



**ABRAGE – Associação Brasileira das Grandes Empresas  
Geradoras de Energia Elétrica**



**GTMT – Grupo de Manutenção de Usinas Térmicas**

## **RECOMENDAÇÃO TÉCNICA ABRAGE GTMT 02**

# **CONSERVAÇÃO DE UNIDADES TERMELÉTRICAS PARADAS**

**DEZEMBRO / 2005**

## ÍNDICE

1. Introdução .....	6
2. Objetivo .....	6
3. Definição: “Parada por Período Curto e Prolongado” .....	7
3.1. Definição: “Parada por Período Curto” .....	7
3.2. Definição: “Parada por Período Prolongado” .....	7
4. Prazos para reativação .....	7
5. Conservação de caldeiras .....	8
5.1. Circuito de ar e gases .....	8
5.2. Circuito de água / vapor .....	12
5.3. Sopradores de fuligem .....	19
5.3.1. Sopradores retráteis .....	19
5.3.2. Sopradores fixos .....	19
5.4. Queimadores .....	20
5.5. Revestimento externo de caldeiras .....	20
6. Conservação de turbinas a vapor e a gás .....	23
6.1. Turbinas a vapor .....	23
6.1.1. Turbinas .....	23
6.1.2. Sistema de óleo lubrificante .....	25
6.1.3. Válvulas da turbina .....	25
6.1.4. Sistema de selagem da turbina .....	26
6.1.5. Condensador (lado de condensação) .....	26
6.2. Conservação de turbinas a gás .....	26
7. Conservação de geradores .....	32
7.1. Geradores .....	32
7.1.1. Geradores resfriados a hidrogênio .....	33
7.1.2. Geradores resfriados a ar .....	33
7.2. Excitatrizes .....	34
7.3. Sistema de óleo de selagem .....	34
7.4. Sistema de resfriamento de hidrogênio a ar .....	34
8. Conservação de tubulações e trocadores de calor .....	35

8.1. Tubulações .....	35
8.1.1. Suportes de molas (“hangers”) .....	35
8.1.2. Tubulações de condensado e água de alimentação .....	35
8.1.3. Tubulações de vapor auxiliar .....	37
8.1.4. Tubulações de óleo combustível .....	38
8.1.5. Tubulações de produtos químicos .....	38
8.1.6. Tubulações de água de circulação e condensado .....	38
8.1.7. Tubulações de água de resfriamento .....	39
8.2. Trocadores de calor .....	40
8.2.1. Trocadores tipo vapor / óleo .....	40
8.2.2. Trocadores tipo vapor / água .....	40
8.2.3. Trocadores tipo água / água .....	40
8.2.4. Trocadores tipo água / óleo .....	41
8.3. Torres de resfriamento .....	41
9. Conservação de tanques e vasos de pressão .....	42
9.1. Sistema de tratamento de tanques de água .....	42
9.2. Tanques de combustível .....	43
9.3. Tanques de óleo lubrificante .....	44
9.4. Tanques de produtos químicos .....	44
9.5. Vasos de pressão .....	44
10. Conservação de bombas e compressores .....	45
10.1. Bombas de água .....	45
10.1.1. Bombas de água de circulação .....	45
10.1.2. Bombas de condensado .....	46
10.1.3. Bombas de água de resfriamento dos mancais, bombas de drenagem e bombas do sistema anti-incêndio .....	46
10.1.4. Bombas de água de alimentação da caldeira .....	46
10.2. Bombas de combustível .....	46
10.2.1. Óleo combustível .....	46
10.3. Bombas de produtos químicos .....	47
10.4. Compressores .....	47
11. Conservação de motores e sistemas elétricos .....	47

11.1. Motores .....	47
11.2. Transformadores principais da Unidade .....	48
11.3. Outros transformadores .....	48
11.4. Barramentos, painéis, quadros de distribuição e centros de controle de motores (CCM's) .....	49
11.5. Baterias .....	50
12. Conservação de instrumentação .....	50
12.1. Instrumentação pneumática .....	50
12.2. Instrumentação elétrica .....	51
12.3. Instrumentação eletrônica .....	51
13. Conservação de grupo diesel de emergência .....	52
14. Conservação do sistema de combate a incêndio .....	52
15. Conservação de sistema de combustível sólido .....	52
15.1. Sistema de carvão .....	52
15.1.1. Silos de carvão.....	52
15.1.2. Correias transportadoras de carvão .....	52
15.1.3. Alimentadores de carvão e moinhos .....	53
15.1.4. Queimadores de carvão .....	53
15.2. Sistema de extração de resíduos - cinzas de carvão .....	53
15.2.1. Cinza úmida .....	53
15.2.2. Cinza seca .....	54
15.2.2.1. Precipitadores eletrostáticos .....	54
15.2.2.2. Componentes auxiliares do sistema - cinza seca ....	54
16. Conservação de equipamentos diversos .....	55
16.1. Telas rotativas .....	55
16.2. Filtros .....	55
16.3. Válvulas .....	56
16.3.1. Válvulas de segurança .....	56
16.3.2. Válvulas pneumáticas e motorizadas de controle .....	56
16.3.3. Válvulas manuais .....	57
16.4. Desmineralizadores .....	57
16.5. Sistemas centrais de ar condicionado .....	57

17. Aspectos vinculados a recursos humanos .....	57
18. Conseqüências da não conservação das Unidades .....	59
19. Conseqüências da parada por longos períodos das unidades termelétricas com introdução de novas tecnologias .....	67
20. Custos .....	67
21. Conclusões .....	68
22. Recomendações .....	68

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente documento constitui a Recomendação Técnica Abrage/GTMT – 002 para conservação de Unidades Termelétricas Paradas, e tem por objetivo uniformizar os critérios de conservação de Unidades termelétricas adotados pelas diversas Empresas do setor. Procedimentos apropriados de armazenamento podem prolongar a vida útil, reduzir os custos de reparos, reposição, manutenção e aumentar a confiabilidade e disponibilidade das Unidades termelétricas.

Vários procedimentos diferentes podem ser empregados para reduzir ou prevenir a corrosão no período de reserva a frio. Basicamente adotam como princípio a eliminação do oxigênio ou a da umidade. Cada Unidade também tem suas necessidades especiais e seus requisitos, sendo assim, esta recomendação apresenta vários métodos de armazenamento que deverão ser escolhidos e adotados em função das características construtivas e operacionais da Unidade e principalmente em função do tempo que se pretende armazenar.

## **2. OBJETIVO**

Apresentar recomendações técnicas para conservação de Unidades termelétricas paradas, em todos os seus aspectos, visando à minimização dos problemas decorrentes de sua paralisação.

A intenção deste documento é fornecer um consenso das práticas atuais com guias gerais e recursos, deixando o desenvolvimento do procedimento detalhado e específico ao usuário.

### **3. DEFINIÇÃO: “PARADA POR PERÍODO CURTO E PROLONGADO”**

O presente trabalho aplicar-se-á aos casos em que uma Unidade termelétrica deverá permanecer paralisada, devendo a Empresa em função dos prazos de armazenamento e reativação adotar os critérios que melhor atendam às suas necessidades, contudo são descritos a seguir, alguns critérios para caracterização do armazenamento a curto e longo prazo.

#### **3.1. Definição: Parada por Período Curto**

O armazenamento de curto prazo cobre aquelas circunstâncias onde o equipamento deve ser tirado de linha para inspeção, manutenção, reparos, etc, quando se pretende posicionar o equipamento de volta ao serviço o mais rápido possível ou ainda em circunstâncias em que existe prazo acordado para retirada do armazenamento da Unidade geradora, no caso de solicitação de despacho da mesma para atendimento ao sistema elétrico.

#### **3.2. Definição: Parada por Período Prolongado**

O armazenamento de longo prazo cobre as circunstâncias em que está claro que o equipamento deve sair de serviço por um período estendido, para manutenção, necessidade sazonal, etc. O retorno à operação de uma Unidade com este tipo de armazenamento é muito mais demorado em relação ao armazenamento por curto prazo devido a sua maior complexibilidade.

### **4. PRAZOS PARA REATIVAÇÃO**

Definida a paralisação de uma Unidade termelétrica, o prazo estimado para sua reativação dependerá de uma série de fatores, alguns

deles específicos para a Unidade, dentre os quais podemos mencionar basicamente:

- tempo de paralisação;
- eficiência dos métodos de acondicionamento e conservação adotados;
- suficiência e grau de conhecimento teóricos e práticos do pessoal disponível para operação da Unidade em condições seguras;
- serviços necessários para restabelecer as condições operacionais da Unidade, os quais dependem fundamentalmente dos métodos adotados para conservação e da quantidade e complexidade dos seus sistemas;
- tempo necessário para realização de testes mecânicos, elétricos e operacionais dos equipamentos;
- resposta da Unidade à reativação.

## **5. CONSERVAÇÃO DE CALDEIRAS**

### **5.1. Circuito de Ar e Gases**

O procedimento a seguir é recomendado na preparação da superfície externa dos tubos da caldeira e da superfície dos dutos de ar e gases para a paralisação da Unidade. Todas estas superfícies deverão ser completamente limpas como medida preliminar para a conservação da Unidade.

Por ocasião da paralisação da Unidade deverá ser efetuada sopragem integral de fuligem imediatamente antes de seu desligamento. Inicialmente, após o resfriamento da caldeira, deverão ser removidas todas as cinzas, resíduos ou acúmulos de combustíveis não queimados, como os encontrados nas grelhas, pisos da fornalha, cinzeiros, dutos de gases, ventiladores, chaminés e paredes divisórias internas.

Em seguida, todas as superfícies, iniciando-se pelas dos pré-aquecedores de ar regenerativos ou as do lado de gás dos pré-aquecedores tubulares e dutos adjacentes, deverão ser completamente lavadas com solução alcalina para neutralizar o ácido formado e remover os resíduos insolúveis.

Recomenda-se uma solução de carbonato de sódio com  $\text{pH} = 11$ .

Para que uma limpeza efetiva seja efetuada no menor tempo possível, é necessário que seja previsto um suprimento contínuo e suficiente de água (solução) com pressão e temperatura adequadas. A limpeza deverá ser feita com lanças adequadas para se ter acesso também entre os tubos.

Por exemplo, lanças podem ser feitas de seções de tubos de 1/4" ou 3/8" de diâmetro interno e comprimento que permita seu manuseio.

Furos de 1/8 "ou 3/16" poderão ser feitos no extremo tamponado dos tubos ou ao longo dos mesmos, para direcionamento da água. Também poderão ser utilizados outros dispositivos que possibilitem esta operação ou adotado o hidrojateamento.

A quantidade total de água necessária para a lavagem da caldeira irá variar, dependendo de suas dimensões e do estado de limpeza das superfícies, devendo-se dispor de meios para uma vazão que permita a projeção de jatos de água que garantam a remoção das incrustações. Um aquecedor deverá ser providenciado para permitir o controle da temperatura da água.

Tendo em vista que partes dos aglomerantes de cinzas se tornam mais solúveis com o aumento de temperatura, recomenda-se que a água para lavagem seja previamente aquecida a 40-60°C.

Cuidados deverão ser tomados na utilização de soluções alcalinas, uma vez que os refratários poderão ter suas características alteradas quando expostos a uma solução básica. Tendo em vista a diversidade de refratários existentes, recomenda-se consulta aos fornecedores, visando definir eventuais restrições e/ou limitações inerentes ao material ou, se possível, os refratários deverão ser protegidos da solução de lavagem e/ou água, caso haja a opção pelo hidrojateamento, este deve ser evitado na

área dos refratários devido à alta pressão do jato de água que pode danificar os mesmos..

Ainda com relação à utilização de soluções alcalinas, bem como às temperaturas elevadas, o executante da tarefa deverá estar fazendo uso dos equipamentos de proteção individual adequados, bem como providenciar medidas preventivas que assegurem mínimos riscos ao meio ambiente.

As fornalhas, na maioria das caldeiras, são providas de drenos de fundo. As aberturas daqueles drenos deverão ser limpas antes do início da lavagem. Uma pequena bomba de esgoto do tipo “sapo” pode ser útil na eliminação de poças de água acumuladas na área da fornalha. Meios adequados para depuração do efluente da água de lavagem deverão ser providos antes do início, para evitar poluição ambiental.

Durante a lavagem, cuidados deverão ser tomados no sentido de direcionar o jato da solução para os acúmulos mais pesados, usando-se grandes quantidades desta solução para desagregar os materiais insolúveis e diluir os elementos formadores de ácidos nas cinzas. Uma vara ou barra pode ser usada para remover os acúmulos mais aderidos aos tubos.

É extremamente importante que, uma vez iniciada a lavagem, as superfícies sejam limpas até a exposição do metal.

A duração requerida para a lavagem irá depender, naturalmente, da natureza dos depósitos. Uma lavagem contínua e sem interrupção deverá ser planejada, até que todas as superfícies da caldeira estejam completamente limpas e alcalinas ao papel indicador de pH.

A caldeira deverá ser secada imediatamente após o término da lavagem. Isto deterá a corrosão nas partes metálicas e restaurará os refratários para as condições operacionais. Antes da secagem, a caldeira, se houver sido drenada, deverá ser cheia com água desmineralizada e devidamente acondicionada, após o que, será acesa queimando-se combustível com o mais baixo teor possível de enxofre (inferior a 1,0%). A caldeira deverá permanecer acesa com baixa taxa de fogo, o suficiente para manter a pressão de vapor em cerca de 15 Kgf/cm<sup>2</sup> durante o tempo suficiente para secagem de todas as superfícies do refratário e pode ser

também preparada para o armazenamento do sistema de água e vapor (item 5.2).

