizam

(\*) Endereço Autor Responsável, Rodovia Artur Bernardes 2172, Miramar, Telegrafo Sem Fio, Belém – Pará, CEP 66.115-000 – Brasil, Tel: (+55 91) 3257-1966 – Fax: (+55 91) 3257-4376 – Email: [francisco.franca@eletronorte.gov.br](mailto:francisco.franca@eletronorte.gov.br).

e/ou adquirem sistemas de monitoração de desenvolvimento e fabricação externa a Eletronorte?, e 8) Por que sistemas de monitoração desenvolvidos a partir de projetos P&D ANEEL e/ou verba institucional CEPEL com resultados finais significativos e importantes não são utilizados na empresa e/ou não ganham confiança dos usuários e ampla utilização?

## 2.0 - SISTEMAS DE MONITORAÇÃO – PORQUÊ?

Muitas empresas para enfrentar o desafio de reduzir custos e melhorar a operação de suas plantas industriais, uma demanda simultânea dos acionistas e proprietários face as limitações impostas pelos mercados e regulação, passaram a adotar o denominado método de gestão de ativos (Roldão, 2010). Na prática, entretanto, enfrentam grande obstáculo na implementação desses métodos gerenciais, com elevados custos financeiros e resultados inferiores aos almejados. Buscam alternativas e métodos para reverter a situação, sendo os sistemas de monitoração e diagnóstico (SMD's) uma das escolhas mais adotadas. Para fazer a gestão moderna de seus ativos de transmissão e geração, na Eletronorte não fez diferente. Para alcançar esse objetivo o fator preponderante em relação a todos os outros é identificar os processos que acarretam a redução da confiabilidade, disponibilidade e capacidade (Smith, 2007). Neste trabalho são descritas as aplicações do conceito de gestão de ativos, as constatações identificadas nas unidades de transmissão e geração (hidrelétricas) e termelétricas e os resultados e as melhorias que estão planejadas para aprimorar os referidos sistemas de monitoração.

### 2.1 – CONSULTA AOS USUÁRIOS, ESPECIALISTAS E GESTORES.

#### 2.1.1 Constatações sobre os atuais sistemas de monitoração, na Eletronorte.

Segue as respostas à consulta. Os sistemas de monitoração atualmente instalados nas usinas e subestações tem pouco contribuído para o aumento da disponibilidade de unidades geradoras (hidrelétricas e termelétricas) e equipamentos de transmissão (transformadores, reatores, compensadores síncronos, compensadores estáticos e linhas de transmissão). Para o aumento da disponibilidade, o mais provável é que os sistemas de monitoração não estejam sendo utilizados, com exceção daqueles sistemas informatizados que são de tecnologia tradicional de supervisão, sendo exemplo exitoso, o SAGE. Também não foram constatadas evidências de que há algum subsídio maior a tomada de decisão com base nas informações oriundas dos sistemas de monitoração já instalados nas plantas exceto apenas casos isolados que utilizam o DianE, o SIGLACEN e o próprio SAGE.

O mais provável para o atual estágio de utilização de sistemas de monitoração é que não há uma orientação (ou determinação!) da área estratégica da empresa, para que as áreas táticas e operacionais levem em conta o subsídio dos SMD's e, por conseguinte, nem da área tática para a área operacional. Não há uma sistemática de utilização das informações em nível de empresa. Portanto fica difícil o subsídio a partir dos SMD's chegar até os fóruns de tomada de decisão e como não há uma política de padronização dos SMD's, as informações fornecidas pelos mesmos estão mais formatadas pelo ponto de vista do desenvolvedor do que pelos utilizadores (operadores e mantenedores). Isto dificulta a utilização (leitura, interpretação e divulgação) das informações no dia-a-dia, traduzido por diminuta contribuição dos sistemas de monitoração as decisões de O&M.

Os SMD's também têm contribuído de forma incipiente para aumento da capacidade da geração contratada e, na transmissão, para redução da PV – parcela variável, número e tempo de parada. A "Operação" já está mais acostumada a utilizar o apoio dos recursos de informática embarcados na planta, isto se deve muito a utilização da tradicional tecnologia de supervisão (Sistema Supervisório), que está mais próximo da *Operação* que da *Manutenção*. Como nas plantas de geração existe o SAGE supervisionando (ou outro sistema *Scada*) é possível que nas usinas a contribuição dos sistemas de SMD's aconteça com alguma escala de significância neste quesito de aumento da disponibilidade e capacidade de geração. Quanto aos sistemas de monitoração fora do âmbito de supervisão há incipiente utilização, realizada esporadicamente e sem sistemática.

