



**XXI SNTPEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO -**

**GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH**

**REFORMA E MODERNIZAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS 3 E 4 DA U.H.E. CACHOEIRA DOURADA:  
DIFICULDADES E SUCESSOS.**

**Ricardo Vechin de Macedo(\*)  
ENDESA CACHOEIRA**

**Aparício Cesar Camargo  
ENDESA CACHOEIRA**

**RESUMO**

A reforma e modernização de uma unidade geradora requerem planejamento e esforço, a fim de garantir o sucesso final do projeto. A intenção desse artigo é compartilhar as experiências obtidas pela U.H.E. de Cachoeira Dourada no projeto de reforma e modernização das unidades geradoras 03 e 04, descrevendo os principais itens realizados, as dificuldades encontradas e ações que levaram ao sucesso na conclusão.

**PALAVRAS-CHAVE**

Unidade Geradora, Reforma, Modernização, Turbina Kaplan.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As principais usinas do parque hidrelétrico brasileiro, apresentam uma idade superior a 30 anos de funcionamento. Dessa forma, muitas das Unidades Geradoras em Operação já apresentam a necessidade de reformas maiores para a extensão da vida útil e da confiabilidade das mesmas. Dada a crescente demanda por energia elétrica e o fato de nossa matriz ser essencialmente hidráulica, é clara uma necessidade de reforma e modernização das unidades como forma de garantir a eficiência e evitar o comprometimento do abastecimento.

O conceito de repotenciação é o de alterar elementos do equipamento para que ele possa produzir mais. Já a reforma e modernização visa estender a vida útil do equipamento e introduzir novas tecnologias, melhorando o desempenho. Essa sobrevida é alcançada através da reforma ou substituição de componentes que estejam com o final da vida útil próximos e após a mesma devem apresentar um desempenho no mínimo igual ao que foi substituído ou reformado. Dentre as novas tecnologias inseridas pode-se destacar a automação, que poderá ser utilizada a favor da manutenção, com a instalação de sensores que possibilitem o monitoramento do estado do equipamento.

Algo importante a ser previsto no escopo da reforma e modernização são as tecnologias que podem ser implementadas como forma de reduzir os impactos ambientais causados pela operação dos equipamentos, como por exemplo, a substituição da lubrificação por graxa por elementos autolubrificantes.

A Endesa Cachoeira é uma Usina Hidrelétrica construída em 04 etapas, sendo sua primeira etapa construída na década de 1950, a segunda etapa na década de 1960, a terceira etapa na década de 1970 e a quarta etapa na década de 1990, tendo assim, Unidades Geradoras com mais de 50 anos. Pensando em garantir a disponibilidade de suas unidades geradoras, no ano de 2000 foi feito um Estudo de Prioridades para a Usina de Cachoeira Dourada, onde se detectou que as unidades geradoras 03 e 04 eram prioritárias na sequência de reforma e modernização das máquinas por apresentarem sucessivos problemas de trincas nas pás.

Na confecção do relatório das Condições Mecânicas das Pás, durante o levantamento do histórico das unidades geradoras, observou-se que após a entrada em operação da II Etapa, as pás motrizes das Turbinas tipo Kaplan já

apresentavam diversos problemas de fratura em sua zona crítica e na zona de concordância Pá/Munhão. Mesmo com a substituição das pás em 1970, ainda houve a necessidade de diversas intervenções para reparos, o que gerou a necessidade de inspeções periódicas e intervenções não planejadas. Tal fato indicava que havia um Elevado Risco de Fratura e como conseqüência uma parada não programada por tempo elevado (mínimo de 1 ano);

Com o intuito de melhorar a confiabilidade dessas Unidades Geradoras (UG's) e diminuir o risco de quebra e parada não programada por um período longo e indefinido, optou-se em 2004 pela sua reforma e modernização. Definida a necessidade de Reformar as UG's, fez-se o levantamento dos históricos de falhas, quais eram os componentes de difícil manutenção devido a concepção da máquina (trocadores de calor, servomotor, alinhamento mancal escora, vedação de carvão do eixo), os componentes que apresentavam baixa eficiência (sistema de levantamento, trocadores de calor dos mancais), os componentes sem peças de reposição e de recuperação inexequível (servomotor toroidal), e o levantamento das possíveis melhorias técnicas, com inserção de novas tecnologias ou que poderiam acarretar ganhos ambientais (servomotor, sistema engraxamento do distribuidor, vedações das pás, trocadores de calor dos mancais);

