



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

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

GRUPO –GGH

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH

ENGENHARIA DO PRORJETÁRIO E OTIMIZAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO ELETROMECAÂNICO DA UHE DARDANELOS

**Carmo Gonçalves
ELETRONORTE**

**Adailton de Souza Pinto
ELETRONORTE**

**Cid Antunes Horta
ELETRONORTE**

**Adelmo Tabosa Campos
CHESF**

**Carlos Lopes da Rocha
ELETRONORTE**

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as otimizações técnicas desde a finalização dos estudos de viabilidade, até a conclusão do projeto eletromecânico executivo, da UHE DARDANELOS, tais como: otimizações das rotações das unidades, pressão do sistema de regulação, sistemas auxiliares eletromecânicos e do sistema de monitoramento.

Este trabalho tem a pretensão de apresentar os principais parâmetros que foram ajustados para que esta usina se aproximasse da primeira usina do tipo plataforma do mundo, apresentar as dificuldades, as principais ações da ELETRONORTE como Engenharia do Proprietário no âmbito do projeto eletromecânico, e trocar experiências técnicas com os participantes deste evento.

PALAVRAS-CHAVE

Dardanelos, turbinas hidráulicas, geradores elétricos, engenharia do proprietário, usinas do tipo plataforma.

1.0 - INTRODUÇÃO

O aproveitamento hidrelétrico de Dardanelos situado no Rio Aripuanã, no Município de Aripuanã, no Estado do Mato Grosso, com potência instalada de 261 MW, pertencente ao Consórcio Energético Águas da Pedra, composto pelas Empresas NEO ENERGIA, ELETRONORTE e CHESF, teve a montagem da sua primeira unidade hidrogeradora concluída em Setembro de 2010. Desde os estudos de viabilidade desta usina, houve uma preocupação com a otimização da sua motorização, considerando a baixa hidraulicidade do rio Aripuanã em determinados meses do ano, a concepção da usina a fio d'água e a limitação da faixa operacional para as turbinas do tipo Francis de 50 a 100% de carga. Os estudos finais de viabilidade apontaram uma potência total instalada de 261 MW, com 4 unidades hidrogeradoras com potência ativa unitária de 58 MW e uma unidade menor com potência ativa unitária de 29 MW, para uma queda líquida nominal de 95,6 mca. A energia garantida calculada para a usina foi 154 MW médios.

O Circuito Hidráulico de Geração desta usina foi posicionado na margem esquerda do rio Aripuanã, e foi composto por: Canal de Aproximação, Tomada d'Água do Canal de Adução, Canal de Adução, Câmara de Carga, Tomada d'Água dos Conduitos, Conduitos Forçados e Casa de Força. Junto à Tomada d'Água do Canal de Adução encontra-se a estrutura da Descarga Remanescente Principal e junto à Tomada d'Água dos Conduitos Forçados encontra-se a estrutura do Desarenador.

Uma das características deste empreendimento é o seu vertedouro de superfície livre, sem a necessidade de toda a estrutura civil e de controle por equipamentos eletromecânicos, com dissipação diretamente na calha do rio, o que levou a uma economia com relação as comportas tradicionais de segmentos e com os seus sistemas de controle, equipamentos de elevação e auxiliares eletromecânicos. Na fase dos estudos de viabilidade, foram

(*) SCN-Quadra 06 Conj. A Bl. "B", S-1107-Edifício Venâncio 3000-CEP 70718-900, Brasília, DF, – Brasil

Tel: (+55 61) 3429-5363 – Fax: (+55 61) 3429-8622 – Email: cgoncalves@eln.gov.br; carmo.2009@gmail.com

realizados estudos de diferentes arranjos para os condutos forçados, e devido as suas extensões, as velocidades do escoamento foram analisadas, de forma a otimizar as perdas de carga no circuito hidráulico de geração, bem como permitir a regulação de velocidade de forma compatível com o GD2 do gerador, tempo de fechamento do distribuidor, sobrevelocidade, as sobrepressões e subpressões no sistema, considerando uma rejeição de carga com máxima potência.

