



Grupo de Estudo de Geração Hidráulica-GGH

Metodologia para troca das Buchas Inferiores da Palheta Diretriz

CARLOS MURILO MENDES DA SILVA(1); LUCAS HENRIQUE DE ALMEIDA(1); FERNANDO WENTE CAVALCANTI(1); HENRIQUE GABRIELE BORDUQUI(2); JORGE VIDOZA GUILLEN(2); HBA(1);CPFL(2);

RESUMO

O estudo proposto tem o objetivo de desenvolver uma metodologia para a troca das buchas inferiores da Palheta Diretriz em unidades geradoras que não possuem galeria anelar, sem a necessidade de desmontagem completa da unidade. Para isso, foi necessário estudar as principais possibilidades de adaptações nos componentes da turbina, em especial a Palheta Diretriz.

A pesquisa propõe estudos de adaptação da palheta diretriz, transformando parte de seu corpo desmontável (postiça) para facilitar a manutenção (troca, reparos) das buchas inferiores. Este estudo tem como ideia principal diminuir o tempo de manutenção na troca das buchas inferiores das Palhetas Diretriz, fazendo a substituição sem a necessidade de desmontar o gerador e todo o distribuidor da turbina em Unidades Geradoras (UG) sem galeria anelar.

PALAVRAS-CHAVE

Palheta Diretriz, manutenção, galeria anelar, carenagem, postiça.

1.0 - INTRODUÇÃO

A motivação do estudo surgiu devido a necessidade de troca ou manutenção das buchas inferiores das palhetas diretrizes dada uma erosão acelerada no cubo inferior em usinas sem galeria anelar. Tem-se que efetuar a desmontagem de todo o gerador e distribuidor da turbina, trabalho esse que gira em torno de 3 meses no mínimo. Além do prazo gasto em desmontar boa parte da unidade geradora para esse serviço, como são manobras delicadas em função do porte dos componentes a serem retirados do poço, na remontagem do conjunto Turbina-Gerador é necessário checar e muitas vezes executar novos procedimentos de alinhamento, balanceamento e ajustes dessa máquina. Visando a redução do tempo de manutenção, facilidades para inspeção e troca das buchas, teve-se a ideia de elaborar um estudo de pesquisa para desenvolver e melhorar esse serviço nas usinas, estudando modificações em alguns componentes e o estudo dos métodos para ter a melhor solução técnico-econômica.

O projeto foi dividido em 2 (duas) etapas, sendo a primeira voltada para a avaliação da parte teórica considerando o estudo da melhor metodologia, com análises críticas do projeto como cálculos e estudos mecânicos respeitando a hidráulica original do projeto. Após a definição da melhor metodologia através da simulação e análises mecânicas em softwares de engenharia (parte teórica), será feita a segunda etapa do projeto, onde os componentes serão fabricados, e serão simulados em fábrica/laboratório, com estudos da melhor metodologia para fazer as adaptações necessárias com a menor indisponibilidade de operação.

2.0 - METODOLOGIA

Como mencionado, a primeira fase é de caráter teórico, onde serão desenvolvidos estudos em ferramentas de projeto, simulação e cálculos, e a segunda com a construção de protótipos e dispositivos que serão utilizados em fábrica/laboratório para simular os espaços físicos da UHE selecionada para estudo e validação da melhor solução.

É importante dizer, que esse projeto não terá nenhum tipo de intervenção nas unidades geradoras, dado seu caráter de desenvolvimento experimental. Após o fim desse projeto, e provada a eficácia da solução proposta, será analisada a possibilidade de realizar um segundo projeto de cabeça de série para aplicação em campo em usinas que apresentem situações similares.

Na 1ª fase, será feita conforme sequenciamento abaixo:

- Pesquisa Bibliográfica – Livros, revistas, simpósios, seminários, etc. onde foram citados temas relacionados ao estudo proposto de troca das buchas inferiores das Palhetas Diretrizes ou temas afins;
- Levantamento das características técnicas – Será feita visita na unidade geradora da usina do estudo de caso para coleta das informações de construção e operação dos componentes que serão modificados nesse estudo, como desenhos, materiais, curva de torque, pressão do regulador, diagrama de colina, dados de squeeze, etc.
- Cálculos – modelamento da Palheta Diretriz original em software CAD e verificação por meio de cálculos em elementos finitos em software CAE a situação presente da unidade geradora, principalmente dos componentes que poderão ser modificados.

