



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

GGH 30
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO I

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH

INOVAÇÕES PARA MANUTENÇÃO DE TURBINAS: UMA QUEBRA DE PARADIGMAS.

Josue Carlo Betemps Vaz da Silva *

Cláudio Remir Rampim

COPEL GERAÇÃO S.A.

RESUMO

É fato que em diversas usinas hidrelétricas as atividades relacionadas a rotores de turbinas estabelecem o caminho crítico no cronograma de manutenção da Unidade Geradora.

A Usina Hidrelétrica Governador José Richa enquadrava-se na situação supra citada, porém através de soluções técnicas aplicadas em estruturas físicas compostas por plataformas, andaimes, e dispositivos utilizados pelas equipes de manutenção, obteve-se ganhos significativos relacionados a produtividade, segurança do trabalho e preservação do meio ambiente.

As estruturas originais fornecidas pelo fabricante da turbina, foram substituídas na íntegra por projetos inovadores.

O ganho na disponibilidade de operação das Unidades Geradoras viabilizou economicamente o presente trabalho.

PALAVRAS-CHAVE

Turbinas, Inovação, Usina Governador José Richa, Produtividade.

1.0 - INTRODUÇÃO.

A Usina Hidrelétrica Governador José Richa – UHEGJR com 1260 MW, está localizada no rio Iguaçu, na divisa dos municípios de Capitão Leônidas Marques e Nova Prata do Iguaçu, no estado do Paraná, situada aproximadamente a 600 km de Curitiba.

A usina, também conhecida como Salto Caxias, é composta por quatro turbinas do tipo Francis, com potência nominal de 315 MW, a ser obtida sob 65,5 metros de queda líquida e velocidade de 90 rpm, adequada para acionamento direto de um gerador de corrente alternada, trifásico, 60 Hz, com potência nominal contínua de 345 MVA, sob fator de potência de 0,90.

Para o desenvolvimento dos projetos apresentados neste informe técnico, tornou-se necessário o estudo das cotas, alturas, diâmetros e cargas máximas admissíveis vinculadas ao equipamento no qual desejava-se prestar manutenção. Estas informações possibilitaram a melhor adequação dos dispositivos de manutenção às atividades de inspeção da turbina; tubo de sucção e conjunto distribuidor.

(*) Usina Governador José Richa. PR 484. Cx Postal 18 – CEP 85790-000 Capitão Leônidas Marques, PR – Brasil
Tel: (45) 3286 7042 – Fax: (45) 3286 7010 – Email: josue.silva@copel.com

Analisando o projeto do conjunto da turbina da UHEGJR, verifica-se que o dimensionamento do conjunto distribuidor; rotor Francis e tubo de sucção, para proporcionar uma potência de aproximadamente 428.400 CV, a uma queda líquida de 65,5 metros, resultou em componentes de dimensões elevadas, garantindo maior área de incidência do fluxo hidráulico.

Tabela 1 - Comparativo entre Turbinas Francis maiores que 300 MW da Copel Geração.

TURBINA	UHEGJR - CAXIAS	UHEGNB - SEGREDO	UHEGBM -FOZ DO AREIA
Diâmetro externo.	7634 mm	5185 mm	6024 mm
Vazão (Potência nominal)	540 m ³ /h	310 m ³ /h	350 m ³ /h
N.S.	278 rpm	238 rpm	212 rpm
Quantidade de pás	15	13	16
Potência nominal	315 MW	321,4 MW	416 MW
Peso	161,7 ton	114,3 ton	180 ton
Altura	3925 mm	3266,5 mm	2637 mm
Rotação	90 rpm	128,6 rpm	128,6 rpm
Material	ASTM A 743 Gr CA 6NM	ASTM A 216 Wcc	ASTM A27
Índice cavitação	40 kg – 8000 h	40 kg – 8000 h	1200 kg – 10000 h
Fabricante	Kvaerner/Coemsa.	Voith	Hitachi

2 – MANUTENÇÃO DOS ROTORES FRANCIS DA USINA GOVERNADOR JOSÉ RICHÁ.

O material empregado na construção do rotor Francis da UHEGJR é o aço cromo Martensítico ASTM A743 CA6 NM. Este material apresenta excelentes características mecânicas para a aplicação em turbinas, no entanto, dois rotores Francis apresentaram trincas na junção entre pá e cubo. As inspeções em conjunto com o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, concluíram que a região da trinca tratava-se de um reparo com dureza elevada, efetuado após alívio de tensões no processo de fabricação do rotor.

Com base neste histórico, optou-se por inspecionar sistematicamente os rotores Francis da UHEGJR através de ensaios não destrutivos.



Figura 1 – Recuperação de trinca no rotor Francis da UHEGJR.

3 – DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS.