Os equipamentos principais estão dotados de sistema de monitoramento, onde os principais parâmetros serão monitorados de forma a garantir o percentual de indisponibilidade de máquina contratualmente vem diminuindo dia a dia.

As rotações das unidades também foram otimizadas dos estudos de viabilidade para o projeto executivo, o que levou a um aumento das rotações específicas, a um incremento do fator de evolução tecnológico, consequentemente reduções dos dimensionais e dos pesos dos equipamentos principais, redução da capacidade da ponte rolante e da sua estrutura de sustentação, entretanto foi necessário um afogamento adicional da turbina de 0,80 mca, para dar a adequada segurança com relação a cavitação. O arranjo dos mancais proposto para as unidades hidrogeradoras foi o seguinte:

- Mancal de escora e guia, combinados acima do rotor do gerador;
- Mancal guia inferior do gerador;
- Mancal guia da Turbina.

Um desafio imposto pelas fortes exigências ambientais foi manter a beleza cênica das cachoeiras existentes, o que, com dificuldades, foi rigorosamente cumprido.

Embora esta usina não tenha sido concebida inicialmente como usina do tipo plataforma, observou-se em um estágio avançado do projeto, que a mesma estava sendo construída em condições muito próximas deste conceito inovador de usinas hidrelétricas, e foi tomada a decisão de atender as solicitações técnicas e ambientais para enquadrar a UHE DARDANELOS como usina do tipo plataforma.

A Eletronorte em 01 de Fevereiro de 2008, foi contratada para executar a Engenharia do proprietário da UHE DARDANELOS, assinando o Contrato com a SPE, Energética Águas da Pedra S/A – EAPSA, e naturalmente com o apoio da NEO ENERGIA e da CHESF e entendimentos mantidos com o Consórcio Construtor de Dardanelos – CCD, avaliou tecnicamente e promoveu as otimizações do projeto eletromecânico, bem como realizou o controle de qualidade de todos os seus projetos, montagens e testes.

Nos capítulos seguintes serão apresentados os detalhes sobre as otimizações técnicas, as ações adotadas para adequar esta usina como usina do tipo plataforma e a experiência da Eletronorte como Engenharia do Proprietário.

2.0 - OTIMIZAÇÕES DO PROJETO ELETROMECHANICO

As otimizações do Projeto da UHE Dardanelos, iniciaram-se nos seus estudos de viabilidade, que por necessidade ambiental considerou-se que parte da vazão natural afluyente deste aproveitamento seria destinada à manutenção das Cachoeiras Andorinhas e Dardanelos (vazão remanescente de 12 m³/s), localizadas a jusante do vertedouro e outra parte da vazão natural (13,51 m³/s) seria mantida a jusante para a geração da Pequena Central Hidrelétrica Faxinal II, com 10 MW.

Na fase dos estudos foi adotado um rendimento médio ponderado para o conjunto turbina gerador de 91,1%, o que correspondeu a um rendimento médio ponderado para a turbina maior de 92,5%, e um rendimento médio ponderado para o gerador maior de 98,5%, enquanto que para a unidade menor foi considerado um rendimento médio ponderado para o conjunto de 89,2%, sendo 91,0% para a turbina e 98,0% para o gerador menor.

Em virtude das baixas vazões no período de seca do rio Aripuanã, foi realizada uma análise econômico-energética para verificar se seria vantajoso acrescentar uma unidade geradora menor capaz de turbinar vazões reduzidas. Das análises e estudos realizados foi recomendado uma potência total a ser instalada de 261 MW, distribuída em 4 (quatro) unidades com potência ativa unitária de 58MW e uma unidade com potência ativa de 29 MW, dotadas de turbinas Francis, para uma queda líquida de referência de 95,6 mca, com uma energia firme de 127,67MWmedios, e por limitações ambientais a usina foi considerada a fio d'água, o que levou a uma área de reservatório extremamente reduzida de 0,24km².