O projeto iniciado em 2004 teve como base a substituição das pás motrizes e a implantação das modificações apontadas no levantamento em sistemas que eram considerados críticos para a manutenção. No ano de 2005 houve a licitação dos serviços da reforma e modernização da Unidade Geradora 03. Os serviços de modernização iniciaram-se efetivamente em dezembro 2006, com a realização dos ensaios de Índex Test. Para a Unidade Geradora 04 o processo de licitação foi no ano de 2008 e os serviços iniciaram no ano de 2009.

## 2.0 - ENSAIOS DE COMPROVAÇÃO DE POTENCIA E RENDIMENTO

### 2.1 Ensaio de index test e run out

Desde o início do projeto de reforma das unidades geradoras, a equipe de manutenção da ENDESA, buscou meios para garantir que a reforma se realizasse dentro de um padrão de qualidade, permitindo que a unidade geradora retornasse ao sistema, no mínimo com os valores de rendimento e potencia existente antes da reforma.

Após consenso entre as equipes técnicas da Endesa, ficou acertado que seriam realizados ensaios antes e depois da reforma, sendo os ensaios de Índex Test específicos para comprovação da potência e rendimento, e os ensaios de Run Out para comprovação das oscilações e alinhamento dos eixos da turbina e gerador.

A comparação entre os dois ensaios (antes e depois da reforma) demonstrou que a potencia da unidade geradora foi mantida e o rendimento obtido foi além do solicitado na Especificação Técnica da reforma. Também houve uma acentuada melhora em relação a oscilações do conjunto na linha de eixos.

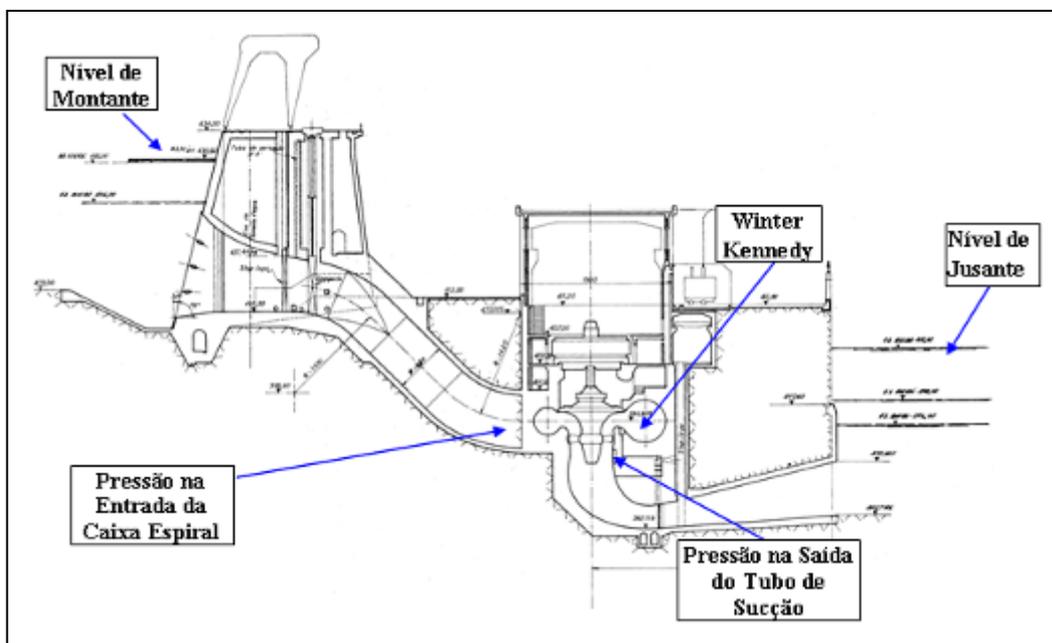


FIGURA 1 – Localização da Instalação dos transdutores/sondas para o Ensaio de Index Test

No Index Test foram feitas as medições dos seguintes parâmetros:

- Potência do Gerador – Regulador de Velocidade Digital

- Potência do Gerador – Transformador de Corrente e Tensão
- Aquisição de Dados Digital registrou os sinais dos transdutores/sondas instalados em diversos pontos (nível de montante, nível de jusante, abertura do distribuidor, abertura do rotor, pressão diferencial, pressão na entrada da caixa espiral e pressão na saída do tubo de sucção).

