



GRUPO I
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

OTIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA EM CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Fernando Antônio Camargo Ribas *
TRACTEBEL ENERGIA SA

RESUMO

Este trabalho apresenta o protótipo de um sistema de avaliação e otimização da geração de energia em centrais hidrelétricas desenvolvido experimentalmente para a Usina hidrelétrica Itá. Além de fornecer o despacho ótimo da usina, disponibiliza uma série de informações a respeito da operação da máquina, de forma a auxiliar nas tomadas de decisões. Contempla a metodologia básica adotada na determinação do rendimento, perdas e otimização da geração. Saliencia os ganhos decorrentes desta prática e aborda a questão da necessidade de uma mudança benéfica de paradigma no sentido de acelerar as transformações positivas na maneira de agir e pensar dos agentes envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE

Otimização, rendimento, desempenho, produção.

1.0 - O APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO

1.1 Elementos de Transformação Energética

De uma forma geral, os elementos básicos de uma usina hidrelétrica típica onde se processa a transformação de energia potencial hidráulica em energia elétrica são:

- *Reservatório* – responsável pela regularização e acumulação de água;
- *Canal de adução* – faz a conexão entre o reservatório e a tomada d'água;
- *Sistema adutor* – conduz o fluxo de água desde a tomada d'água até o domínio da turbina;

- *Turbina* – transforma a energia hidráulica disponível na entrada da caixa espiral em energia mecânica no eixo de saída.
- *Sistema de resfriamento* – desvia parte do fluxo de água para propiciar o resfriamento da unidade;
- *Gerador* – transforma a energia mecânica do eixo da turbina em energia elétrica;
- *Sistemas auxiliares* – compreendem todos os equipamentos e sistemas elétricos e mecânicos de serviços auxiliares da usina;
- *Transformador elevador* – transforma a energia elétrica de baixa tensão em alta tensão;
- *Linha de transmissão* – transporta a energia elétrica da usina até a subestação.

1.2 Características da Usina Hidrelétrica Itá – UHIT

a) Geral

- Localização Aratiba – RS
- Rio Uruguai
- Potência Instalada 1.450 MW (5 x 290)
- Faixa Operativa 170 a 290 MW
- Energia Assegurada 741 MW (ano 2002)

b) Reservatório

- Tipo Fio d'água
- Área Total 141 km²
- Volume Total 5.100 hm³
- Volume Útil 798 hm³

c) Níveis Operacionais Normais

- Reservatório 370,00 – 364,00 m
- Canal de Fuga 262,45 – 265,05 m

d) Vertedouro

- Tipo Superfície
- Vazão Nominal 49.940 m³/s
- V1 – 6 comportas 29.964 m³/s
- V2 – 4 comportas 19.976 m³/s
- Comportas Segmento (18 x 22 m)

- e) Turbina
- Tipo Francis – 13 pás
 - Fabricante Voith Siemens Hydro
 - Potência Nominal 294,47 MW
 - Queda Líquida Nom. 102 m
 - Vazão Nominal 321 m³/s
 - Rotação 128,57 rpm
 - Diâmetro Referência 5.580 mm
- f) Gerador
- Fabricante Ansaldo Coemsa
 - Potência Nominal 305 MVA
 - Tensão Nominal 16 kV
 - Corrente Nominal 11 kA
 - Fator de Potência 0,95 (indutivo)
- g) Transformador Elevador
- Tipo Trifásico
 - Fabricante ABB / Ansaldo Coemsa
 - Potência Nominal 305 MVA
 - Tensão Nominal 525 kV
 - Corrente Nominal 11 kA
- h) Linha de Transmissão
- Número Circuitos 2 circuitos simples
 - Comprimento 2 km
 - Tensão Nominal 525 kV
 - Capacidade por circ 1.525 MVA

2.0 - AVALIAÇÃO DAS PERDAS E RENDIMENTO

2.1 Perdas Segregadas

O sistema desenvolvido apresenta as perdas segregadas referenciadas à potência hidráulica disponível no aproveitamento.

