

# ***MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS***

Antonio Tadeu Lyrio de Almeida (1); Marcelo Eduardo de Carvalho Paulino (2)

## **RESUMO**

O objetivo deste é o de analisar alguns aspectos e procedimentos relacionados com a manutenção preventiva de equipamentos elétricos.

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A manutenção preventiva de qualquer equipamento elétrico, pode ser considerada como um dos ramos da técnica que mais evolui na atualidade, pois se constitui em uma poderosa ferramenta para garantir o funcionamento contínuo das instalações responsáveis pelo suprimento e aproveitamento de energia elétrica.

A avaliação precisa dos custos envolvidos em qualquer tipo de interrupção de processo, principalmente, quando se trabalha com conceitos estatísticos, sem sombra de dúvida, resulta na necessidade de implantação de programas de manutenção preventiva.

Neste caso, os objetivos principais são adequar a cada intervalo de tempo, as condições da instalação e seus equipamentos a um novo período ininterrupto de funcionamento. Isto permite reduzir os custos dos problemas intempestivos, que eventualmente ocorram durante os períodos de operação normal.

Observe-se que executar a manutenção preventiva de um equipamento não implica necessariamente na abertura, desmonte e remonte, nem ensaio do mesmo, mas na realização de uma série de procedimentos padrão. Estes, por sua vez, devem se basear nas características técnicas e operativas, normalmente, suportadas por estudos estatísticos.

Deste modo, inspeções de rotina, objetivando o levantamento de dados de corrente, tensão, temperatura e parâmetros capazes de indicar a existência ou evolução de problemas internos ao equipamento também se inserem dentro das práticas de manutenção preventiva.

O objetivo das inspeções visando a manutenção preventiva dos equipamentos elétricos é salvaguardá-los contra interrupções e danos através da detecção e eliminação de causas potenciais de defeitos.

Neste sentido, a manutenção periódica deve possibilitar muitos anos de operação livre de problemas.

---

(1) Doutor em Engenharia Elétrica; Coordenador do GEMEI/EFEI – Grupo de Estudos em Manutenção Eletro-Eletrônica e Instalações da Escola Federal de Engenharia de Itajubá; Professor Titular da EFEI.

(2) Pesquisador do GEMEI/EFEI – Grupo de Estudos em Manutenção Eletro-Eletrônica e Instalações da Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

## 2.0 - ATIVIDADES BÁSICAS

A rotina para a execução das inspeções relativas a manutenção preventiva de equipamentos elétricos envolve a observação visual de algumas de suas condições específicas, bem como, quando possível, os reparos necessários que podem ser realizados no campo. A frequência destas inspeções depende, sobretudo, da importância crítica do equipamento em questão, das condições ambientais, e/ou das condições operacionais.

Atitudes simples, como verificar se há ventilação suficiente e efetuar a limpeza frequentemente são fatores da maior importância.

Além disto, é necessário intervir imediatamente ao surgirem ou ao serem notados quaisquer indicativos de anormalidades. No caso de máquinas rotativas tem-se, por exemplo: vibrações excessivas, batidas de eixo, resistência de isolamento decrescente, indícios de fumaça e fogo, faiscamento ou forte desgaste no comutador ou coletor e escovas (se houverem), variações bruscas de temperatura nos mancais e outros.

A primeira providência a ser tomada nestes casos é desligar o equipamento e examinar todas as suas partes, tanto mecânicas como elétricas.

Deste modo, o conhecimento adequado de alguns sintomas, suas causas e efeitos é de suma importância pois permite evitar a evolução de problemas indesejáveis que tornam necessária uma ação corretiva com prejuízos financeiros elevados.