### 3.0 - PRINCIPAIS ITENS DA REFORMA E MODERNIZAÇÃO

#### 3.1 Rotor Kaplan

Em ambas as unidades geradoras foram substituídas as pás motrizes, projetadas com perfil mais robusto, principalmente na concordância do munhão com a pá, reforçando a estrutura da região onde era constante a presença de trincas.

O perfil da borracha de vedação da pá motriz também foi alterado, visando aumentar a área de contato da mesma com o munhão. O anel interno de esmagamento da borracha de vedação também foi modificado, e suas molas substituídas, o que permitiu uma melhor acomodação do perfil e uma maior pressão na área de vedação. Os casquilhos de fixação da borracha de vedação foram usinados, melhorando a circularidade e facilitando o encosto dos mesmos no perfil de borracha.

Todos os conjuntos do bielismo da roda Kaplan apresentavam desgastes excessivos, com indícios de travamento dos pinos e deslocamento das buchas de bronze, dessa forma, foi necessária a confecção de novos pinos e novas buchas para substituir as existentes. As bielas foram reaproveitadas, porém foi necessário aumentar o diâmetro dos furos dos pinos e modificar o sistema de travamento dos mesmos nas bielas.

Na Unidade Geradora 03 os parafusos olhais e as porcas de fixação do platô também foram reaproveitados, sendo realizados nos mesmos ensaios de partículas magnéticas e ultrassom para avaliação de sua integridade física e estrutural. Porém, antes que a Unidade completasse 8.000 horas de operação, um dos parafusos olhais se rompeu, exigindo que a Unidade Geradora fosse novamente desmontada para substituição dos mesmos por novos. Na Unidade Geradora 04, independente dos resultados dos ensaios, se optou pela substituição dos parafusos olhais.

As buchas de bronze dos munhões das pás motrizes também foram substituídas, pois, sofreram deslocamento radial, provocando a quebra dos parafusos de trava das mesmas.

No fundo da ogiva do rotor Kaplan foi adaptado uma válvula acionada por mola, permitindo assim a retirada do óleo do rotor Kaplan sem risco de acidentes às pessoas, e ao meio ambiente.

#### 3.2 Servomotor da Roda Kaplan

Para recuperação das peças que compõem o servomotor da roda Kaplan foi especificada a usinagem da haste de ligação do embolo com o platô, a substituição da bucha guia da haste e dos anéis elásticos de vedação da câmara inferior do servomotor, e a substituição dos anéis elásticos do embolo, enchimento com solda em aço inox e brunimento da camisa do servomotor da roda Kaplan.

Foram executadas usinagem das demais peças retirando-se o mínimo de material possível, sendo feita na bucha nova a restauração da tolerância da folga solicitada no projeto. Os anéis elásticos foram substituídos por anéis novos, usinados e adaptados as novas medidas da camisa, do embolo e da haste de ligação do embolo com o platô.