Após o apagamento e purga, a caldeira deverá ser abafada com o fechamento e secagem de todas as possíveis vias de entrada de ar do exterior, incluindo-se o cinzeiro e a chaminé. Inspeções trimestrais deverão ser feitas a fim de verificar se está havendo condensação sobre as superfícies e conseqüentemente corrosão das mesmas.

Para evitar esta condensação é necessário o uso de resistências ou dispositivos de aquecimento, colocados em pontos convenientes de forma a manter a temperatura do ar ambiente acima do seu ponto de orvalho. Deverão ser instalados higrômetros dispostos em vários pontos no interior da fornalha, aquecedor de ar etc, visando controlar a umidade relativa em torno de 30%.

Embora não inseridas nos circuitos de ar e gases, as câmaras mortas das caldeiras deverão ser inspecionadas, efetuando, se necessário, limpeza mecânica, sem utilização de água, instalando-se após, dispositivos de aquecimento no interior das mesmas. Se possível, instalar higrômetros e verificar se a umidade está em torno de 30%, em inspeções diárias.

Quanto aos dispositivos de acionamento: eixos, mancais, hastes, braços articulados etc, de ventiladores e abafadores, estes deverão ser devidamente protegidos por graxas ou óleos protetivos (inibidores temporários de corrosão) e acionados semanalmente de forma manual.

Também o sistema de lubrificação dos ventiladores deverá ser controlado, com verificações mensais do nível e das características do lubrificante, como presença de água e outras substâncias estranhas ao meio.

No caso específico das chaminés, embora o processo tecnicamente recomendável seja o de realizar-se inicialmente uma inspeção visual e correção de possíveis falhas encontradas (tais como trincas, deterioração do refratário, queda de trechos etc) seguindo-se uma limpeza mecânica sem utilização de água e posterior pintura com cal para minimizar os efeitos do ácido depositado, este método deverá se mostrar impraticável em algumas instalações devido à altura das chaminés.

## 5.2. Circuito de Água / Vapor

Antes de uma Unidade ser parada e conservada, deverá ser observada uma série de procedimentos. Inicialmente, e após o apagamento da caldeira, a mesma deverá ser drenada a quente, quando a pressão residual atingir cerca de 4,0 a 5,0 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Logo após a drenagem da caldeira e assim que as condições permitirem, uma das portas do tambor deve ser aberta a fim de que o vapor remanescente no interior da caldeira seja eliminado. Este procedimento tem por finalidade manter secas todas as superfícies internas da caldeira, o que facilitará a inspeção e a remoção dos depósitos do interior do tambor. O mesmo esquema de drenagem a quente é recomendado para qualquer parada da caldeira em que haja necessidade de que ela permaneça vazia, pois se a caldeira for drenada a frio, as superfícies internas permanecerão molhadas, o que poderá afetar a película de magnetita formada, ou seja, oxidar as superfícies internas, formando ferrugem.

Concluídas a limpeza e inspeção do interior do tambor, o que deverá ser feito tão logo as condições ambientais do tambor permitirem, a porta deverá ser fechada, bem como todos os drenos e válvulas de expurgo da caldeira.

Anteriormente ao reacendimento da caldeira, o qual visa à secagem do lado de gases da mesma, esta deverá ser cheia com água com as características normais para operação, acrescida de um teor adicional de 50 mg/l de hidrazina.

A seguir, a caldeira é acesa utilizando-se combustível com baixo teor de enxofre (inferior a 1,0%), e pressurizada até um valor que corresponda a uma temperatura de gases que assegure a completa secagem dos circuitos de gases e respectivos refratários. Esta pressão deverá ser mantida por um período de tempo que permita a completa secagem dos superaquecedores não drenáveis. Em caldeiras de grande porte é usual elevar-se a pressão para 15 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Uma vez concluída a secagem, a caldeira é novamente drenada a quente, à pressão de 4,0 a 5,0 Kgf/cm<sup>2</sup>. Quando da drenagem, os expurgos

dos superaquecedores não drenáveis são mantidos fechados, visando o arraste do vapor contido nos superaquecedores para o interior da caldeira, em função da abertura de drenos de fundo (paredes de água) da mesma.

Quando for observado que a drenagem da caldeira está chegando ao seu final, deverão ser abertos os expurgos acima mencionados a fim de completar a secagem dos superaquecedores.

#### **a) Método Via Úmida**

Concluída a drenagem da caldeira e após atingir uma temperatura do metal de cerca de 50°C, iniciar o enchimento da caldeira, incluindo os superaquecedores, com uma solução de hidrazina / amônia com as seguintes características:

- 200 mg/l de  $N_2H_4$
- 10 mg/l de  $NH_3$
- pH (25°C) = 10,0

A injeção da solução de hidrazina / amônia deverá ser feita da maneira mais conveniente, de acordo com as peculiaridades da instalação de cada Unidade, devendo ser garantida a homogeneidade da solução. O condensador (que não apresente vazamento) poderá ser usado para preparar a solução.

Quando for observada a saída de solução pelos expurgos de ar da caldeira, incluindo superaquecedores, e após certificar-se da não existência de bolsões de ar no interior dos circuitos, os mesmos deverão ser fechados, sendo o enchimento concluído quando a pressão atingir 1 Kgf/cm<sup>2</sup>.

É necessário que, nos três primeiros dias subseqüentes ao enchimento da caldeira, os expurgos de ar sejam abertos a fim de eliminar quaisquer quantidades de ar que tenham permanecido no circuito, sendo fechados em seguida.

Quando a pressão cair para 5 Kgf/cm<sup>2</sup>, elevar a pressão com solução de igual concentração àquela injetada na caldeira, através da bomba de injeção de produtos químicos.

A verificação da pressão mantida deverá ser diária.

Uma amostra da solução injetada na caldeira deverá ser coletada em frasco de vidro contendo um segmento de tubo, de iguais características aos tubos da caldeira objeto de conservação.

Este frasco deverá ter tampa de vidro esmerilhado, estar completamente cheio e sem presença de ar. O acompanhamento contínuo ao longo do tempo de conservação poderá indicar o desempenho do método utilizado.

O controle da concentração da solução no interior da caldeira deverá ser feito 24 horas após o término do seu enchimento. Para tanto, deverão ser coletadas amostras em todos os pontos de coleta possíveis da caldeira e superaquecedores. Posteriormente, deverá ser adotada uma periodicidade de controle quinzenal.

A concentração mínima recomendada de hidrazina é igual a 100 mg/l, garantindo-se também que o pH (25°C) da solução não caia abaixo de 9,8.

Nota: Em caso de divergências de concentração entre os vários pontos de amostragem, levantando dúvidas quanto à homogeneidade da solução, a mesma deverá ser integralmente substituída, seguindo-se o mesmo procedimento anterior.

#### **b) Método Via Seca**

Neste método, a drenagem da caldeira será iniciada quando a pressão cair para 4,0 a 5,0 Kgf/cm<sup>2</sup>, mantendo-se os expurgos do superaquecedor fechados. A fase final da drenagem deverá ser feita de maneira lenta. Ainda com pressão em torno de 0,35 Kgf/cm<sup>2</sup>, se fará a admissão de nitrogênio a uma pressão de 1,0 a 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup> (então superior a do circuito de água e vapor), inicialmente através dos expurgos do tambor de vapor.

O fechamento da drenagem de fundo da caldeira será determinado quando esta estiver cheia com nitrogênio, o que poderá ser constatado quando não houver mais saída de água pelos drenos de fundo e garantir-se que a atmosfera existente no interior do circuito da caldeira seja constituída somente por nitrogênio. A verificação do último ponto mencionado poderá ser obtida através de um dos seguintes ensaios:

- Teste da vela, que consiste no apagamento da vela pela inexistência de oxigênio;
- Coletando-se uma amostra de gás saindo pelos drenos de fundo, e verificando-se, através do aparelho de ORSAT ou outro equipamento específico, o teor de oxigênio contido neste gás, o qual deverá ser o menor possível (em ensaios efetuados na caldeira de Igarapé – CEMIG, foram conseguidos valores da ordem de 1,8% de oxigênio).

Completando o enchimento da caldeira com nitrogênio, deverá ser mantida uma pressão não inferior a 0,35 Kgf/cm<sup>2</sup> deste gás no circuito. Tal valor de pressão deverá ser controlado diariamente. Nos três dias subseqüentes ao enchimento com nitrogênio é necessário abrir-se os drenos de fundo da caldeira, fechando-os a seguir.

### **c) Observações sobre os Métodos de Conservação**

Todos os cuidados relatados e recomendações feitas deverão ser rigorosamente cumpridos, visto que seu não atendimento implicará no comprometimento geral dos métodos de conservação.

A conservação por via seca somente é possível se as válvulas dos circuitos de água e vapor tiverem estanqueidade garantida, portanto, onde necessário, deverão ser instalados “flanges cegos”.

A conservação via úmida, com utilização de solução de hidrazina, é mais dispendiosa que a conservação por via seca com utilização de nitrogênio.

A tubulação do vapor principal entre a caldeira e a turbina poderá ser conservada através do mesmo processo utilizado para conservação do circuito de vapor da caldeira. Ressalta-se que no caso de ser utilizado o método via úmida, cuidados deverão ser tomados no sentido de evitar a entrada de água na turbina. Os suportes de molas (“hangers”) da tubulação deverão ser travados antes do enchimento, tendo em vista evitar risco de deformação pelo peso da água.

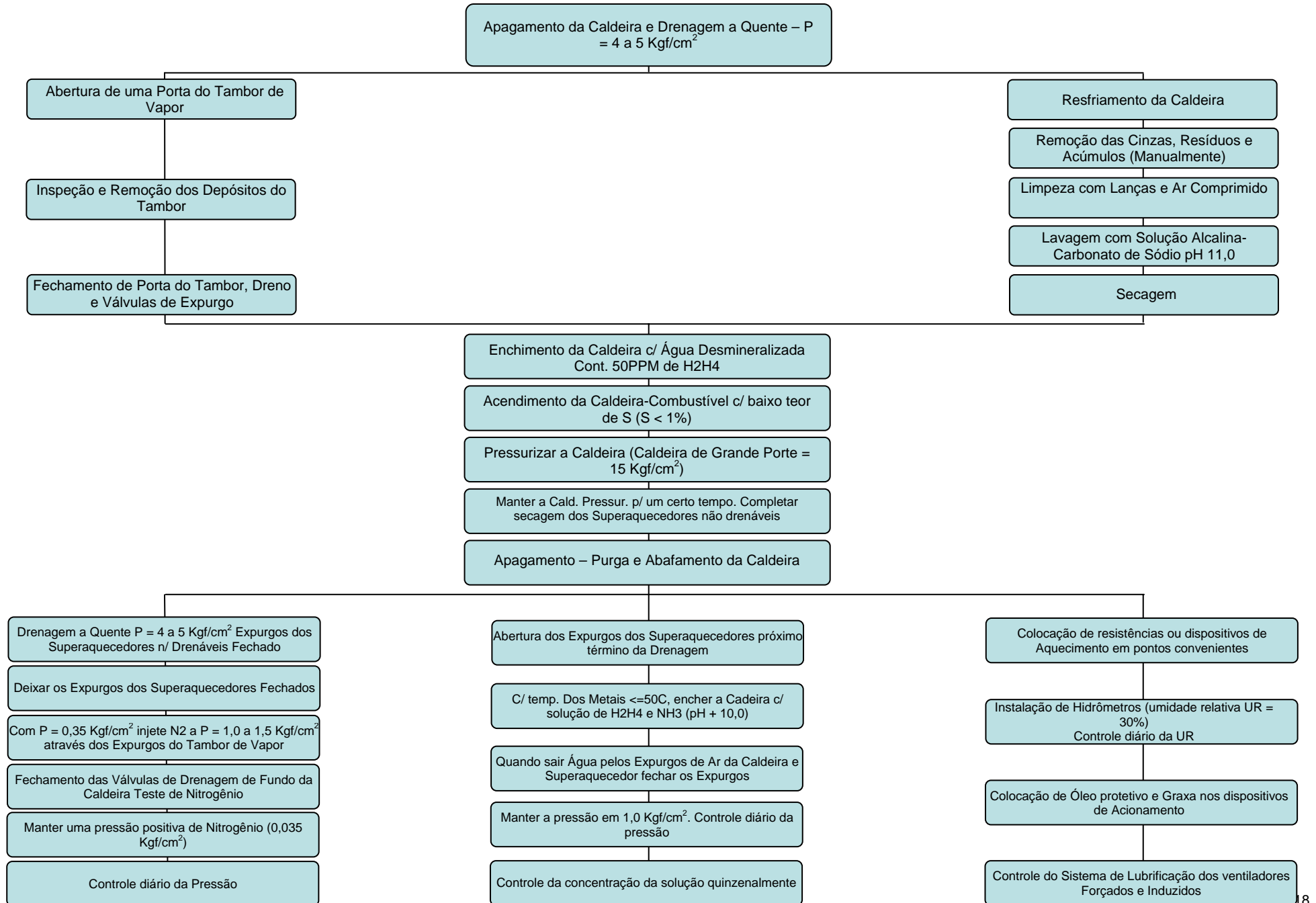
Os seguintes fatores de segurança devem ser seguidos quando do manuseio de produtos químicos utilizados na conservação de equipamentos:

- Sempre ler e entender os procedimentos e precauções recomendadas no manuseio;
- Usar EPI's, tais como: luvas de borracha ou PVC, aventais, botas e óculos, quando do manuseio dos produtos químicos;
- Contato com produtos químicos, especialmente soluções alcalinas e produtos voláteis, deve ser evitado;
- A hidrazina é classificada como produto altamente tóxico e com suspeitas de ser cancerígena. Se ingerida, pode ser absorvida pelo organismo, causando sérios males ou mesmo ser fatal. Contato com olhos ou inalação de seus vapores pode causar males permanentes. A hidrazina pode causar problemas dermatológicos.  
Caldeiras ou equipamentos auxiliares conservados com hidrazina, não devem ser adentrados até que lavagens com água tenham reduzido a concentração de vapores de hidrazina no ar ambiente no interior do equipamento a ser inspecionado a níveis seguros, estabelecidos por leis governamentais;
- Remover as roupas imediatamente, se estas foram atingidas por produtos químicos (respingos ou molhamento). Lavá-las antes de utilizá-las novamente;  
Botas ou sapatos molhados com hidrazina devem ser descartados;

- Em caso de contato da pele com produtos químicos, a mesma deve ser lavada com água em abundância;
- Se os olhos forem atingidos com produtos químicos, lave-os cuidadosamente com água corrente durante 15 minutos e em seguida um médico deverá examiná-los;
- Não entrar em nenhum equipamento que tenha sido conservado com nitrogênio, até que este se tenha sido purgado com ar e ensaios químicos demonstrem que a quantidade de ar presente no interior do mesmo seja suficiente para manutenção da vida humana;
- Utilizar capacetes de segurança quando entrar em fornalhas ou em outros equipamentos em que haja possibilidade de queda de ferramentas, de peças etc.