As rotinas de inspeção básicas para equipamentos elétricos em operação normal envolvem, de uma forma geral, avaliar:

- *Corrente:* O aquecimento de um equipamento elétrico depende de sua capacidade térmica. O controle de sua temperatura de operação se reveste de elevada importância pois, quando o mesmo opera acima do nível máximo de temperatura permitido pela classe de isolamento, ocorre um decréscimo na sua expectativa de vida. Por exemplo, um equipamento com isolamento classe B ou F, operando com 8 a 10 °C acima de sua temperatura normal de trabalho, tem sua expectativa de vida reduzida à metade. Estes fatos reforçam a necessidade de um monitoramento adequado das condições de carregamento, ou seja, da corrente de carga e da temperatura associadas, para evitar eventuais sobrecargas;
- *Tensão:* A tensão aplicada a um equipamento deve ser monitorada de forma similar à corrente de carga. Sobre e subtensões, tensões desequilibradas e/ou com conteúdo harmônico são fatores que afetam o seu isolamento e o seu desempenho em muitos casos.
- *Limpeza:* É importante que o equipamento fique isento de poeiras, teias de aranha, fiapos de algodão, óleo, ou seja, sujeira em geral. A sujeira cria uma camada nos enrolamentos e/ou carcaça diminuindo a troca de calor com o ambiente, além de reter umidade e provocar um curto-circuito, bem como, ser um elemento propagador de incêndios. Desta forma, é conveniente limpar externamente o equipamento e, logo após, as suas partes internas. Para tanto, usa-se ar comprimido seco e limpo, soprando-se o pó e os resíduos do seu interior. É importante certificar-se que todas as passagens de ar estão livres e desimpedidas.

Nas máquinas elétricas rotativas, também é interessante verificar-se:

➤ *Vibrações ou ruídos:* Deve-se atentar para a ocorrência de vibrações anormais ou ruídos estranhos para máquinas rotativas em perfeito estado de funcionamento. Elas podem ser indicativas de problemas de origem elétrica e mecânica;

➤ *Temperatura dos mancais:* Para bom desempenho de suas funções a temperatura do mancal de máquinas rotativas deve ser, no máximo, 80<sup>o</sup>, 85<sup>o</sup> C. Assim, é conveniente verificá-la através de termômetro. Ressalta-se que, também neste caso, a vida útil diminui com a temperatura;

➤ *Superfície do estator e do rotor:* Inspeção visual para determinar a presença de alguma contaminação ou ferrugem, bem como lascas, borbulhas e arranhões;

Naturalmente, quaisquer planos de inspeção devem ser determinados de acordo com a natureza crítica ou não do funcionamento dos equipamentos.

### 3.0 – ANORMALIDADES EM EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Um plano de *manutenção preventiva* deve conter um conjunto de medições tecnicamente adequadas, as quais devem ser selecionadas entre uma grande variedade de alternativas, sendo necessário que se associe confiabilidade e custo com um programa de atividades compatíveis. Medições sofisticadas nem sempre propiciam resultados mais efetivos que os obtidos com testes rotineiros, porém, seus custos, tempo despendido e pesquisa para implementação são sempre maiores. Neste caso, a relação custo/benefício poderá ser muito alta. Inclusive, tais medições não devem ser tão complexas que os resultados sejam de difícil análise e compreensão.

Neste contexto, torna-se importante o conhecimento de estatísticas de falhas/defeitos e, em especial, suas causas.

A título de exemplo, a figura 1 apresenta dados relativos aos problemas mais comuns de motores de indução trifásicos.

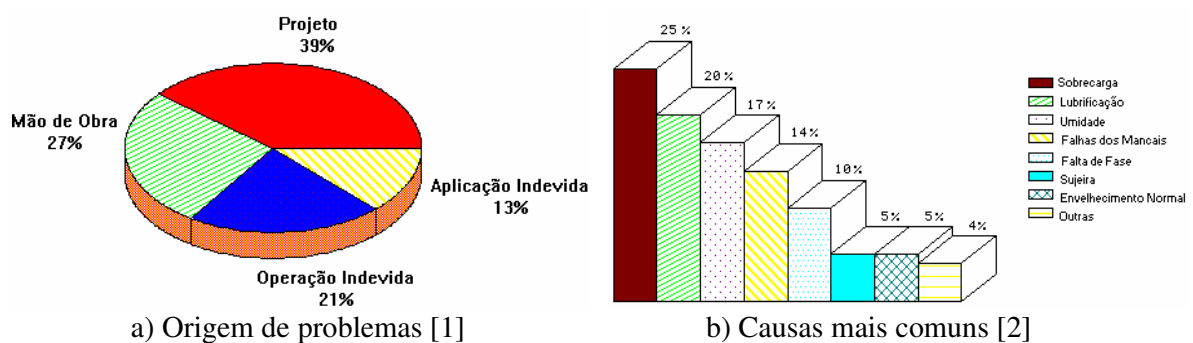


Figura 1 – Problemas em motores de indução trifásicos

Os resultados obtidos com estas análises, caso sejam determinadas condições insatisfatórias, devem ser cuidadosamente analisados para verificar em qual instante a manutenção corretiva deve ser aplicada e, naturalmente, as medidas preventivas são endereçadas para as causas mais comuns de faltas dos equipamentos de uma certa instalação.