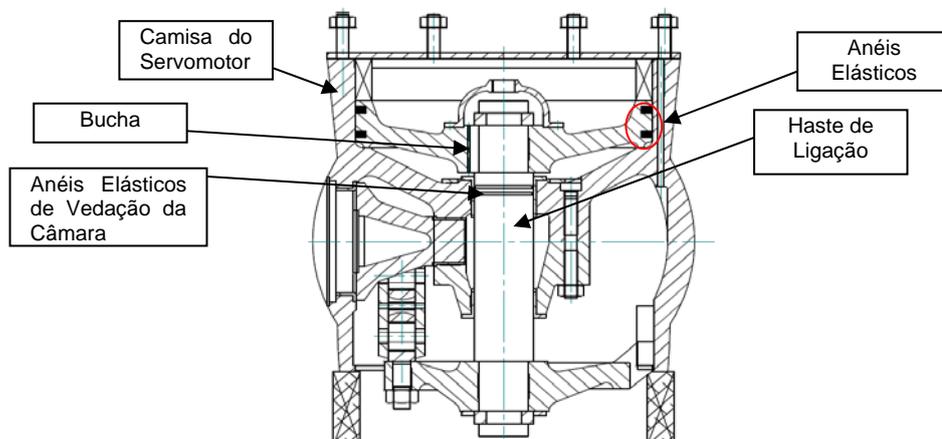


FIGURA 2 – Croqui das partes reformadas no Servomotor da Roda Kaplan

A confirmação da área de contato entre a área de vedação dos anéis elásticos e camisa do servomotor através de pré-montagem dos mesmos e utilização de especímetro e jogo de luz, obtendo dessa forma mais de 95% de área de contato.

Na Reforma da Unidade Geradora 03, após o brunimento da camisa do servomotor, se verificou que a folga entre camisa e embolo estava maior que a solicitada no projeto original. A opção foi por fazer o enchimento do diâmetro externo do embolo com solda para posterior usinagem dentro das tolerâncias exigidas no projeto original.

### 3.3 Junta de Vedação Principal do Eixo ( Junta de Carvão )

A junta de vedação de carvão apresentava vazamentos excessivos devido ao desgaste excessivo da pista de deslizamento de carvão. Essa pista estava soldada ao eixo da turbina e sua substituição era um trabalho difícil e arriscado devido à condição insegura que o local apresenta.

Os anéis de carvão trabalhavam pressionados por uma mola espiral e um casquilho de bronze com a lateral inclinada a aproximadamente 60°, que se encostava ao diâmetro externo do segmento de carvão e compensava o desgaste do mesmo.

Devido aos vazamentos a água de resfriamento da junta de carvão se misturava com a água do rio, e toda a sujeira contida se acumulava entre os anéis de carvão e os casquilhos de bronze, provocando o travamento dos mesmos em diferentes posições e, como consequência o desgaste irregular e prematuro dos segmentos de carvão, que somado ao desgaste excessivo da pista resultava em vazamento excessivo pela junta.

O acesso para a manutenção da junta de carvão também era limitado a uma abertura na saia da caixa do Mancal de Guia da Turbina (MGT), sendo feito um estudo para a abertura de mais um acesso a junta sem o comprometimento estrutural.

Na reforma foi feito um novo projeto para fixação da pista de deslizamento, facilitando a substituição da mesma quando ocorrer desgaste, e um sistema que eliminasse o casquilho de bronze permitindo que a mola espiral agisse diretamente nos segmentos de carvão, melhorando a vedação e facilitando a montagem. Sendo montada uma nova pista em inox, bi-partida, fixada com parafusos na aba inferior e superior, facilitando a montagem e desmontagem da mesma.

A vedação de emergência estava danificada e apresentava vazamentos na injeção de ar aplicada para inflar a mesma, não havendo como aplicá-la quando da parada da unidade geradora. A mesma foi substituída, e toda a tubulação de ar comprimido utilizada para acioná-la foi feita em aço inox, sendo colocado um manômetro para monitoramento da pressão.

### 3.4 Mancal de Guia da Turbina (MGT)

Foi feito solicitado um reprojeto do MGT, devido à sua caixa apresentar problemas de grande flexibilidade, fato esse que provocava o desajuste das folgas dos segmentos, aumentando as oscilações no eixo turbina além do permitido, necessitando de ajustes constantes para o retorno das folgas as condições normais de operação.

Após vários estudos, concluiu-se que o mesmo poderia estar sofrendo sobrecargas em função do “cotovelo” existente na linha de eixo. Fato esse que pode ser verificado no run-out da desmontagem e tinha como prováveis causas, a própria estrutura de centragem do bloco de escora do mancal de escora em forma de cunha, e o perfil hidráulico das pás Kaplan que haviam sido modificadas em ocorrência anterior, quando as mesmas foram reaproveitadas da unidade geradora 5 que estava em montagem.

