



GGH/014

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO I
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PERDA DE CARGA NAS GRADES DA
USINA HIDRELÉTRICA ENGENHEIRO SOUZA DIAS (JUPIÁ)**

Alex Ricardo Ferrer de Andrade (*)
Peter Eric Wolf

Márcio Pinho Bittencourt
Rubens Kamimura

CESP

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar como a CESP desenvolveu e implantou um sistema para monitoramento das perdas de carga nas grades da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá).

Por conveniência, simplicidade e economia, foi decidido pela utilização dos sinais derivados dos reguladores de velocidade das Unidades Geradoras (UGs).

As vantagens da instalação deste sistema foram que, mesmo ainda enfrentando os problemas com as plantas aquáticas, a CESP aliviou os transtornos provocados, pois agora conseguimos detectar as contaminações.

Após a instalação deste sistema foram reduzidas as indisponibilidades das UGs e anuladas as ocorrências com engolimentos de grades.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas, Grade, Gerador, Regulador

1.0 - INTRODUÇÃO

Devido aos graves problemas com contaminação por plantas aquáticas no reservatório da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, foi proposto o desenvolvimento de um equipamento apto a monitorar as contaminações ocorridas nas grades das tomadas d'água, identificando-as para que as devidas providências fossem tomadas. Este sistema baseia-se em um equipamento microprocessado, que supervisiona constantemente as perdas de carga, alarmando diversas situações.

O funcionamento do sistema é baseado na relação potência x abertura do distribuidor. Com o desvio desta relação de funcionamento, podemos identificar as situações onde devemos atuar no sentido corretivo das anormalidades.

Após a instalação do sistema, o número de grades substituídas foi zero, aumentando-se a disponibilidade das UGs da usina.

2.0 - CONSIDERAÇÕES DA INSTALAÇÃO

A Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias localiza-se no Rio Paraná, nos municípios de Castilho (SP) e Três Lagoas (MS), com as seguintes características conforme Tabela 1.

TABELA 1 – Características Gerais

Potência Instalada		1.540 MW
Área do Espelho D'água		330Km ²
Volume do Reservatório		3.521x10 ⁶ m ³
Barragem	Comprimento	5.495 m
	Altura	42,5 m
	Cota Coroa	283,5 m
Vazão Turbinada Nominal		6.440 m ³ /s
Turbinas	Tipo	Kaplan
	Número de UGs	14
	Potência	110 MW
Tomadas D'água	Número	2
	Dimensões	23x13 m
	Número de Grades/UG	50

Esta encontra-se a montante da Usina Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera), e a jusante das Usinas Ilha Solteira e Três Irmãos (Rio Tietê).

A partir de 1990, seu reservatório vem apresentando principalmente no período de janeiro a abril, a característica de aparecimento e formação de grandes bancos de vegetação aquática entre a usina Três Irmãos e a foz do rio Tietê. Na Tabela 2 anexa, apresentamos o volume de plantas aquáticas retiradas pela equipe contratada de manutenção e limpeza. Estes detritos são recolhidos pelos limpa-grades da usina para novamente deixar a unidade geradora apta ao funcionamento normal. Além disso, este entupimento provoca o aumento da pressão sobre as grades que acabam por deformar-se e romper-se.

Na Tabela 3 são mostrados os números de grades substituídas nas tomadas d'água da usina no período de 1990 até 2000.

TABELA 3 – Grades Substituídas

Ano	Nº de Grades
1990	21
1991	196
1992	101
1993	60
1994	135
1995	155
1996	48
1997	54
1998	58
1999	188
2000	0
Total	1055

Devido aos grandes prejuízos enfrentados com o passar dos anos, várias ações foram e estão sendo implementadas pela CESP no sentido da minimização dos efeitos devastadores de tais contaminações.