Pouco tem ajudado no planejamento e na execução das atividades de manutenção planejada e, dessa forma, pouco contribuído para a redução da PV – parcela variável, número e tempo de parada. Na transmissão, salvo os sistemas supervisórios voltados para a operação, os demais SMD's estão pouco contribuindo, salvo alguma utilização de iniciativa pessoal e isolada. Seria importante haver dois programas de manutenção: um da manutenção preventiva no tempo - TBM e outro da manutenção preditiva com base nos SMD's existentes na planta - CBM. Isso permitiria o surgimento de uma cultura de uso da manutenção preditiva e uma crítica e aprimoramento nos recursos utilizados, já instalados.

De forma pouco importante tem contribuído na prevenção de desligamentos e/ou paradas intempestivas de unidades geradoras e equipamentos de transmissão. No caso da geração, a atuação da Operação sempre está bem subsidiada pelos sistemas supervisórios. Há de se deduzir que existe alguma contribuição dos atuais sistemas de monitoração na tomada de decisão, mesmo sem uma sistematização padrão, na empresa.

Na Eletronorte, os atuais sistemas de monitoração, utilizam modernas tecnologias de sensores e transdutores, aquisição de sinais, transmissão de dados e acesso remoto a sinais, dados e controle e tem contribuído de forma pouco importante na redução das viagens a serviço para instalar, testar e colocá-los em operação. Neste caso

específico, contribuiria bastante se houvesse padrões para o desenvolvimento e aquisição de SMD's e acesso sistematizado de todos os colaboradores em qualquer parte da empresa. Esta melhoria está relacionada a uma cultura de utilização dos SMD's, pois as informações sobre os diversos equipamentos monitorados já se encontram a disposição dos usuários no banco de dados dos próprios SMD's.

São sugestões para os sistemas de monitoração a serem desenvolvidos ou retrofitados ou adquiridos no futuro:

- a) Padronização de IHM's (interface homem máquina) facilitando a consulta em todos os níveis de atuação dos colaboradores, de forma que o acompanhamento da *condição* dos equipamentos acontecesse sistematicamente possibilitando subsídio a decisão.
- b) IHM's com linguagem acessível a todos e apresentando diagnósticos *donw-top*, do mais simples ao mais sofisticado, chegando a informações a nível de engenharia.
- c) Acesso dos usuários de forma corporativa, isto é, onde houver um ponto da rede, acesso controlado permitido.
- d) Utilizar somente softwares afins e adequados ao sistema operacional do computador do usuário.
- e) Utilizar normas modernas de análise com informações adquiridas pelos sistemas de monitoração não dando preferência a métodos e critérios baseados no conhecimento empírico.
- f) Uniformizar os sistemas de monitoração pelas Regionais impedindo a aquisição de fabricantes e fornecedores externos e harmonizando as práticas relativas aos SMD's.
- g) Dar crédito aos Projetos P&D ANEEL e CEPEL sobre monitoramento evitando os usuários tenham comportamento pessoal em relação aos novos equipamentos.
- h) Adotar filosofias comuns e cobrar resultados, principalmente com relação às IHM,s e a promoção de treinamentos corporativos valorizando a cultura de utilização de SMD e manutenção preditiva.
- i) Os sistemas de monitoração na Eletronorte são visto como "propriedade do CEPEL ou do Centro de Tecnologia; seus resultados não são agregados sistematicamente ao acervo de informação da unidade, até por ser na maioria das vezes, identificados como experimentais, pratica que deve ser mudada mediante esclarecimento adequado.
- j) Adotar por parte do CEPEL ou do Centro de Tecnologia práticas sistematizadas de instalação e comissionamento para os novos SMD's evitando que os colaboradores da planta se vejam como apoio aos instaladores e não como recebedores do ativo em instalação, que contribui para o distanciamento dos usuários aos SMD's.

#### 2.1.2 – Reflexões sobre Sistemas de Monitoração

A Monitoração e Diagnóstico – M&D de equipamentos é ferramenta básica da Manutenção Preditiva – MP, portanto, pode oferecer medidas e informações físicas que possibilitam garantir o resultado maior que é o "Controle da Planta de Produção" – CPP. Deste modo é imprescindível que haja uma Política de MP que norteie todo um comportamento operacional neste ambiente. E esta deve ser a primeira demanda da empresa. A política estabelecerá caminhos para a MP com diretrizes, por exemplo, para a convivência com a Manutenção Preventiva com Base no Tempo- TBM (Suzuki, 1994). Um programa de MP que testará se os diagnósticos que o subsidiam são coerentes e corretos e servirá também para "capacitar" o pessoal de manutenção a praticar a MP.