Considera-se que todas as máquinas apresentam o mesmo comportamento e desempenho operacional.

Para a determinação das perdas em cada componente do processo de transformação de energia foram considerados os valores obtidos em ensaios de campo, ensaios em laboratório, ensaios em fábrica e modelagem teórica conforme cada caso específico abaixo:

- *Perda na Adução* $\propto f(\text{vazão} \propto k.Q^y)$ – modelagem com base nos dados da instalação;
- *Perda por Acumulo Detritos Grades* $\propto f(\text{vazão e grau de obstrução das grades})$ – modelagem com base nos dados da instalação e do tipo mais frequente de obstrução em função da vazão e grau de obstrução das grades;
- *Secção de Saída Tubo de Sucção* $\propto f(V^2/2g)$ – corresponde à energia hidráulica não aproveitada pela turbina. De acordo com a norma IEC 60193, esta perda hidráulica deve ser levada em consideração na determinação da queda líquida.
- *Turbina – Perda Hidráulica* \propto valores extraídos da curva de colina da turbina, transpostas do modelo para o protótipo. Utilizada a curva digitalizada em forma de matriz numérica.
- *Turbina – Perda Mecânica* \propto utilizados os valores de perdas apresentados pelo fornecedor da turbina. Compreendem perdas nos mancais e selo de vedação.
- *Perda pela Água Resfriamento* \propto calculado com base na vazão de água para o resfriamento da unidade e a queda considerada em cada condição operacional;

- *Gerador* $\propto f(k.e^y)$ – modelagem com base nos valores extraídos do ensaio de eficiência do gerador, realizado na unidade 5 da UHIT.
- *Consumo Próprio – Sistemas Auxiliares* $\propto f(\text{cte})$ – considerado um valor constante equivalente à média do consumo global da usina / máquina;
- *Transformador Elevador* $\propto f(k.e^y)$ – modelagem com base nos valores dos ensaios realizados em fábrica;
- *Linha de Transmissão* $\propto f(k.l^2)$ – calculado em função dos dados da instalação;
- *Vazamento Água pelo Distribuidor* \propto calculado com base no valor da vazão de água de vazamento pelo distribuidor e a queda considerada.
- *Outras Perdas* \propto corresponde a perdas não mensuráveis quando a unidade opera como compensador síncrono.

2.2 Rendimento do Processo

O rendimento global da unidade geradora e ou da usina é determinado da seguinte forma:

$$\text{ETA} = \text{PESUB} / \text{PHD}$$

$$\text{PHD} = \text{HBR} \cdot Q \cdot g \cdot \rho$$

$$\text{HBR} = \text{NM} - \text{NJ}$$

Onde:

ETA – rendimento (%)

PESUB – potência entregue na subestação (MW)

PHD – potência hidráulica disponível (MW)

HBR – queda bruta (m)

Q – vazão considerada (m³/s)

g – aceleração da gravidade (m/s²)

ρ = densidade da água (kg/m³)

NM – nível de montante (m)

NJ – nível de jusante (m)

2.2.1 Associação de unidades geradoras em paralelo

Em linhas gerais, para uma associação em paralelo de unidades hidrelétricas dotadas de turbinas do tipo francis onde a curva de rendimento tem uma característica própria e bem definida (assemelhando-se a uma parábola com concavidade para baixo), pode-se assumir que para uma determinada potência, queda bruta e considerando um determinado número de unidades geradoras disponíveis, o melhor rendimento da usina ocorrerá quando a referida potência for igualmente distribuída entre as máquinas disponíveis. Esta hipótese parte do princípio que a derivada da curva de rendimento em relação à potência de geração é decrescente com o aumento do rendimento e crescente com a diminuição deste. Isto implica em redução do rendimento do conjunto quando se busca qualquer outra condição que não seja a de potência igualmente distribuída.