Dentre estas, destaca-se os seguintes programas e ações:

- combate químico às plantas (elódeas);
- controle biológico das plantas;
- estudos sobre a reprodução e o desenvolvimento destas plantas;
- uso de rebocador para empurrar ilhas flutuantes;
- redução de geração;
- inspeções sistemáticas no lago;
- corte das plantas utilizando-se de "stop-log" com lâminas;
- alteração da lei de manobra das comportas dos vertedouros;

- modificação do perfil da vazão defluente da usina Três Irmãos;
- utilização de equipamento colhedor de plantas aquáticas.

Está ainda em fase de implantação o seguinte plano de ação:

- corte das plantas utilizando-se jato d'água sob alta pressão.

Além destas medidas foi desenvolvido o sistema que monitora em tempo real todas as situações das contaminações das grades, fornecendo um diagnóstico seguro à equipe de manutenção e operação, objeto deste trabalho.

Na Tabela 4 são apresentados os dados referentes às manutenções, trocas e características das grades empregadas na proteção do conduto forçado da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias.

TABELA 4 – Características das Grades

Peso	2 Toneladas
Dimensões	2,5 x 4,2 m
Custo (Grade Nova)	R\$ 4.000,00
Custo (Grade Recuperada)	R\$ 2.800,00
Número de Grades / UG	50 un

Neste mesmo espaço de tempo, foram computados 650 dias de indisponibilidade de UGs em função das trocas destas grades.

Levando-se em consideração a potência nominal de cada UG, notamos que os prejuízos causados por indisponibilidades, redução da energia gerada e manutenções são enormes.

3.0 - DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

As maneiras de detectar-se que uma determinada UG encontra-se com perdas de carga devido às plantas estacionadas nas grades, podem ser exemplificados basicamente dos seguintes modos:

- a) A medição da perda de carga mediante sensores instalados nas tomadas d'água;
- b) Medida do desvio entre a potência desenvolvida e a potência teórica ou a mesma referência a abertura do distribuidor.

Por motivos principalmente atrelados à simplicidade de execução e a rapidez de implantação, optou-se por desenvolver o sistema do item b, baseado na medida do desvio entre as variáveis citadas, aproveitando-se os

sinais oriundos dos reguladores de velocidade das UGs. Estes sinais de corrente foram aproveitados na sala de comando, pois a mesma os possui para indicação da situação das unidades geradoras para a operação local.

3.1 - Funcionamento dos reguladores de velocidade

Os reguladoras de velocidade da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias possuem realimentação em potência ou abertura do distribuidor. O funcionamento atual baseia-se na potência, e só numa ocorrência envolvendo seu transdutor é que há transferência para realimentação em abertura, ou manualmente se este for o desejo. Partindo-se deste princípio, ao se ajustar o variador de carga-freqüência, indiretamente arbitra-se qual potência a UG deve desenvolver. Nestas condições o distribuidor torna-se um controlador variável desta grandeza, no caso de alterações na freqüência (1), variações na queda, perdas de carga, etc, agindo sempre no sentido de correção em relação do valor ajustado no variador de carga-freqüência.

NOTA

(1) em alterações sustentadas de freqüência, diferenças entre a potência ajustada no variador de carga-freqüência e a desenvolvida serão notadas devido ao estatismo permanente, mas para efeitos energéticos as leis continuam válidas.

3.2 - Identificação do estado de perda de carga nas grades

No caso particular envolvendo as perdas de carga nas grades devido a obstruções à passagem de água, o distribuidor através do comando em malha fechada do regulador de velocidade, tem sua posição alterada no sentido de abertura para satisfação da potência anteriormente gerada. Esta variação na abertura, comparando-se com outra pré estabelecida com a grade limpa, nos fornece os níveis de contaminação existente nas tomadas d'água da UG. Na Figura 1 anexa é exemplificado o que foi anteriormente mencionado. Quanto maior for o valor ΔD , mais contaminada encontra-se a grade.

Os dados referentes à relação potência x abertura do distribuidor foram carregados no equipamento para 03 (três) diferentes quedas brutas.