A política discernirá entre monitoração e diagnóstico, que é fundamental. Monitoração é *popular*, está disponível (os tipos/métodos de monitoração já consagrados) nas principais prateleiras do ramo. Após a discussão do custo/benefício a engenharia (se equipamento novo) ou a operação (se retrofit) decidirão pela melhor solução para cada planta, ou mesmo uma solução comum para as plantas semelhantes. Diagnóstico é *particular*, tem a ver com a cultura da empresa (e, portanto levando em conta as suas práticas operacionais padronizadas), apesar da fundamentação estar no conhecimento científico, normas (ISO ... IEC) e melhores práticas. Sua implementação deve ser corporativa, deve estar a disposição em qualquer ponto da empresa e até mesmo na internet, com acesso controlado. A política dirá quem será o "dono" desta nova área operacional formada por colaboradores da eletromecânica (especialistas nos equipamentos elétricos/mecânicos/eletrônicos) e de TI (tecnologia da informação). A Tecnologia de Informação - TI será especializada em controle automatizado de equipamentos de alta tensão e acessório (ancilares) e dela faz parte o conhecimento de protocolos específicos, normas, banco de dados, telecomunicações embarcadas (links de fibra ótica e wireless). A política definirá diretrizes para padronização de equipamentos e softwares, de procedimentos, do histórico (de dados) da empresa, enfim, o que agrega valor como diagnóstico no pensamento estratégico da empresa.

#### 2.1.3 – Ferramentas à disposição de usuários, especialistas e gestores.

Cada vez mais as equipes de operação e manutenção devem ser eficientes e desenvolver atividades planejadas e coordenadas para atingir as metas e eliminar os gap's conforme determinado pelos gestores dos ativos. É fundamental que, inicialmente, sejam identificados os gap's existentes entre a situação atual e a situação almejada. Uma vez identificados as causas dos gap's estas precisam ser analisadas e medidas apropriadas definidas para implementar melhorias, bloquear causas e eliminar as perdas decorrentes e origem dos referidos gap's. Após implementadas as medidas, os resultados atingidos devem ser quantificados e seus valores analisados e criticados levando em consideração inclusive o custo de sua implementação face os benefícios decorrentes.

Muitos são os mecanismos que a Eletronorte dispõe para fazer essa identificação e análise de gap's, todos oriundos de métodos internacionais de análise como a árvore de perdas, a análise PM, o método dos Porque's (Why? Why?) oriundas do TPM – Manutenção Produtiva Total, além do tradicional CAPDo – Check, Análise, Planejamento e Execução tendo ao longo das duas últimas décadas oferecido diversos treinamentos aos seus operadores e mantenedores, treinados e aptos a utilizar essas importantes ferramentas de análise e planejamento. Somados aos mecanismos oriundos do TPM – Manutenção Produtiva Total, a Eletronorte também tem oferecido aos seus operadores e mantenedores treinamentos sobre análise de criticidade usando o método RCM – Manutenção Centrada na Confiabilidade para identificar “gargalos” e pontos vulneráveis nos seus processos produtivos. Essa tendência a aplicação do RCM e suas principais ferramentas como o método FMECA – Modo do Efeito da Falha e Análise de Criticidade que identifica o impacto da falha a nível de componente, no processo produtivo como um todo (Selby, 2012).

Com todas essas ferramentas disponíveis e mais o MTBF - Tempo Médio entre Falhas e o MTTR - Tempo Médio para Reparo disponíveis em Sistemas Informatizados de Controle de Gestão como o Módulo PM, do ERP R3 / SAP a empresa dispõe de potente ferramental para identificar os riscos dos ativos e planejar ações de controle e minimização. Então, a utilização destes a partir da aquisição de dados automatizados, sua análise, emissão de diagnóstico, cálculo de performance, determinação da confiabilidade devem ser os pontos fundamentais na definição do que se deseja e espera de um sistema de monitoração. Assim, as metas de um projeto de melhoria da operação e manutenção – O&M devem ser as bases para a especificação da funcionalidade de qualquer Sistema de Monitoração, Medida da Performance e Cálculo da Confiabilidade – CPRM (Condition, Performance and Reliability Monitoring System) (Smith, 2009).

O resultado da análise realizada com uma ou algumas das ferramentas disponíveis revelam as características operacionais mais relevantes, por exemplo, a disponibilidade e a capacidade de geração. A primeira característica mais importante nos ativos de transmissão e a segunda em uma usina de geração, respectivamente. Estas são as características críticas com impacto no objetivo maior do negócio. Então, fica decidido a base da análise e o planejamento da melhoria dos processos de operação e manutenção com foco no aumento da disponibilidade e capacidade de geração, não deixando de considerar a minimização do risco futuro de desligamento. A fim de implementar a melhoria é importante conhecer a situação presente e definir as metas de forma a suplantarem o gap que se estabelece da comparação dos dois estados, que organizadamente poderá ser feito seguindo a análise por objetivos, conforme a Figura 1.