### 4.0 - PROTEÇÃO

A proteção adequada dos equipamentos elétricos pode e deve ser encarada como uma atividade de manutenção preventiva, pois tende a evitar que eventuais problemas se avolumem ou danifiquem o equipamento. A análise de resultados na figura 1.b) mostra claramente este fato, para os motores de indução trifásicos, mas que são semelhantes para outros casos.

Grande parte dos elementos dos equipamentos requerem algum tipo de proteção para que ele permaneça em operação de forma segura e econômica ao longo do tempo e reduza a necessidade futura de manutenção corretiva.

Esta proteção pode ser executada através de alarmes luminosos ou sonoros ou pelo desligamento da alimentação antes que algum dano ocorra. Tais danos devem-se, basicamente, ao isolamento deteriorar-se e furar, à falhas dos componentes mecânicos ou a ambos. Sendo assim, a maior ou menor proteção é função da importância da aplicação e condições de serviço.

## 5.0 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO ISOLAMENTO ELÉTRICO

O sistema isolante representa um dos principais aspectos para o funcionamento de um equipamento elétrico, sendo a sua vida útil considerada como a do próprio equipamento.

A vida útil de um isolamento sólido é compreendida como o tempo necessário para que seus elementos constituintes falhem ou seja, que sua força de tração reduza-se a determinadas percentuais do original. Note-se que no final da vida, a isolação se apresenta frágil e quebradiça, com baixa resistência mecânica.

Embora, os sistemas de isolamento de alguns equipamentos incorporem um fluído (por exemplo, óleo mineral em transformadores ou gás SF<sub>6</sub> em disjuntores), o isolamento sólido (papel e vernizes) está presente em todos eles. Desta forma, é prática comum no meio técnico considerar-se que o envelhecimento destes sistemas está associado com a resistência mecânica do segundo.

Por outro lado, a deterioração das propriedades isolantes de um material depende, de forma básica, de suas características físico-químicas e do regime de operação a que for submetido. Note-se que, como citado anteriormente, muitos fatores podem afetá-los tais como a umidade, sujeira, agentes químicos, esforços dielétricos excessivos, danos mecânicos e a temperatura, entre outros.

É interessante observar que durante o processo de envelhecimento do papel, as suas propriedades dielétricas praticamente não diminuem. Desta forma, um transformador envelhecido, por exemplo, será mais sensível aos esforços mecânicos, provenientes, principalmente, de curto-circuitos no sistema, apesar de poder apresentar boa isolação dielétrica. Nestes casos, a baixa resistência mecânica provocará uma diminuição dos espaçamentos dielétricos (falha mecânica), provocando a falha elétrica.

Em função do exposto, a manutenção preventiva do isolamento é de fundamental importância.

No caso específico de máquinas rotativas, é necessário inspecionar todos os isolantes de bobina de campo quanto a trincas e indicações de superaquecimento.

Mas, os principais pontos de manutenção de um isolamento de uma máquina são: limpeza, secagem, reenvernizamento e conservação.

A *limpeza* é o primeiro e mais importante quesito de manutenção do isolamento.

A remoção de poeiras pode ser feita com um aspirador de pó ou com ar comprimido seco (com 29 a 40 psi de pressão), porém o último apresenta a desvantagem de espalhar a poeira por outras máquinas ao redor.

Sujeiras encrostadas entre as passagens de ar da máquina devem ser removidas com uma espátula de madeira ou de fibra. Não se deve usar pontas e raspadeiras metálicas, pois estas podem ferir o isolamento.

