



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

CB/GGH/06

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO -1-

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA- GGH

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS EM ÁGUAS EXTREMAMENTE POLUIDAS

**Edgard de Noronha Torrezão
EMAE – EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA S.A.**

RESUMO

Com o crescimento populacional o sistema hidroelétrico foi envolto por centros urbanos e sua finalidade, aos poucos, foi mudando, além de geração de energia elétrica para atenuador de problemas de poluição e de enchentes das regiões metropolitanas que compõe a Grande São Paulo, constituindo-se em segundo ponto de escoamento das águas da bacia hidrográfica regional.

A seguir serão descritas as diversas experiências obtidas com componentes de unidades com mais de 60 anos de uso e em águas poluídas, os problemas observados e as soluções adotadas para restabelecer a confiabilidade e as condições de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE

Experiências-soluções, Operação, Manutenção, Usinas, Águas-poluídas

1.0 - INTRODUÇÃO

O sistema hidráulico da EMAE é composto por Usinas Elevatórias, Geradoras, Canais e Reservatórios.

As Usinas Geradoras de Porto Góes e Rasgão, no Rio Tietê, datam da década de 20 com um total de 32 Mw instalados e o sistema elevatório implantado nas décadas de 30 e 40 com a finalidade de reverter as águas dos rios Tietê e Pinheiros através do bombeamento na Usina Elevatória de Traição, dotada de 4 (quatro) Unidades tipo Kaplan com capacidade total de bombeamento de 280 m³/s e recalque de 5m e a Usina Elevatória de Pedreira, dotada de 8 (oito) Unidades tipo Francis, com capacidade total de bombeamento de 395 m³/s e recalque de 23m, possibilitando a geração de energia na Usina de Henry Borden, em Cubatão – São Paulo, com aproveitamento do desnível natural da Serra do mar, de aproximadamente 720m e 890 Mw. Em 2015 foi instalado uma nova usina no Rio Tietê junto a cidade de Pirapora do Bom Jesus com 25 Mw.

As turbinas com mais de 60 anos de operação apresentam além do desgaste natural devido ao uso, problemas relativos a corrosão excessiva e precoce de componentes.

O problema de desgaste por corrosão nos componentes das Usinas Elevatórias ocorre praticamente desde o início da instalação destas unidades. Em relatórios de 1958, já se mencionava o problema de corrosão das tubulações embutidas no concreto.

Ao longo dos anos foram efetuados diversos reparos na tentativa de se aumentar a vida útil dos equipamentos.

A partir da década de 70, com o início da poluição das águas, os problemas de desgaste por corrosão e abrasão se acentuaram, sendo que para determinados componentes já se visualizava o final da sua via útil.

As peças sujeitas ao fluxo em alta velocidade de água bombeada e embutidas no concreto apresentavam uma série de dificuldades para a sua recuperação, uma vez que geralmente são em ferro fundido, demandando longos períodos de impedimento para sua substituição e com o risco de comprometimento das demais peças que compõe as unidades, provocando desalinhamentos, trincas, etc.

Decidiu-se que a única solução para reparos definitivos seria a substituição das peças embutidas no concreto, por peças novas, com projetos e materiais adequados as atuais condições de operação das turbinas, com água poluída, materiais abrasivos em suspensão e grande volume de lixo.

O processo de reforma iniciou-se no final da década de 80 e ainda estão sendo desenvolvidos conforme a necessidade de melhoria de rendimento das unidades, custo de manutenção, modernizações, automações, repotenciação das usinas e instalação de novas unidades geradoras.

2.0 - PROBLEMAS E SOLUÇÕES ADOTADAS

Soluções realizadas e resultados obtidos.

2.1 ARO DE DESCARGA - TURBINA FRANCIS – USINA ELEVATÓRIA DE PEDREIRA

Este componente apresentou desgaste por corrosão e erosão, principalmente no assento do anel de desgaste inferior, comprometendo a fixação do mesmo com o tubo de sucção.