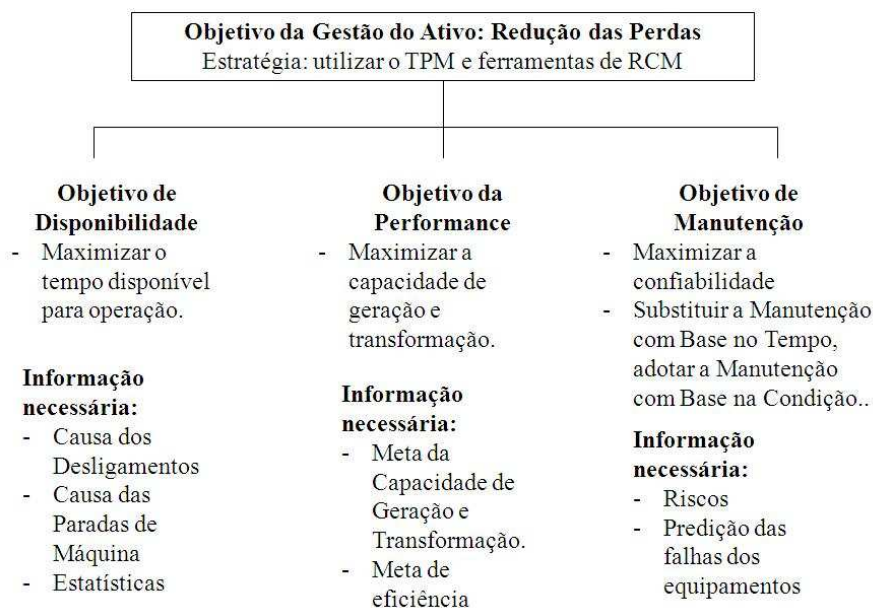


FIGURA 1 – Objetivos da Gestão de Ativos – Organização Sistemática da Análise.

## 2.2 PROPOSTA PARA NOVOS SISTEMAS DE MONITORAÇÃO - PLANEJAMENTO

A Eletronorte constantemente analisa opções para realizar melhorias operacionais em seus processos para atender as demandas de seus clientes e do mercado, quer seja na transmissão como na geração de energia elétrica. O objetivo a ser alcançado é a gestão dos ativos de tal forma que, tanto na transmissão quanto na geração, sejam atendidas as demandas de curto e médio prazo com as menores perdas possíveis. Estas se caracterizam por desligamentos intempestivos de equipamentos ou impedimentos operacionais por qualquer motivo, refletindo na

disponibilidade e na diminuição da capacidade de produção, quer seja na transmissão – limitação de carga, por exemplo, quer na geração – limitação de máquinas (conjunto turbina – gerador). Os principais aspectos da gestão dos ativos a serem considerados são:

- i) Identificar os “gargalos” e “gaps” que comprometem o resultado esperado pela empresa em sua totalidade;
- ii) Definir e implementar melhorias continuamente;
- iii) Medir e controlar os resultados alcançados e zelar pela sua manutenção, impedido retrocessos.

Um aspecto chave da gestão de ativos é, portanto, conseguir os melhores resultados possíveis e a fixação desses resultados se não for possível suplantá-los continuamente, ou seja, jamais regredir. Este trabalho descreve então o que se pretende fazer com objetivo de, analisada a atual metodologia de desenvolvimento de sistemas de monitoração na Eletronorte, buscar a incorporação de ferramentas de análise de O&M.

#### 2.2.1 - Aproveitamento de experiências exitosas com Sistemas de Monitoração.

Sistemas de Monitoração de desenvolvimento próprio ou de aquisição no mercado internacional são atualmente utilizados na empresa com bons resultados no acompanhamento operacional dos equipamentos, mas de pouco vinculação ao Programa Anual de Manutenção. Apesar de isolados e não integrados aos processos de planejamento e análise de Operação e Manutenção, Sistemas de Monitoração estão presentes em grandes instalações da empresa, como: Divisão de Transmissão de Vila do Conde – OTPV: VIBROCOMP, instalado nos 02 compensadores Síncronos; Divisão de Transmissão de Marabá – OTPM: VIBROCOMP instalado no Compensador Síncrono. Divisão de Geração de Tucuruí – OGHT: SIMME instalado em 10 unidades geradoras principais e em 01 Unidade Geradora Auxiliar da 1ª Casa de Força, sendo responsável pela operacionalização a Divisão de Engenharia de Operação e Manutenção – OGHE, que já detectou 03 ocorrências cujas conseqüências foram evitadas, pelo acompanhamento preditivo no SIMME (Sena, 2011); Divisão de Geração de Samuel – OGHS: possui o SIMME instalado em 03 unidades geradoras, sob responsabilidade operacional da Divisão de Engenharia de Operação e Manutenção – OGHE; Divisão de Geração Hidráulica do Amapá – OAPH: com o SIMME instalado nas 03 unidades geradoras da Usina Coaracy Nunes; Divisão de Geração Térmica do Amapá – OAPG: com o Sistema COMPASS, do fabricante B&K – Bruel & Kjaer, instalado nas 03 unidades geradoras a gás LM2500 e juntamente com a Gerência de Manutenção Mecânica – OEMG o Centro de Tecnologia da Eletronorte ao final de outubro de 2012 realizou troca de componentes e concluiu o Comissionamento e a Homologação desse sistema.