No caso da usina de Itá a hipótese é razoável, pois os locais e as combinações necessárias para que esta hipótese não seja válida correspondem a uma região muito pequena dentro da faixa de operação utilizada, e mesmo nestes locais, a diferença de rendimento que se têm é da ordem de 0,15% do rendimento do sistema. Assim, dentro do acima apresentado, pode-se assumir que:

- a) O *rendimento global* de um conjunto de máquinas semelhantes em operação como gerador, está

situado numa faixa delimitada pelas máquinas que apresentam o maior e menor rendimento individual dentro do conjunto no instante da avaliação. Considerando que a condição operacional é dinâmica, esta faixa varia de acordo com a variação do ponto de operação de cada uma das máquinas, ou seja:

Para: $\eta_1 > \eta_2 = \eta_3 > \dots \eta_n$

Tem-se: $\eta_1 > \eta_{Global} > \eta_n$

- b) Quando um conjunto de “n” máquinas semelhantes trabalham nas mesmas condições operacionais, independentemente do ponto ótimo, o *rendimento máximo é igual ao de cada máquina individualmente* quando a potência do conjunto é igualmente distribuída nas “n” máquinas, para qualquer valor de potência despachada, ou seja:

Para: $P_i = \text{Constante}$

e: $P_1 = P_2 = P_3 = \dots P_n$

com: $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \dots \eta_n$

Tem-se: $\eta_{Global} = \eta_{Máximo} = \eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \dots \eta_n$

Esta condição operacional determina o primeiro nível de otimização no processo de despacho ótimo da usina.

O quadro abaixo apresenta, a título de ilustração do acima citado, o rendimento das unidades geradoras da usina hidrelétrica Itá, simulados para algumas condições operacionais, onde:

PG – é a potência de geração em (MW)

η - é o rendimento em (%)

Cabe lembrar que os valores de rendimento compreendem todo o processo de transformação de energia, desde o reservatório até o barramento na subestação.

Queda Bruta = 103 (mca)											
U#1		U#2		U#3		U#4		U#5		Usina	
PG	η	PG	η	PG	η	PG	η	PG	η	PG	η
226	92,0	226	92,0	226	92,0	226	92,0	226	92,0	1.130	92,0
215	91,6	237	91,8	226	92,0	226	92,0	226	92,0	1.130	91,9
170	88,1	282	89,2	226	92,0	226	92,0	226	92,0	1.130	90,7

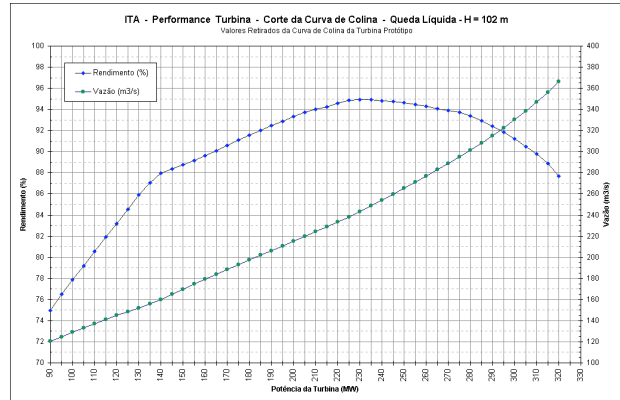
2.2.2 Turbinas hidráulicas

As turbinas hidráulicas apresentam uma curva de rendimento no formato de uma colina onde o valor de máxima elevação é denominado de **ponto de rendimento máximo**. Normalmente, este ponto está localizado no campo de operação da turbina e corresponde a um valor de queda líquida e potência da turbina.

Como a queda e a potência variam entre determinados limites, o campo de operação abrange uma área da colina. Desta forma, o valor do rendimento da turbina diminui à medida que o ponto de operação se distancia do ponto de máximo rendimento.