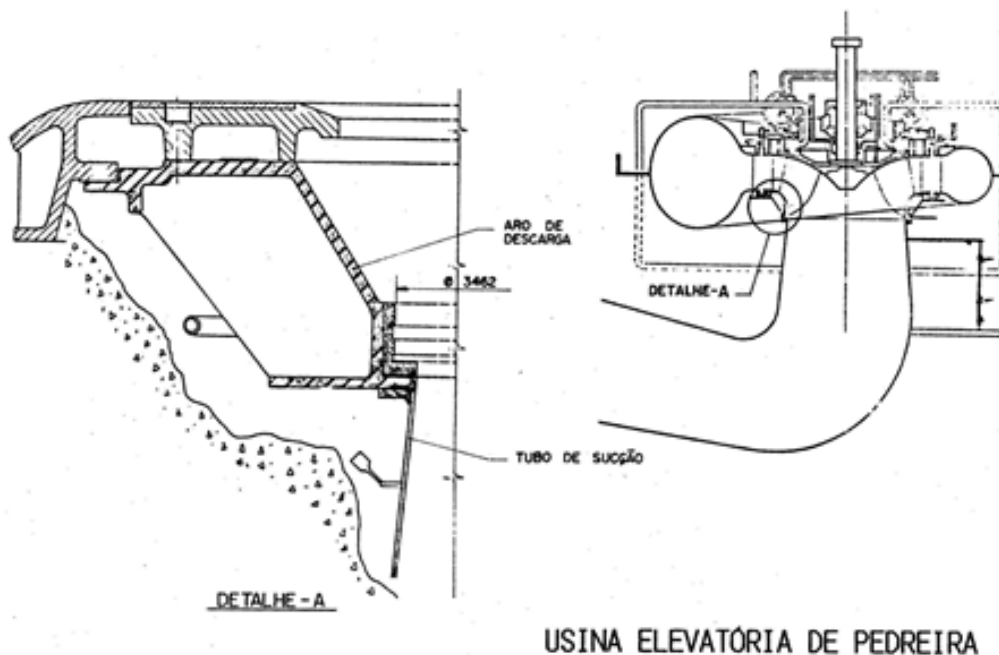


Figura 1 – Aro de Descarga Antes da Substituição

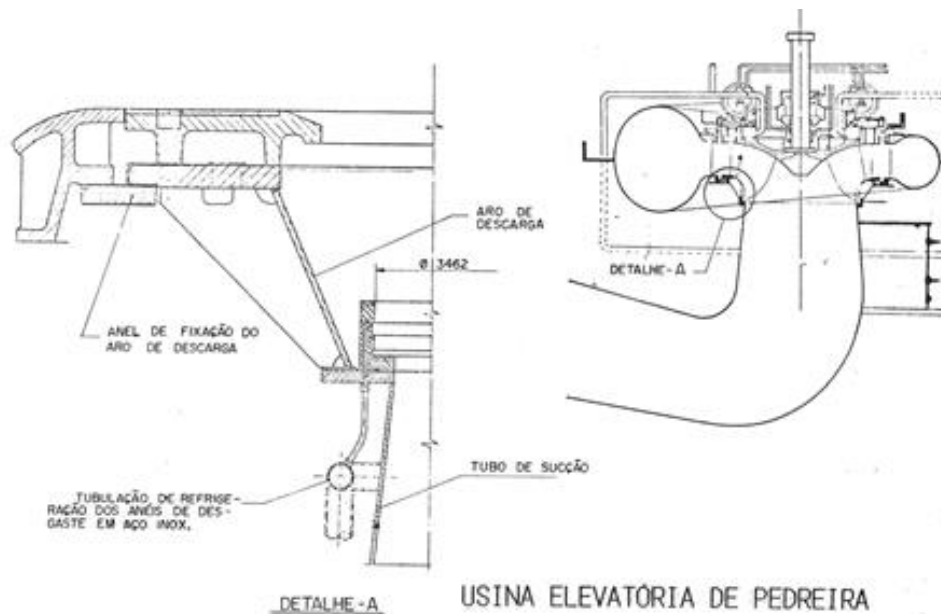


Figura 2 - Aro de Descarga Após a Substituição

O procedimento adotado para a recuperação variou dependendo do material e do estado do anel de descarga. (Figuras 1 e 2).