Dessa forma, optou-se em manter a mesma estrutura no mancal de guia turbina em função das melhorias a serem introduzidas durante a reforma, que deveriam melhorar as condições de alinhamento dos eixos turbina e gerador, e conseqüentemente “aliviar” as prováveis sobrecargas que o MGT vinha sofrendo.

Os segmentos que estavam montados na unidade geradora também apresentavam sinais de desgastes no metal patente, indicando a necessidade de recuperação. Os mesmos foram retirados e enviados para recuperação do metal patente, sendo substituídas também as rotulas da parte traseira desses segmentos e feita a usinagem da pista de deslizamento no eixo.

### 3.5 Mancal de Escora (ME)

No mancal de escora foi feito um reprojeto do sistema de nivelamento, foi substituído os segmentos dos patin e o sistema de cunha através da adaptação um anel. Usinagem de todo o conjunto do bloco, anéis mola, mesa e taliscas. Foi feita também a furação para inserção de PT100 para monitoramento da temperatura em 6 segmentos.

### 3.6 Servomotor do Distribuidor

O servomotor original do distribuidor das unidades geradoras era do tipo toroidal. Esse servomotor apresentava constantes vazamentos de óleo, visto que a camisa da câmara de pressão do mesmo era em forma de toroide, o que dificultava a vedação do retentor do embolo. A camisa era dividida em duas partes (inferior e superior) e quatro seções, o que comprometia a estanqueidade do conjunto, podendo agredir o meio ambiente.

Foram analisadas várias propostas para modificação do conjunto, sendo implementada a opção de instalar dois servomotores lineares, aproveitando somente a parte inferior do toroide com a adaptação de uma tampa bipartida sobre ele, formando o novo anel de regulação. Foram fixados pontos de ancoragem para acoplamento das hastes dos servomotores nas tampas do novo anel.

Para evitar problemas de torções e ondulações no anel de regulação, foram fixadas 4 sapatas guias, com pista de teflon carregado, que deslizam sobre a pista de inox fixada na tampa do anel de regulação, evitando assim o deslocamento vertical do mesmo. Com a implantação dessas modificações foi possível eliminar, quase em sua totalidade, os vazamentos de óleo existentes no sistema de regulação antes da reforma.

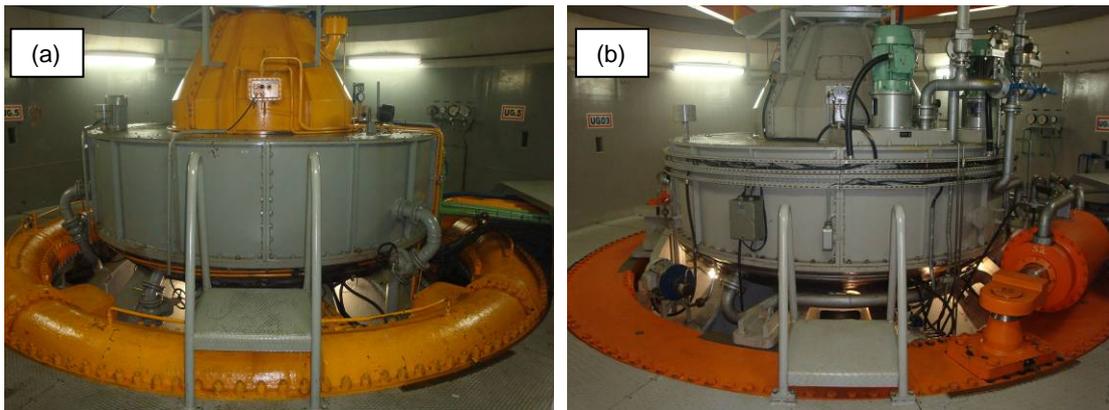


FIGURA 3 – Servomotor do Distribuidor - (a) antes da modernização - (b) após a modernização.

### 3.7 Sistema Centralizado de Graxa

As buchas superiores, intermediárias e inferiores das aletas diretrizes, bem como as buchas do conjunto de bielismo do distribuidor, mancais guias e pistas de apoio do anel de regulação eram lubrificadas por um sistema centralizado de graxa, composto de uma bomba de pressão, blocos distribuidores e tubulação de cobre que levavam a graxa lubrificante até o ponto desejado.