É comum a utilização de curvas obtidas a partir do corte da curva de colina na direção do eixo correspondente à queda líquida. Desta forma, para cada valor de queda líquida tem-se uma curva em corte na qual é apresentado o valor de rendimento e vazão turbinada em função da potência da turbina. A curva abaixo apresenta os valores para a turbina de Itá operando sob uma queda líquida de 102 mca. Observa-se que para esta queda o **ponto ótimo**

corresponde aproximadamente a 230 MW, embora não coincida necessariamente com o **ponto de rendimento máximo** da colina.



De forma geral, a vazão da turbina no ponto ótimo para a faixa de quedas operacionais normais é praticamente constante e acompanha aproximadamente o traçado das linhas de rendimento constante. Uma usina que opera com pouca variação do nível do reservatório apresenta uma potência ótima praticamente constante. Cabe observar que a queda líquida a que as curvas de colina se referem não corresponde à queda bruta do aproveitamento, já que esta retrata a diferença entre os níveis de montante e jusante da usina (HBR = NM – NJ). No ensaio de laboratório, a energia considerada para avaliação da performance da turbina (potência e rendimento) corresponde à diferença entre a energia na seção de entrada da caixa espiral e seção de saída do tubo de sucção (IEC 60193), ou seja:

$E_{\text{disponível Turbina}} = E_{\text{entrada caixa espiral}} - E_{\text{saída tubo sucção}}$
Onde se considera que:

$Queda\ Líquida = E_{\text{disponível Turbina}} \quad (\text{mca})$

Isto impede que a curva de colina seja usada diretamente a partir do valor da queda bruta.

3.0 - OTIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO

3.1 Generalidades

De uma forma geral, a prática de otimização de processos no Brasil é muito acanhada comparativamente aos países desenvolvidos. A abundância dos recursos hídricos naturais disponíveis no Brasil induz um certo desleixo no trato das questões pertinentes à sua utilização. A generalização da idéia equivocada de que a água é um insumo gratuito induz nos agentes envolvidos pouca preocupação com uma operação eficiente. Via de regra e por força de legislação, os projetos de recursos hídricos procuram atender o uso múltiplo da água, muitas vezes conflitantes. No caso específico da geração de energia hidrelétrica, a operação balizada em critérios razoáveis de otimização, pode contribuir de forma significativa para o aumento da oferta de energia em períodos de baixa afluência. Além disso, propicia a extensão da vida útil dos ativos de geração, melhoria da qualidade da energia fornecida, redução do número de paradas para manutenção e, por conseguinte, um relativo aumento na disponibilidade de máquina.

O incremento da energia ofertada e o quanto afetará positivamente a performance de longo prazo dos ativos de geração depende do nível de otimização praticado.

O sistema desenvolvido aborda a otimização da geração no âmbito do aproveitamento isoladamente, sem considerar os efeitos da cascata e do sistema elétrico. Por esta razão ele foi concebido de forma a fornecer níveis estratificados de otimização de acordo com o requerido e sujeito às variáveis internas e externas à usina. Decorre então que o nível de otimização a ser praticado no aproveitamento será resultante da interação de todas as variáveis em jogo.

Uma vez conhecidos e definidos os critérios para a otimização da geração nos pontos de oferta de carga, cabe ao agente Operador do Sistema reavaliar e adequar a programação energética com vistas a contemplar o maior nível possível na otimização.

Entretanto, para que o processo tenha resultado amplo e eficaz, não são suficientes ações isoladas, mas sim a adequação de uma modelagem de programação energética que incorpore essas premissas. Para tanto, entende-se que há necessidade de algumas transformações no modo de pensar e agir dos agentes envolvidos.