Após validação dos cálculos da Palheta Diretriz, se fará o estudo de adaptação considerando duas (2) possíveis soluções. O projeto será realizado através de análise de cálculos mecânicos, custos de fabricação e adaptação, tempo de operação, saúde ocupacional, aplicabilidade em outras unidades, dentre outros, visando a operação e manutenção na usina.

2.1 Solução 1 – Palheta com Corte Parcial

Para essa solução serão estudados os prós e contras do projeto, fazendo análises e partindo de algumas premissas, como:

- Utilização/reaproveitamento da palheta diretriz;
- Fazer a adaptação através de um corte parcial na parte inferior da palheta diretriz, para dar acesso as buchas dos mancais inferiores em campo;

Com base nas premissas acima, o sequenciamento de estudos dessa solução será:

- Estudos em ferramentas CAD, propondo os melhores arranjos, geometrias das adaptações possíveis, e materiais que serão aplicados.
- Validação através de cálculos em elementos finitos das soluções possíveis.
- Depois de validada a melhor solução, inicia-se os estudos e projeto da máquina que será utilizada para fazer as adaptações no corpo da Palheta Diretriz, que contemplam a escolha das ferramentas (Serra de Fita, Plasma, Oxicorte, etc.) mais adequadas a serem utilizadas, validando-as através de cálculos mecânicos e métodos de construção.

Como essa solução tem como principal método um recorte parcial na parte inferior da Palheta Diretriz, conforme mostra a figura 1, faz-se necessário o desenvolvimento de uma solução para desmontagem da bucha inferior existente conforme descrito abaixo:

- Estudo e projeto do dispositivo de desmontagem da bucha inferior, que poderá ser feito através de remoção de material, corte, ataque químico, dentro outros processos que serão estudados.

Depois de finalizada a etapa de estudos e validação de processos e análise mecânica estrutural, será feita a simulação virtual em software de evento discreto 3D, com objetivo de orientar facilmente e intuitivamente a construção de modelos lógicos realísticos das atividades que serão realizadas em campo. Essa simulação avaliará os seguintes pontos:

- Ergonomia dos operadores (EHS);
- O acesso para desenvolvimento das atividades;
- Posicionamento das ferramentas;
- Tempo necessário para as adaptações;
- Custo final estimado da implementação da solução em campo.

Também serão descritos todos os procedimentos de montagem para que a equipe de Manutenção da Usina tenha os processos em mãos no caso de uma intervenção futura.

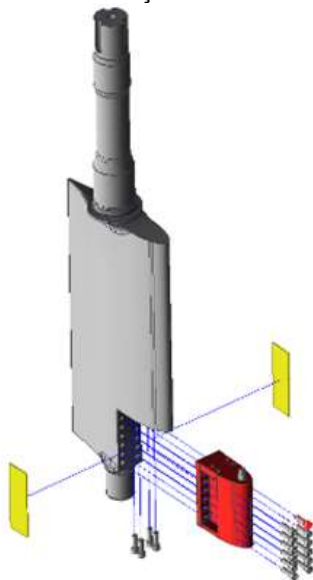


Figura 1 - Palheta com Corte Parcial

2.2 Solução 2 – Palheta em 3 Partes

Para essa solução também serão estudados os prós e contras do projeto, fazendo análises e partindo de algumas premissas, como:

- Utilização/reaproveitamento da Palheta Diretriz existente na UHE escolhida como caso de estudo, porém não impeditiva, podendo ser fornecida uma nova Palheta Diretriz;
- Fazer a adaptação através de dois cortes no corpo da Palheta Diretriz, desmontando-a para dar acesso as buchas dos mancais inferiores em campo;

Com base nas premissas acima, o sequenciamento de estudos dessa solução será:

- Estudos em ferramentas CAD, propondo os melhores arranjos, geometrias das adaptações possíveis, e materiais que serão aplicados.
- Validação através de cálculos em elementos finitos das soluções possíveis.
- Depois de validada a melhor solução, inicia-se os estudos e projeto da máquina que será utilizada para fazer as adaptações no corpo da Palheta Diretriz, que contemplam a escolha das ferramentas (Serra de Fita, Plasma, Oxicorte, etc.) mais adequadas a serem utilizadas, validando-as através de cálculos mecânicos e métodos de construção.