O arranjo desta usina compreende um canal de adução, cuja margem direita é parte integrante de parte do vertedouro de soleira vertente (vazão decamilenar 2880 m³/s), seguida de uma câmara de carga, que atende a demanda normal de operação e absorve os efeitos dos transientes hidráulicos, e é dotada de desarenador e da tomada d'água. Considerando a extensão unitária dos condutos forçados de 450 m, que interligam a Tomada D'água à Casa de Força, foram realizados estudos de alternativas, considerando 1 conduto para todas as unidades com ramificações e adoção de válvulas individuais, 2 condutos sendo 1 para 3 unidades e o outro para 2 unidades, e finalmente um conduto para cada unidade, o que prevaleceu no final e que foi adotada no projeto executivo. A decisão pela alternativa de conduto forçado individual para cada unidade sem a utilização de chaminé de equilíbrio, com diâmetro interno de 4200 mm para os condutos para as unidades maiores, e diâmetro interno de 3200 mm para a unidade de menor porte, foi pautada na segurança, nos estudos dos transientes hidráulicos, na admissão de ar e nos custos totais.

A tabela 1 a seguir, apresenta a comparação dos principais parâmetros das turbinas hidráulicas obtidos pelos estudos de viabilidade e pelas otimizações dos seus projetos juntamente com o Fornecedor.

Tabela 1 – Características principais das turbinas hidráulicas do tipo Francis

Características Técnicas	Estudos de Viabilidade		Projeto Otimizado	
Potência no Eixo (MW)	58,88	29,59	59,24	29,83
Número de Unidades	4	1	4	1
Queda Líquida Nominal (mca)	95,60	95,60	95,60	95,60
Rotação Síncrona (rpm)	257,14	360,00	276,90	360,00
Rotação Específica (rpm - kW-m)	208,73	207,16	225,45	208
Coefficiente de Evolução (k)	2040,8	2025,5	2204,4	2033,7
Centerline da Turbina (msnm)	109,22	109,22	108,42	108,42
Diâmetro do Rotor da turbina (mm)	2660	1890	2480	1850
Rendimento Médio Ponderado (%)	92,5	89,2	93,51	92,83
Pressão Regulação (N ₂ - MPa)	6,4	6,4	12	12

O aumento da rotação da unidade de maior potência, contribuiu para otimização da turbina e do gerador, reduzindo os seus diâmetros, dimensões da caixa espiral e pesos, reduzindo também a capacidade da ponte rolante principal, o que levou a redução das cargas nas estruturas de concreto, e redução da largura do bloco da Casa de Força, o que somado levou a uma redução de custos do empreendimento. Estas otimizações, foram realizadas em conjunto com o Fornecedor, de forma a manter as unidades dentro do atual estado da arte mundial de máquinas hidráulicas, como pode ser comprovado pelos valores das rotações específicas e dos coeficientes de evolução tecnológica apresentados na tabela 1.

As garantias de cavitação consideraram que o sigma de instalação deve ter pelo menos uma margem de segurança de 20% sobre o sigma standard, conforme definido na norma técnica 60193 da IEC, e profundidades máximas de 8,5mm para a turbina maior e de 7,0 mm para a turbina menor, associada a área máxima erodida, bem como a um limite de remoção de massa erodida, considerando também a norma específica IEC 60609 e os rotores das turbinas fornecidos com o material ASTM A 743 – CA6NM (aço inoxidável martensítico).