3.2 Critérios

3.2.1 Premissas

a) Características das máquinas

Considera-se que máquinas iguais com mesmo projeto apresentam comportamento hidráulico semelhante. No caso de haver mais de um projeto de turbina, deve ser analisada a curva de colina de cada conjunto de máquinas. Havendo diferença de comportamento hidráulico, deve-se tratar cada conjunto de forma distinta como se fosse uma outra usina operando em paralelo.

b) Maximização da Produtividade

O sistema desenvolvido utiliza a premissa básica de se maximizar a geração de energia utilizando o mínimo de água e considerando um padrão de confiabilidade, qualidade e quantidade requeridos. Em outras palavras, busca-se assegurar que a produtividade seja maximizada:

$$(\text{Produtividade})^{\text{máx}} = (\text{Potência Gerada})^{\text{máx}} / (\text{Vazão Turbinada})^{\text{mín}}$$

Dentro desta concepção, o sistema determina a curva de rendimento global da unidade geradora para as condições operacionais existentes no aproveitamento ou então simulados. Desta forma, para cada conjunto de dados operacionais de entrada obtém-se uma curva de rendimento global. Uma vez obtida esta curva, busca-se o ponto de máximo rendimento global, ou seja, aquele onde a relação acima é máxima para as condições operacionais processadas.

Entretanto, a inflexibilidade operacional neste caso onde se tem um único valor de potência a ser despachada dificulta sobremaneira a programação prévia de carga pelo agente operador do sistema. Da mesma forma em tempo real, quando as unidades atuam regulando carga e frequência.

Levando em conta que a flexibilidade operacional se faz necessária, o sistema processa e fornece a faixa de potência para um intervalo de rendimento considerado adequado e definido pelo usuário. A definição de vários níveis de otimização com base em uma série de

intervalos de rendimento resulta em uma série de intervalos de potência com valores diferenciados de rendimento operacional. Com base nestes intervalos, busca-se o ponto de melhor encaixe com o sistema elétrico.

c) Modo de operação das unidades

A potência programada de geração da usina deve ser igualmente distribuída nas máquinas que estiverem gerando, independentemente do ponto de operação conforme visto anteriormente para uma associação de máquinas em paralelo.

Este modo operativo, além de maximizar o rendimento para as condições requeridas, otimiza o sistema de regulação numa eventual necessidade de tomada adicional de carga imposta pelo sistema elétrico. Isto acontece porque dependendo do valor da potência adicional requerida, a tomada de carga será mais rápida quando as unidades estiverem com mesmo valor de geração que se estivessem com valores muito diferentes entre si. Assim, no caso das unidades apresentarem valores diferenciados de geração, as máquinas que estiverem com a carga muito próximo da máxima logo esbarrariam no limite superior, e o tempo de tomada da carga adicional pelo restante das máquinas que estavam com baixa geração, seria maior. Esta condição está diretamente relacionada com a qualidade da energia elétrica.

d) Potência / Energia não otimizada

A potência ou energia não otimizada (PNO) é calculada a partir da diferença entre o consumo específico obtido para o ponto ótimo e aquele obtido para a potência de operação definida fora do ponto ótimo para uma determinada queda bruta. Os valores estão referenciados à potência entregue na subestação.

Quando se leva em consideração a variação da queda bruta em função variação do nível do canal de fuga, o cálculo da energia não otimizada considera a queda bruta utilizada do ponto de operação do sistema. No caso anterior esta ressalva não era necessária tendo em vista que a queda bruta era constante e um dado de entrada.

e) Variação da queda bruta na operação da usina

Além da variação prevista da queda bruta na usina em função do deplecionamento do reservatório que normalmente abrange um período relativamente longo, a operação normal impõe variações de queda com a mudança da potência de geração.

A variação do nível do canal de fuga com a vazão defluente (turbinada + vertida) na usina segue uma curva definida e conhecida. Desta forma, para cada valor de geração, tem-se um determinado nível para o canal de fuga e conseqüentemente uma queda bruta conhecida. Quando a geração é alterada, o nível de jusante também se altera, modificando a queda bruta.

O sistema desenvolvido considera, para efeitos de simulação, as duas condições: queda bruta constante e queda bruta variável.

3.2.2 Considerações

A operação das usinas hidrelétricas implica em algumas condicionantes que muitas vezes podem afetar de forma mais ou menos intensa a geração das máquinas. Destacam-se abaixo alguns desses fatores.