Depois de finalizada a etapa de estudos e validação de processos e análise mecânica estrutural, será feita a simulação virtual em software de evento discreto 3D, com objetivo de orientar facilmente e intuitivamente a construção de modelos lógicos realísticos das atividades que serão realizadas em campo. Essa simulação avaliará os seguintes pontos:

- Ergonomia dos operadores (EHS);
- O acesso para desenvolvimento das atividades;
- Posicionamento das ferramentas;
- Tempo necessário para as adaptações;
- Custo final estimado da implementação da solução em campo.

Também serão descritos todos os procedimentos de montagem para uma que a equipe de Manutenção da Usina tenha os processos em mãos no caso de uma intervenção futura.

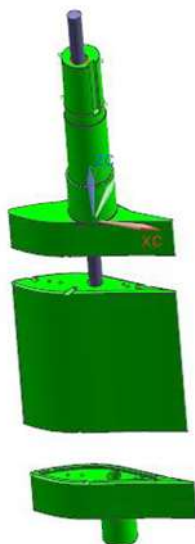


Figura 2 - Palheta em 3 Partes

2.3 Atividades comuns para as duas soluções (Palheta com Corte Parcial e Palheta em 3 Partes)

Essas são as duas principais soluções que serão estudadas durante o projeto, porém o projeto não se limitará a elas, podendo surgir novas ideias e soluções durante a fase de estudos e análise de viabilidade de projeto. Depois de finalizados os e relatórios das duas (2) soluções, serão feitas análises técnico-econômica levando em consideração os seguintes pontos:

- Custos da solução;
- Quantidade de operadores necessários para adaptação;
- Tempo de indisponibilidade gerado para adaptação em campo;

Feita a escolha da solução mais adequada, dará início ao estudo e projeto dos Dispositivos para simular os porta-buchas em ferramentas CAD. Esse equipamento terá como premissas estudar uma máquina respeitando as geometrias existentes na usina, sem desmontar a unidade geradora, e garantindo a menor indisponibilidade da unidade geradora na adaptação dos componentes. A fabricação desses dispositivos tem como objetivos criar condições em fábrica que reproduzem a parte da unidade geradora que será adaptada, para validação dos estudos e adaptações.

Finalizada a 1ª etapa teórica, dar-se-á início a 2ª etapa de fabricação.

A etapa de fabricação será feita após toda a parte teórica finalizada e solução definida, e os componentes que serão fabricados serão:

- Fabricação de uma Palheta Diretriz em tamanho real;
- Fabricação da Parte Postiça (somente para solução com corte parcial);
- Fabricação dos Dispositivos para simular o porta-buchas;
- Fabricação da Máquina de Corte conforme solução escolhida.

Com base na ideia escolhida, será elaborado um relatório que descreverá o passo a passo da montagem dos equipamentos em fábrica, bem como os testes que serão feitos como a montagem dos componentes em fábrica.

3.0 - APLICABILIDADE

Aplicável em qualquer usina hidrelétrica que não tem galeria anelar para a manutenção dos porta-buchas inferiores da Palheta Diretriz. Na imagem abaixo, uma pesquisa realizada somente no banco de dados da Andritz Hydro Brasil, considerando obras novas e reformas a partir do ano 2000, mostra o grande campo de aplicação desse projeto.

No Brasil existem mais de 100 unidades geradoras que não possuem galeria anelar e mais de 3000 palhetas diretrizes onde o estudo poderá ser aplicado, diminuindo os tempos de manutenção, aumentando a disponibilidade e confiabilidade da unidade geradora.