A alteração do sistema de regulação de velocidade, ou seja, da pressão de trabalho de 64 bar para 120 bar, levou a uma redução dos dimensionais dos servomotores e substituição dos tradicionais tanques de ar e ar-óleo, por tanques de nitrogênio-óleo, o que levou a uma redução de custos da ordem de 20% do sistema. O sistema de tanques de alta pressão tem capacidade suficiente para realizar 4 (quatro) cursos consecutivos dos servomotores do distribuidor (A-F-A-F), após a parada das bombas de óleo na pressão nominal. A carga inicial de nitrogênio foi realizada utilizando garrafas padrão insutrial, que foram retiradas após o carregamento. O controlador lógico programável (CLP) do regulador de velocidade monitora permanentemente as grandezas de operação deste sistema o que permite advertir anormalidades como vazamento do gás nitrogênio.

Os ganhos de rendimento médio ponderado, de 1,01% para as unidades maiores e de 3,63% para a unidade maior foram devidamente comprovados nas realizações dos ensaios de modelo reduzido testemunhados no laboratório do Fornecedor, conforme especificações técnicas contratuais, e norma técnica 60193 de 1999 da IEC.

A seguir a tabela 2 apresenta a comparação dos resultados dos estudos de viabilidade com as otimizações realizadas juntamente com o Fornecedor, sobre os geradores elétricos de maior e de menor porte desta hidrelétrica.

Tabela 2- Características principais dos geradores elétricos dotados de turbinas do tipo Francis

Características Técnicas	Estudos de Viabilidade		Projeto Otimizado	
Potência ativa (MW)	57,95	28,97	58,35	29,232
Fator de Potência	0,95	0,95	0,90	0,90
Potência Aparente (MVA)	61,0	30,5	64,834	32,480
Número de Unidades	4	1	4	1
Tensão de Geração (kV)	13,8	13,8	13,8	13,8
Rotação Síncrona (rpm)	257,14	360,00	276,90	360,00
GD2 (t.m ²)	1761,4	394,4	2000	530
Rendimento Máximo (%)	98,5	98,0	98,5	98
Rendimento Médio Ponderado(%)	98,5	98,0	98,5	98
Frequência Nominal (Hz)	60	60	60	60

Os geradores fornecidos são, trifásicos, síncronos, de eixo vertical, acionados por turbinas hidráulicas do tipo Francis, resfriados a ar, em circuito fechado, com trocadores de calor ar/água, com água em circuito aberto.

Tecnicamente seria viável manter o fator de potência de 0,95, entretanto, considerando as reuniões técnicas realizadas com o ONS optou-se para utilizar o fator de potência de 0,90 de acordo com os seus procedimentos de rede, entretanto, entende-se que cada usina deve ser avaliada tecnicamente juntamente com os seus sistemas elétricos associados para a definição do fator de potência a ser utilizado e não considerar que o fator de potência de 0,90 para todas e qualquer usina no Brasil, este é um tema que merece ser tecnicamente melhor discutido.

Esta alteração do fator de potência a princípio elevaria os custos totais dos geradores na ordem de 1%, entretanto, com o aumento da rotação da unidade, e a eliminação da chaminé de equilíbrio dos extensos condutos forçados, a regulação da unidade, a necessidade de um tempo de fechamento total mais longo, associado a sobrepressão máxima de 35% a ser mantida na caixa espiral e nos condutos, levou a necessidade de uma inércia maior nos geradores independente do fator de potência, de forma que o acréscimo citado foi automaticamente absorvido. Em regime transitório a sobrevelocidade admitida para a unidade maior foi de 55% e para a unidade menor foi de 60%. O arranjo final dos mancais da turbina-gerador, contemplou uma configuração de dois mancais guia, um situado na tampa superior da turbina e outro no eixo superior do gerador, além do mancal combinado guia/escora, na cruzeta inferior do gerador, diferente do arranjo inicial que previa o mancal de guia e escora combinados acima do rotor do gerador. Nas suas especificações técnicas dos geradores e das turbinas hidráulicas foram previstos testes das unidades na velocidade de disparo por 15 minutos, cujas realizações ficaram a critério do Proprietário. As demais otimizações do projeto eletromecânico, representativas foi a redução da capacidade da ponte rolante principal de 160 toneladas para 140 toneladas face a redução do peso do rotor do gerador das unidades maiores. Houve uma antecipação de 8 meses da conclusão da montagem da primeira unidade, entretanto, até Fevereiro de 2011, nenhuma unidade foi disponibilizada para operar comercialmente face aos atrasos e conclusão de obras das linhas de transmissão, que não são de responsabilidade da Energética Águas da Pedra, face aos empecilhos ambientais impostos.