- *Qualidade e quantidade da energia elétrica fornecida:* Muitas vezes, para a regulação adequada do sistema elétrico, o agente operador solicita uma

reserva quente de potência que não se ajuste de forma sincronizada com um nível adequado de otimização.

- **Maximização do rendimento das unidades geradoras:** Esta premissa pode engessar a operação do sistema deixando pouca flexibilidade para o agente operador. Busca-se então ampliar a faixa de flexibilidade reduzindo o nível de otimização.
- **Preservação da integridade dos ativos de geração:** A operação otimizada garante um funcionamento suave onde os efeitos danosos da cavitação, vibração e oscilação de potência são minimizados. Isto contribui para a extensão da vida útil dos equipamentos, melhoria da qualidade da energia fornecida, redução das intervenções de manutenção e aumento da disponibilidade de máquina.
- **Exigências dos órgãos regulamentadores do setor elétrico:** Necessidade de adequar o processo produtivo às exigências dos órgãos regulamentadores oficiais.
- **Modelo adotado para o setor elétrico:** Adequação às regras vigentes de acordo com o modelo adotado no setor elétrico.
- **Preservação ambiental:** Necessidade de se manter a vazão sanitária exigida por lei, problemas de oxigenação da água (aeração), escadas para peixes, problemas decorrentes de excessivo deplecionamento em períodos prolongados de estiagem, etc.
- **Interesses empresariais:** A oportunidade de negócio a curto prazo em função do preço de mercado da energia pode deslocar o despacho otimizado da usina de acordo com balizadores financeiros.
- **Períodos de alta fluência:** Em períodos de alta fluência a otimização está em evitar o vertimento. Neste caso, a geração das unidades deve adequar-se a essa premissa em detrimento ao de rendimento máximo.

3.3 Despacho Ótimo

3.3.1 Unidade geradora isolada

O despacho ótimo da unidade geradora isolada coincide com o ponto ótimo de operação, ou seja, o ponto de rendimento máximo para a queda considerada. Para esta avaliação, o sistema determina a curva de rendimento global para as condições de entrada. Esta curva acompanha a forma da curva de rendimento da turbina.

Para se estabelecer uma faixa ótima de despacho, o sistema fornece a alternativa de se definir um decremento personalizado de rendimento a partir do valor máximo de tal forma que a faixa operativa seja adequada às exigências de operação do sistema elétrico.

Uma vez determinado o ponto ou faixa de despacho ótimo da unidade geradora, pode-se definir "blocos otimizados" de potência a ser levado em consideração na programação energética. Com base nesta facilidade, pode-se gerar uma tabela contendo os blocos de potência para diversos níveis de otimização com base em uma série de decrementos de rendimento. Esta matriz de blocos otimizados de potência de despacho, em níveis diferenciados, poderia, por exemplo, integrar o modelo de programação energética do agente operador do sistema de forma a se buscar sempre o

melhor nível de otimização. Para a Usina Hidrelétrica Itá, estes blocos são apresentados adiante.

3.3.2 Usina

Da mesma forma que para a unidade geradora, o despacho ótimo da usina procura o ponto de máximo rendimento da usina para a queda disponível.

O sistema fornece algumas condições operacionais para que o usuário defina qual a melhor opção que atenda à demanda requerida com o maior nível de otimização. As alternativas operacionais fornecidas levam em consideração o que segue:

- Busca do ponto ótimo considerando o valor de potência mais próximo, abaixo e ou acima do valor requerido;
- Definição dos modos operativos das unidades de forma a atender o requerido: unidades gerando, unidades compensando e unidades paradas disponíveis;
- Faixa operativa ótima através de um decremento de rendimento a partir do valor máximo.