No caso de peças com um grau muito avançado de corrosão e em ferro fundido, que impossibilitava qualquer tipo de reparo por solda, foi decidido em comum acordo com o fabricante das turbinas, pela substituição completa do componente por novo em aço inoxidável, cujo projeto foi modificado para possibilitar sua instalação sob o pré-distribuidor.

Nas turbinas mais novas, onde o anel de descarga encontrava-se menos comprometido e cujo material possibilitava trabalho com solda, foram efetuadas recuperações no local, envolvendo revestimento com aço inoxidável depositado por solda, e usinagem de campo, obtendo-se ótimos resultados, não apresentando sinais de desgaste ou problemas após em média 20 anos .

2.2 TUBO DE SUCCÃO - TURBINA FRANCIS - USINA ELEVATÓRIA DE PEDREIRA

O tubo de sucção, conforme observado ao longo das inspeções, sofre desgaste acentuado junto ao aro de descarga devido a turbulência e alta velocidade da água nesta região, inclusive a tinta a base de epóxi aplicada no local anualmente, era removida em poucos meses de operação.

Em conjunto com a substituição do aro de descarga, foi executada a substituição da blindagem do tubo de sucção por uma nova em aço inoxidável.

Dependendo do estado geral da blindagem optou-se em alguns casos apenas pela substituição do trecho superior do tubo de sucção por uma blindagem nova em aço inoxidável, ou revestimento deste trecho com uma chapa de aço inoxidável com 1/16", abotoada com solda.

Em todas as opções adotadas obteve-se bons resultados após 20 anos de operação.

2.3 ROTORES FRANCIS e KAPLAN

Até alguns anos atrás todos rotores da turbina eram de aço carbono com revestimento de aço inoxidável nas áreas propensas à cavitação.

Com o decorrer dos anos devido ao desgaste das regiões em aço carbono alterou-se progressivamente o perfil das pás, acelerando os efeitos da cavitação a tal ponto que após cerca de 2000 horas o revestimento de aço inoxidável era danificado pela cavitação atingindo o metal base.

Além disso, a redução da espessura das pás do rotor, fora das áreas revestidas com aço inoxidável, aliado aos sucessivos reparos por solda, comprometeu a resistência das mesmas ocasionando trincas, e em alguns casos, até perda de trechos das pás, necessitando de reparos com reposição de material através de soldagem.

Todos os rotores da Usina Elevatória de Pedreira e Traição foram progressivamente sendo substituídos por novos em aço inoxidável com ótimos resultados, havendo casos onde não foi necessário executar reparo de cavitações e nem observados desgastes significativos nos perfis das pás após 25 anos de operação.

Os rotores Kaplan da Usina Elevatória de Traição foram sendo substituídos por rotores em aço inoxidável, conforme o desgaste de seus componentes.

2.4 PRÉ-DISTRIBUIDOR

Os pré-distribuidores com mais de 40 anos de uso apresentaram desgaste na borda de ataque das pás fixas no sentido bomba e nos perímetros internos.