3.0 - ADEQUAÇÕES REALIZADAS PARA CONVERTER A UHE DARDANELOS EM USINA DO TIPO PLATAFORMA

O conceito inovador de usinas do tipo plataforma teve origem no Brasil, recentemente, com vistas ao Complexo Hidrelétrico do Tapajós, composto por 5 usinas hidrelétricas localizado predominantemente no Estado do Pará, nos rios Tapajós e Jamanxim. A utilização deste novo conceito, irá permitir preservar 99,1% da área deste complexo, ou seja, serão preservados 101 km², para cada km² de intervenção, além de levar a uma área alagada de 0,18 km² por MW instalado. (a energia deste complexo irá evitar a queima de mais de 30,5 bilhões de barris de petróleo por ano além de gerar 75000 empregos, e gerar energia limpa para alimentar pelo menos a população de duas cidades de São Paulo).

A usina do tipo plataforma tem por principal objetivo mitigar ainda mais os pequenos impactos sociais e ambientais das hidrelétricas, por intermédio de um desmatamento cirúrgico devidamente planejado, com levantamento das espécies nativas, restrito somente a área de implantação da obra, com construções de alojamentos temporários, previsão do revezamento de trabalhadores(as), construção de viveiros de plantas nativas em paralelo com a obra, que darão origem a um canteiro de mudas. No final da obra o canteiro é totalmente removido, a terra local é preparada e as mudas nativas são plantadas, deixando apenas descobertas a pista de acesso e pequenos alojamentos quando a usina for totalmente isolada e não possuir pequenos centros urbanos em suas proximidades, ou seja, um reflorestamento do local é realizado evitando com isto futuros desmatamentos nas proximidades da usina, promovendo a total harmonia entre a sociedade, o meio ambiente e o desenvolvimento. Também são construídos canais que conectam o reservatório da usina ao leito do rio, a jusante da barragem, permitindo a migração dos peixes para se alimentarem e reproduzirem (canais de piracema).

A usina hidrelétrica de Dardanelos, não foi concebida inicialmente para ser uma usina do tipo plataforma, entretanto com os desenvolvimentos do seu projeto e da obra observou-se que esta usina poderia ser enquadrada neste novo conceito, e os trabalhos foram iniciados para esta realização.

A figura 1 a seguir, apresenta a usina hidrelétrica de DARDANELOS em sua fase final de construção e a usina, na sua previsão futura, com a sua vegetação nativa reconstituída, o que deixa claro a mitigação máxima do impacto ambiental na floresta local, e preservação da cachoeira Salto das Andorinhas



FIGURA 1– A esquerda fase final de construção da usina e a direita simulação da vegetação nativa reconstituída, com as cachoeiras preservadas

Um viveiro de plantas nativas foi constituído para o replante das espécies nas proximidades da usina, para recuperar as áreas periféricas atingidas. Atualmente encontra-se em fase de replante das vegetações nativas nas áreas periféricas da usina de forma que em um futuro breve seja atingida a concepção obtida por simulação contida na figura 1.

Para este caso não será necessário construir alojamentos definitivos junto a usina, pelo fato do município de Aripuanã, se situar nas suas proximidades.

A figura 2 a seguir, mostra a esquerda uma fase de montagem dos condutos forçados e a direita a situação de 28/01/2011, ou seja, todos condutos devidamente montados.