#### 2.2.2 - Avaliação Sistematizada do Desempenho dos Sistemas de Monitoração instalados.

“Em 29 de setembro realizamos no OCT reunião com a OGHE, avaliamos os SIMME’s instalados nas UHEs de Tucuruí e Samuel, reprogramamos a instalação nas máquinas pendentes, bem como iniciamos o processo de instalação do SIMME na Divisão de Geração de Curuá-Una – UGHC. Veja cronograma em anexo com todas as programações da OGH para o SIMME. Caso deseje mais detalhes sobre a reunião podemos conversar”. Reuniões motivadoras como estas são estratégicas para integrar desenvolvedores, usuários (operadores e mantenedores) e gestores, com objetivo também de sensibilizar todos sobre a importância dos sistemas de monitoração.

#### 2.2.3 – Requisitos de Projeto para um Sistema de Monitoração.

- a. Desenvolvimento e implementação em módulos utilizando uma mesma plataforma e permitindo a troca coerente de informações entre módulos (Kroening, 2012). Os principais módulos que devem constituir um sistema de monitoração são: i) supervisão da condição quando os equipamentos estiverem desligados (transformadores desligados, na transmissão e turbinas paradas, na geração, por exemplo); ii) supervisão da condição quando os equipamentos estiverem em operação; iii) autodiagnóstico do próprio sistema de monitoração, garantindo seu funcionamento confiável; iv) módulo de supervisão e cálculo da confiabilidade; v) módulo de supervisão, cálculo e prognóstico da performance; vi) módulo de diagnóstico dos equipamentos tanto em condição desligado quando na condição em operação (energizado / máquina rodando, no sistema elétrico). Módulos desenvolvidos na mesma plataforma de software facilitarão a integração e a comunicação entre módulos. O acesso do usuário será mais rápido e eficiente, pois a navegação e a troca de informações complementares entre módulos estarão a um “click” de mouse.
- b. Facilidade de integração entre desenvolvedores, operadores e mantenedores gerando envolvimento dos últimos nas etapas pré-operacional de colocação em serviços (especialmente dos operadores, pois tradicionalmente detêm mais acesso aos equipamentos) fato que muito contribuirá para o controle da qualidade das informações de entrada. Assim, um sistema de monitoração deverá ser visto pelos operadores como uma ferramenta de trabalho para executarem relatórios mais eficientes, para planejar, executar e revisar

manobras operacionais e para definir ações corretivas sempre necessárias levando em consideração tempos de restabelecimento dos maiores desligamentos ou com causas mais severas.

- c. Supervisão da condição quer em estado de desligado (maquina parada) ou ligado (energizado ou máquina em operação) que forneça aos operadores informações para que possam executar suas manobras de forma eficiente e simples, o que as torna mais rápidas deixando-os livres para outro tipo de atividade. As informações com essa finalidade exigem forte integração entre estes módulos e o módulo de supervisão e calculo da confiabilidade.