Obs.: vide fluxograma de conservação de caldeiras.

# FLUXOGRAMA – CONSERVAÇÃO DE CALDEIRAS



## **5.3. Sopradores de Fuligem**

### **5.3.1. Sopradores Retrátéis**

No caso de paradas por períodos prolongados, recomenda-se que os sopradores retrátéis sejam retirados, desmontados, limpos e untados com óleo ou graxa protetiva anticorrosiva, sendo em seguida armazenados em locais secos, não sujeitos a intempéries e devidamente identificados. As aberturas que permitem a entrada dos sopradores deverão ser tamponadas, para evitar penetração de ar do ambiente para o interior da caldeira.

No caso de paradas por curtos períodos, os sopradores poderão ser desacoplados da linha de vapor e conservados da seguinte maneira:

- a) Parte externa – untada com graxa ou óleo protetivo anticorrosivo, após limpeza adequada da superfície.
- b) Parte interna – manter um fluxo de ar aquecido e desumidificado.

Outra alternativa seria manter as tubulações de vapor acopladas aos respectivos sopradores, com as válvulas abertas, sendo a conservação das mesmas obtida através de circulação de ar seco. Os sopradores deverão ser inspecionados, inicialmente, uma vez por mês e ampliando-se ou diminuindo-se este período em função das inspeções realizadas.

### **5.3.2. Sopradores Fixos**

- a) Parte externa – será conservada nas mesmas condições em que estiver sendo mantida a fornalha (circuito de gases);
- b) Parte interna – manter um fluxo de ar aquecido e desumidificado.

Para tubulações respectivas, valem os comentários mencionados no item anterior. Os sopradores deverão ser inspecionados, inicialmente,

uma vez por mês e ampliando-se ou diminuindo-se este período em função das inspeções realizadas.

#### **5.4. Queimadores**

Devem ser retirados da fornalha, desmontados e limpos, sendo as lanças untadas com óleo ou graxas protetiva anticorrosiva.

O conjunto de atomização poderá ser conservado imerso em óleo protetivo anticorrosivo.

Os queimadores deverão ser conservados devidamente identificados. As aberturas que permitem a entrada dos canhões dos queimadores deverão ser tamponadas, para evitar penetração de ar do meio ambiente da fornalha.

#### **5.5. Revestimento Externo de Caldeiras**

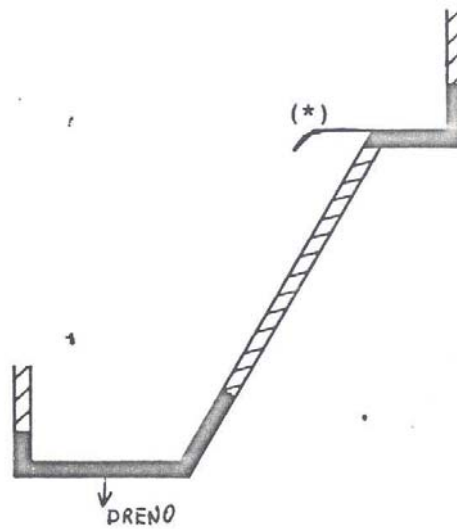
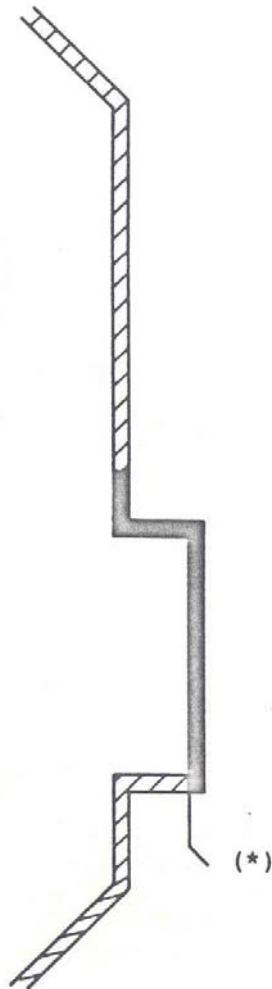
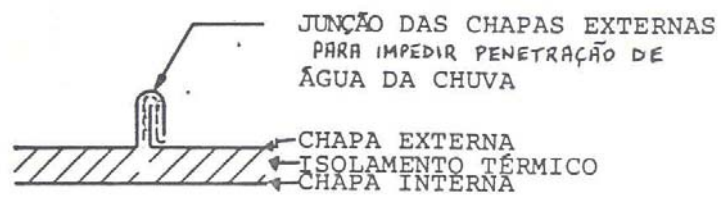
As recomendações abaixo mencionadas tendem a minimizar os problemas de degradação do revestimento interno e externo das caldeiras, tendo em vista que a eliminação desses problemas é inviável sob o ponto de vista econômico, bem como do ponto de vista prático.

O ponto básico a ser observado para conservação do revestimento externo de caldeiras é evitar possíveis infiltrações de água que poderiam provocar o encharcamento do isolante externo da caldeira, fonte de corrosão em chapas e tubulações de aço. Neste caso, por ocasião de paradas de Unidades por período prolongado, é recomendável, para minimizar a possibilidade de estabelecimento de pontos ou áreas com corrosão, a recuperação dos trechos com revestimento térmico comprometido. Naqueles locais que sejam considerados críticos, o revestimento deverá ser removido e aplicado um produto protetivo temporário na chaparia de ferro. Sempre que possível, recomenda-se a instalação de coberturas.

Os desenhos a seguir exemplificam algumas áreas críticas.

Para período de conservação não definido e sem previsão de retorno, deve ser considerada a possibilidade de remoção da parede de revestimento externo (chaparia de alumínio e lã de vidro, etc.), deixando-se somente a chaparia externa à caldeira nas zonas de maior facilidade para penetração da umidade. Em substituição ao revestimento externo e para proteção da chaparia, deve ser aplicado um produto protetivo, não inflamável, de modo a assegurar a ausência de processo corrosivo. Esse procedimento evitaria a exposição de grande área de chaparia ao contato com a massa isolante térmica encharcada / úmida, devido ao acúmulo de água.

## EXEMPLOS DE ÁREAS CRÍTICAS E SUGESTÕES PARA MINIMIZAR PROBLEMAS



- (\*) ← CHAPA DEFLETORA SOLDADA  
 ← ISOLAMENTO TÉRMICO REMOVIDO E  
 CHAPA INTERNA TRATADA  
 ← ISOLAMENTO TÉRMICO MANTIDO

## **6. CONSERVAÇÃO DE TURBINAS A VAPOR E A GÁS**

### **6.1. Turbinas a Vapor**

#### **6.1.1. Turbinas**

A turbina deverá ser mantida continuamente no girador, de forma a manter a retilidade do eixo em toda a sua extensão. Em alguns casos, quando especificamente recomendado pelo fabricante, o girador deverá ser mantido fora de operação, sendo, no entanto, acionado uma vez por semana por um período mínimo de duas horas. Neste caso, deve-se observar que a cada parada, o eixo deverá ser posicionado a 90° em relação à parada anterior.

Para proteção das partes internas da turbina, um fluxo contínuo de ar aquecido à cerca de 40°C e com teor de umidade inferior a 30% deverá ser suprido ao poço quente do condensador.

Tendo em vista o elevado consumo de ar nas Unidades de grande porte, é recomendável instalação de um sistema para fornecimento de ar quente e seco de forma independente dos compressores de ar de instrumentos, para evitar pesadas sobrecargas nestes equipamentos.

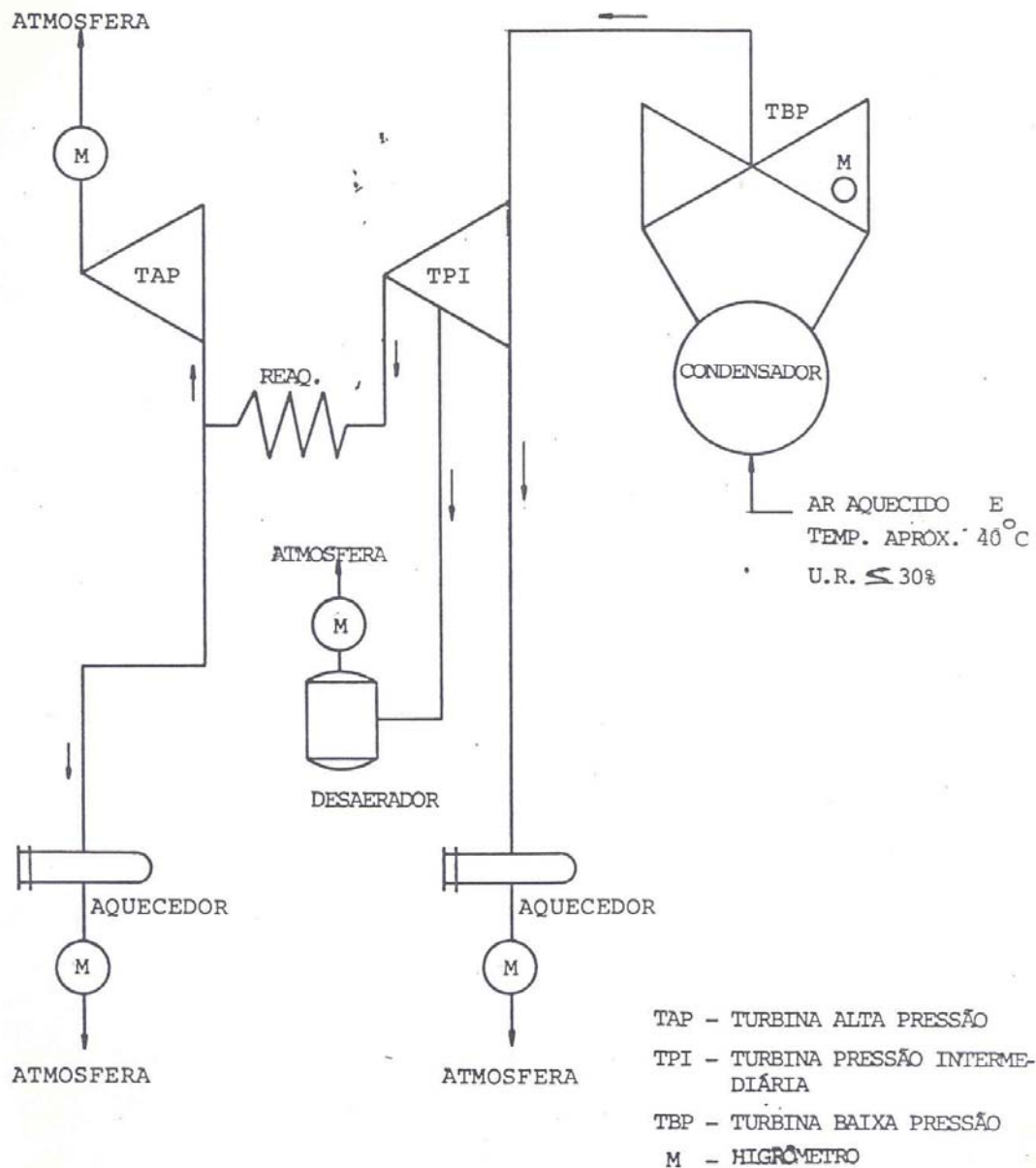
O sistema compreenderá em conjunto em série composto por um soprador, uma estação dessecante e uma estação aquecedora, sendo o ar dirigido para qualquer das tubulações que dão acesso à parte inferior do poço quente, tais como dreno de fundo, linhas de sucção das bombas de condensado, linha de entrada de água de reposição, etc.

Uma das janelas de acesso à exaustão da turbina de baixa pressão deverá ser substituída por uma placa de acrílico transparente, que permita as leituras em um termohigrômetro instalado no interior da turbina. A umidade relativa do ar naquele local deverá ser mantida abaixo de 30%, sendo confirmada por leituras diárias.

O esquema mostrado a seguir apresenta uma instalação ideal para conservação de turbinas e circuitos de vapor correlatos.

Termohigrômetros deverão ser, também, instalados na saída de ar para a atmosfera da caixa de vapor da turbina de alta pressão, nas linhas de dreno dos aquecedores correspondentes e no suspiro do desaerador.