FIGURA 2 – A esquerda fase de montagem dos condutos forçados, a direita condutos montados e pintados

Também foram preservadas 3 pequenas centrais hidrelétricas já existentes neste rio, antes do início da construção da usina, que são responsáveis pelo abastecimento de energia elétrica, do município de Aripuanã e do canteiro de obras.

As soleiras vertentes, eliminaram todos os equipamentos eletromecânicos do vertedouro, o que levou a uma otimização de custos neste quesito. A figura 3 a seguir mostra a esquerda as soleiras vertentes que substituíram o vertedouro e a direita um trecho da linha de transmissão de 230 kV entre os municípios de Aripuanã e Juina, que também segue o conceito de usinas do tipo plataforma.



FIGURA 3 – A esquerda soleiras vertentes, a direita trecho da linha de transmissão de 230 kV (Aripuanã-Juina)

Estes ajustes realizados colocam a UHE DARDANELOS, como a primeira usina hidrelétrica do mundo a ser implementada como usina hidrelétrica do tipo plataforma, ou seja, uma referência mundial em geração de energia elétrica limpa, com o máximo de mitigação ambiental possível, o que poderá atrair visitantes do Brasil e do exterior, para melhor entender este novo conceito brasileiro em hidrelétricas.

Recomenda-se, sempre que possível, a utilização deste novo conceito e destas práticas nas construções de novas usinas hidrelétricas, de forma a tornar a energia gerada ainda mais limpa e mais verde.

4.0 - EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE ATUANDO COMO ENGENHARIA DO PROPRIETÁRIO

No dia 01 de Fevereiro de 2008, a ENERGÉTICA ÁGUAS DA PEDRA S.A- EAPSA., situada em Cuiabá no Estado do Mato Grosso e as CENTRAIS ELÉTRICAS DO BRASIL S.A. – ELETROBRAS ELETRONORTE, com sede em Brasília, Distrito Federal, firmaram entre si o Contrato, com prazo de vigência de 46 meses, contados a partir da data de assinatura do mesmo, com o objeto de prestar serviços e engenharia do proprietário, relativos a supervisão do controle de qualidade do empreendimento UHE DARDANELOS, inclusive a linha de transmissão entre as subestações de Dardanelos e Juina, para conexão à rede básica. Este Contrato, contempla o projeto básico, projeto executivo, fornecimento dos equipamentos eletromecânicos, construção, montagem, comissionamento e período de garantia dos equipamentos e instalações. Com a finalidade de agilizar a execução da Engenharia do

Proprietário, e facilitar os entendimentos entre as partes foi elaborado um Termo de Referência (Especificações Técnicas), detalhando o escopo deste fornecimento, com foco na supervisão do controle de qualidade, atuando no projeto básico, projeto executivo, planejamento, inspeção em fábricas, obras civis, montagem eletromecânica da usina e da linha de transmissão, comissionamento, como construído, período de garantia dos equipamentos e sistemas, otimizações técnicas, e apoio técnico nas ações junto ao ONS e ANEEL.

A Engenharia do Proprietário de Dardanelos (ELETRONORTE), realizou o controle de qualidade sobre mais de 14000 (quatorze mil) documentos, entre, desenhos, memoriais de cálculos, memoriais descritivos, manuais, documentos de inspeção e relatórios técnicos, além das otimizações do projeto eletromecânico, na seguinte ordem, conforme termo de referência.

Avaliação e validação do projeto básico, juntamente com as especificações técnicas, análises das normas e padrões de documentos, definição das rotinas e tramitação de documentos, participação de reuniões periódicas, manter a programação e controle da documentação técnica atualizada, avaliar os desenhos do projeto executivo e dos fabricantes de forma a atender as especificações técnicas ou termos de referência, avaliar a qualidade do projeto, participar ativamente dos ensaios de modelo reduzido das turbinas, no laboratório do Fornecedor, com análise técnica dos relatórios obtidos, acompanhar as principais inspeções em fábricas, acompanhar tecnicamente a construção e a montagem, avaliar os pleitos dos Fornecedores, apontar eventuais desvios do cronograma, analisar os procedimentos de comissionamento a serem adotados, acompanhar o comissionamento, certificar de que os materiais e sobressalentes estão sendo devidamente entregues conforme Contrato, acompanhar as soluções das pendências e as soluções corretivas aplicadas, assessorar o Proprietário na aplicação de eventuais penalidades, emitir informativos mensais sobre o andamento das ações da Engenharia do Proprietário e apoio durante o período de garantia.