A título de ilustração, é apresentado abaixo uma simulação de Despacho da usina Hidrelétrica Itá, admitindo os seguintes requisitos de entrada:

- Potência a ser despachada : 870 MW
- Máquinas disponíveis gerador : 5
- Reserva quente de potência : 300 MW
- Queda bruta : 102 m
- Fator de potência médio gerador : 0,975
- Grau de obstrução das grades : 20%

Parâmetros	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Máquinas gerando	3	4	3	5	4	4
Máquinas compensando	1	1	2	0	1	1
Máq paradas disponíveis	1	0	0	0	0	0
Potência de geração	674	898	870	870	870	847 - 976
Rendimento usina (*)	91,0	91,4	86,1	88,8	91,3	> 90,9 (**)
Reserva quente potência	486,5	552	580	580	580	603 - 474
Reserva fria potência	290	0	0	0	0	0
Potência não otimizada	0	0	44	30	0,4	-

- Potência em (MW) e Rendimento em (%)

(*) O rendimento global da usina considera também as máquinas compensando e parada disponível.

(**) Faixa ótima considerando um decremento de rendimento de 0,5% (91,4% – 0,5% = 90,9%).

As alternativas A1 e A2 fornecem os valores de despacho ótimo considerando um valor de potência logo abaixo e outro logo acima do programado. Estas seriam as condições em que as máquinas teriam o máximo rendimento global individual com toda potência otimizada. Não sendo possível despachar desta forma, por não atender os requisitos de entrada, a alternativa A5 seria a melhor opção para a carga programada. A alternativa A6 leva em conta que se admite uma faixa ótima equivalente a um decremento de 0,5% no rendimento global das unidades geradoras. Nota-se que os valores requeridos estão todos satisfeitos.

O sistema considera no rendimento global da usina, todas as perdas inerentes à máquinas gerando, máquinas paradas e máquinas compensando.

4.0 - AÇÕES IMPLEMENTADAS

- a) Com o desenvolvimento do sistema experimental GerHidro para a uina hidrelétrica Itá, foi gerada uma matriz de despacho ótimo das unidades geradoras em função do nível do reservatório, número de máquinas gerando com escalonamento da faixa ótima e encaminhada ao Operador Nacional do Sistema (ONS) de forma a encaixar na programação diária de carga como recomendação operacional. A tabela abaixo mostra alguns dados desta matriz.:

Nº Un. Gr	Grau de Otimização	POTÊNCIA OTIMIZADA GERAÇÃO (MW)							
		Nível de Montante (m)							
1	Potência Ótima	370		369		368		367	
	Rend_máx - 0,25%	241	233	232	229	229	229	229	229
	Rend_máx - 0,50%	229	255	226	253	224	251	223	247
	Rend_máx - 0,75%	226	263	223	261	220	259	219	255
	Rend_máx - 1,00%	223	269	220	267	215	264	212	260
2	Potência Ótima	467		469		457		461	
	Rend_máx - 0,25%	453	508	450	503	448	496	442	487
	Rend_máx - 0,50%	448	523	442	519	441	511	433	503
	Rend_máx - 0,75%	442	534	433	529	427	521	420	513
	Rend_máx - 1,00%	432	546	423	538	419	530	413	523
3	Potência Ótima	703		697		691		682	
	Rend_máx - 0,25%	677	757	673	749	669	735	656	724
	Rend_máx - 0,50%	667	780	662	772	654	759	643	748
	Rend_máx - 0,75%	655	796	643	787	636	773	626	763
	Rend_máx - 1,00%	641	811	630	800	623	787	613	778
4	Potência Ótima	938		914		922		902	
	Rend_máx - 0,25%	899	1005	896	989	882	973	870	956
	Rend_máx - 0,50%	883	1036	882	1020	865	1004	855	987
	Rend_máx - 0,75%	865	1055	854	1039	840	1023	835	1008
	Rend_máx - 1,00%	845	1073	837	1057	824	1043	815	1028
5	Potência Ótima	1.162		1.152		1.142		1.128	
	Rend_máx - 0,25%	1121	1250	1116	1226	1095	1209	1080	1190
	Rend_máx - 0,50%	1102	1287	1092	1266	1073	1247	1065	1226
	Rend_máx - 0,75%	1073	1312	1062	1289	1044	1272	1042	1252
	Rend_máx - 1,00%	1051	1334	1040	1312	1024	1297	1016	1278