Esse sistema apresentava o inconveniente de não possibilitar a “dosagem” da graxa necessária para cada ponto de lubrificação, ocorrendo assim à lubrificação em excesso de alguns pontos, provocando a perda do produto lubrificante, bem com a agressão ao meio ambiente.

Durante a reforma esse sistema foi desativado, e as buchas de bronze que eram lubrificadas por graxa foram modificadas, recebendo internamente uma manta de PTFE autolubrificante. Para cada bucha foi especificado um tipo de PTFE, com o carregamento de grafite necessário para suportar os esforços solicitados pelo anel de regulação e distribuidor. Com a solução adotada, eliminou-se o consumo de graxa, e conseqüentemente reduzindo os impactos ambientais.

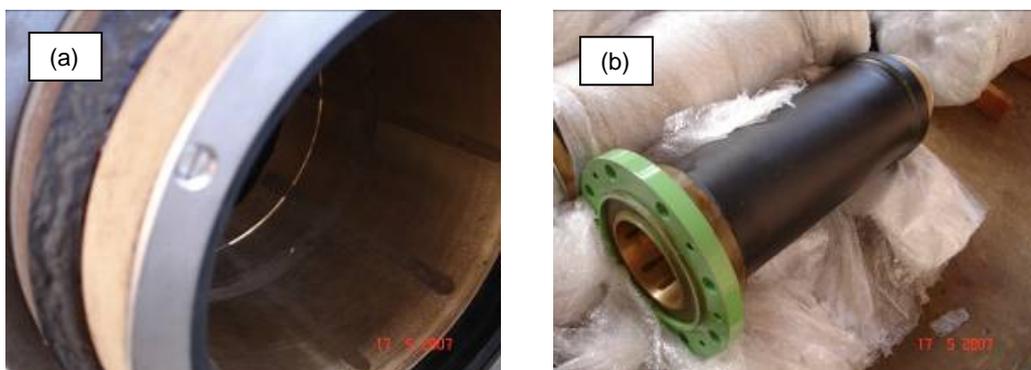


FIGURA 4 – (a) Detalhe da bucha com aplicação de PTFE - (b) Bucha superior e intermediária

### 3.8 Sistema de Resfriamento de Óleo

Os sistemas de resfriamento de óleo funcionavam através de serpentinas instaladas nas caixas dos mancais de escora, guia turbina e gerador em contato direto com o óleo, sendo sua manutenção difícil e frequente a contaminação do óleo por água quando devido ao rompimento da tubulação de cobre.

Dessa forma, foi feito um novo projeto para os sistemas de resfriamento, onde se adotou como solução a instalação de Módulos de Refrigeração Externa compostos por: trocadores de calor tipo placa, bombas e filtros, para a realização do resfriamento do óleo.

Esse sistema mostra-se mais eficiente que o anterior, pois elimina a possibilidade da contaminação do óleo através da água, uma vez que as placas do trocador são de inox e todo sistema de água estão localizadas fora da caixa do mancal.

### 3.9 Outros Serviços Realizados

#### 3.9.1 Gerador Principal

Limpeza geral dos pólos, medição da circularidade do rotor e do estator, verificação do aperto das cunhas dos pólos, planicidade da pista de frenagem, envernizamento do rotor e do estator, tratamento anticorrosivo na estrutura, inspeção e ensaios de corona, reaperto dos pacotes estatóricos.

#### 3.9.2 Eixo do Gerador e da Turbina

Controle dimensional e retífica do espelho do mancal guia, recuperação dos furos dos pinos guia e parafusos, confecção de novos pinos., retífica da face de acoplamento.

#### 3.9.3 Tampa da Turbina e Válvulas de Aeração

Foi feita a substituição das válvulas de aeração e o tratamento anticorrosivo na tampa da turbina.

#### 3.9.4 Palhetas Diretrizes

Ensaio de partículas magnéticas, recuperação por soldagem das danificadas por cavitação e com trincas, usinagem das hastes para aplicação de buchas de aço inox que irão trabalhar no interior das buchas autolubrificantes (Figura 5).



FIGURA 5 – Haste das Palhetas Diretrizes, detalhe das buchas de aço inox.