Referências Andritz Hydro Brasil sem galeria anelar a partir do ano 2000 – reforma e obras novas

18 Usinas Hidrelétricas sem Galeria Anelar (similar a UHE Barra Grande)

84 Unidades Geradoras

1908 Palhetas Diretrizes e Mancais Inferiores

UHE	Tipo Máquina	Galeria Anelar	Número de UG's	Altura das Palhetas (mm)	Ø Circulo das Palhetas (mm)	Qtd Palhetas	Total Palhetas	Potência (MW)	Ano
Passo Real	Kaplan	não	2	2096	6477	20	40	64	1970
Boa Esperança	Francis	não	4	1262	5379	20	80	65	1983
Itauba	Francis	não	4	1107	5255	24	96	128	1978
Mascarenhas de Moraes	Francis	não	10	1117	4749,8	20	200	53	1957
Luiz Carlos Barreto de Carvalho	Francis	não	6	6950	17919,5	24	144	170	1969
Tucuruí	Francis	não	25	2740	9503,5	24	600	382	2001
Ponte de Pedra	Francis	não	3	328	2293	20	60	60	2002
Campos Novos	Francis	não	3	1031	4930	20	60	300	2005
Monjolinho	Francis	não	2	808	3033,6	20	40	37,84	2007
Ludesa	Francis	não	2	681	2334	24	48	15,54	2008
Mauá Principal	Francis	não	3	895	4279	20	60	119,5	2009
Rio Verdinho	Francis	não	2	1309	4488	24	48	48,42	2007
Salto do Rio Verdinho	Francis	não	2	1309	4488	24	48	55,43	2007
Bocaiuva	Francis	não	2	855	2946	24	48	15,45	2008
Garibaldi	Francis	não	3	1452,3	4980	24	72	64,2	2012
Foz do Areia	Francis	não	4	1372	6950	24	96	436	1980
Itiquira	Francis	não	2	531	2248	24	48	48,8	1999
Dona Francisca	Francis	não	2	1575	5400	24	48	64,2	1998

Tabela 1 - Referências de UHE's sem Galeria Anelar

Os dados mostrados anteriormente mostram só uma fração da aplicabilidade desta solução. Estima-se que existem mais usinas onde esta solução pode ser aplicada, inclusive fora do Brasil.

Depois de provada e eficácia da solução é possível:

- Comercializar a solução criada em outras usinas hidroelétricas, com as características já citadas, através do registro de patente;
- Aplicação de consultoria para melhoria operacional de outras usinas com a redução do tempo de manutenção e aumento da disponibilidade da operação
- Aplicação da solução em máquinas novas, reduzindo os custos da civil e fabricação do revestimento metálico da galeria anelar.

4.0 - CONCLUSÃO

O produto final será uma metodologia definida e inovadora para troca de buchas inferiores das Palhetas Diretrizes em unidades sem galeria anelar, sem a necessidade de desmontar a máquina, igualmente dentro dos resultados se espera o novo desenho da palheta diretriz desmontável. Os resultados esperados são os ganhos com disponibilidade de geração e mitigação dos riscos de falha, assim como a comercialização e consultoria da metodologia e produto desenvolvido. Esperam-se vendas da ordem de 1MR\$ por ano com o novo produto no mercado hidrelétrico, com aplicação em inúmeras unidades distribuídas em todo território nacional e inclusive no exterior.

5.0 - AGRADECIMENTOS

Este projeto está sendo realizado através do programa P&D ANEEL das empresas Campos Novos Energia e Companhia Energética Rio das Antas.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



(1) EXPERIÊNCIA DA CEMIG NO MONITORAMENTO PREDITIVO EQUIPAMENTOS DE GERAÇÃO ATRAVÉS DE ANÁLISES DE ÓLEO LUBRIFICANTE E HIDRÁULICO
MARTINS,A.D.C.P.(1);VASSALO,D.J.(1);RIBEIRO,M.G.D.L.(1);SESSA,C.D.(1);-CEMIGGT(1)

(2) SISTEMA DE CONTROLE ATIVO PARA INJEÇÃO DE AR EM TURBINAS – CONSIDERAÇÕES E ASPECTOS SOBRE SEU DESENVOLVIMENTO
FERRETTI,A.P.(1);-ANDRITZ HYDRO I(1);

(3) ANÁLISE E INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA ELIMINAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE TRINCAS POR FADIGA NAS TRAVESSAS DOS PRÉ-DISTRIBUIDORES DAS TURBINAS FRANCIS DAS UNIDADES GERADORAS 05 A 20 DA UHE ILHA SOLTEIRA

PASCHOALOTTO,L.A.C.(1);SANOMYA,R.(1);UEDA,R.R.(1);TIBA,H.H.(2);SOBRINHO,E.S.(1);GALLO,G.B.(1);KAGESAWA,R.T.(1);ZANUTTO,J.C.(3);BOSKO,J.D.(3);-CESP(1);HHTENGENHARIA(2);IPT(3)

