



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

GMI 24  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO XII**

### **GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - GMI**

#### **GERENCIAMENTO DE RISCO NA GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÃO**

**Carlos Humberto Souza e Silva**

**Paulo Cezar Pereira de Oliveira**

**Walter Brum de Paula\***

**CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S.A.**

#### **RESUMO**

A alta disponibilidade exigida pelos órgãos reguladores e operadores do sistema elétrico e da sociedade, tem levado os especialistas, pesquisadores e técnicos a desenvolverem inovações metodológicas e tecnológicas nos processos de manutenção das empresas. As empresas do setor elétrico são susceptíveis a acidentes devido às características técnicas dos equipamentos que compõem o sistema, que podem dar origem a: falhas operacionais; falhas devido a fenômenos naturais; falhas estruturais e falhas atípicas (SCHIEFLER, 2005).

A partir desse cenário, o objetivo deste trabalho é descrever a experiência da Eletronorte no Gerenciamento de Riscos da Manutenção de subestação, que identifique e equacione a exposição de riscos simultâneos em sistemas e equipamentos redundantes ou reservas, através da incorporação de novas práticas, metodologias de gestão, inovações tecnológicas no dia-a-dia da operação e manutenção do sistema e propostas na concepção de projetos de subestações, visando garantir confiabilidade, segurança e disponibilidade do sistema elétrico com o mínimo de desligamento.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Disponibilidade; Risco; Confiabilidade; Manutenção; Subestação

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Inicialmente a ELETRONORTE adotou para o gerenciamento da manutenção o sistema PROCOM (Programa de Controle da Operação e Manutenção) utilizado na época por outras empresas do setor elétrico, migrando para o SCGE (Sistema Computadorizado de Gestão Estratégica). Em 1997, iniciou-se na empresa a implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM) que necessitou de um sistema ERP (Enterprise Resource Planning) para sua gestão integrada. Paralelamente a implantação dessas ferramentas foi constituída uma equipe para o gerenciamento de riscos, com a finalidade de obter informações, dentro de suas respectivas áreas de atuação, referentes a projeto, construção, montagem, operação, manutenção, medicina e segurança do trabalho, suprimento e financeira necessárias à elaboração das Políticas de Riscos e Seguros, inclusive dados estatísticos sobre falhas, defeitos e avarias nos equipamentos em funcionamento operacional (IN-016-SÉRIE FIN/CONT – ELETRONORTE, 2005).

No mundo os conceitos de qualidade e produtividade são difundidos em todas as organizações que se apóiam em desenvolvimento sustentável como fonte para ganhos sociais, ambientais e econômicos e acima de tudo competitividade empresarial (NETO, 2005). Todo processo decisório necessário para implementar alternativas que garantam maior disponibilidade com o mínimo de recursos sem comprometer a confiabilidade são implantados a partir: da melhoria da gestão, aprimoramento das decisões de tratamento, transferência ou aceitação dos riscos, do surgimento de novas tecnologias de monitoramento dos equipamentos sem a necessidade de desligamento dos equipamentos (manutenção baseada na condição), otimização dos quadros quali-quantitativos das empresas e restrições de investimentos financeiros para manutenção do custo operacional das empresas.

## 2.0 - CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O setor elétrico emprega cerca de 104.000 pessoas (dados de 2000), para manter e operar o sistema. Por outro lado, nos últimos dez anos o Setor Elétrico Brasileiro tem assistido a um aumento do número de falhas envolvendo transformadores, disjuntores, cabos entre outros. “Os blecautes passaram a serem lembrados com datas e hora, assim como incêndios, enchentes e tempestades”, (Dayse, 2006).

Dentro desse contexto, o setor elétrico tem lidado com problemas complexos, associados ao acesso e balanceamento dos riscos de falhas, no que diz respeito a seus custos e benefícios. Na figura 1 é apresentada a evolução dos custos com apólice de seguros operacionais e de engenharia das instalações da Eletronorte, atingindo seu ápice em 2006, em função do crescente número de sinistros; já em 2007, uma significativa redução de 17,39% como consequência do gerenciamento de riscos na estratégia da manutenção.