## ESQUEMA DE CONSERVAÇÃO DE TODO O CICLO TÉRMICO COM AR QUENTE E SECO



### **6.1.2. Sistema de Óleo Lubrificante**

O sistema de óleo lubrificante deverá ser mantido em operação contínua, com as seguintes finalidades:

- a) Manter a circulação de óleo dos mancais da turbina, gerador e excitatriz;
- b) Evitar possíveis penetrações de ar nas tubulações do sistema, com conseqüente corrosão interna nas mesmas;
- c) Manter conservados os dispositivos no interior do pedestal da turbina, por meio de aspersão normal do óleo;
- d) Manter a reposição das perdas do sistema de óleo de selagem do gerador;
- e) Agir como suprimento de reserva (“back-up”) para o sistema de óleo de selagem do gerador, em caso de perda das bombas daquele sistema.

Os sistemas de purificação de óleo deverão ser mantidos em operação normal e o controle de qualidade do óleo deverá ser efetuado com a periodicidade normal pré-estabelecida, incluindo-se os exaustores destes sistemas.

### **6.1.3. Válvulas da Turbina**

As válvulas de retenção das linhas de extração de vapor da turbina deverão ser mantidas travadas na posição aberta.

No caso de não ser utilizado o processo de circulação forçada de ar seco através da turbina e linhas de extração (sangria), as válvulas de retenção destas linhas deverão ser mantidas fechadas, de forma a permitir que as tubulações de extração possam ser conservadas com nitrogênio.

As válvulas controladoras e interceptadoras deverão ser acionadas periodicamente, uma vez por mês, de forma a confirmar a liberação de

movimento dos pistões dos cilindros e das hastes das válvulas em todo o seu percurso.

Todas as chaves-limite das válvulas da turbina deverão ser protegidas com um preservativo adequado para dispositivos elétricos.

#### **6.1.4. Sistema de Selagem da Turbina**

Visando evitar ou reduzir os escapamentos do ar seco utilizado para conservação interna das turbinas através de selos, recomenda-se instalação de dispositivos que permita a vedação daqueles locais. Esta vedação poderá ser obtida, por exemplo, através da utilização de peças de isopor, teflon ou espuma de látex com formato adequado, fitas adesivas, silicone etc.

#### **6.1.5. Condensador (lado de condensação)**

Após drenagem, as superfícies internas do poço quente deverão ser secadas com panos e ar comprimido em toda a sua extensão.

As superfícies internas das paredes e as superfícies externas dos tubos serão mantidas conservadas pelo fluxo de ar aquecido e seco.

### **6.2. Conservação de Turbinas a Gás**

As turbinas a gás são os equipamentos de maior valor econômico das plantas termelétricas que operam segundo o ciclo Brayton (ciclo simples) e ciclo combinado (Brayton-Rankine). Sendo assim, todo programa de preservação destas plantas, terá a conservação das turbinas a gás como item de fundamental importância.

As características funcionais e de concepção do projeto, peculiar a cada planta, definirão a opção pela estratégia utilizada em sua preservação.

Além das características do projeto, outro fator de definição do método de conservação será o período estipulado da parada ou a previsão de tempo determinado para o retorno da Unidade à sua condição operativa.

A premissa básica do processo de preservação consiste na prevenção ativa contra a corrosão e a eficiência do processo dependerá da manutenção da umidade relativa abaixo de 40%.

As caldeiras de recuperação estão montadas de forma contínua às turbinas a gás, aproveitando os seus gases quentes de exaustão como fonte de calor para promover a vaporização da água. Desta forma tem-se um grande ambiente único em comunicação, desde a entrada de ar no compressor da turbina, até a exaustão pela chaminé da caldeira; que está sujeita à condição de agressividade deste ar. As características das caldeiras, com ou sem chaminés de by-pass, sua condição de selagem ou confinamento do ar em seu interior, influenciará na estratégia de controle da umidade do ar em cada planta.

## **Procedimento**

A escolha do procedimento a ser adotado, dependerá do período previsto de parada e das características da Unidade, com base em uma análise técnico-econômica da forma mais adequada de exercer o controle sobre a umidade do ar no ambiente mencionado.

## **Procedimentos de manutenção quando as Unidades têm notificação de um mínimo de 24 horas antes da operação comercial:**

Os procedimentos variam conforme o fabricante e modelo da turbina, devendo os mesmos ser consultados com relação a melhor maneira de armazenamento, para alguns modelos de turbinas, Siemens/Westinghouse a título de exemplo, são demonstradas as seguintes recomendações, desde

que o cliente não feche a entrada e a exaustão ou após o cliente ter aberto a entrada e a exaustão:

- Operar a Unidade com a carga máxima permissível (ou FSNL - *Full Speed No Load*, no mínimo) uma vez por mês por meia hora. Reunir e comparar parâmetros de operação com o funcionamento anterior para determinar todo e qualquer tipo de degradação.
- Assim que a temperatura mais alta da Cavidade de Disco tiver caído abaixo de 65°C, a Unidade pode ser tirada de *turning gear* e permanecer fora 12 horas antes da próxima operação.
- Assim que estiver fora de *turning gear*, as bombas de óleo de lubrificação devem ser paradas. Contudo, os aquecedores devem permanecer ligados para manter a temperatura mínima do óleo de lubrificação. Também é recomendável que o sistema de óleo de lubrificação fique em circulação por 30 minutos por semana a partir de agora.
- As bombas hidráulicas também devem ser paradas. Os aquecedores devem permanecer ligados para manter a temperatura mínima e evitar formação de umidade. Novamente, recomenda-se que as válvulas de controle do gás principal e as *IGVs* sejam ligadas uma vez por semana para evitar a aderência dos componentes internos do atuador.
- O sistema de ar de instrumento inteiro deve permanecer operacional o tempo todo. Os drenos do sistema devem ser abertos uma vez por semana para seu despejo de limpeza ("*blowdown*").
- A calibração de toda a instrumentação deve receber manutenção.
- Baterias e carregadores de bateria devem receber manutenção o tempo todo.
- O sistema de proteção antiincêndio deve permanecer ativo o tempo todo.
- O aquecedor de ambiente do gerador deve permanecer ativo o tempo todo.
- São necessárias visitas diárias de inspeção ao sistema (*walkdowns*).

- Inspeções regulares (de acordo com o manual de manutenção) devem ser feitas em todos os sistemas e componentes.

Se esta notificação de no mínimo 24 horas não for viável, então as Unidades devem permanecer em *turning gear* o tempo todo, com todos os sistemas auxiliares em operação normal. A razão para isso é que a necessidade do rotor é de 12 horas de operação de *turning gear* antes da partida.

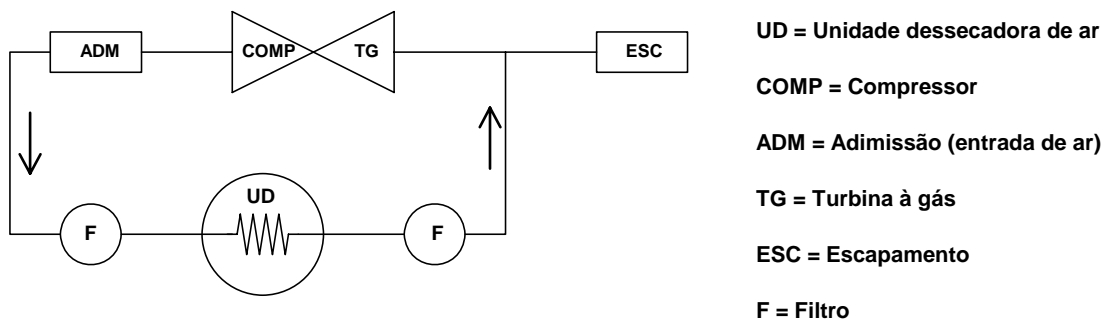
### **Procedimentos de manutenção quando as Unidades não estão em uso freqüente (sem previsão de partida):**

Neste caso uma primeira questão que se apresenta é quanto ao do impacto de cobrir a entrada e/ou exaustão para evitar que as correntes de ar úmido entrem nas turbinas. Recomenda-se que, a menos que haja um secador ou uma fonte de calor (para remover a umidade do ar preso); a corrente natural que passa através da Unidade será mais benéfica. Também é possível encher a Unidade com bolsas com material dessecante (4 lb/50 scf ou 1,28 kg/m<sup>3</sup>) antes de selar as extremidades.

Deve-se tomar cuidado, assegurando-se de que todas as bolsas tenham sido removidas antes da partida. Em qualquer caso, a única outra razão de preocupação é o possível dano ao revestimento interno da espiral do ar de entrada ou do filtro de ar de entrada pela instalação de material estranho.

## Ciclo Simples

Para as turbinas que operam em ciclos simples (Brayton), o esquema abaixo representa arranjo simplificado de um processo de preservação.



A entrada para tomada de ar deve ser selada, para prevenir a entrada e / ou saída de ar do / para o ambiente externo.

A turbina deve ter selada a entrada do compressor e saída da chaminé da turbina para a atmosfera.

As válvulas de alívio do compressor devem ser mantidas, mecanicamente, na posição fechada.

As válvulas de drenos serão mantidas fechadas e frenadas, a fim de evitar a permanência aberta, inadequada.

As válvulas de resfriamento da turbina devem ser mantidas na posição aberta.

Todas as portas-de-visita, janelas de inspeção e aberturas deverão ser fechadas e seladas. O processo de selagem é importante, no intuito de evitar a entrada de ar atmosférico no interior dos circuitos protegidos pela circulação de ar desumidificado.

Quaisquer escapamentos, através de selos, paredes, teto, etc, deverão ser reparados imediatamente, para prevenir a contaminação do ar seco circulante no interior.

O sistema de lubrificação dos mancais será mantido disponível para a operação para que o rotor da turbina possa ser girado manualmente.

A turbina e a tomada de ar serão ligadas à máquina de desumidificação por dessecante. O ar deverá ser aquecido e seco, com umidade relativa abaixo de 40%. A eficiência do processo de preservação dependerá da manutenção da umidade relativa abaixo deste valor de umidade.

O ar deverá ser filtrado antes e após o dessecador a 100  $\mu\text{m}$ .

O fluxo de ar desumidificado, dentro do equipamento protegido, será no sentido contrário ao fluxo normal.

A temperatura do fluxo será mantida ao longo do circuito entre 49 e 71°C.

A pressão de fluxo deverá ser levemente superior à atmosférica.

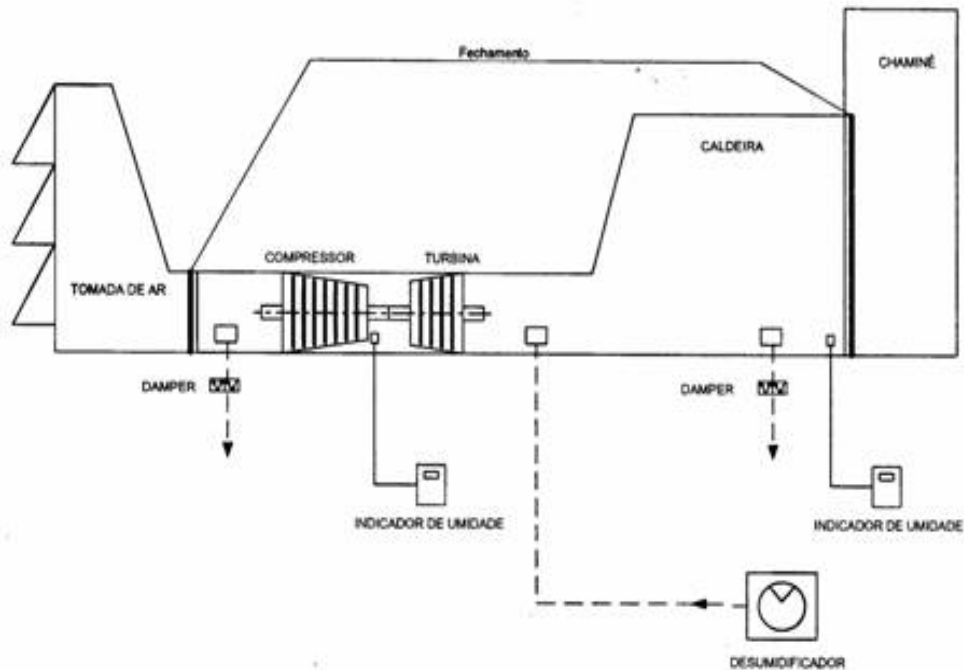
A verificação da temperatura e da umidade relativa do ar circulante deverá ser feita diariamente, pela manhã.

Os equipamentos auxiliares (bombas, tanque de combustível, etc), deverão ser conservados nos mesmos moldes daqueles indicados nesta Recomendação Técnica.

### ***Ciclo Combinado***

Em plantas a Ciclo Combinado, além das as considerações feitas para a turbina a gás, há obviamente, a necessidade de que os cuidados de preservação sejam estendidos para o lado gás das caldeiras de recuperação. Em sendo assim, quaisquer que seja o método escolhido, o fundamental continua sendo o controle da umidade a níveis inferiores a 40%.

O desenho abaixo mostra um arranjo esquemático que utiliza desumidificadores, para promover o controle da umidade. Isto também poderia ser feito com a ação combinada de aquecedores auxiliados por desumidificadores de menor capacidade.



**Erro!**

Obs: A vedação nos dutos de entrada de ar e saída de gases pode ser feita através da colocação de lonas.

## 7. CONSERVAÇÃO DE GERADORES

### 7.1. Geradores

Quando da parada de geradores, tanto para os resfriados a hidrogênio como os resfriados a ar, devem ser feitos todos os testes elétricos de rotina, visando fornecimento de dados para futuras comparações.