## 2.3.PROPOSTA PARA NOVOS SISTEMAS DE MONITORAÇÃO - IMPLEMENTAÇÃO.

### 2.3.1 –Fluxo, Distribuição e Utilização da Informação.

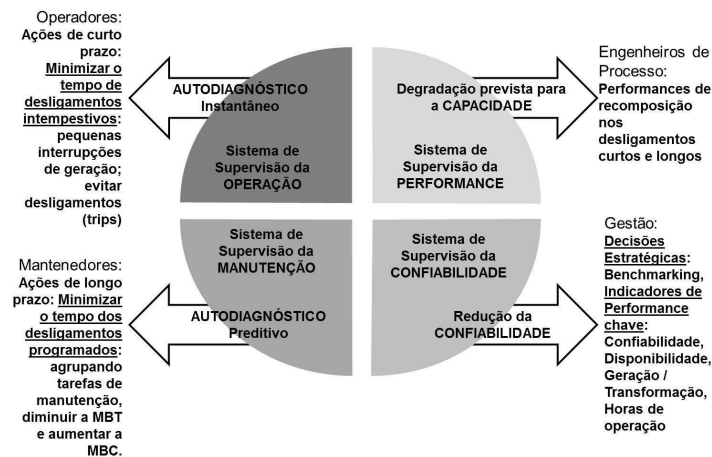


FIGURA 2 –Fluxo, distribuição e utilização da Informação

A distribuição da informação a partir de um sistema de monitoração é uma das etapas mais importantes e um dos principais objetivos da gestão de ativos. Indivíduos – operadores e mantenedores e diferentes grupos de usuários com a informação adequada para sua respectiva responsabilidade poderão tomar as providências necessárias para cumprir o seu papel. A Figura 2 mostra que um Sistema de Monitoração, Medida da Performance e, Cálculo da Confiabilidade – CPRM, deve ser capaz de apresentar informações distintas para operadores, mantenedores, gestores e engenheiros de processo. Cada grupo de usuários tem seu próprio interesse e realiza ações com a informação adequada a sua responsabilidade e contribuição ao objetivo global da gestão do ativo.

Os operadores recebem direta e imediatamente informações sobre as ações que devem executar de forma a normalizar e religar o sistema elétrico, e fornecer informações para análise da ocorrência. Engenheiros de manutenção recebem informações sobre problemas de grande importância como um desgaste anormal, o aparecimento de deterioração no óleo isolante, e orientam sobre a correção da anormalidade no seu devido tempo. Engenheiros de processo recebem informação sobre o comprometimento da performance para que avaliem impacto nos indicadores chave de produção. Gestores recebem informação sobre os Indicadores Chave Estratégicos – KPI's (confiabilidade, disponibilidade e capacidade de geração), suas tendências e gap's em relação aos valores de benchmark.

### 2.3.2Criação de Política e Gestão dos Sistemas de Monitoração

Em 08.05.2012 foi publicada a portaria DO-069-2012, que criou o grupo de trabalho (GT) para elaborar relatório sobre os sistemas de monitoramento existentes na Eletronorte, contendo proposta para revitalização, integração e implementação de diagnóstico automático. A solução proposta pelo GT e aprovada pela Diretoria da Eletronorte projeta os seguintes resultados: (a) Todas as unidades geradoras da empresa equipadas com monitoramento mecânico de diversas grandezas físicas (elétricas e mecânicas), monitoramento da curva de rendimento e das condições do anel coletor; (b) SIMME integrado ao SAGE e sistema supervisório das usinas; (c) IMADP (descargas parciais) instalado em todas UGH's da UHE Coaracy Nunes e Samuel; (d) SIMME instalado em paralelo com o Vibrosystm na casa de força 2 da UHE Tucuruí; (e) Sistema de Diagnóstico Automático operando em todas as usinas.

A opção da empresa foi pelo desenvolvimento próprio a partir do Centro de Tecnologia da Eletronorte, em seus laboratórios de Miramar, Belém, Pará por possuir sistema de diagnóstico automático implementado, fruto de desenvolvimento próprio e outros Projetos P&D ANEEL, em fase de validação e que precisa ter seu desenvolvimento continuado. Para esta decisão a empresa comparou investimento para desenvolvimento próprio,

suas vantagens e desvantagens e o custo de aquisição de sistema de monitoração oferecido no mercado internacional (importado) para monitoramento de grandezas mecânicas, descargas parciais, e diagnóstico automático.

Tendo em vista o exposto foi deliberado o investimento para revitalização, integração e implementação de diagnóstico automático dos sistemas de monitoração das unidades geradoras da Eletronorte, nos termos da proposta e cronograma apresentados no Relatório Final do GT e a transformação deste GT no Grupo de Monitoramento da Eletronorte com atividades definidas em portaria DO-069-2012 e, pela aprovação da instalação do SIMME em paralelo com o Vibrosystm em uma máquina da 2ª casa de força da UHE Tucuruí, até 30.06.2013, para efeito acompanhamento e diagnósticos de condição, estudos e desenvolvimentos.

### 2.3.3 Análise Crítica dos Resultados dos Projetos P&D ANEEL e seus Aproveitamentos.

Diversos Projetos P&D ANEEL foram desenvolvidos ao longo dos últimos 10 anos, o período de vigor da Lei 9.991 sobre assuntos relacionados a sistemas de monitoração desde os sensores e transdutores, aos sistemas de conversão analógico digitais, hardware e software de tratamento de sinais e tratamento de informação e banco de dados. Estes projetos dados como encerrados na fase acadêmica da pesquisa e em numero razoável envolvem tecnologia de sensores, telecomunicações, sistemas de análise e diagnóstico. A questão de sensores, transdutores e aquisição e tratamento de sinais é multidisciplinar e envolve desde a tecnologia de hardware (criação física de novas soluções) às ciências da computação (sistemas para processamento de dados) passando pelo processamento de sinal, pelas tecnologias de comunicação, pelos sistemas de diagnóstico e de ajuda à decisão e até pelo controle automático e robótica (Miranda, 2013).