- b) Realizada apresentação aos operadores das instalações hidrelétricas da Tractebel Energia de forma a envolvê-los na busca de uma melhor performance dos ativos de geração da empresa. Esta iniciativa, além de disponibilizar de forma clara todas as informações pertinentes à operação das unidades geradoras e usina, busca possibilitar uma mudança na maneira de agir e pensar dos agentes envolvidos dentro deste enfoque.
- c) Com igual teor, foi feita uma apresentação ao agente operador ONS, sistema Sul, envolvendo o pessoal de despacho em tempo real e da programação energética.
- d) Tendo em vista a necessidade de se acompanhar a operacionalidade e os ganhos efetivos desta implementação, está em fase de estudo na Tractebel Energia um projeto referente a um Sistema de Gestão em Tempo Real para o Controle e Avaliação da Performance / Otimização da Produção de Energia na Usina Hidrelétrica Itá. Com esta implementação, será possível controlar índices de rendimento, consumo específico e produtividade instantânea assim como média normal e média ponderada.
- e) Numa avaliação da otimização pela comparação da carga programada e a carga que seria ótima,

estima-se um ganho viável de pelo menos 1,5% da energia gerada no aproveitamento de Itá. Dependendo do aproveitamento e em função da cascata em que está inserido, os ganhos podem chegar a 4% da energia gerada.

5.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema GerHidro contém os elementos necessários para a gestão racional da geração de energia em uma central hidrelétrica. Maior proveito e ganho estariam vinculados a sua utilização em sistemas mais abrangentes que buscam a otimização de uma bacia hidrográfica ou mesmo do sistema elétrico como um todo.

A disseminação do enfoque voltado para a otimização do processo operativo contribui de forma significativa não somente para o ganho energético como para a extensão dos ativos de geração, aumento da disponibilidade de máquina e melhoria na qualidade da energia fornecida de uma forma geral. Isto conduzirá a uma mudança benéfica de paradigma, acelerando as transformações positivas na maneira de agir e pensar dos agentes envolvidos.

Por outro lado, o enfoque comercial imposto à questão energética pelo modelo estabelecido para o setor elétrico, depõe negativamente na otimização de processos de geração de energia hidrelétrica. A abundância dos recursos hídricos brasileiros amortecem as visões mais elaboradas no processo de geração de energia hidrelétrica. As iniciativas isoladas pouco conseguem alavancar junto aos mais variados e distintos interesses em jogo, mesmo dentro de um sistema estabelecido com a finalidade de operar o sistema elétrico de forma otimizada.

Contudo e apesar de tudo, o uso dos recursos hídricos nos convoca a uma atuação mais racional, voltada ao combate do desperdício e isto passa pela gestão otimizada da operação das usinas hidrelétricas.

6.0 - BIBLIOGRAFIA

Basicamente foram consultadas normas e relatórios relativos à Usina Hidrelétrica Itá.

- (1) Voith Siemens Hydro - Relatório do ensaio em modelo reduzido da turbina da UHIT;
- (2) UHIT - Relatórios de medição das perdas nos geradores e transformadores elevadores;
- (3) UHIT - Relatório de ensaio de determinação da faixa operativa e comportamento hidráulico e dinâmico das unidades geradoras;
- (4) UHIT - Relatório final de comissionamento das unidades geradoras;
- (5) Norma IEC 60193 relativo e ensaio em modelo reduzido de turbinas hidráulicas;
- (6) Norma IEC 41 relativo a ensaio de medição em campo de rendimento de turbinas hidráulicas;
- (7) Vivier, Lucien – Turbines Hydrauliques et leur régulation.