É conveniente que estes testes de rotina sejam efetuados a cada 06 (seis) meses, para fins de acompanhamento do estado do enrolamento do gerador. Se possível, instalar resistências de aquecimento. Para conservação, recomendam-se os seguintes procedimentos, devendo ser adotado todos ou em parte em função do período de armazenamento a ser adotado.

- a) Escovas: retirar ou afastar as mesmas a fim de evitar a formação de pólos eletrolíticos. No caso de afastamento deve-se manter o local

- devidamente aquecido. Se retiradas, as mesmas devem ser armazenadas em ambientes apropriados isento de umidade e poeira;
- b) Porta-Escova: efetuar a limpeza interna dos mesmos;
  - c) Anéis coletores: envolver os mesmos com plásticos transparentes de maneira que fiquem perfeitamente aderentes as superfícies.

### **7.1.1. Geradores Resfriados a Hidrogênio**

Para conservação interna e segurança do pessoal e equipamento, recomenda-se que a conservação seja feita com gás carbônico seco no caso de paradas por períodos prolongados.

Para tanto, o hidrogênio deverá ser completamente purgado com gás carbônico e em seguida mantendo-se uma pressão efetiva em torno de 0,30 Kg/cm<sup>2</sup>. O manômetro normal do sistema de gás deverá ser substituído por um manômetro de teste ou coluna de mercúrio, que permita leituras precisas desta ordem de grandeza.

Todo o cuidado deverá ser tomado no sentido de evitar a penetração de umidade.

Se for optado pela conservação do sistema com o gás hidrogênio, cuidados especiais deverão ser tomados pois, os controles contínuos do sistema de resfriamento a hidrogênio deverão ser normalmente observados, para se evitar a possibilidade da ocorrência de mistura explosiva pelo ingresso de ar no sistema ou vazamento de hidrogênio do sistema.

### **7.1.2. Geradores Resfriados a Ar**

Os geradores com refrigeração a ar devem ser preservados a seco. No caso de paradas por períodos prolongados, deve-se fazer uma limpeza no gerador e filtros de ar e ligar as resistências elétricas.

## **7.2. Excitatrizes**

No caso de excitatrizes rotativas, recomenda-se conservar as mesmas de forma similar ao relatado no item 7.1., letras a, b, e c conforme o período a ser armazenado. Os comutadores deverão ser protegidos da mesma forma que os anéis coletores.

## **7.3. Sistema de Óleo de Selagem**

Considerando que o gerador deve ser conservado pressurizado com dióxido de carbono ou com hidrogênio em função do período de armazenagem, é necessário que o sistema de óleo de selagem seja mantido em operação.

## **7.4. Sistema de Resfriamento de Hidrogênio a Ar**

No caso de paradas por períodos prolongados, as tampas dos resfriadores deverão ser removidas e os tubos serão limpos mecanicamente e secos com fluxo de ar, se possível aquecido. A seguir, repor as tampas conservar os resfriadores limpos e secos.

Inspeccionar a cada 6(seis) meses, para verificar as condições internas do mesmo.

## **8. CONSERVAÇÃO DE TUBULAÇÕES E TROCADORES DE CALOR**

### **8.1. Tubulações**

#### **8.1.1. Suportes de Molas (“hangers”)**

No caso de paradas por períodos prolongados, estes componentes deverão ser protegidos com óleo e / ou graxas protetivas e inspecionados a cada 6 (seis) meses.

#### **8.1.2. Tubulações de Condensado e Água de Alimentação**

Visando evitar a corrosão nos circuitos de água de alimentação, recomenda-se a utilização de produtos voláteis para evitar a deposição de sólidos ao longo do circuito. Portanto, deverá ser injetada neste circuito uma solução em água (de acordo com a instalação) contendo 200 mg/l de hidrazina e cerca de 10 mg/l de amônia, com pH de aproximadamente 10.

Esta solução deverá ser preparada em um tanque externo ou no próprio condensador da Unidade. No caso de utilizar tanque externo, a solução é injetada nas tubulações em questão através de uma instalação provisória diretamente na tubulação de descarga das bombas de condensado da Unidade. Este procedimento é sugerido a fim de garantir a homogeneidade da solução, fator primordial para a obtenção dos fins almejados.

Durante o enchimento, o qual deverá ser feito com os suspiros (expurgos) das tubulações abertos, deverão ser efetuadas medidas do teor de hidrazina e pH da solução nestes pontos. Cada suspiro só deverá ser fechado quando aqueles valores se igualarem aos da solução original.

Após o enchimento das tubulações de sucção e descarga da bomba de alimentação, esta deverá ser ligada de forma a permitir o enchimento

das linhas até a entrada da caldeira, observando-se os disposto no parágrafo anterior.

A operação de enchimento das tubulações de condensado e de água de alimentação poderá ser feita na mesma ocasião do enchimento da caldeira. No caso de existir uma estação de polimento de condensado instalado no circuito após o condensado, a mesma deverá ser contornada e isolada antes da introdução da solução mencionada, sendo mantida isolada para evitar contaminação das resinas.

Da mesma forma que o circuito de água de alimentação, o circuito de condensado deverá ser conservado com a solução indicada acima.

Quaisquer vazamentos eventualmente detectados deverão ser sanados de imediato.

Anteriormente à injeção da solução de conservação, deverá ser realizada a drenagem de todo o circuito, através de drenos, purgas e outros dispositivos a serem identificados previamente, a qual poderá ser auxiliada pela injeção de ar comprimido seco em pontos adequados.

Durante o período de conservação deverão ser feitas análises com periodicidade quinzenal para verificação das características da solução, nos pontos de extração normalmente instalados para este fim ao longo do circuito. Em caso de alteração das condições desejadas, deverão ser verificadas as causas e providenciadas correções.

A conservação pelo uso de nitrogênio poderá ser utilizada, desde que se tomem as devidas precauções no sentido de eliminar totalmente qualquer acúmulo de água no interior das mesmas.

Obs.: A publicação da ASME de 1985 (nº de catálogo 79-54898), recomenda para os trocadores de calor com tubos de cobre e / ou suas ligas, uma concentração de hidrazina de 50 a 100 mg/l e pH corrigido para 9,5. Todas as tubulações em aço devem ser conservadas com solução de 200 mg/l de hidrazina e pH corrigido para 10 com amônia ou ciclohexilamina.

### 8.1.3. Tubulações de Vapor Auxiliar

Recomenda-se que este sistema deva ser armazenado apenas em paradas por períodos prolongados. Como na maior parte das caldeiras a alimentação do circuito de vapor auxiliar é feita a partir do tambor da caldeira ou do circuito de vapor principal, recomenda-se que a conservação deste circuito tenha o mesmo procedimento adotado para a caldeira.

Nas Unidades em que for adotada a via úmida para conservação da caldeira, após a drenagem desta e quando do seu enchimento com solução de hidrazina e amônia, o circuito de vapor auxiliar, incluindo os “steam-tracer” (linhas de vapor para aquecimento de tubulações de óleo combustível) e as serpentinas dos aquecedores dos tanques de óleo combustível poderá, simultaneamente, ser cheio com solução pela abertura das válvulas que conectam este sistema à caldeira ou ao circuito de vapor principal.

Pela abertura dos drenos e suspiros das linhas de vapor auxiliar deverá constatar-se o seu enchimento, quando iniciar a saída de solução, pelos mesmos. A menos de situações específicas, como construtivas, falta de estanqueidade de válvulas e outras, as tubulações deverão ser completamente enchidas em toda a sua extensão, incluindo serpentinas de aquecimento. É conveniente que válvulas redutoras e outras similares sejam desviadas durante o enchimento do circuito.

Em função do fato de certas linhas terem grande extensão, talvez haja dificuldade no enchimento total dos circuitos a partir do enchimento da caldeira.

Neste caso, haverá necessidade de isolamento destes trechos, através de raqueteamento por exemplo, sendo o seu enchimento feito através de tanques convenientemente localizados, cheios com a solução de hidrazina e amônia.

Tendo em vista que boa parte das tubulações de vapor auxiliar, com fins de aquecimento e outros, são externas e encontram-se ao tempo, deverá ser providenciada uma forma adequada de proteção ao seu

isolamento térmico, utilizando-se para isso, por exemplo, cobertura através de lona ou plástico.

Deverão ser feitas análises quinzenais da qualidade de solução de acondicionamento.

Recomenda-se que por ocasião do enchimento das tubulações de vapor auxiliar seja avaliada a necessidade ou não de travamento dos seus suportes de mola (“hangers”) para evitar deformações.

#### **8.1.4. Tubulações de Óleo Combustível**

De forma a proteger as tubulações do circuito de combustível, a melhor alternativa é a conservação com o próprio óleo combustível desde que a viscosidade permita o seu bombeamento, e que possua baixo ponto de fluidez, a fim de evitar que o óleo solidifique a temperatura ambiente. O objetivo é evitar-se a penetração da umidade contida no ar atmosférico.

Após o enchimento dos circuitos, deverão ser mantidas fechadas as respectivas válvulas de isolamento.

#### **8.1.5. Tubulações de Produtos Químicos**

No caso de paradas por períodos prolongados as tubulações de injeção de produtos químicos, deverão ser lavadas com água, de preferência desmineralizada, para retirada de eventuais depósitos existentes, e mantidas cheias com a solução de hidrazina e amônia utilizada para a conservação da caldeira.

#### **8.1.6. Tubulações de Água de Circulação e Condensado**

No caso de paradas por períodos prolongados, as Unidades cujas instalações permitam a parada do sistema de água de circulação durante todo o período de desativação, recomenda-se ser feita a drenagem, limpeza e secagem das tubulações e componentes. Para permitir este

isolamento, é necessária a colocação de comportas de isolamento (“stop-logs”) junto à tomada de água e a utilização de bombas de esgotamento de água.

Este procedimento permitirá a desmontagem, limpeza e aplicação de óleo protetivo adequado, em equipamentos como grades e telas, válvulas borboletas, rotores de bombas de circulação e outros, aplicação de protetivos e engraxantes em juntas de expansão de borracha e similares. Permite também a limpeza das câmaras de entrada e saída dos condensadores.

Para a limpeza do lado interno dos tubos dos condensadores, poderão ser utilizadas varetas com esferas, escovas cilíndricas providas de plástico ou teflon na extremidade, pistolas de ar comprimido para arremesso destes materiais ao longo dos tubos.

Em seguida, as superfícies internas devem ser lavadas com água tratada à alta pressão, após o que deverá ser providenciada a secagem dos tubos com ar comprimido.

O sistema de água de circulação deverá ser inspecionado periodicamente, a cada seis meses.

Não sendo possível a drenagem completa do circuito e seu isolamento e em paradas de curta duração, o sistema de água de circulação deverá ser mantido em operação, visando evitar a estagnação da água no interior dos circuitos, geralmente bastante contaminada, o que poderia dar início a um processo de corrosão e deterioração dos mesmos.

Neste caso, nas Unidades que dispõem de sistema de cloração para a água de circulação este deverá ser mantido em operação normal.

A adição dos produtos à água, torna-se inviável pelo fato dos circuitos serem abertos.

### **8.1.7. Tubulações de Água de Resfriamento**

No caso do sistema de água de resfriamento, este deverá permanecer em operação, visando o resfriamento de diversos equipamentos mantidos em operação, como por exemplo, bombas de

drenagem e esgotamento, bombas do sistema anti-incêndio, compressores de ar de serviço e de instrumentos, resfriadores de óleo de lubrificação da turbina etc.

Assim, independentemente de tratar-se de circuitos de refrigeração abertos ou fechados (utilizando água desmineralizada), os mesmos podem ser operados a uma vazão reduzida para atender as necessidades, mantendo-se normalmente a manutenção preventiva e as análises e controles da qualidade de água.

## **8.2. Trocadores de Calor**

### **8.2.1. Trocadores Tipo Vapor / Óleo**

No caso de paradas por períodos prolongados, o lado de vapor deverá ser mantido seco e com nitrogênio ou com solução de hidrazina e amônia. O lado de óleo deverá ficar cheio de óleo, se este for de baixa viscosidade e baixo ponto de fluidez. Se for de alta viscosidade, drenar e lavar as linhas com óleo de baixa viscosidade e posteriormente deixar cheio com este óleo.

### **8.2.2. Trocadores Tipo Vapor / Água**

No caso de paradas por períodos prolongados, o lado de vapor deverá ser drenado, seco e cheio com nitrogênio ou mantido com solução de hidrazina e amônia. O lado de água deverá ser drenado, secado e cheio com nitrogênio ou solução de hidrazina e amônia.

### **8.2.3. Trocadores Tipo Água / Água**

No caso de paradas por períodos prolongados, a parte interna do casco (lado externo dos tubos), deverá ser drenada, seca e cheia com nitrogênio ou mantido com solução de hidrazina e amônia. O lado interno

dos tubos deverá ser drenado, secado e cheio com nitrogênio ou solução de hidrazina e amônia.

#### **8.2.4. Trocadores Tipo Água / Óleo**

No caso de paradas por períodos prolongados, o lado de água deverá ser drenado, lavado e conservado com nitrogênio ou solução de hidrazina e amônia.

O lado de óleo deverá permanecer cheio.

O enchimento do circuito de óleo poderá ser feito por gravidade pelo tanque ou através da bomba de injeção com os cuidados necessários.

Após o enchimento, as válvulas poderão ser fechadas.

As bombas poderão ser desacopladas e limpas e os filtros limpos periodicamente.

Obs:

- a) As tubulações de descarga das válvulas de segurança dos trocadores de calor deverão ser limpas e secas e, em seguida, tamponadas, para evitar a penetração da água da chuva e de umidade.
- b) Para trocadores de calor contendo tubos de cobre e / ou suas ligas, vide OBSERVAÇÃO no item 8.1.2.: Recomendação ASME.