Uma solução implementável numa empresa como a Eletronorte visando aplicação em sistemas de monitoração e diagnóstico (SMD's), os também denominados Sistemas de Monitoração, Medida da Performance e Cálculo da Confiabilidade – CPRM (Condition, Performance and Reliability Monitoring System) é necessariamente multidisciplinar. Ora esta necessidade contrasta geralmente com as características dos grupos de pesquisa, que tendem a ser focados em uma dada especialização científica. É desejável que a Eletronorte trabalhe para garimpar os principais resultados dos Projetos P&D ANEEL concluídos e aplicáveis, negocie com grupos de pesquisa desenvolvedores responsáveis e adote providências para sua continuidade e integração entre si, de forma a serem incorporados aos sistemas de monitoração em uso na empresa.

### 2.3.4 Características dos Sistemas de Monitoração – Contínua Evolução.

Utilizando as consagradas ferramentas de análise de itens críticos para O&M que são:

- (a) Árvore de Falhas,
- (b) FMEA – FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis),
- (c) Análise do Efeito das Falhas na Redução da Capacidade Produtiva da Geração e Transmissão,
- (d) Tempo Médio entre Falhas – MTBF
- (e) Tempo Médio para Reparo – MTTR

Aplicando-os aos seus ativos, a Eletronorte poderá identificar os principais parâmetros (equipamentos e partes) para os riscos econômicos a que está submetida. Esses equipamentos e partes definidas farão com a empresa tenha o máximo benefício dos seus sistemas de monitoração. Esse é um caminho inverso do atualmente adotado, onde primeiramente se implanta primeiro o sistema de monitoração (muitas vezes a partir de um “embrião” ou protótipo) para ampliar ao longo do tempo, nem sempre com o resultado esperado pela deficiente análise inicial.

## 3.0 - CONCLUSÃO

Analisando o estagio atual dos sistemas de monitoração na Eletronorte ficou constatado que as usinas hidrelétricas os utilizam de forma sistemática para acompanhar a condição das unidades geradoras e assim, contribuem para a análise da manutenção pós – quebra. As subestações de transmissão utilizam os sistemas de monitoração disponíveis de forma pouco sistematizada e conseqüentemente poderiam obter melhores resultados nas atividades de operação e manutenção. Em ambas as utilizações, tanto nas usinas de geração quanto nas unidades de transmissão, os sistemas de monitoração são constituídos somente do módulo de supervisão de grandezas físicas (mecânicas e elétricas) apresentando informações na maioria das vezes analisadas somente em relação a limites pré estabelecidos.

O desenvolvimento e implementação de sistemas de monitoração na Eletronorte poderia ser mais eficaz com o aperfeiçoamento da etapa de planejamento quando poderiam ser definidos as relações entre módulos e a incorporação das ferramentas disponíveis (e utilizadas na empresa de forma predominantemente manual) oferecidas pela manutenção produtiva total, o TPM, complementadas por ferramentas também dominadas pela força de trabalho oriundas do RCM, como as que analisam a confiabilidade.

Estando consolidada na Eletronorte a decisão de utilizar desenvolvimento próprio para seus sistemas de monitoração e dispondo de grande quantidade de resultados significativos e importantes dos Projetos P&D ANEEL, a incorporação desses resultados seria de toda forma proveitosa. Sensores, transdutores e resultados afins se apresentam com grande potencial de utilização que poderia se concretizar com uma análise técnica aprofundada desses resultados e seu aprimoramento saindo da etapa acadêmica de pesquisa para a etapa prática