#### 3.9.5 Envoltente

Medição da circularidade e recuperação da erosão cavitacional das áreas afetadas.

#### 3.9.6 Automação

Modernização do sistema de automação de forma a permitir a total integração com o sistema supervisório (SCADA) da usina, incluindo a substituição da instrumentação e implementação de infraestrutura de comunicação com os sistemas de proteção elétrica e de regulação de tensão e velocidade.

## 4.0 - DIFICULDADES E SUCESSOS

### 4.1 Dificuldades

Durante a execução do projeto, algumas dificuldades encontradas foram significativas e tiveram efeitos diretos, como: atrasos no cronograma, que como consequência gera o atraso do retorno da unidade geradora e perda de geração; o acréscimo dos custos em aproximadamente 10%; desgaste do pessoal envolvido; cobranças pelos órgãos regulamentadores e da alta gerência.

Dentre as dificuldades encontradas podemos citar:

- Definição do escopo de serviços a serem realizados. A idade da Unidade Geradora e as incertezas do real estado dos componentes da máquina dificultam o dimensionamento do prazo para realização da reforma, pois, diversas partes que estão internas a ela acabam necessitando de intervenção ou substituição, e mesmo com um escopo de serviços bastante abrangente surgem necessidades de serviços não previstos no escopo inicial.
- Falta de dispositivos utilizados na desmontagem e montagem, que se perdem com o tempo, dificultando os trabalhos de reforma.
- Falta de desenhos e detalhes de fabricação e montagem.
- Indefinições de projetos. Algumas alterações de projeto encontram dificuldades para serem definidas devido à falta de detalhes do projeto original, onde o fabricante mantém uma filosofia de projetos que deve ser entendida antes de qualquer alteração.
- Trabalhos em fabrica. As reformas competem com outros trabalhos dentro da fábrica, principalmente de equipamentos novos. Como a demanda por prazo é uma exigência comum entre os clientes do fornecedor, atrasos são comuns por falta de disponibilidade de equipamentos ou mão de obra na fábrica. Vale salientar que a gestão e logística dentro da fábrica nem sempre está dentro do esperado, causando atrasos que poderiam ser evitados.
- Retrabalho em campo. Devido a erros nos reprojotos, problemas durante a recuperação em fabrica ou deficiência técnica da mão de obra empregada na montagem.
- Dimensionamento da mão de obra. Tanto qualitativamente quanto quantitativamente é um fator que pode gerar problemas e atrasos. Principalmente quando o fornecedor entende que está dentro do cronograma e não prevê futuros atrasos, comuns nesse tipo de obra.
- Transporte de grandes peças pelas rodovias, que demanda de um bom planejamento de logística e de autorizações legais.

### 4.2 Sucessos

Durante todo o processo de reforma, desde o planejamento até a execução, algumas ações foram implementadas garantindo o sucesso do projeto, as principais foram:

- O acompanhamento em fábrica dos principais trabalhos de reforma, fabricação e montagem;
- A presença de um ou mais Supervisores da Endesa Cachoeira para acompanhamento em campo de todos os serviços em execução;
- Visitas técnicas à fábrica para definição de escopos não previstos com presença direta do setor de compras e do suporte técnico durante as negociações, com a finalidade de não atrasar o cronograma;
- Estabelecimento de um canal de contato direto entre os responsáveis da Endesa Cachoeira e os responsáveis da Contratada pelo projeto;
- Permitir uma maior agilidade nas soluções e execuções dependentes da Endesa;
- Buscar a antecipação de problemas através da criação de uma equipe de vanguarda que prevendo e antecipando as ações à frente.
- Manter a empresa contratada totalmente envolvida no projeto, como parceira na solução de problemas;

- Trabalhar como parceiro da Contratada, no intuito de agilizar e manter a qualidade dos trabalhos para buscar o melhor resultado possível ao final da obra.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Apesar das dificuldades encontradas em reformar uma Unidade Geradora, medidas preventivas e ações rápidas podem diminuir sensivelmente as perdas de tempo e custo do projeto. Cabe aos responsáveis pelo projeto buscarem saídas para as condições técnicas e financeiras não previstas em contrato.