#### **8.3. Torres de Resfriamento**

As torres úmidas deverão ser mantidas com a bacia cheia de água e os elementos de enchimento umedecidos com uma vazão de água adequada.

Para as torres secas, todas as tubulações deverão ser mantidas com uma solução de 200 mg/l de hidrazina de amônia (pH = 10) em água desmineralizada.

No caso de haver risco de congelamento da água devido à temperatura ambiente na área da usina, haverá necessidade de drenagem de todo o circuito, e sua secagem pela injeção de ar comprimido seco e aquecido, mantendo-se após esta operação uma atmosfera de nitrogênio para sua conservação.

Externamente, as tubulações, geralmente aletadas, em função da grande área de troca de calor necessária, deverão ser limpas pela utilização de jatos de ar comprimido ou água pulverizada, em períodos pré-estabelecidos.

Se necessário, e devido a vazamentos, as válvulas, principalmente borboletas, e juntas de dilatação, poderão ser retiradas, limpas e protegidas com óleo protetivo e instalação raquetes em seu lugar.

## **9. CONSERVAÇÃO DE TANQUES E VASOS DE PRESSÃO**

### **9.1. Sistema de tratamento de Tanques de Água**

Caso o esquema de conservação da Unidade e as instalações da usina permitam a parada da estação de tratamento de água, poderão ser seguidas as recomendações abaixo:

#### **a) Floco – Decantadores e Filtros**

Em princípio, para uma melhor conservação do equipamento e confiabilidade por ocasião da reativação da Unidade, o floco – decantadores e filtros deverão ser mantidos em operação contínua com fluxo mínimo ou em condições de partida uma vez por semana por um período de cerca de 06 (seis) horas. Nos casos em que for decidida a parada total da estação, os flocos – decantadores poderão ser drenados, removida a lama formada, procedido ao jateamento nas partes em aço e pintura externa com tinta a base de epóxi.

Nestes casos, os filtros deverão ser drenados, a areia e o cascalho lavado, secados e separados, removidos e guardados em tambores

identificados. As superfícies de aço caso necessário, deverão ser jateadas e pintadas com tinta a base de epóxi.

#### b) Tanques de Água

Os tanques de armazenamento de água bruta, potável e água desmineralizada deverão ser mantidos com o nível normal com o mesmo líquido utilizado na operação normal da Unidade.

Os tanques em aço carbono e fechados deverão ser conservados com cobertura de nitrogênio. Estes tanques deverão ser inspecionados anualmente.

O tanque deverá ser cheio totalmente e a seguir drenado até o nível normal com introdução de atmosfera de nitrogênio a pressão levemente acima da atmosfera (cerca de 0,3 Kgf/cm<sup>2</sup> efetivos).

Esta introdução poderá ser feita através da tubulação de suspiros ou ladrão do tanque, tendo-se cuidado de raquetear aquelas saídas.

Obs.: Junto às válvulas de manobra do tanque deverão ser afixadas placas de advertência informando sobre as condições de isolamento do tanque.

Outra alternativa para paradas de maior duração, seria a drenagem e secagem interna dos tanques.

Onde requerido, as superfícies metálicas seriam jateadas e pintadas com tinta a base de epóxi. Nos tanques abertos, deverá ser providenciada a colocação de uma cobertura removível. Se possível, aquecedores deverão ser instalados no interior dos tanques, visando mantê-los aquecidos.

## 9.2. Tanques de Combustível

Se possível, os tanques de óleo combustível de tipos 1 e 2 deverão ser mantidos cheios com o próprio combustível. Uma vez por mês deverá ser procedida a drenagem da água por ventura acumulada no fundo do tanque.

Amostras deverão ser retiradas a cada quatro meses para análise física – química, a fim de verificar suas características.

### **9.3. Tanques de Óleo Lubrificante**

Deverão permanecer com nível normal de óleo. A cada 02 (dois) meses deverá ser retirada uma amostra de óleo para análise físico – química.

### **9.4. Tanques de Produtos Químicos**

Os tanques de produtos químicos sem revestimentos internos que forem permanecer fora de serviço no caso de paradas por períodos prolongados, deverão ser esvaziados e lavados com água comum, sendo secados logo após.

Estes tanques serão mantidos secos por meio de aquecedores apropriados em seu interior. Aqueles localizados ao ar livre deverão ser protegidos com uma cobertura removível.

Os tanques de madeira e aqueles de aço revestidos internamente com borracha e / ou “fiberglass”, deverão ser esvaziados, lavados e mantidos cheios com água doce.

Quanto aos tanques de armazenamento de produtos químicos não deterioráveis com o tempo (ácido sulfúrico), estes poderão ser mantidos com o próprio produto desde que protegidos da radiação solar, para evitar a ação deletéria do calor. Já os tanques de armazenamento revestidos ou em “fiberglass”, contendo produtos químicos deterioráveis com o tempo (ácido clorídrico, por exemplo), deverão ser esvaziados, lavados e enchidos com água doce.

### **9.5. Vasos de Pressão**

Os tanques de purga (“blow-off”) da caldeira deverão ser drenados, limpos internamente e enchidos até a saída da tubulação de descarga para a atmosfera com uma solução de fosfato trisódico a 0,5%. Este

procedimento poderá ser utilizado para qualquer tanque de estrutura em aço revestido.

Os tanques de ar comprimido serão mantidos em serviço normalmente. Caso estes reservatórios sejam também desativados no caso de paradas de longa duração, os mesmos deverão ser limpos internamente e mantidos secos e aquecidos. Os reservatórios deverão ser inspecionados anualmente.

Obs: Quaisquer que seja a opção de armazenamento deverão ser seguidas e implementadas as inspeções e demais determinações descritas na Norma Regulamentadora 13 do Ministério do Trabalho, tanto para caldeiras como no caso de vasos de pressão e válvulas de segurança.

## **10. CONSERVAÇÃO DE BOMBAS E COMPRESSORES**

### **10.1. Bombas de Água**

#### **10.1.1. Bombas de Água de Circulação**

No caso de paradas por períodos prolongados, as bombas devem ser desacopladas do motor, e feita a limpeza e inspeção dos mancais. As mesmas devem entrar em programa periódico para acionamento manual do eixo e dos distribuidores.

Os distribuidores de graxa devem ser desmontados, limpos e armazenados em lugar adequado. Em seu lugar deve ser adaptado dispositivo para possibilitar lubrificação manual, que deverá ter um programa periódico.

Os rotores deverão ser instalados e revestidos com protetores anticorrosivos temporários.

### **10.1.2. Bombas de Condensado**

Devem ser mantidas cheias com solução de hidrazina e amônia, utilizada no enchimento do ciclo de alimentação da caldeira.

No caso de paradas por períodos prolongados as bombas devem ser desacopladas do motor e entrar em programa periódico para acionamento manual do eixo. Os níveis de óleo lubrificante devem ser verificados periodicamente e a qualidade do óleo também deve ser controlada a cada 06 (seis) meses.

### **10.1.3. Bombas de Água de Resfriamento dos Mancais, Bombas de Drenagem e Bombas do Sistema Anti-Incêndio.**

Estas deverão ser mantidas no esquema de manutenção e operação normal da Usina.

### **10.1.4. Bombas de Água de Alimentação da Caldeira**

As bombas de alimentação e as de recalque (“booster”) deverão ser cheias com a solução de hidrazina e amônia utilizada no enchimento do ciclo de água de alimentação da caldeira.

## **10.2. Bombas de Combustível**

### **10.2.1. Óleo Combustível**

No caso de paradas por períodos prolongados, estas bombas deverão ser completamente cheias com óleo combustível de baixo ponto de fluidez e baixa viscosidade.

### **10.3. Bombas de Produtos Químicos**

No caso de paradas por períodos prolongados, estas deverão ser desmontadas, limpadas, secadas e protegidas com aplicação de protetivos temporários anticorrosão, sendo mantidas em suas bases. Onde existir mecanismos banhados com óleo, estes devem ser completamente cheios com próprio óleo.

Para bombas com revestimentos internos e especiais, como borracha, por exemplo, deverão ser recomendações do fabricante.

### **10.4. Compressores**

Estes deverão ser mantidos em funcionamento. O de ar de serviço para manter pressurizado o sistema de proteção contra incêndio e atender as necessidades de manutenção da instalação. O de ar de controle para manter fluxo de ar seco onde necessário.

Os esquemas de manutenção e operação normal deverão ser mantidos.

## **11. CONSERVAÇÃO DE MOTORES E SISTEMAS ELÉTRICOS**

### **11.1. Motores**

No caso de paradas por períodos prolongados as resistências de aquecimento, quando existentes, deverão ser ligadas. Os motores de médio e grande porte deverão ser desacoplados mecanicamente do equipamento movido (bombas, ventiladores, exaustores, etc.) e incluídos em programas de acionamento elétrico periódico.

Antes de cada partida, deverão ser submetidos aos testes de índice de polarização e resistência de isolamento. As resistências de aquecimento, quando existentes, deverão ser ligadas.

Para os motores de médio porte expostos ao tempo, que não possuam resistências de aquecimento e não tenham sido fabricados com o grau de proteção adequado, deverão quanto possível, ser providenciadas coberturas individuais contra intempéries, devendo ser instalados aquecedores (lâmpadas, resistências etc) para manter aquecido o ambiente.

Os motores de pequeno porte, como, por exemplo, acionadores de válvulas, sopradores de fuligem etc, deverão ser retirados, identificados, protegidos e armazenados em local apropriado. Para os motores em que esta medida não for aplicável, deverão ser mantidos em regime de funcionamento periódico programado.

## **11.2. Transformadores Principais da Unidade**

No caso de paradas por períodos prolongados estes transformadores poderão ser mantidos energizados e em vazio a partir do lado de alta tensão, através do sistema de transmissão.

A cada 06 (seis) meses, deverá ser feito um teste no óleo isolante para verificação das suas condições.

Caso julgado conveniente, os mesmos poderão permanecer desenergizados, desde que sejam mantidos os controles de manutenção de rotina.

## **11.3. Outros Transformadores**

No caso de paradas por períodos prolongados deverão ser mantidos desenergizados os transformadores que não forem requeridos para alimentação dos sistemas e equipamentos auxiliares que permanecerem em serviço durante o período de parada da Unidade. Logo após o seu desligamento, o transformador deverá ser submetido aos testes de rotina e a uma manutenção preventiva.

A cada 06 (seis) meses, deverá ser feito um teste no óleo isolante para verificação das suas condições.

#### **11.4. Barramentos, Painéis, Quadros de Distribuição e Centros de Controle de Motores (CCM's)**

Para a conservação destes equipamentos, visto que são sempre utilizados para a operação e/ou conservação das Unidades termelétricas, os procedimentos de conservação são atividades que visam evitar a penetração e acúmulo de umidade e poeiras, que ocasionam corrosão nas partes metálicas e degradação da isolação, incorrendo em baixos valores de resistência de isolação.

A corrosão leva à geração de problemas de mau contato e a falta de uso incorre em perda de pressão de contato das conexões elétricas e perda de pressão em suportes de fixação de barramentos e plugues (ou pentes de contatos), muito comuns em disjuntores e gavetas extraíveis.

Logo após a parada da uniodade por períodos prolongados, devem ser realizadas inspeções periódicas nos componentes internos destes equipamentos, ensaios elétricos, como resistência de isolação de barramentos e cabos de potência, para que posteriormente possam ser utilizados estes dados em comparações e manter atualizado o histórico de manutenção e conservação dos equipamentos.

Após a realização da inspeção visual e ensaios elétricos deve-se realizar a desmontagem de trechos de barramento, se for necessário para possibilitar o acesso a pontos difíceis e proceder à limpeza, lubrificação e reaperto de todas as conexões entre conectores e cabos e suportes de fixação e barramentos.

Quanto maior for a poluição da área e as vibrações existentes próximas a estes equipamentos, menor deverá ser a periodicidade de manutenção, porém é conhecido que por particularidades de cada instalação, esta periodicidade nem sempre consegue ser cumprida.

Um fator muito importante que deve ser destacado é que sem a conservação, há maior probabilidade de intervenções de emergência em barramentos, quadros de distribuição ou cabos de potência, o que gera sempre perda de geração, indisponibilidade por tempo prolongado e até danos mais severos a equipamentos e sistemas das unidades termelétricas.

Por mais difícil ou complexo que seja a realização de desligamentos de barramentos, cabos ou circuitos, estes devem ser programados e executados utilizando-se soluções criativas que possibilitem a realização destes serviços de conservação, manutenção e inspeção.

Os Centros de Controle de Motores - CCMs não necessários à conservação deverão ser desenergizados e limpos. As suas resistências de aquecimento deverão ser ligadas e a temperatura interna controlada em 35 °C.

## **11.5. Baterias**

Deverão permanecer em operação para atender as necessidades da instalação, como, por exemplo, sinalização, controle e comando da subestação.

Os controles de operação e manutenção periódica deverão obedecer aos esquemas normais pré-estabelecidos.

## **12. CONSERVAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO**

### **12.1. Instrumentação Pneumática**

No caso de paradas por períodos prolongados, esta instrumentação deverá ser objeto de uma manutenção preventiva após a parada da Unidade, quando suas engrenagens, rolamentos e articulações deverão ser limpas e lubrificadas.

O suprimento de ar instrumentos, deverá ser mantido, assegurando-se assim ausência de umidade nas linhas de suprimento, o que provocaria

oxidação interna e comprometeria o bom funcionamento dos instrumentos quando do retorno à operação.

Semanalmente, deverá ser feita uma drenagem nos filtros das linhas de ar para os instrumentos.