de utilização empresarial.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Suzuki, T., *TPM in process industries*. Japan Institute of Plant Maintenance – JIPM. 1994. Productivity Press. Portland, Oregon, USA.
- (2) Roldão, V. S., *Gestão de Projetos – Uma Perspectiva Integrada*. 2ª edição. Universidade Federal de São Carlos. EDUFSCAR. 2010. São Carlos. São Paulo.
- (3) Sena, J. A. S., Moreira, P. I. C., Bramatti, N., França, A. L. C., Dos Santos, G. M., Fonseca, M. C. P.. “Manutenção Baseada na Condição: a experiência da Eletrobras Eletronorte com o sistema SIMME no contexto do TPM”, apresentado no XXI SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2011.
- (4) Smith, H. C. e Macrae, N., “Asset Management Fiction to Facts”, Rovsing Dynamics e TAQA Energy, apresentado em Bahrain, Dezembro 2007.
- (5) Smith, H. C., “Reliability monitoring description\_rev 3”. Rovsing Dynamics. Relatório Técnico. Dez., 2009.
- (6) Siniscalchi, M. R., Prates, C. L. M., Smith, H. C., “Turbine generator 760 MVA supervisory system”, apresentada na CMDM 2011 – International Conference on Condition Monitoring, Diagnosis and Maintenance. Rio de Janeiro, Brasil. 2011.
- (7) Selby, G., “Applying NDE – Non Destructive Evaluation Reliability”, EPRI Electric Power Research Institute, apresentado no CAND 2012 – Centro de Avaliação Não Destrutiva – Encontro Bianual, realizado no Centro de Tecnologia da Eletronorte, Belém, Pará, Brasil. Out., 2012.
- (8) Kroening, M. e Rychkov, M. “Nondestructive System Engineering”, TPU – Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, apresentado no CAND 2012 – Centro de Avaliação Não Destrutiva – Encontro Bianual, realizado no Centro de Tecnologia da Eletronorte, Belém, Pará, Brasil. Out., 2012.
- (9) Miranda, V., “Análise de valor de resultados de P&D para a Eletronorte”, INESC TEC, Porto, Portugal. Fevereiro 2013.

#### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**França, Francisco Roberto Reis.** Nascido em 1952, em Belém, Pará. Engenheiro de Eletrônica (1975) pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Mestre em Engenharia Elétrica, Automação e Controle (1994), pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Mestre em Engenharia de Produção (2003) pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. É Instrutor Internacional em Manutenção Produtiva Total - TPM, Número 923, pela JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance (Japão). Engenheiro de Manutenção da Eletronorte, desde 1979, onde exerce a Superintendência do Centro de Tecnologia, desde 2008. Foi Gerente da Regional de Transmissão do Pará (1998 a 2003) quando a unidade foi recebeu o Prêmio Excelência – Classe A (2001). Membro substituto do Conselho Deliberativo do CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (2008 a 2011) e (2012 a 2016). Membro do Conselho Curador do Parque Tecnológico Guamá. Membro do Fórum Empresarial, da SECTI, do Governo do Pará. Professor do Curso de Engenharia Elétrica, da UFPA no período 1977 a 1979.

**Bramatti, Norberto.** Possui graduação em Engenharia Elétrica Opção Eletrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1979) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2003). Atualmente é engenheiro - Centrais Elétricas do Norte do Brasil e gerente da divisão de P&D do Centro de Tecnologia da Eletrobras Eletronorte - Centrais Elétricas do Norte do Brasil. Tem experiência na áreas de: Engenharia Elétrica, com ênfase em Controle de Processos Eletrônicos, Retroalimentação, desenvolvimento de Sistemas de Monitoramento de Máquinas Eletromecânicas; em Técnicas Modernas de Manutenção de Equipamentos e em Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica.

**Pardauil, Antonio Augusto Bechara.** Engenheiro Eletricista formado na Universidade Federal do Pará – UFPA, em 1985. 26 anos de Eletronorte onde exerce desde 2003 o cargo de Superintendente de Geração Hidráulica sendo responsável pela Usina Hidrelétrica Tucuruí, entre outras e onde conduziu a consolidação do Sistema de Gestão da Geração Interligada, por meio da integração do Modelo de Excelência em Gestão (MEG) da FNQ com a Metodologia TPM (JIPM) e a Filosofia LEAN e recebeu dentre outras premiações: Presença entre as 150 Melhores Empresas para Você Trabalhar do Guia Exame Você S.A. nos anos 2007, 2008, 2009, 2011 e 2012; Prêmio SESI de Qualidade no Trabalho (PSQT) a nível estadual entre 2003 e 2008 e Níveis Estadual e Nacional em 2010 e 2012; Certificações na Metodologia TPM, pelo JIPM, nos níveis Excelência – Categoria A (2001) Comprometimento Consistente em TPM (2009) e Especial em TPM (2010) e World Class em TPM (em 2012); Reconhecida pela Fundação Nacional da Qualidade (FNQ) nos critérios Pessoas e liderança (2009) e Sociedade e Pessoas (2010) e Empresa Premiada (2011). Exerceu também os cargos de Gerente da Regional de Produção do Amapá (2000 a 2003) e Gerente de Setor e Divisão, na Regional de Produção do Amapá (1987 a 2000). Foi membro do Conselho de Administração da Companhia de Eletricidade do Amapá – CEA (1995 a 2002).