Os cuidados básicos que devem ser seguidos para obtenção de sucesso na instalação de um sistema deste tipo são o tratamento dos sinais utilizados principalmente em grandes distâncias, e o correto levantamento das curvas potência x abertura para

diferentes quedas, sendo este último vital para a identificação das contaminações.

3.3 - Descrição do equipamento

O "hardware" utilizado nesta aplicação é baseado em um uma CPU 486DX e cartões de entrada e saída (I/O) analógicas com 28 entradas analógicas sendo monitoradas e multiplexadas simultaneamente.

O "software" possui algumas facilidades para programação, sendo editado através de blocos e possuindo interface homem máquina para supervisão das variáveis.

3.4 - Generalidades

Os sinais de potência elétrica e posição do distribuidor são comparados com a curva padrão, definida no "software". Na operação em turbinas kaplan, a curva padrão depende da queda bruta (nível de montante - nível de jusante) e, assim sendo, o sinal de queda atual também é informado manualmente. Como as variações de queda na Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias não são freqüentes pois a mesma possui o reservatório fio d'água, optou-se por carregar o valor da queda via IHM.

Na Figura 2 anexa, é mostrado de maneira simplificada a disposição física do sistema.

O usuário é informado na ocorrência de desvios (obstruções) em três níveis:

- alarme de nível 1 que corresponde a obstruções aceitáveis e ajustado em 5%;
- alarme de nível 2 que correspondente a obstruções que ameaçam a integridade das grades, e que atua no limitador da UG no sentido do abaixamento de carga a partir do consentimento do operador, ajustado para 10%;
- alarme de nível 3 que correspondem a obstruções perigosas e que atuam automaticamente no sentido da redução de carga, sem pré-requisito de reconhecimento (por enquanto encontra-se desabilitada esta função), ajustado em 20%.

Os desvios de nível 2, quando reconhecidos pelo usuário, liberam um comando para variação da referência do carga-freqüência, atuando diretamente nos reguladores de velocidade, até que a relação potência x posição do distribuidor atinja desvios dentro de padrões aceitáveis.

O sistema total incluiu ao redor de 1.300 blocos, e a instalação deste sistema na sala de comando teve inúmeras vantagens, as quais destaca-se:

- não necessitou de parada de máquina para implantação;
- comissionamento num tempo mais curto;
- maior controle do operador sobre a usina;
- não necessitou passagem de cabos da sala de comando à sala de máquinas;
- atende todos os reguladores de velocidade (03 modelos diferentes) instalados.

O número total de grades danificadas e substituídas desde jan/94 até jan/99 na Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias foi de 620 (un) ou em média 124 (un) / ano.

A viabilidade do equipamento é bem apreciável, dado ao custo do sistema relativamente ao benefício conseguido foi irrisório, se for contabilizado os prejuízos causados com as manutenções, quebras de grades, redução da energia gerada e as indisponibilidades causadas pela realização dos serviços.

4.0 - CONCLUSÕES

O trabalho descreveu a concepção e a implantação de um sistema de monitoramento de perdas de carga nas grades das tomadas d'água da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias.