A condução dos trabalhos da Engenharia do Proprietário, foi realizada por uma equipe residente na obra, responsável pelo acompanhamento das atividades de campo e por uma equipe localizada na sede da Eletronorte, que realizou as análises técnicas de toda a documentação do empreendimento. Toda a documentação do empreendimento foi tramitada eletronicamente. Foram realizadas reuniões de coordenação na obra, pela Engenharia do Proprietário. Todos os trabalhos de consultoria necessários foram contratados diretamente pela Energética Águas da Pedra - EAPSA, para dar mais agilidade ao processo, ou seja, a Engenharia do Proprietário apontava a necessidade, selecionava o profissional e a EAPSA realizava a contratação, de forma a atender as necessidades dentro dos prazos previstos. Todas as despesas no canteiro da obra, da Engenharia do Proprietário, tais como mobiliários, telefones, água, luz, informática, equipamentos de proteção, material de escritório, alojamento,. As despesas com viagens ao exterior também ficaram sob a responsabilidade da EAPSA.

Durante a etapa de garantia, toda a equipe da Engenharia do Proprietário dedicada ao Projeto deverá ser desmobilizada, restando apenas o apoio sob a coordenação do Coordenador Geral, para o acompanhamento da solução das pendências.

Desta forma foi possível conduzir todos os trabalhos do empreendimento da UHE DARDANELOS de forma produtiva, com antecipações e de forma harmoniosa entre as partes.

Recomenda-se que preferencialmente a Engenharia do Proprietário das novas usinas, tenham autonomia de ação e fiquem sob Coordenação e responsabilidade dos Proprietários do empreendimento, quando necessário com o apoio de uma Empresa projetista suporte e com experiência no tema.

5.0 - CONCLUSÕES

- As otimizações realizadas no projeto eletromecânico da UHE DARDANELOS proporcionaram otimizações dos custos sem comprometer a qualidade final do empreendimento;
- As otimizações de rendimento das turbinas, ou seja, os ganhos nos rendimentos médios ponderados, foram comprovados nos ensaios de modelo reduzido testemunhados realizados no laboratório do Fabricante;
- O vertedouro de superfície livre, está operando adequadamente e levou a uma economia dos equipamentos eletromecânicos, tais como pórticos, comportas e seus sistemas associados, e a sua utilização é recomendada sempre que possível;
- O aumento de rotação da unidade maior, levou a uma redução dos seus dimensionais e peso, inclusive redução da capacidade da ponte rolante principal da Casa de Força e da sua estrutura portante;
- A atuação da Engenharia do Proprietário, em conjunto com os Fornecedores e com o importante apoio da EAPSA e da CHESF, levaram a uma antecipação da montagem eletromecânica que só não culminou com a geração antecipada por falta da conclusão da instalação da linha de transmissão;
- O sistema de regulação com alta pressão (12 MPa) associado a utilização de nitrogênio também contribuiu para a otimização do projeto eletromecânico;
- As adequações realizadas no projeto desta usina, permitiram a preservação da beleza cênica das cachoeiras, a continuidade da operação das PCH's já instaladas anteriormente, e estão contribuindo para colocá-la como a primeira usina hidrelétrica do tipo plataforma no mundo;
- A experiência da ELETRONORTE atuando como Engenharia do Proprietário foi muito positiva, pois realizou todas as atividades contratuais sem a necessidade de uma Empresa suporte, utilizando-se da contratação eventual de serviços de consultoria quando necessário;