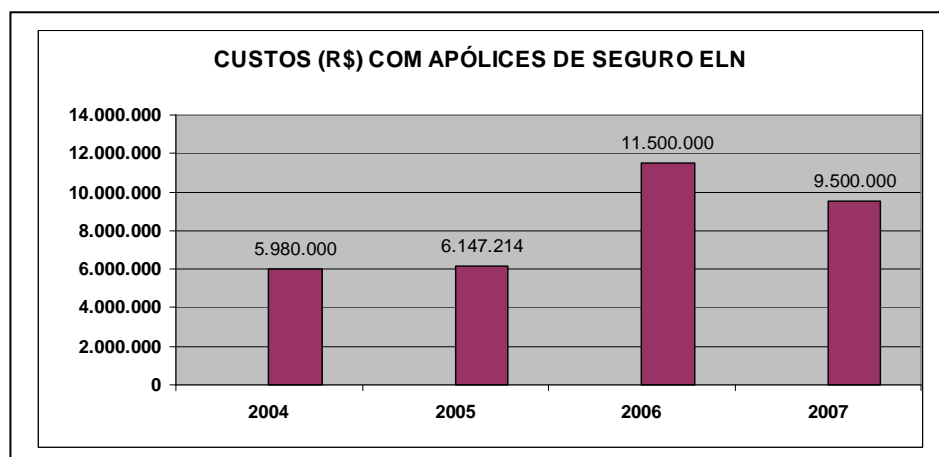


Fig1. Demonstração de custos com apólices de seguro na Eletronorte. Fonte ELN.

A seguir apresentaremos uma breve cronologia dos apagões e falhas em subestações conforme Pesquisa e Desenvolvimento, Duarte, (2005), com a intenção de mostrar que as consequências do não gerenciamento dos riscos de falhas como estratégia da engenharia de manutenção são inaceitáveis para a sociedade.

a. Em janeiro de 1997, período que ficou conhecido como o verão do apagão para os cariocas, um curto-circuito provocou a explosão de dois transformadores na subestação (SE) de Adrianópolis - RJ. No mês seguinte, um dos nove transformadores da subestação explodiu deixando dez municípios do Estado do Rio de Janeiro no escuro.

b. Em maio de 1988 em Tucuruí - PA, registrou-se a primeira de um total de cinco falhas em transformador elevador 378MVA 13.8/500kV que causou perda total do transformador e danos à subestação blindada, com custos de reposição estimados em quarenta milhões de reais.

c. Em outubro de 2003 durante a manutenção de cabos na ponte Colombo Salles que liga Florianópolis ao continente, uma falha na cabeção deixou 300 mil pessoas sem energia durante 48h. Esse incêndio deixou evidente que a redundância dos sistemas não leva em consideração o gerenciamento de riscos de incêndios, já que tanto o sistema primário quanto o secundário são instalados sujeitos aos mesmos riscos, ou seja, são instalados no mesmo ambiente físico.

d. em março de 2004 os bairros da zona norte de São Paulo ficaram sem energia elétrica durante 1h30min, devido a uma falha em um dos transformadores da SE Pirituba.

e. em maio de 2005 um incêndio em cabos, tirou de operação a usina Paulo Afonso III – BA.

Estas falhas têm afetado substancialmente a sociedade na medida em que resulta no não fornecimento de energia causando grandes perdas sociais irreparáveis como: transtornos em trânsito seqüenciando em acidentes, paralisação das atividades produtivas na indústria e no comércio, redução das atividades financeiras, interrupção de tratamento às pessoas em hospitais. Todas essas situações geram conseqüências que extrapolam qualquer quantificação.

### 3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de transmissão opera e funciona, em condições normais e anormais, é imprescindível à estruturação e implementação de uma estratégia da engenharia de manutenção focada no gerenciamento de riscos de falhas. Esse entendimento permite que os riscos para a missão e objetivos; continuidade operacional da Eletronorte (ELN); pessoas; propriedade; comunidade e ambiente sejam claramente identificados.

Para uma subestação específica é necessária a identificação de riscos potenciais de incêndio e explosão que comprometam a disponibilidade operacional de equipamentos ou grupo de equipamentos, serviços auxiliares, sistemas de teleproteção, sistemas de comando, controle e proteção. Se um incêndio ocorresse em uma subestação, em que locais a sua propagação poderia rapidamente afetar sistemas redundantes e de back up?

A Metodologia da Manutenção Produtiva Total (TPM), contribuiu para melhorar as formas de se fazer às manutenções preditivas e preventivas, ou seja, otimizar diagnósticos de equipamentos, possibilitando, assim, a intervenção da manutenção nos equipamentos conforme sua condição e não somente com uma periodicidade pré-determinada, assim, antecipar-se aos defeitos de alta gravidade e as falhas.

A técnica de diagnóstico de equipamento é definido como “uma técnica que serve tanto para captar as condições atuais dos equipamentos quanto para prever e antecipar as causas de futuras anormalidades (falhas ou defeitos)” (PALMEIRA e TENÓRIO, 2002).