A recuperação dos perfis do pré-distribuidor foi efetuada através de deposição com solda e posterior ajuste com esmeril com auxílio de gabaritos. (Figura 3)

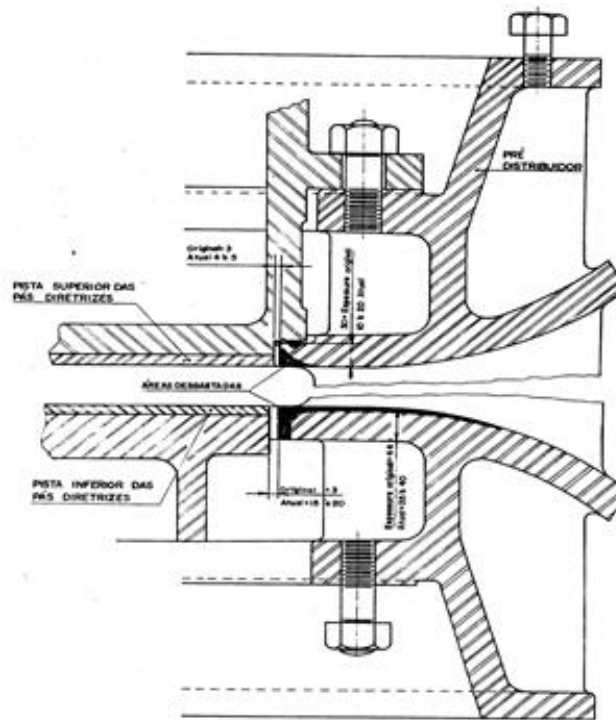


Figura 3 – Recuperação do Pré Distribuidor – Usina Elevatória de Pedreira

Nos casos mais críticos, foi necessário recortar as arestas desgastadas das pás fixas e soldar novas em aço inoxidável.

Foram observados em alguns casos, deformações no assento da tampa externa, que exigiram usinagem de campo para sua regularização.

Não foram observados desgastes significativos após 20 anos de operação.

2.5 TUBULAÇÕES EMBUTIDAS

Toda tubulação de água de serviço embutida no concreto da Usina Elevatória de Pedreira encontravam-se com furos e com trechos totalmente consumidos pela corrosão.

Conseqüentemente ocorriam vazamentos de água através do concreto, observando-se inclusive grandes áreas erodidas no mesmo junto aos encanamentos nestas condições.

Para regularização da situação foram adotados diferentes procedimentos, dependendo da situação e da localização da tubulação.

No caso de tubulações embutidas, foram instaladas outras em paralelo às existentes e aparentes.

Na impossibilidade de dar outro encaminhamento à tubulação, as mesmas foram substituídas por novas em aço inoxidável, necessitando-se neste caso a execução de obras civis.

E quando as obras civis necessárias para substituição da tubulação não são recomendáveis, devido ao vulto do serviço ou pela localização da tubulação, optou-se pelo revestimento interno da tubulação com resina epóxi por firmas especializadas neste tipo de serviço obtendo-se excelentes resultados após 20 de observação

2.6 SISTEMA DE PALHETAS DIRETRIZES

As palhetas diretrizes fabricadas em aço carbono sofriam intenso desgaste generalizado principalmente nas áreas comuns de fechamento, prejudicando a partida da unidade como bomba. A recuperação era bastante prolongada e artesanal consumindo elevado número de homens/hora.

Os jogos de pás diretrizes mais antigos da Usina Elevatória de Pedreira foram revestidos com aço inoxidável e os novos foram adquiridos integralmente em aço inoxidável.

Até o momento as pás diretrizes revestidas com mais de 35 anos de uso, não requereram recuperação dos perfis.

A maioria das palhetas diretrizes são protegidas contra esforços excessivos por pinos de segurança.

A grande quantidade de detritos dispersa nas águas bombeadas ou turbinadas, ocasiona a ruptura destes pinos ou danos nas palhetas. Esta ruptura é causada pelo acúmulo de detritos entre as palhetas e principalmente pela alta vibração a que a turbina é sujeita por operar com níveis d'água extremamente baixos, causados pelo acúmulo de lixo nas grades, formando cachoeira, que causa a fadiga e a conseqüente ruptura do pino de segurança.