- A Engenharia do Proprietário sob a Coordenação do Cliente permite um acompanhamento mais detalhado do empreendimento em todas as suas etapas;
- As otimizações, técnicas e comerciais, requeridas pelos projetos, construções, montagens, manutenções, operações, a manutenção da qualidade, e atender as fortes e crescentes exigências ambientais, para as novas usinas leiloadas no novo modelo do setor elétrico brasileiro, são grandes desafios para todas as Empresas públicas e privadas nacionais e internacionais.
- A utilização desta filosofia de usina do tipo plataforma é recomendada sempre que possível.

6.0 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GAMA, H; PINTO, A. S.; GONÇALVES, C.; ALBUQUERQUE, A. & ZNAMENSKY, D.V., - New concepts and trends in design and building of hydroelectric power plants in Brazilian Amazon Region – Lucern-Switzerland – 2011;
- (2) CORRENTE CONTÍNUA - Dardanelos: Entre o rio e a floresta, um novo conceito de hidrelétricas na Amazonia - No Rio Aripuanã, um exemplo de como construir sem destruir. Edit. Eletrobras/Eletronorte Ano XXXII, No. 232, Maio/Junho 2010;
- (3) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA TURBINA HIDRÁULICAS E REGULADORES DE VELOCIDADE – DAN-E-CAF-201-1001-ET-R0 – EAPSA-CCD-IMPISA-2008;
- (4) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO GERADOR DE 64,834 MVA E EQUIPAMENTOS ASSOCIADOS – DAN-E-CAF-510-1001-ET-R0 – EAPSA-CCD-IMPISA-2008;
- (5) ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO GERADOR DE 32,48 MVA E EQUIPAMENTOS ASSOCIADOS – DAN-E-CAF-510-1503-ET-R0 – EAPSA-CCD-IMPISA-2008;
- (6) TERMO DE REFERÊNCIA DA ENGENHARIA DO PROPRIETÁRIO – EAPSA- ELETRONORTE, 2008;
- (7) CONTRATO 052/2008 – ENERGÉTICA ÁGUAS DA PEDRA – ELETRONORTE – Prestação de Serviços de Engenharia do Proprietário, 2008;
- (8) ESTUDOS DE VIABILIDADE DO AHE DARDANELOS - PJ-0556-V3-GR-RL-0001-0, Volume I, ELETRONORTE, CNO, PCE e LEME, 2004;
- (9) RELATÓRIOS DE ENSAIOS DOS MODELOS REDUZIDOS DAS TURBINAS HIDRÁULICAS – Volumes I e II, Máquina maior e Volumes I e II, Máquina menor, EAPSA, ELETRONORTE, CHESF – IMPISA, Mendoza, 2008 e 2009;
- (10) RELATÓRIO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO EMPREENDIMENTO DARDANELOS – EAPSA, 2011;
- (11) GONÇALVES, C. – Usinas Hidrelétricas do Tipo Plataforma - Um Conceito Inovador em Hidrelétricas, I Encontro de Engenharia, Tecnologia e Sociedade, Universidade de Brasília, UnB, 2010

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Autor de Contato:

Nome: Carmo Gonçalves

Nascimento: 07/10/1960, Macaubal, S.P;

Graduação: 1984 -

Pós – Graduação: 1997 – Mestrado na Universidade de Brasília – UnB/INPG; 2007 Pos-Graduação na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC;

Experiência Profissional: 26 anos como Eng. de Projetos de Hidrelétricas (há 22 anos atuando na Eletronorte, inclusive atualmente e 4 anos na Engevix Engenharia S.A.), Professor, da Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília-UnB no período de 1998 a 2001, Professor da Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília-UniCEUB, no período de 2001 a 2010, publicações diversas nacionais e internacionais, sendo 3 premiadas, coordenação de projetos de pesquisas e desenvolvimento, sendo 2 premiados.