Explorando o contexto da manutenção em rotores Francis, percebe-se que um período de manutenção é composto das atividades de inspeções, ensaios e recuperações, no entanto existem atividades preliminares que

vão proporcionar as condições de trabalho através da instalação de estruturas e dispositivos, cuja função é permitir o acesso de pessoal aos componentes da turbina.

Habitualmente, a plataforma de inspeção da turbina é fornecida pelo próprio fabricante do equipamento. As demais estruturas como revestimento da plataforma, andaimes e dispositivos que permitam o acesso de pessoal aos componentes da turbina, geralmente são desenvolvidos pelos clientes, ou seja, pelas equipes de manutenção das próprias usinas.

A montagem das estruturas originais na UHEGJR demandavam em médias 174 H.h. (homens horas) de mão de obra. Percebeu-se que um investimento em novas soluções promoveria uma redução para 102 H.h., além de criar condições favoráveis a produtividade e segurança do trabalho.

3.1 Projeto da plataforma de manutenção da turbina.

No período de comissionamento da UHEGJR, a equipe de manutenção mecânica identificou problemas relacionados à plataforma de inspeção da turbina. Basicamente, as vigas transversais eram muito frágeis, e necessitavam de vigas auxiliares que garantiam resistência mecânica ao conjunto. Como não foi possível um acordo com o fabricante Kvaerner/Coemsa, esta plataforma original foi utilizada por vários anos, sempre recebendo críticas das equipes de trabalho. Com base em alguns quase acidentes com funcionários da Copel Geração, e devido ao volume elevado de 144 H.h. de mão de obra para montagem/desmontagem do conjunto, optou-se por desenvolver uma nova plataforma de manutenção aproveitando apenas as duas vigas longitudinais, as quais receberam rodas industriais que facilitaram o processo de montagem.

Foram redimensionadas e substituídas todas as vigas transversais, eliminando emendas parafusadas. Foram removidas todas as vigas auxiliares que consumiam muito volume de mão de obra para montagem.

Para viabilizar esta alteração, cada viga transversal necessitou ser apoiada no tubo de sucção. A solução tradicional para tal situação, seria originar cavidades no tubo de sucção para servir de encaixe para as pontas de vigas, no entanto, devido aos custos envolvidos para realização deste processo, optou-se pela instalação de discos com perfil esférico confeccionados em aço inoxidável e soldados ao tubo de sucção. Estes discos apresentam um canal que serve de apoio para as vigas transversais. O volume de mão de obra para montagem/desmontagem da nova plataforma ficou em 72 H.h. O custo do projeto foi de aproximadamente R\$ 21.550,00.



Figura 2 – Discos esféricos soldados ao tubo de sucção para apoio das vigas transversais.

3.2 Projeto de revestimento da plataforma de inspeção e andaime para manutenção da turbina.

Tradicionalmente, o revestimento da plataforma e andaime de manutenção é realizado através de pranchas de madeira. Este material, devido ao ambiente úmido, tende a deteriorar-se exigindo reposições freqüentes. No presente projeto da plataforma e andaime para manutenção da turbina, optou-se em utilizar painéis metálicos revestidos com alumínio antiderrapante pelos seguintes motivos:

- A plataforma e andaime, por estarem em contato constante com água, dispensam manutenção quando em alumínio.
- Facilidade de montagem.
- Facilidade de armazenagem e organização.
- Custo relativamente baixo se comparado a pranchas de madeira, as quais necessitam de substituições periódicas.
- Redução de peso.
- Boa estética.
- Favorece a iluminação e a limpeza do ambiente, melhorando as condições de trabalho.
- Evita aberturas e folgas, impedindo eventuais quedas de materiais ao tubo de sucção.

O tempo para montagem/desmontagem ficou em 18 H.h. O custo do projeto totalizou aproximadamente R\$ 19.000,00.



Figura 3 – Revestimento da plataforma e andaime em alumínio antiderrapante.

3.3 Projeto da passarela de acesso as pás da turbina

Conforme apresentado anteriormente, o rotor Francis da UHEGJR apresenta dimensões elevadas. Para possibilitar o acesso seguro de profissionais, principalmente nas uniões superiores entre pás e cubo do rotor, bem como, na face inferior da tampa da turbina, houve a necessidade de desenvolver uma estrutura disposta entre as pás do rotor Francis, e contornando o diâmetro externo da turbina.

Devido à dificuldade de trabalhar este projeto em desenho assistido por computador - CAD, visto o perfil hidráulico do rotor, optou-se pelo desenvolvimento de um protótipo *in loco*. A ogiva ou cone do rotor ficou responsável pela fixação interna da estrutura, e a fixação externa ficou apoiada nas próprias pás da turbina. Foram confeccionadas 15 peças conforme o protótipo dimensional que unidas promovem o fechamento do diâmetro da turbina.