Com o objetivo de eliminar os pinos de segurança foi adaptado em todas as palhetas diretrizes um anel especial denominado "RING FEDER", que possibilita o controle do torque entre a alavanca externa e interna, ou seja, no caso da palheta ser impedida de se fechar devido a algum obstáculo, ocorre um pequeno escorregamento entre a alavanca externa e interna, que não impede a unidade de continuar bombeando ou turbinando. (Figura 4).

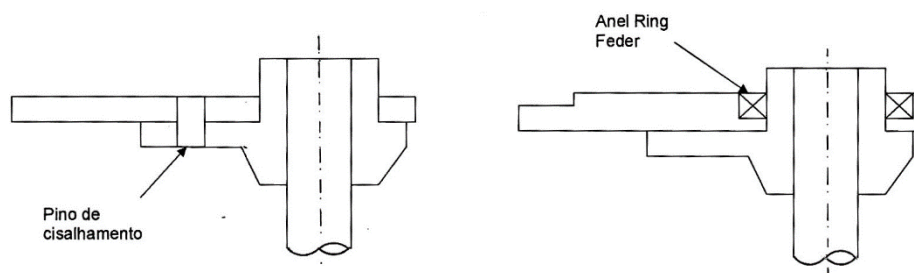


Figura 4 – Anel Ring Feder na Palheta Diretriz – Usina Elevatória de Perdeira

Além disso, estes anéis demonstraram serem resistentes à vibração da turbina, não ocorrendo praticamente por este motivo escorregamentos e nem tampouco avarias nos mesmos.

Com a instalação destes anéis obteve-se um alto ganho na confiabilidade operacional das unidades e a eliminação de trincas ou até mesmo ruptura das palhetas diretrizes, que ocorria anteriormente devido ao brusco movimento das mesmas quando do rompimento do pino de segurança.

2.7 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DOS MOTORES GERADORES

Os motores/geradores das Usinas Elevatórias de Pedreira e Traição eram refrigerados através de arrefecedores ar - água. A água utilizada era captada do Canal Pinheiros após ter sido filtrada em filtros tipo cesto.

Neste sistema ocorriam constantes entupimentos dos arrefecedores com barro e plásticos necessitando de freqüentes intervenções da manutenção.

Atualmente a refrigeração é realizada pela circulação de ar em circuito aberto, filtrado através de mantas adequadas.

Este sistema, de baixo custo de instalação, apresentou excelentes resultados, praticamente isento de manutenção, limitando-se a lavagem periódica das mantas.

2.8 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DOS MANCAIS DE ESCORA

Os mancais de escora das unidades Kaplan da Usina Elevatória de Traição, são imersos em óleo. A refrigeração do óleo é realizada através de serpentinas utilizando água como líquido refrigerante.

No projeto original a água utilizada era a do próprio Canal. Porém, devido a grande quantidade de elementos sólidos em suspensão na água, tais como plásticos e detritos provenientes de esgoto, as serpentinas, bem como todo o resto do sistema, incluindo os filtros do tipo tela, eram obstruídos. Conseqüentemente a refrigeração era prejudicada a ponto de haver desligamentos da unidade por alta temperatura do óleo, além de obrigar a freqüentes interrupções para limpeza.

O sistema foi re-projetado para a utilização de água limpa em circuito fechado e gelada através de Chiller's, utilizados normalmente em equipamentos de ar condicionado.

Este sistema foi implantado nas 4 unidades apresentando excelentes resultados, não havendo mais desligamentos por este motivo.

Após alguns anos aumentaram significativamente o numero de intervenções nos condensadores dos equipamentos de refrigeração, devido a vazamento de gás pela solda das tubulações. A solda tipo foscooper apresentava deterioração em contato com a atmosfera poluída por gás sulfídrico emanado do canal, obrigando a substituição de todas as soldas por solda-prata, estando em operação a mais de 20 anos sem ocorrência de vazamentos nas soldas.