Os instrumentos de campo (transmissores, manômetros locais etc) deverão ser mantidos isolados nas linhas de sinal através das válvulas junto aos mesmos. Estes instrumentos deverão ser envoltos em plásticos transparentes, no interior do qual deverá ser colocada sílica-gel para absorção de qualquer umidade existente. Para os instrumentos de campo deverá ser estabelecido um programa de inspeção periódica a cada 06 (seis) meses, para avaliação de seu estado de conservação.

Os instrumentos em painéis situados em ambientes climatizados, após a revisão inicial, deverão ser também cobertos com plásticos transparentes e isolados. No interior dos sacos plásticos deverá ser colocada sílica-gel, para absorção de qualquer umidade existente.

## **12.2. Instrumentação Elétrica**

No caso de paradas por períodos prolongados, esta instrumentação deverá ser objeto de uma manutenção preventiva imediatamente após a parada da Unidade, visando identificar e eliminar pontos de oxidação e / ou corrosão.

Os instrumentos deverão ser mantidos no local e ligados ao circuito a que se referem, com inspeções periódicas para confirmar sua operabilidade, a cada 03 (três) meses.

## **12.3. Instrumentação Eletrônica**

Esta instrumentação deverá ser objeto de uma manutenção preventiva imediatamente após a parada da Unidade.

Normalmente instalada em painéis, recomenda-se que esta instrumentação seja mantida continuamente energizada. Para os sistemas

lógicos de controle, deverá ser estabelecida uma periodicidade programada para testes simulados.

### **13. CONSERVAÇÃO DE GRUPO DIESEL DE EMERGÊNCIA**

Este sistema deve ser mantido em condições de operação a qualquer momento. Para tanto, os programas normais de ensaios operacionais e de manutenção deverão ser executados.

### **14. CONSERVAÇÃO DO SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO**

Este sistema deve estar em condições de ser operado a qualquer momento. Portanto, todos os esquemas de testes de funcionamento e colocação em carga, verificações de níveis de água e óleo e ensaios operacionais e de manutenção devem ser executados, conforme a programação já existente.

### **15. CONSERVAÇÃO DE SISTEMA DE COMBUSTÍVEL SÓLIDO**

#### **15.1. Sistema de Carvão**

##### **15.1.1. Silos de Carvão**

Visando evitar a ocorrência de combustão espontânea, os silos deverão ser esvaziados e mantidos completamente vazios.

##### **15.1.2. Correias Transportadoras de Carvão**

Os seguintes procedimentos deverão ser adotados:

- a) Limpeza preliminar dos resíduos de carvão;
- b) Inspeção mensal quanto à lubrificação;

- c) Acionamento mensal para observação do funcionamento;
- d) Limpeza quinzenal dos diversos componentes das correias transportadoras, tais como tambores, roletes, redutores de velocidade etc.

### **15.1.3. Alimentadores de Carvão e Moinhos**

Os alimentadores e moinhos deverão ser esvaziados e mantidos completamente vazios. Uma vez por mês deverão ser inspecionados quanto à lubrificação e acionados, observando-se o seu funcionamento adequado.

### **15.1.4. Queimadores de Carvão**

Os queimadores devem ser mantidos limpos, efetuando-se mensalmente o acionamento das válvulas de bloqueio de carvão.

## **15.2. Sistema de Extração de Resíduos – Cinzas de Carvão**

Na parada da Unidade, após o apagamento da caldeira o sistema de extração das cinzas deverá permanecer em serviço até a remoção completa de toda a cinza leve e pesada. Isto feito abrem-se as portas de visita do sistema, faz-se uma inspeção do lado de gás e promove-se a retirada manual dos resíduos restantes.

A partir daí, poderão ser seguidas as recomendações apresentadas no item 5.1. deste trabalho.

### **15.2.1. Cinza Úmida**

Drenar o selo d'água da caldeira.

Uma vez por mês acionar a esteira transportadora e o britador de cinzas.

Quanto à bomba de extração de cinzas, adotar os procedimentos recomendados no item 10.1.1. (bombas de água de circulação).

## **15.2.2. Cinza Seca**

### **15.2.2.1. Precipitadores Eletrostáticos**

Quando o precipitador eletrostático for retirado de operação, os vibradores dos eletrodos devem ficar operando até que o equipamento tenha se resfriado à temperatura ambiente.

Desde o início do período de parada é necessário observar o funcionamento do sistema de aquecimento por resistência elétrica.

Os eletrodos de captação e de emissão devem ser verificados quanto à condição de limpeza durante a parada da caldeira. Estes eletrodos podem ser limpos com ar comprimido ou escovamento.

Atenção: Como medida de segurança, todas as verificações devem ser feitas quando o precipitador estiver completamente desligado e aterrado.

Efetuar uma verificação elétrica dos precipitadores eletrostáticos na condição fria, conforme programa de manutenção pré-estabelecido.

### **15.2.2.2. Componentes Auxiliares do Sistema Cinza Seca**

Em conjunto com o precipitador eletrostático também é verificada a operação de todos os componentes auxiliares de remoção de cinza seca, tais como compressores de ar para arraste e transporte de cinza, sopradores de ar e aquecedor elétrico de ar de fluidificação.

Tremonhas de carga deverão ser acionadas uma vez por mês.

Quanto as canaletas de fluidificação, deverá ser instalada uma cobertura de lona plástica sobre as mesmas, visando proteger contra penetração de água.

## **16. CONSERVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DIVERSOS**

### **16.1. Telas Rotativas**

Nas Unidades paradas em que as bombas de água de circulação tenham que permanecer em serviço para suprimento a outros sistemas (transferência de água bruta para tratamento, combate a incêndio, resfriadores etc), as telas devem ser mantidas em funcionamento normal.

No caso de paradas por períodos prolongados nas Unidades em que as bombas de circulação possam ser desligadas, as comportas dos respectivos poços deverão ser fechadas e os poços esgotados. Neste caso, as telas rotativas deverão ser submetidas à manutenção preventiva para remoção dos pontos de incrustações e corrosão, pintura, lubrificação das correntes, engrenagens e demais partes móveis etc, após o que ser mantida no local e submetidas a inspeções semestrais.

Nas Unidades em que os poços das bombas de circulação não possam ser esgotados, apesar destas poderem em princípio, ser desligadas, as bombas e as telas rotativas deverá ser estabelecido um programa de operação periódico para evitar os graves problemas de incrustações que podem ocorrer.

### **16.2. Filtros**

Nos sistemas que permanecerem em serviço, os filtros seguirão o programa normal de manutenção.

Nos sistemas que forem desativados, os filtros deverão ser limpos adequadamente e mantidos no local, com o que serão conservados pelo mesmo processo utilizado para conservação da tubulação correspondente.

## **16.3. Válvulas**

### **16.3.1. Válvulas de Segurança**

No caso de parada por períodos prolongados, as válvulas de segurança do tambor da caldeira, superaquecedores, reaquadadores e demais instalações e equipamentos devem ser desmontadas, limpas e inspecionadas.

Retificar no local e aplicar inibidores temporários de corrosão nos mecanismos de acionamento, após o que envolvê-las em sacos plásticos transparentes com sílica-gel em seu interior.

As tubulações de descarga das válvulas de segurança deverão ser cobertas com plástico adequado e resistente, para evitar penetração de água das chuvas.

Obs: Qualquer que seja a opção de armazenamento, deverão ser seguidas e implementadas as inspeções e demais determinações descritas na Norma Regulamentadora 13 do Ministério do Trabalho, tanto para caldeiras como no caso de vasos de pressão e válvulas de segurança

### **16.3.2. Válvulas Pneumáticas e Motorizadas de Controle**

No caso de paradas por períodos prolongados estas válvulas devem ser desmontadas, limpas e inspecionadas.

Retificar as sedes de vedação, se necessário.

Remontar no local e aplicar inibidores temporários de corrosão nos mecanismos de acionamento, após o que envolvê-las em sacos plásticos transparentes, com sílica-gel em seu interior.

Os posicionadores deverão ser inspecionados a cada quatro meses.

### **16.3.3. Válvulas Manuais**

No caso de paradas por períodos prolongados, estas devem ser protegidas externamente com graxa. As partes internas serão conservadas de acordo com o procedimento utilizado para a tubulação.

Todas as válvulas deverão ser incluídas em um programa de inspeção periódica.

### **16.4. Desmineralizadores**

Caso o esquema de conservação da Unidade permita a parada total da estação desmineralizadora, esta deverá ser mantida em condições de partida imediata. Para tal, as resinas deverão ser regeneradas normalmente, após o que as colunas serão isoladas e as resinas mantidas em seu interior imersas em solução de cloreto de sódio a 10%. É importante lembrar que antes de cada utilização da estação, as resinas deverão ser novamente regeneradas normalmente.

### **16.5. Sistemas Centrais de Ar Condicionado**

Estes sistemas deverão permanecer em operação, devendo, portanto seguir o programa normal de manutenção.

## **17. ASPECTOS VINCULADOS A RECURSOS HUMANOS**

Além dos problemas técnicos, Uma das conseqüências mais graves e de difícil solução é o de preservação de Recursos Humanos quando da parada de Unidades geradoras por períodos prolongados.

A experiência tem demonstrado que quando as Unidades deixam de operar por períodos longos ocorrem problemas de toda ordem, sendo alguns irreversíveis. A seguir citamos alguns desses casos:

- ***Desmotivação***

Desmotivação do pessoal de operação e manutenção, como conseqüência de não se poder efetivamente realizar trabalho para o qual foram preparados, o que os tornam sem participação na empresa.

- ***Queda no nível técnico***

Significativa queda do nível técnico em curto prazo e a insegurança do pessoal por ocasião do retorno à operação, refletindo na capacidade de decisão, conseqüência de diminuição de reflexos requeridos para ações operativas críticas e da perda de sensibilidade nos controles, e em inúmeros casos, acrescenta-se esquecimento gradativo do conhecimento anteriormente adquirido, a queda do nível técnico promove o crescimento do risco operacional propiciando a insegurança tanto para o pessoal como para os equipamentos.

- ***Falta de perspectiva profissional***

Falta de perspectiva profissional nos quadros da empresa e dificuldade de reaproveitamento temporário em outras atividades, devido à formação específica.

- ***Problemas psicológicos***

Ocorrência de problemas psicológicos, tais como: medo, insegurança, alcoolismo, degradação dos relacionamentos social e familiar, depressão, incerteza do futuro profissional.

- ***Problemas de perda de potencial humano***

A perda de potencial de recursos humanos na área de operação não pode ser facilmente recuperada, já que estes técnicos não são encontrados no mercado de trabalho, o que exige sua formação muitas vezes na própria Usina, através de cursos básicos específicos e de reciclagem ou de longa vivência no trabalho. Em face da impossibilidade de admissão de pessoal e aos sucessivos processos de aposentadoria de pessoal experiente,

abrangendo pessoal de nível médio e superior, ocupantes de cargos de supervisão ou de acentuada especialização, como Supervisores de Turno, Encarregados, Operadores de Painéis de Controle, Caldeiras e Turbinas, atinge-se um quadro de pessoal cada dia mais reduzido e, paralelamente, perdendo pessoal qualificado devido à insegurança e ou instabilidade do regime de trabalho. Desta forma, faz-se necessário o treinamento de novos ocupantes para os cargos citados, porém, esta preparação só é conseguida, efetivamente, durante a operação das Unidades geradoras.

Como vimos, o acima exposto acarreta aumento drástico do risco operacional, no que se refere a segurança, tanto para o pessoal, quanto para os equipamentos, aumento dos tempos de manutenção, redução da confiabilidade, dentre outros.

A alta responsabilidade exigida para as atividades de operação de uma Unidade termelétrica, visando à confiabilidade e continuidade operacional e a minimização dos riscos de acidentes de graves proporções com pessoal, equipamentos e / ou instalações, não permite que ao assunto não seja dada a atenção que se impõe.

Não basta formarem-se novos operadores para que se possa reativar uma Unidade termelétrica que se encontrava paralisada e acondicionada para conservação. É imprescindível poder contar-se com a experiência de operadores adquirida ao longo de vários anos de operação efetiva dos diversos equipamentos, sistemas e instrumentação de controle da Unidade, em condições normais, anormais e de emergência. Sem esta experiência, a operação da Unidade poderá se tornar insegura, inconfiável e perigosa.

## **18. CONSEQUÊNCIAS DA NÃO CONSERVAÇÃO DAS UNIDADES**

A não conservação de Unidades termelétricas durante períodos de paradas prolongadas, é inadmissível, pois resulta na redução acentuada da vida útil da Unidade com o risco da perda total ou parcial de equipamentos e / ou sistemas, além de problemas relacionados com Recursos Humanos e estoque de materiais já mencionados anteriormente neste trabalho.

Esta afirmação é válida, levando-se em conta os problemas que foram encontrados nas várias usinas instaladas no Brasil e no exterior que estiveram paradas por períodos prolongados. No caso especificamente brasileiro, muitos destes problemas resultantes das paradas prolongadas das Unidades foram relatados e documentados no período de vigência do GCOI dentro do Grupo de Trabalho de manutenção de Térmicas (GTMT), dos quais podemos ressaltar:

**a) Caldeira – Corrosão no Lado Externo de Tubos, Chaparias e Juntas de Dilatação.**

As chuvas ocasionaram o encharcamento e empoçamento de água nas regiões de isolamento expostas às intempéries, mantendo úmido o isolamento térmico junto das tubulações e das chaparias, estabelecendo-se um processo de corrosão do lado externo, além da deterioração do isolamento, conforme Figura 18.1. Cabe lembrar que, em operação, estas tubulações permanecem aquecidas e isentas de umidade.