As seguintes exigências operacionais foram consideradas para este projeto, considerando o equipamento instalado no interior do rotor Francis:

- Permitir ventilação do ambiente.
- Permitir fácil visualização do ambiente.
- Oferecer boa aderência do piso, mesmo quando molhado.
- Permitir o giro manual da unidade em situações de manutenção.
- Permitir manobras no conjunto distribuidor (Pás diretrizes móveis).

- Eliminar ao máximo a utilização de parafusos.
- Apresentar peças intercambiáveis.

A passarela de acesso as pás do rotor Francis atendeu as expectativas de produtividade e segurança. A mão de obra para montagem/desmontagem na unidade ficou em 12 H.h. O custo do projeto ficou em aproximadamente R\$ 10.623,70.



Figura 4 – Passarela de acesso as pás da turbina instalada na unidade.

3.4 Projeto 5S do piso térreo.

Devido ao volume elevado de estruturas e dispositivos, houve a necessidade de organizar e ordenar, de forma planejada, todos os materiais utilizados na manutenção das turbinas. Esta ordenação visa facilitar a busca de componentes, bem como, agilizar inspeções e limpezas quando necessário.

No piso térreo da UHEGJR foram destinados 100 m² de paredes para o desenvolvimento de um Lay Out voltado à produtividade e segurança do trabalho. O custo do projeto totalizou R\$ 6000,00.

3.5 Especificação de materiais de apoio.

Para otimizar o processo de manutenção foram disponibilizados os seguintes materiais:

- Iluminação portátil de 220 V com proteção DR – Diferencial residual.
12 refletores totalizando 6000 W no tubo de sucção e rotor Francis.
24 pontos de iluminação totalizando 3600 W no conjunto distribuidor.
Obs. A proteção DR, com sensibilidade de 10 mA, por ser extremamente confiável justificou sua aplicação frente as normas que regulamentam a utilização máxima de 32 V. Cabe salientar que existem uma série de equipamentos que operam neste ambiente com tensões elevadas. Ex. Máquinas de solda.
- Pontos de energia em frente as janelas de inspeção no tubo de sucção e caixa espiral com proteção DR.
Tomadas disponíveis: 127 V; 220 V e 440 V.
- Iluminação de Emergência.
3 conjuntos de iluminação de emergência conectados ao sistema.
- Barco inflável com capacidade de 300 kg para apoio nas montagens e desmontagens das estruturas, visto que grande parte das atividades são desenvolvidas com esgotamento parcial do tubo de sucção.
- Exaustores portáteis com dutos sanfonados para utilização em atividades de solda ou esmerilhamentos.
- Pontos com ar comprimido e água bruta em frente as janelas de inspeção no tubo de sucção e caixa espiral.

5 – CONCLUSÃO

O desenvolvimento dos projetos apresentados influenciaram positivamente os indicadores da UHEGJR, pois promoveram ganhos importantes na disponibilidade das unidades geradoras. Como o cronograma atual da usina define teoricamente uma parada de 20 dias ao ano (160 horas de jornada de trabalho), o ganho médio de 12 horas no período de manutenção, equivale a um acréscimo de 7,5 % na disponibilidade da unidade.

Com relação a segurança do trabalho, ficou constatado a redução de riscos associados as atividades de manutenção da turbina. Houve uma melhora significativa nas condições de trabalho favorecendo a qualidade dos serviços prestados pela manutenção.

O fato do presente projeto não necessitar de reposição de pranchas de madeira, bem como, promover a retenção de qualquer sobra de material que poderia alcançar o tubo de sucção como eletrodos, por exemplo, promove ações benéficas ao meio ambiente.

6 - RECOMENDAÇÕES

Atividades de manutenção que encontram-se no caminho crítico do cronograma de manutenção, devem estar constantemente inseridas em processos de melhoria contínua. A filosofia do presente projeto pode ser estendida a outros parques de geração.

7 - AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível graças ao empenho de toda a equipe de manutenção mecânica da UHEGJR.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Relatório Técnico 0027-99 Copel Geração S.A.

9 – DADOS BIOGRÁFICOS

Josue Carlo Betemps Vaz da Silva

Nascido em Pelotas, RS em 01 de novembro de 1972.

Graduação (2005) em Administração de Empresas Gestão em Sistemas de Informações: Cesreal – Realeza - PR.

Técnico Mecânico (1990): ETFPEL – Escola Técnica Federal de Pelotas – RS.

Empresa: Copel Geração, desde 1991.

Técnico Sênior de Manutenção de Usinas.

Claudio Remir Rampim

Nascido em Florai, PR em 13 de Setembro de 1970.

Graduação (1993) em Engenharia Elétrica: Universidade Federal de Santa Catarina.

Especialização em materiais elétricos (1997): LACTEC – Curitiba – PR.

Especialização em economia e finanças empresariais (2004): ISAE-FGV – Guarapuava – PR.

Empresa: Copel Geração, desde 1994.

Gerente da Divisão de Operação e Manutenção da UHEGJR.