2.9 GUIAS DOS STOP-LOGS

As guias encontravam-se deterioradas dificultando a instalação e vedação dos "stop-logs", exigindo uma equipe de apoio e de mergulho por períodos prolongados para o ensecamento da unidade, causando prejuízo financeiro à empresa, atraso no cronograma de manutenção e conseqüentemente o comprometimento do controle de cheias do Canal Pinheiros e geração.

Para possibilitar a substituição destas guias por novas em aço inoxidável, foi necessário o projeto, fabricação e instalação de painéis especiais no lugar das grades de proteção, montados com auxílio de mergulhadores, possibilitando o ensecamento das cavas dos stop-logs.

A substituição das guias envolveu obras civis para a remoção das existentes, alinhamentos e fixação das novas guias em aço inoxidável e finalmente a concretagem.

O tempo necessário para o ensecamento das unidades foi reduzido de 5 a 7 dias para 08 horas.

Devido a particularidades existentes nas tomadas d'água de cada unidade, os painéis foram projetados de modo a poderem ser utilizados em todas as unidades da mesma usina com um mínimo de adaptações.

2.10 RETIRADA DE LIXO DO FLUXO DE ÁGUA

A grande quantidade de lixo que chega nas grades de retenção na tomada de água das Usinas Elevatórias e Geradoras obrigou a adequação e a melhoria do desempenho do sistema.

Foram introduzidas mais máquinas de limpeza de grades projetadas de acordo com a tipologia e a quantidade de lixo a ser retirado.

Basicamente as principais alterações efetuadas no projeto básico dos fabricantes de máquina de limpar grades, concentraram-se no rastelo, adequando a concha e o perfil do conjunto de modo a permitir uma boa penetração no lixo, principalmente plásticos, de modo a se obter o melhor rendimento e limpeza possível.

O sistema de transporte de detritos coletado pelas máquinas de limpar grades até o pátio de depósito, que em ocasiões chuvosas atinge 4 a 5 ton/h por Usina no sistema Elevatório, foi otimizado com a introdução de módulos de esteiras rolantes, do tipo graneleira. Este equipamento foi especialmente desenvolvido para atender a necessidade local das usinas.

Foram também introduzidas cercas flutuantes ao longo do canal e rios, para amenizar a chegada de detritos flutuantes na tomada de água das usinas.

Até o momento as modificações introduzidas bem como, o sistema de transporte dos detritos, vem apresentando bons rendimentos comparados aos que existiam. Porém os projetos são revistos constantemente conforme há uma mutação do lixo, com a introdução de novos tipos de embalagens pela indústria.

3.0 - CONCLUSÃO

Os serviços executados a partir de 1989 vem apresentando bons resultados.

Os serviços executados nas Usinas devido as suas características operativas e aliada a péssima qualidade da água vem obrigando a manutenções de grande porte com soluções singulares, executadas em poucos lugares do mundo.

As reformas e a modernização de Unidades devem contemplar a substituição de materiais, introdução de reforços, introdução de novas tecnologias de modo a se adaptar as novas condições operativas em que as Unidades estão sujeitas.

Acredita-se que com as novas leis, programas ambientais e cultura que estão sendo introduzidos no país a qualidade das águas e detritos em suspensão (lixo) venham a melhorar e conseqüentemente aumentar o rendimento das nossas usinas hidroelétricas. Porém este processo é longo, com demanda de recursos financeiros vultuosos, enquanto a produção de energia pede soluções imediatas nas Usinas em operação, com soluções simples e custo/benefício acessíveis.

4.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Nome: Edgard de Noronha Torrezão
Data de Nascimento: 28/06/1960
Local de Nascimento: São Paulo

Formado em Engenharia Mecânica ênfase Projeto pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI), turma 1984

A 32 anos desempenhando trabalhos nas áreas de Engenharia de Manutenção e Operação de Usinas Hidroelétricas, na Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. – EMAE e na sua sucessora Eletropaulo Eletricidade de São Paulo S.A.