**Figura 18.1- Tubulação externa à caldeira: observe a diferença no estágio de corrosão entre a região onde havia água no isolamento e a região seca.**

## b) Caldeiras – Corrosão nos Circuitos de Gases

Ocasionalmente pela presença de umidade proveniente da penetração de precipitações pluviométricas (em alguns casos), condensação da umidade do ar atmosférico durante os períodos de resfriamentos e / ou da água utilizada nas lavagens das caldeiras. Tais ocorrências afetaram o material refratário, provocando corrosão dos tubos, juntas de dilatação e chaparias em contato com o referido material umedecido com solução ácida, proveniente do ácido sulfúrico formando durante os períodos de paradas das Unidades, conforme mostra a Figura 18.2. Este tipo de corrosão causa severos problemas a ponto de terem ocorrido falhas em tubos e chaparias que limitaram a produção das caldeiras ou mesmo impediram a sua operação.



Figura 18.2 - Tubulação de Saída do Superaquecedor Primário

Esta ocorrência também é observada em aquecedores de ar (tubulares e regenerativos), tubos de superaquecedores, reaquecedores, economizadores, chaminés e demais equipamentos dos circuitos de gases de combustão, mesmo não estando em contato com o material refratário.

A incidência e penetração de água no material refratário podem provocar quase a completa destruição permitindo vazamento de gases de fornalhas pressurizadas para o meio ambiente e perda de capacidade nas caldeiras com fornalhas de pressão negativa e / ou do rendimento térmico.

Além disto, a não completa drenagem das tubulações e coletores, bem como o armazenamento inadequado com a manutenção de água no interior destes componentes promove a corrosão da parede interna, conforme mostra a Figura 19.3, promovendo a redução da espessura da parede do tubo com a redução de sua vida útil e até acidentes quando a caldeira volta a ser solicitada.

Os produtos resultantes da corrosão interna podem, ainda, provocar o entupimento das linhas de vapor de aquecimento das tubulações de transporte de óleo dos tanques às caldeiras, por arraste de partículas de corrosão por ocasião da partida das Unidades, bem como o entupimento de linhas de tomada de sinal de pressão e orifícios de instrumentos de supervisão e controle, pelo mesmo motivo anterior;



Figura 18.3: Pites de corrosão na parede interna de um Coletor de Superaquecedor Final. Estes pites reduzem a seção resistente do componente, podendo levá-lo a falhar em serviço.

### **c) Equipamentos e Tubulações Auxiliares**

Observou-se corrosão interna e externa em diversos outros equipamentos e tubulações, tais como: sopradores de fuligem, termosondas, tubulações de vapor auxiliar, linhas de “steam-tracers”, molas e suportes de tubulações e de caldeira, conforme Figura 19.4. Em alguns casos se tornou necessária a substituição completa desses equipamentos e / ou tubulações.



Figura 18.4 - corrosão em Linha Auxiliar

#### **d) Instrumentação**

Outro aspecto bastante grave a ser assinalado foi a intensa corrosão de componentes e emperramento de articulações de instrumentos, que provocaram de forma alarmante uma perda de confiabilidade dos sistemas de controle e supervisão de diversos equipamentos.

Como exemplos podemos citar: tomadas de gases de combustão, linhas de ar comprimido dos sistemas pneumáticos de controle, enrijecimento de foles e molas e oxidação e emperramento de articulações internas de instrumentos transmissores de variáveis de processo ao longo do ciclo térmico; emperramento de acionadores e chaves-limite; falhas em componentes de cartões eletrônicos dos sistemas de controle dos queimadores, ressecamento de guias e mancais de borracha ou carvão de abafadores nos percursos de ar e gases das caldeiras, provocando seu emperramento; perda de selos em linhas de pressostatos, manômetros, transmissores e controladores de pressão em tubulações de vapor e óleo combustível; falhas em registradores; etc.

### e) Válvulas (manuais e automáticas)

Ocorreram diversos problemas tais como: emperramento de atuadores manuais e automáticos, ressecamento de gaxetas de válvulas e bombas, provocando vazamentos excessivos por ocasião da partida dos sistemas e equipamentos, enrijecimento de foles e molas, corrosão interna e externa, que motivaram reduções de carga ou operação com baixa confiabilidade, conforme mostra a Figura 18.5.

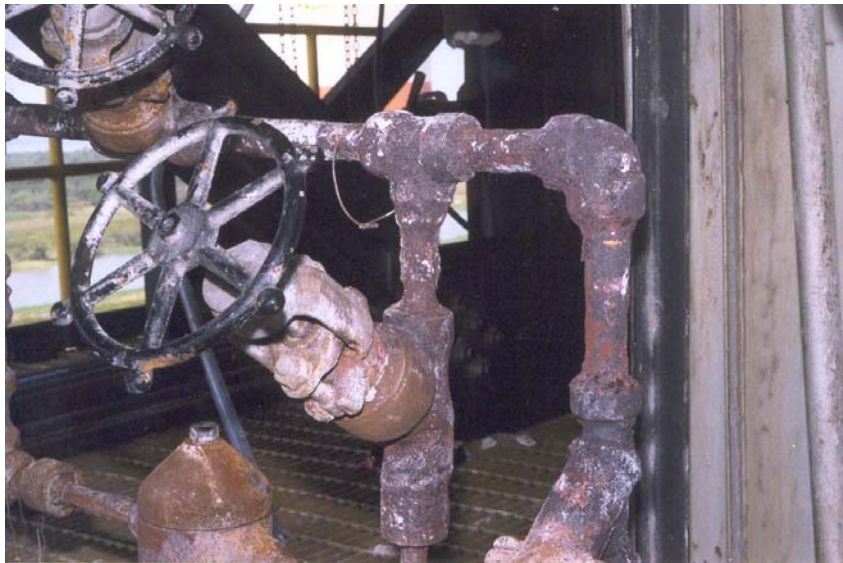


Figura 18.5 - Corrosão em Válvulas

### f) Turbinas

Surgimento de trincas em diafragmas e pás de turbinas, decorrentes das freqüentes variações de temperatura e empenamento do eixo das Turbinas, conforme Figura 18.6.

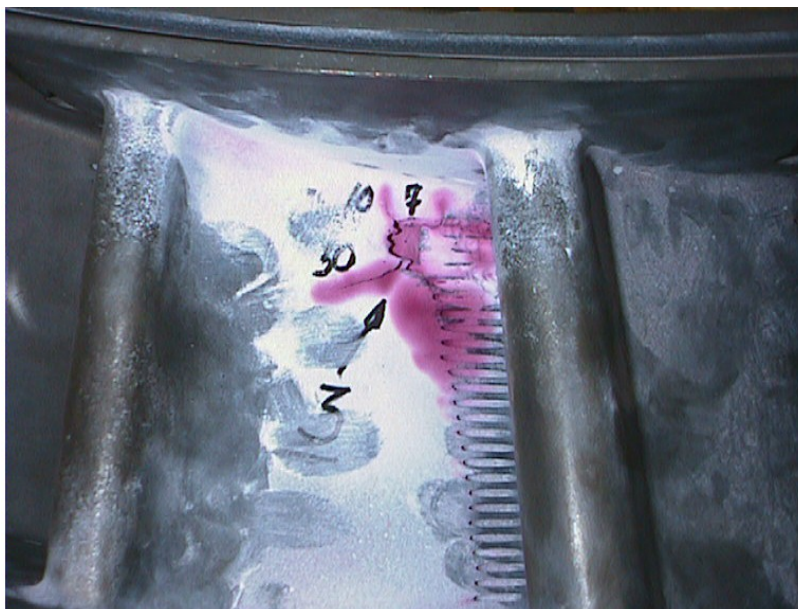


Figura 18.6 - Trinca em palheta de turbina

### **g) Suprimento e Manutenção de Estoque de Sobressalentes e Materiais Gerais**

Devido ao pouco consumo de peças e materiais quando das usinas em reserva fria, as Empresas, com o intuito de economizar começaram a diminuir estoques, itens, lotes de compras etc... Quando do retorno à operação das Unidades, ocorreram vários problemas devido à falta de material em estoque ou ao pequeno estoque existente, prejudicando a operação e manutenção das usinas, justamente no período de elevado volume de serviços de manutenção.

### **h) Problemas Específicos**

A diversificação de projetos das usinas termelétricas envolvidas neste trabalho implicou na ocorrência de problemas específicos a cada uma, tais como: deterioração de componentes eletrônicos, corrosão em condensadores, corrosão e entupimento nos sistemas de água de resfriamento e de água de circulação e baixa isolação em motores.

## **i) Necessidades de Manutenção para Recuperação**

Durante os períodos de reserva fria e pelos motivos já expostos neste trabalho, as Unidades termelétricas sofrem um processo de degradação natural, em alguns casos agravado pela necessidade de cortes de orçamento anual elaborado pelas Empresas.

Para recuperar adequadamente as Unidades geradoras de algumas usinas é necessária a liberação de recursos financeiros especiais.

Algumas necessidades são comuns a todas as usinas, tais como:

- Agilização nos processos de compra de equipamentos, instrumentos e componentes;
- Agilização nos processos de importação de sobressalentes específicos para equipamentos e instrumentos;
- Substituição de tubos e cestas de aquecedores de ar, de tubulações de vapor etc;
- Substituição de chaparias de caldeiras, dutos de gases etc;
- Recuperação e substituição de refratários e isolamento térmico, de caldeiras e tubulações em geral;
- Pintura geral de diversas Unidades das usinas.

Apesar dos esforços das equipes responsáveis pelas usinas termelétricas na aplicação dos métodos conhecidos e pesquisados para conservação de Unidades em paradas prolongadas, verificou-se a ocorrência de inúmeros problemas técnicos quando do retorno das Unidades à operação.

Tais problemas implicaram basicamente em indisponibilidade ou limitações operacionais de Unidades por períodos variáveis, operação em condições bastante precárias, sobrecargas de trabalho das equipes de manutenção e operação, altos custos dos reparos (ainda que provisórios), aumento dos trabalhos de manutenção corretiva em detrimento dos programas de manutenção preventiva.

## **19. CONSEQÜÊNCIAS DA PARADA POR LONGOS PERÍODOS DAS UNIDADES TERMELÉTRICAS COM INTRODUÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS**

É fato que vivenciamos uma introdução massiva de novas tecnologias, com as diversas implantações de Unidades geradoras a gás, em ciclos abertos (Brayton) ou combinado (Brayton/Rankine), cujas experiências nacionais em paralisação prolongada ainda não puderam ser apuradas, mas que, por suas características similares, entende-se que tais problemas se estenderão a estas novas plantas de produção, com conseqüente queda da confiabilidade das Unidades geradoras, elevando ainda mais os riscos de não atendimento ao Sistema Elétrico.

## **20. CUSTOS**

A implementação de um Programa de Preservação de Equipamentos adequado requer a aquisição de diversos materiais e consumíveis não só para os procedimentos iniciais visando sua implantação como também para a sua manutenção.

Assim, deverão ser considerados, entre outros, os seguintes itens que dependerão basicamente dos métodos de armazenamento a serem estabelecidos para as Unidades:

- a) Custos de trabalhos preliminares antecedentes ao armazenamento (lavagem interna de caldeiras, remoção e aplicação de preservativos em instrumentos, motores elétricos, telas rotativas etc).
- b) Custos de projeto, aquisição e instalação de sistemas específicos para a conservação da Unidade;
- c) Custos de consumíveis a serem utilizados durante todo o período de armazenamento, tais como gases inertes, graxas, secativos, plásticos etc;

- d) Custos de aquisição e instalação de equipamentos específicos para utilização na conservação da Unidade pelo método a seco com circulação de ar desumidificado e aquecido.

## **21. CONCLUSÕES**

Esta Recomendação Técnica, tem a finalidade de orientar as Empresas do Setor Elétrico quanto aos processos de conservação mais difundidos e utilizados modernamente no Brasil. Vários destes processos vêm sendo utilizados de forma satisfatória por várias usinas e muitos deles, aqui aperfeiçoados, também deverão apresentar resultados idênticos. Porém, a apresentação destes métodos não implica que outros métodos que venham a serem desenvolvidos ou que ainda não são de nosso conhecimento, não possam substituí-los com vantagens.

Em suma, esta Recomendação Técnica serve como um plano orientativo na conservação de Unidades termelétricas durante períodos de paradas.

Ressaltamos, no entanto, que as orientações contidas nesta Recomendação Técnica não podem de forma alguma invalidar possíveis alternativas desenvolvidas pelas Empresas ou por elas julgadas mais adequadas às situações específicas determinadas em suas Unidades.

## **22. RECOMENDAÇÕES**

Todas as observações feitas com relação à manipulação de produtos químicos, inspeções de equipamentos conservados com nitrogênio etc., devem ser obedecidas com o máximo rigor. Para tanto, placas de advertência devem ser colocadas em locais visíveis nos equipamentos sob conservação e o pessoal envolvido devidamente orientado.

Sempre que houver dúvidas quanto ao processo a ser utilizado para qualquer equipamento, sugerimos que o fabricante do mesmo seja consultado. Quando dos períodos de paradas prolongadas, recomendamos

que as normas estabelecidas pela NBR-55 – Inspeção de Segurança de Caldeiras Estacionárias e a Norma Regulamentadora NR-13 deverão ser atendidas, o mesmo ocorrendo quando da reativação das caldeiras e vasos de pressão.

Considerando a possibilidade de longos tempos envolvidos na conservação de Unidades, recomenda-se que esta atividade de conservação seja implantada, acompanhada e avaliada, com registros que deverão contemplar as várias fases da conservação.