A limpeza de graxas e óleos deve ser feita com pano isento de fiapos embebido com um solvente recomendado, como o Varsol, a Benzina e o Tetracloreto de Carbono. O uso de solvente em excesso arruina o verniz que compõe o isolante; portanto, deve se usar a quantidade justa de solvente e em seguida enxugar com um pano seco.

O uso de solventes requer cuidados; os derivados de petróleo são inflamáveis e o tetracloreto de carbono, que não é inflamável, é muito tóxico (deve ser usado em lugares bem ventilados).

No caso de isolamentos contaminados pela água do mar ou com lama de inundações, estes devem ser lavados com água doce (com pressão de 29 a 40 PSI), sendo necessária secagem posteriormente.

A *secagem* é a operação que tem por fim retirar a umidade ocasionalmente depositada ou absorvida pelo isolamento.

O método mais favorável é a aplicação de calor externo (lâmpadas infravermelhas ou aquecedores elétricos), dentro duma estufa ou coberta de lona. Três cuidados são requeridos:

- a) Sempre deixar uma abertura no topo da coberta para permitir o escape do ar úmido. No caso da estufa, faz-se a extração forçada do ar (rarefaz a pressão melhorando a secagem).
- b) Não aproximar muito as fontes de calor do isolamento para não carbonizá-lo (no caso de lâmpadas cujo o feixe é dirigido, recomenda-se um afastamento de mais de 30 cm).
- c) Temperatura do isolamento não deve ultrapassar 90°C.

Outro método muito usual é o de fazer passar uma corrente elétrica pelos condutores do próprio equipamento, cuja fonte pode ser:

- a) Alternada, proveniente de um autotransformador regulável.
- b) Contínua, gerada por uma máquina de solda elétrica.
- c) Ou ainda, contínua gerada pelo próprio equipamento cuja armadura é colocada em curto-circuito.

Esse é um método muito eficaz, pois o calor gerado por efeito Joule expulsa a umidade, de dentro para fora, do isolamento, embora seja aconselhável utilizá-lo para resistências de isolamento superiores a 50 MΩ medida a frio.

Entretanto, é necessário tomar alguns cuidados em sua aplicação, ou seja, a corrente circulante não deve ultrapassar o valor da corrente normal do equipamento. Assim, a temperatura não deve aumentar mais que 5°C por hora (aquecimento muito rápido pode formar bolhas que danificam o isolamento). A temperatura medida sobre o isolamento não deve passar de 80°C.

O *reenvernizamento* dos isolamentos elétricos não deve ser executado freqüentemente pois, a cada vez, se adiciona uma camada de verniz à superfície do isolamento, fazendo aparecer rachaduras onde se acumulam sujeira.

O envernizamento só deve ser feito com a peça bem limpa e seca.

O melhor método é mergulhar a peça, aquecida, num banho de verniz, demorando o tempo necessário para a impregnação completa do isolamento. Em seguida deixá-la suspensa para escorrimento do verniz. E, por fim, colocá-la para secar em uma estufa. No caso de não se ter estufa deve-se utilizar verniz de secagem ao ar. Os tempos e as temperaturas de

secagem ao ar ou na estufa dependem do tipo de verniz utilizado (estufa temperatura da ordem de 180 °C e tempo aproximado de 24 horas).

Grandes armaduras são impregnadas à pistola, ou a pincel, pois não podem ser manuseadas para a operação de mergulho. No primeiro caso deve-se proteger as partes vivas de cobre (comutador, anel, coletor, contatos), o eixo e os mancais com papel. Não sendo possível o uso de papel usa-se uma leve camada de graxa.

Durante o envernizamento deve-se ter sempre à mão um extintor, o ambiente deve ser bem ventilado e usar máscara quando trabalhar com pistola.

Para transformadores, por outro lado, é necessário analisar se com uma certa frequência se o fluido dielétrico e refrigerante (óleo) em operação está em boas condições de trabalho. Sendo assim, para que ele cumpra suas funções de maneira satisfatória, deve apresentar algumas características básicas, tais como:

- a) *Baixo teor de umidade*, pois as partículas de água em suspensão diminuem suas propriedades dielétricas;
- b) *Elevada resistência à oxidação*, para evitar a formação de borras e ácidos;
- c) *Composição química* tal que não altere as propriedades dos diversos elementos do transformador;
- d) *Viscosidade suficientemente baixa* para permitir grande mobilidade das partículas aquecidas, de forma a não prejudicar a transferência de calor;
- e) *Resistência elevada à inflamação*, de forma a tornar mais segura a instalação elétrica.