Vale destacar a importância do envolvimento das diversas áreas da empresa (técnica, financeira, aprovisionamento, jurídica, entre outras) nos grandes projetos como forma de garantir a agilidade e o sucesso dos mesmos.

Escopo de serviços opcionais também se torna uma boa saída para componentes onde não há certeza da necessidade de reforma.

As demandas que surgem ao longo do projeto devem ser tidas como Lições Aprendidas para as futuras ações e reformas, sendo que um bom planejamento e seu seguimento são essenciais para o sucesso no final de um projeto de grande porte.

O acompanhamento “in loco” dos trabalhos pela equipe de manutenção da usina, tanto na obra, como em fábrica, são formas de garantir a qualidade final dos trabalhos e torna ágeis as soluções dos problemas de campo.

Outra questão importante é a contratante assumir as responsabilidades por todo andamento do projeto, estando intimamente ligado a ele, não ficando na cômoda posição de cliente e aguardando os resultados fornecidos pela contratada.

A reforma da UG03 foi realizada no prazo de 9 meses, que pode ser considerado um sucesso ao levarmos em conta que a máquina tem mais de 40 anos de idade e nunca havia sido desmontada por completo. A reforma e modernização da UG04 se realizou dentro do cronograma previsto, 8 meses, sendo implementada nessa segunda reforma muitas das lições aprendidas anteriormente.

Após a reforma das Unidades Geradores 03 e 04, como esperado, houve uma sensível redução nas intervenções para manutenção e um aumento nas informações disponíveis sobre as mesmas para as equipes técnicas da Endesa Cachoeira.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) VOITH SIEMENS. *Databook* Reforma da Unidade Geradora 03. São Paulo. 2008;
- (2) VOITH SIEMENS. *Databook* Reforma da Unidade Geradora 04. São Paulo. 2010;
- (3) VOITH SIEMENS. Relatório de *Índex Test* UG03. São Paulo. 2006;
- (4) ENDESA CACHOEIRA. Relatório sobre a reforma da Unidade Geradora 03. Cachoeira Dourada.2008;
- (5) ENDESA CACHOEIRA. Relatório sobre a reforma da Unidade Geradora 04. Cachoeira Dourada.2010;
- (6) VEIGA, J.R.C., BERMANN, C. Repotenciação de Usinas Hidrelétricas: uma avaliação a partir de três estudos de caso. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 9, nº 1. SBPE.
- (7) BARRETO SILVA, D. R. Instrumentação de turbina hidráulica baseada nos conceitos de manutenção centrada em confiabilidade. Trabalho de Formatura em Engenharia Mecânica. POLI/USP. 2007.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Ricardo Vechin de Macedo;

- Nascido na cidade de Araras/SP em 27 de Abril de 1977
- Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista no Campus da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira em Ilha Solteira/SP no ano de 2004.
- Trabalhou como Professor da Escola Técnica Estadual de Ilha Solteira no período de 2003 a 2007, sendo coordenador de curso nos anos de 2004 e 2005. Trabalhou na empresa Servtec Serviços Técnicos de 2005 a 2007, atuando na área de manutenção, reforma e montagem de empreendimentos hidrelétricos. Desde 2008 trabalha na U.H.E. Cachoeira Dourada como Engenheiro Mecânico no setor de manutenção mecânica da central.



Aparício Cesar Camargo;

- Nascido na cidade de Araguari/MG em 12 de Setembro de 1965.
- Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia no ano de 1991 e Pós-Graduado em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Universidade Federal de Uberlândia em no ano de 2001.
- Trabalhou como Professor da Rede Estadual de Ensino de Minas Gerais e como Professor do Colégio Universitário de Uberlândia. Trabalhou na empresa Zincom, na área de projeto, fabricação e montagem de sistemas de refrigeração industrial do ano 2000 a 2003. Trabalhou com manutenção de máquinas de terraplanagem e produção agrícola até 2005. Trabalhou como Chefe da Área de Manutenção da Usina Hidrelétrica de Juba até 2008. Desde então trabalha na U.H.E. de Cachoeira Dourada, sendo hoje o Supervisor de Manutenção Mecânica da Central.