(4) TAXA DE INDISPONIBILIDADE PROGRAMADA NULA - UMA METODOLOGIA PARA O DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS MAIS EFICIENTES
RIGAMONTI, R.(1);SAMPAIO, L.L.(2);FERREIRA, C.D.C.(3);BRITO, M.C.T.D.(4);Conti, A.M.(5);Figueiredo, M.L.(6); - ELETROBRAS(1); ELETROBRAS(2); ELETROBRAS(3); ELETROBRAS(4); ELETROBRAS ELETRONORTE(5); ELETROBRAS(6)

(5) ESTRATÉGIAS “PIT STOP” PARA REDUZIR CUSTOS DE REFORMAS DE USINAS HIDRELÉTRICAS
FILHO, C.J.V.D.P.(1); SOUZA, M.P.D.(2); SANTOS, M.A.P.(3);Silva, M.V.d.(4); - ALSTOM(1); ALSTOM(2); ALSTOM(3); ALSTOM(4)

(6) OTIMIZAÇÃO DA FAIXA OPERATIVA DAS TURBINAS HIDRÁULICAS DA UHE SALTO PILÃO COM GANHOS OPERATIVOS DIRETOS E INDIRETOS

NEVES, F.P.C.(1);SANTOS, C.O.F.(2); - NYTECH(1);OPERSUL(2);

(7) RETORNO À OPERAÇÃO DA TURBINA TIPO KAPLAN DA UG05, UHE CACHOEIRA DOURADA, APÓS ROMPIMENTO DO SISTEMA DE ACIONAMENTO DE UMA PÁ Nº 2, ATRAVÉS DO TRAVAMENTO DAS PÁS AO CUBO POR SOLDAGEM

MACEDO, R.V.D.(1);CAMARGO, A.C.(1); - ENDESA CACHOEIRA(1);

(8) SISTEMA ATIVO DE ADMISSÃO NATURAL DE AR EM TURBINAS FRANCIS EXPERIÊNCIA E EVOLUÇÃO
STRAATMANN, R.(1);LOREATTO, E.(1);FERRETTI, A.(1); - Andritz Hydro INEPAR(1);

(9) EMMA – SISTEMA ROBÓTICO PARA REVESTIMENTO IN SITU DE TURBINAS HIDROELÉTRICAS
PATRICK M. PARANHOS, RENAN S. FREITAS, GABRIEL ALCANTARA C. S., EDUARDO ELAEL M. SOARES, ESTEVÃO F. FERRÃO, BRENO B. CARVALHO, JULIA R. CAMPANA, RAMON R. COSTA

(10) MANUTENÇÃO PREDITIVA EM UMA USINA HIDRÁULICA DA ELETROBRAS ELETRONORTE

Paulo R. M. de Vilhena Andreza F. CostaFernando de S. Brasil Eletrobras – Eletronorte Unifap - Eletrobras – Eletronorte Benedito das G. D. Rodrigues Victor Dmitriev

(11) ANDRITZ HYDRO - Turbine Technology Conference, Kriens, Switzerland 21st May 2015 SHAWINIGAN II – UNCONVENTIONAL GUIDE VANE REPLACEMENT

J. C.-Lauzon

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Murilo Mendes da Silva

Cargo: Engenheiro de Produto

Empresa: Andritz Hydro

Experiência no assunto: Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Paulista (2013). Especialista em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP. Tem experiência na área de Engenharia de Produto, com ênfase em Engenharia de Turbinas



Lucas Henrique Almeida

Cargo: Engenheiro de Produto Especialista

Empresa: Andritz Hydro

Experiência no assunto: Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade de Araraquara (2009). Especialista em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Salesiano de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia de Produto, com ênfase em Engenharia de Turbinas.



Fernando Wente Cavalcanti

Cargo: Coordenador de Propostas

Empresa: Andritz Hydro

Experiência no assunto: Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia pela Universidade Estadual Paulista (2009). Experiência em dimensionamento e orçamento



XXV SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

4439
GGH/16

de sistemas auxiliares elétricos de Usinas Hidrelétricas, englobando equipamentos de baixa, média e alta tensão, além de trabalhar com projetos de reformas de usinas de maneira geral.