## 6.0 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM OUTRAS PARTES

Outras partes componentes dos equipamentos merecem atenção quanto à manutenção preventiva, além das atitudes citadas anteriormente. Exemplificando para máquinas rotativas, tem-se:

- *Peças aparafusadas ou calçadas* - Sua inspeção, de vez em quando, servirá para notar se estão todas bem firmes e sem corrosão ou ferrugem. Atenção particular deve ser dada aos parafusos que seguram os grampos de suporte dos cabos e de certos isolamentos;
- *Fundações e placas de apoio* - Devem ser verificadas a sua rigidez e seu nivelamento, pois muitas vezes tais apoios podem ceder ou escorregar por efeito dos próprias trepidações do máquina;
- *Acoplamentos* - O aperto e o alinhamento dos flanges de acoplamento devem ser verificados uma vez por ano e sempre que a máquina sofrer algum impacto, elétrico ou mecânico, ou quando houver deslocamento nos fundações;
- *Cabos de ligação*: Inspeccionar quanto a sinais de superaquecimento, isolação deficiente ou avaria mecânica. Certificar-se de que todos os terminais estão apertados.
- *Filtros de ar(se houverem)*: devem ser limpos regularmente, com intervalos que dependem do grau de impurezas do meio ambiente. A queda de pressão nos filtros deverá ser constantemente observada, pois, caso ela ultrapasse o valor admissível, há o risco de diminuição do volume de ar e do efeito filtrante. A limpeza de filtros de malha grossa (filtros de metal) pode ser efetuada, com jatos de ar ou lavando o filtro com dissolventes. Os filtros finos (com capas de fibras) podem ser lavados em água (a uns 40°C, contendo detergente normal para roupa fina), ou jatos de ar para limpá-

los. Tratando-se de pó contendo graxa é necessário lavar com gasolina, tricloretileno ou água quente com aditivo P3. Evitar torcer ou escorrer o filtro. Todos os filtros devem ser secados depois da limpeza.

## 7.0 - ENSAIOS EM EQUIPAMENTOS

A manutenção preventiva em equipamentos elétricos compreende testes e a verificação da montagem elétrica do sistema.

Convém ressaltar que existem controvérsias a respeito dos valores limites recomendáveis que devem ser obtidos nos testes. Observa-se, entretanto, que o acompanhamento periódico e comparações dos resultados ao longo do tempo são muito mais significativos que um simples valor isolado.

Deste forma, é conveniente que se mantenha um histórico dos vários equipamentos com os respectivos resultados dos testes executados.

Os seguintes ensaios são úteis para um programa básico de manutenção, tomando-se como exemplo os equipamentos de uma subestação.