Para tanto foram consideradas as seguintes medidas conforme manual TPM da Eletronorte:

#### a. Medidas defensivas:

- Relacionar informações das falhas nos equipamentos bem como das pequenas paradas (histórico dos equipamentos);
- Analisar as verdadeiras causas das falhas;
- Estudar medidas defensivas de caráter permanente;
- Implementar melhorias.

#### b. Medida para se obter falha zero em equipamentos prioritários

- Selecionar os equipamentos com maior nível de criticidade;
- Aprimorar os métodos de manutenção utilizados atualmente;
- Preparar os padrões de manutenção;
- Realizar inspeções eficientes e ampliar a vida útil dos equipamentos;
- Realizar diagnóstico global dos equipamentos.

#### c. Medidas de prevenção de falha

Na prevenção contra as futuras falhas utilizou-se o FMEA (Análise de Modo de Efeitos e Falhas) e outras ferramentas, como análise preliminar de perigos, análise de causa e efeito, análise PM (Fenômenos dos materiais), que consiste em se identificar às causas das possíveis falhas que poderão ocorrer e determinar seus efeitos permitindo uma atuação da manutenção antes que as mesmas ocorram.

A Eletronorte estruturou a partir de 1997 atividades de gerência de riscos e seguros desenvolvida através de gestão participativa da área técnica de seguro assessoradas por grupos de riscos locais constituídos em cada unidade descentralizada. Em cada unidade estão contempladas as atividades de operação, manutenção e administração com as seguintes atribuições conforme Instrução Normativa 016 Eletronorte:

- proposições de metas anuais com vistas à redução de sinistralidade em sua área;
- estudos sobre desempenho de equipamentos segurados;

- analisar necessidades de novas contratações de seguros;
- alertar problemas que possam levar a uma ocorrência de sinistros;

#### 4.0 - DESENVOLVIMENTO

O entendimento proveniente das etapas acima relacionadas permite a estruturação de uma gestão estratégia de manutenção focada no gerenciamento de riscos, tais como:

a. Técnicas de monitoramento e diagnóstico on-line sem desligamento dos equipamentos:

- Descargas parciais internas em transformadores e reatores;
- Medição de gases combustíveis em óleo isolante de transformadores e reatores;
- Vibração interna em transformadores e reatores;
- Temperatura e aquecimento em transformadores e reatores;
- Controle de grandezas elétricas (corrente, tensão, potência ativa e reativa, capacitância) de compensador série;
- Software de análise e diagnóstico de equipamentos (DianE – CEPEL);
- Diagnóstico de corrente de fuga de pára-raios;
- Medição de condutância de bancos de baterias estacionárias (estado de carga);
- Inspeção aérea em linhas de transmissão;
- Roço mecanizado e manual na faixa de servidão das linhas de transmissão;
- Termovisão em equipamentos e conexões de equipamentos e emendas de cabos de linha de transmissão;
- Medição acústica em reatores e transformadores.

b. Promoção e investimento em pesquisas de P&D, patrocinadas pela ANEEL e empresas do setor elétrico com instituições acadêmicas e de pesquisa visando inovações e desenvolvimento de mecanismos de manutenção preditivos. (Metodologia de identificação e análise de riscos de incêndio e explosão em equipamentos de subestação. Monitoramento de temperatura de células capacitivas de compensador série através de sensor virtual.)

c. Aperfeiçoamento e revisão de procedimentos, metodologia e periodicidade de ensaios preditivos (termovisão em equipamentos e emendas em cabos de LT);

d. Promoção e investimento por parte de fornecedores para aprimoramento e modernização de instrumentos de ensaios preditivos (LCM II);

e. Estabelecimento de normas relativas a gerenciamento e transferência de riscos e seguros e regulação de sinistros de modo a reduzir os custos de contratação de apólice e a ocorrência de acidentes, danos e sinistros resguardando a integridade do patrimônio da Eletronorte.

f. Estabelecimento de normas e procedimentos de prevenção e combate à incêndio de equipamentos.

#### 5.0 - PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

5.1 Melhoria no projeto de sistema de combate à princípio de incêndio em compensador série (altura de 15 metros).

Curto circuito nos terminais dos capacitores da compensação série da SE Miracema – TO, devido a ninhos de pássaros, que provocou explosão em duas células capacitivas e superaquecimento nas demais, dando início a princípio de incêndio, debelado pela equipe de manutenção com extrema complexidade em função do difícil acesso e ausência de mecanismos eficazes no combate ao incêndio.