Equipamento	Testes
<i>Transformador de corrente (TC) e de potencial (TP)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relação de transformação</li> <li>- Polaridade</li> <li>- Resistência ôhmica da isolação</li> <li>- Resistência ôhmica dos enrolamentos</li> <li>- Grupo de ligação</li> <li>- Rigidez dielétrica do óleo isolante</li> <li>- Cromatografia gasosa</li> </ul>
<i>Disjuntor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência ôhmica da isolação</li> <li>- Discordância de pólos</li> <li>- Tempo de abertura e fechamento</li> <li>- Resistência de contato</li> <li>- Rigidez dielétrica de óleo isolante</li> <li>- Comando eletro-pneumático</li> <li>- Perda de ar por operações</li> <li>- Nível de ar ou gás</li> </ul>
<i>Barramentos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência de isolação</li> <li>- Faseamento</li> <li>- Tensão aplicada</li> <li>- Tipo de isolação</li> </ul>
<i>Seccionadora</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência ôhmica de isolação</li> <li>- Resistência de contato</li> <li>- Simultaneidade</li> <li>- Servo mecanismo</li> <li>- Comando eletro-pneumático</li> <li>- Micro-interruptores</li> </ul>
<i>Pára-Raios</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistência ôhmica de isolação</li> <li>- Conexão e aterramento</li> </ul>
<i>Medidores Instantâneos e Registradores</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características</li> <li>- Levantamento de percentual de erro</li> <li>- Conexões</li> </ul>
<i>Relés de Proteção</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamento de características tempo-corrente, tempo/tensão ou tempo/potência</li> <li>- Mínimo valor de partida (pick-up)</li> <li>- Mínimo valor de rearme ("drop-out")</li> <li>- Restrição por harmônicos</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compensação ("slope")</li> <li>- Indicador de operação</li> <li>- Sentido unidirecional de desligamento</li> <li>- Folgas no disco de indução</li> <li>- Conexões</li> <li>- Medições de ângulo de fase</li> <li>- Aferição e calibração</li> </ul>
<i>Transformador de potência</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relação de transformação</li> <li>- Resistência ôhmica de isolamento</li> <li>- Fator de potência do isolamento</li> <li>- Fator de potência das buchas capacitivas</li> <li>- Resistência de isolamento do TAP capacitivo</li> <li>- Testes das proteções internas</li> <li>- Análise físico-química do óleo isolante</li> <li>- Análise cromatográfica do óleo isolante</li> <li>- <b>Comutador automático de tapes</b></li> </ul>

Tabela 1 – Ensaios nos equipamentos de uma subestação

Observa-se que, antes de qualquer desligamento para manutenção, é de grande importância que seja efetuada a análise de pontos quentes em ela utilizando-se de um termovisor.

## 8.0 - PERIODICIDADE DOS ENSAIOS OPERACIONAIS

Os ensaios operacionais podem ser divididos em três grupos ou mais grupos, dependendo da filosofia de manutenção adotada, de maneira a facilitar a execução dos mesmos, bem como o seu controle, como, por exemplo:

- a) Ensaios operacionais anuais;
- b) Ensaios operacionais quinquenais e,
- c) Ensaios operacionais em equipamentos.

## 9.0 - PERIODICIDADE DE MANUTENÇÃO

A Tabela 2 fornece uma sugestão de periodicidade de manutenção dos equipamentos de uma subestação, a título de exemplo

<i>Equipamento</i>	<i>Periodicidade</i>
<i>Fios, Cabos e Muflas</i>	6 a 12 meses
<i>Isoladores</i>	12 a 15 meses
<i>Ferragens</i>	6 a 12 meses
<i>Baterias</i>	3 meses
<i>Capacitores</i>	
Reapertos	6 a 12 meses
Medição	3 meses
<i>Relés</i>	6 a 12 meses
<i>Pára-raios</i>	12 meses
<i>TC's e TP's</i>	6 a 12 meses
<i>Transformadores</i>	
Estanqueidade	permanente
Válvula de segurança	permanente
Relés	3 meses
Resistência de terra	3 meses
Limpeza	3 meses
Termômetro	3 meses
Relé Buchholz	4 a 6 meses

Comutador - lubrificação	4 a 6 meses
Guarnições e vedações	4 a 6 meses
Sílica gel	4 a 6 meses
Óleo comutador	12 meses
Óleo geral	2 a 4 anos
Radiadores	2 a 4 anos
<b><i>Disjuntores</i></b>	
Óleo	6 meses
Câmaras de extinção	3 meses
Reaperto de parafusos	3 a 6 meses
Pressão dos contatos	6 meses
Mecanismo	1 mês
<b><i>Seccionadores</i></b>	
Limpeza dos contatos	6 meses
Reaperto de parafusos	6 meses
Pressão dos contatos	12 meses
Isoladores	12 meses

Tabela 2 - Periodicidade de Manutenção

## 10.0 - ADEQUAÇÃO DAS EQUIPES DE MANUTENÇÃO

As equipes que realizam as inspeções que se constituem nos procedimentos de manutenção preventiva de equipamentos, excetuando-se as que podem ser realizadas pelos operadores, tais como monitoramento de carga (corrente e tensão) e de temperatura, devem possuir um bom grau de familiaridade com procedimentos e equipamentos específicos. Algumas das rotinas, a exemplo de termovisão, devem ser realizadas, por equipes independentes, responsáveis pela inspeção de todo um conjunto de equipamentos. Ensaios específicos de custo elevado, devem ter sua realização adequada a um critério de “custo x benefício”, para não terem sua eficácia e utilidade posta em dúvida.

Uma equipe mínima de manutenção deve ser composta por:

**Encarregado:** Nível Técnico ou Superior

Coordenador e responsável técnico pela execução de todos os procedimentos e rotinas que constituem a Manutenção Preventiva.

**Mecânicos:** Em número de dois, Nível Técnico

Responsáveis pela execução de todas as rotinas e procedimentos que envolvam predominantemente serviços de fundo, principalmente, mecânico, a exemplo de inspeções em radiadores;

**Eletrotécnicos:** Em número de dois, Nível Técnico.

Responsáveis pela execução de todos os procedimentos e rotinas que envolvam predominantemente serviços de fundo, principalmente, eletrotécnico, a exemplo de inspeção em relés, ensaios de tensão aplicada, resistência de isolamento, rigidez dielétrica e cablagem, entre outros.

Deste modo, as funções e responsabilidades se encontram bem definidas e distribuídas. Convém ressaltar que algum conhecimento interdisciplinar é extremamente adequado e deve ser estimulado. O suporte necessário pode ser realizado por uma equipe externa parte da própria estrutura em função de um estudo acurado de custos envolvidos.

## 11.0 - QUANTIFICAÇÃO DE HOMENS HORA

A tabela 3 fornece, a título de exemplo, a quantidade de homens hora aproximada para a execução apenas de ensaios operacionais nos equipamentos de uma subestação, não incluindo a eventual troca de peças.

<i>Quesito</i>	<i>Homens Hora</i>
Termovisão	5
Seccionadora	6
TP's de alta	2
TC's de alta	2
Disjuntor de alta	20
Pára-raios	2
Transformador	40
Disjuntor de baixa	16
TC's de baixa	3
Proteção	1/relé

Tabela 3 - Quantificação de homens hora

Na tabela 3 não está incluso o custo de aluguel de equipamentos e da análise cromatográfica.

## 12.0 – PRECAUÇÕES

Antes de qualquer intervenção em equipamentos de um sistema elétrico, algumas precauções preliminares de segurança devem ser observadas, objetivando-se prevenir a integridade tanto do pessoal quanto dos equipamentos, ou seja:

- a) Quando da realização de testes em equipamentos, estes deverão estarem bem sinalizados, delimitando-se a área de trabalho e de passagem;
- b) Deverá ser utilizado somente ferramental adequado a cada tipo de tarefa;
- c) Nunca executar sozinho, serviços próximos a circuitos energizados;
- d) Certificar-se, através de inspeção visual, de que os equipamentos liberados para a manutenção estejam totalmente desenergizados;
- e) Cuidar para que todo o pessoal envolvido nos testes estejam munidos de dos EPI's necessários.

## 13.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto apresentou os vários aspectos envolvidos na manutenção preventiva de equipamentos elétricos, exemplificando para casos específicos devido a extensão do tema. Convém ressaltar que a correta contabilização dos problemas de qualquer equipamento elétrico só possui respaldo em valores estatísticos, que são os únicos capazes de manusear conceitos como taxa de risco, probabilidade de evolução para falha, que caso adequadamente utilizados resultam em procedimentos dotados de custos mínimos.

Aperfeiçoamentos tecnológicos, via de regra, quando de sua introdução podem vir a modificar alguns dos pontos acima descritos, porém, sem sombra de dúvida, qualquer novo aperfeiçoamento tecnológico merece um acompanhamento mais detalhado pois podem vir a causar problemas até o momento não detectados que dependendo do caso podem apresentar ou não relevância, fato só verificado com o passar do tempo e coleta, algumas vezes, exaustivas de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Albrecht, P.F. et ali - "Assessment of the Realibility of Motors in Utitlity Applications" - IEEE Trans. on En. Conv.. Vol. EC-2, n° 3.;
- [2] Andreas, J.C. - "Energy - Efficient Electric Motors - Selection and Applications" - N. York - Marcel Dekker, Inc. – 1982.