5.2 Melhoria no projeto para canaletas e cabos de serviço auxiliar, cabos de fibra ótica e cabos de teleproteção.

Em função dos cabos de serviço auxiliar, de fibra ótica e de teleproteção, circuitos principal e de reserva (back up) estarem expostos simultaneamente aos mesmos riscos de sinistros e ocuparem o mesmo espaço físico, o sinistro de um sistema principal afeta o sistema secundário e vice-versa, eliminando assim a efetividade de sistemas redundantes para assegurar a confiabilidade operacional.

A ocorrência de incêndio em cabos de serviço auxiliar 440VCA nas canaletas da SE Miracema – TO, que possui duas fontes de alimentação, primária e secundária, são transmitidos por um mesmo conjunto de cabos, ou seja, o incêndio nestes cabos indisponibilizam a alimentação de serviço auxiliar aos equipamentos de alta-tensão, e afetam os demais cabos dispostos na canaleta.

## 6.0 - CONCLUSÃO

O não gerenciamento dos riscos dos equipamentos que compõem um sistema elétrico de transmissão, causa danos financeiros, ambientais e sociais para empresa como também as partes interessadas. Uma possível falha que cause incêndio ou explosão de um reator de linha 500kV, 55MVA<sub>r</sub> na SE Colinas – TO poderá indisponibilizar a linha de transmissão de 500kV entre Colinas -TO e Imperatriz - MA. A multa a ser paga pela indisponibilidade do equipamento será de aproximadamente R\$ 459.605,00/hora.

Os equipamentos do sistema de potência como: transformadores, reatores, disjuntores, pára-raios, cabos elétricos, compensador série, transformadores de corrente e de tensão não podem ser substituídos, sem que o processo de transmissão e distribuição de energia elétrica fique seriamente comprometido.

Vários outros fatores contribuem para tornar estes equipamentos elementos vitais para o sistema de transmissão de alta e extra-alta tensão, a saber: elevado custo de investimento; prazo de aquisição não imediato; impossibilidade de transportá-lo montado e elevado tempo de montagem.

Dentro desse contexto, é urgente e imprescindível que as demais concessionárias do setor elétrico estruturem e implementem um programa de gerenciamento de riscos para assegurar a confiabilidade operacional de seus ativos.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANTES, Gerson A. L. L., Especialização em engenharia de manutenção, UNITINS, Palmas, 2005
- DUARTE, D. Projeto de P&D: Metodologia para o gerenciamento dos riscos de incêndio e explosão em instalações do setor de transmissão de energia elétrica – 2006
- Instrução Normativa 016, ver.2 – Riscos e Seguros – Eletronorte – 2005
- Manual de regulamentos e métodos da manutenção produtiva total da Eletronorte – 1998
- NETO, Jose R. B., A experiência da CHESF em gerenciamento de riscos em subestações, VIII EDAO, 2005
- Operador Nacional do Sistema – ONS, 2005
- PALMEIRA, Jorge N., TENÓRIO, Fernando, G., Flexibilização Organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total, 2002.
- SHIEFLER, R. L., Gerenciamento de crises – a sua empresa está pronta para enfrentar situação de emergência, VIII EDAO, 2005

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Walter Brum de Paula

Nascido em Belo Horizonte, MG em 22 de janeiro de 1961.

Pós-graduação em Engenharia de Manutenção (2006): UNITINS/TO&UFG, MBA em Gestão Empresarial (2003): FGV.

Graduação (1984) em Engenharia Elétrica: PUC-MG

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil, ELETRONORTE, desde 1989.

Gerente da Divisão de Transmissão da Regional do Tocantins.

Paulo Cezar Pereira de Oliveira.

Nascido em Itumbiara, GO, em 09 de setembro de 1965.

Pós-graduação em Engenharia de Manutenção (2006): UNITINS/TO&UFG e Graduação (2005) em Engenharia Civil: ULBRA - TO

Empresas: Centrais Elétricas do Norte do Brasil, ELETRONORTE, desde 1985.

Assessor de gestão da Gerencia Regional do Tocantins.

Carlo Humberto de Souza e Silva

Nascido em Belo Horizonte, MG, em 18 de abril de 1964.

Pós-graduação em Engenharia de Manutenção (2006): UNITINS/TO&UFG, Operação de Sistemas Elétricos (2002): UNB e Graduação (1988) em Engenharia Elétrica: PUC-MG

Empresas: Centrais Elétricas do Norte do Brasil, ELETRONORTE, desde 1989.

Gerente da Regional de Transmissão do Tocantins