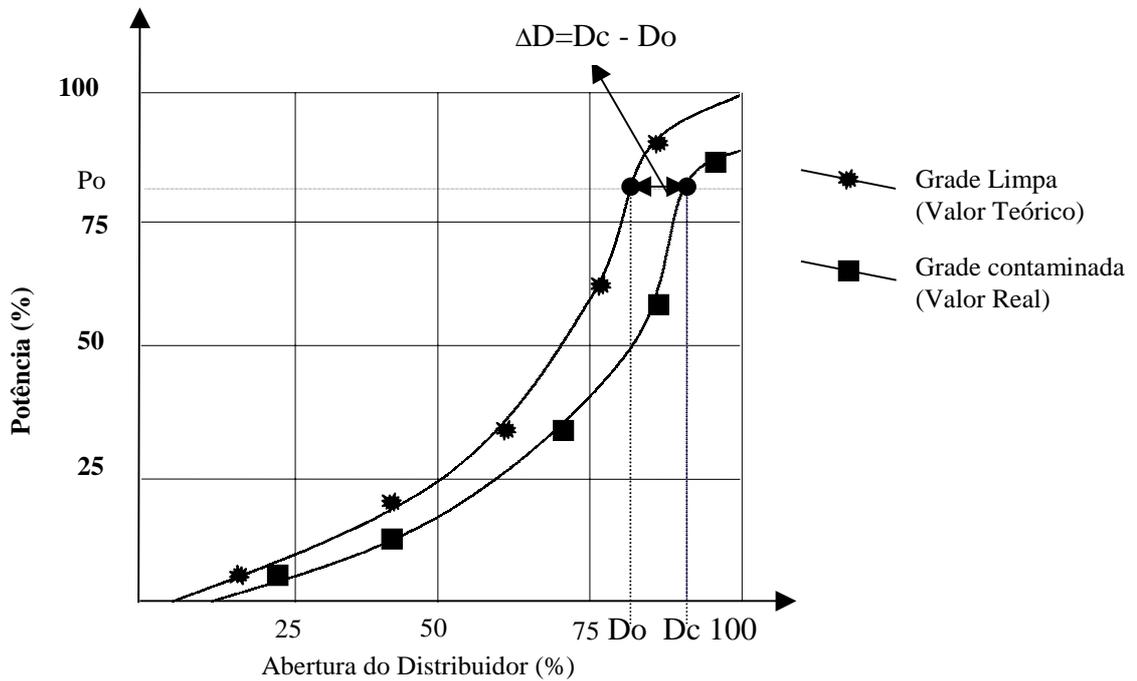
Este equipamento permite identificar em tempo real contaminações presentes nas grades, para que as devidas medidas sejam tomadas.

O princípio de funcionamento e as facilidades para implementação foram os motivos que tornaram atraentes do ponto de vista de execução, dada as facilidades de acesso aos dados dos reguladores de velocidade existentes, sem a necessidade de instalação de nenhum sensor detetor e a não indisponibilidade das UGs.

Como resultados práticos cita-se que após a instalação deste sistema que foi concluída em nov/99, juntamente com as outras medidas preventivas adotadas, houve a eliminação completa de problemas envolvendo a danificação e/ou o engolimento das grades, e a partir de então temos o controle das contaminações das grades em tempo real.

5.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) SHAMES, Irving Herman, 1923 - S54m Mecânica dos Fluidos - volume 1; tradução, Mauro O.C. Amorelli. São Paulo, Edgard Blücher, 1973.
- (2) NEVES, F.C., BILLO C.M., FASSINA, Jr, M., SOARES, J.M., ZENI Jr, N., (REIVAX), ANDRADE, A.R.F., KAMIMURA, R., (CESP), SANTOS, D.H., (ELETRONORTE), 1999 Aplicação de Controladores com Estrutura Programável pelo Usuário: Detector de Perda em Grades e Conjugador Relatório Interno REIVAX, 1999.
- (3) PRINCIPE, C.R., KURATANI, H., MELONI, M.L.B., (CESP), Impactos da Afluência de Elódeas na Operação e Manutenção da Usina Hidrelétrica Eng. Souza Dias (Jupia) - CESP XXI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Caxambu, Minas Gerais, Julho de 1997.
- (4) LUPPI Jr, J.H.,(CESP), Impactos das Plantas Aquáticas na Geração de Energia na Usina Eng. Souza Dias (Jupia) Encontro Técnico sobre Manejo de Plantas Aquáticas, Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Dezembro de 1999.



- Obs.:
- (a) A curva refere-se a relação entre as grandezas com a grade limpa em uma determinada queda
 - (b) A curva refere-se a relação entre as grandezas com a grade contaminada com a queda mencionada acima
 - (c) O valor ΔD exprime o desvio entre a posição teórica e a real
 - (d) Potência ativa gerada - P_o
 - (e) Abertura do Distribuidor Teórica - D_o
 - (f) Abertura do Distribuidor Real - D_c

FIGURA 1

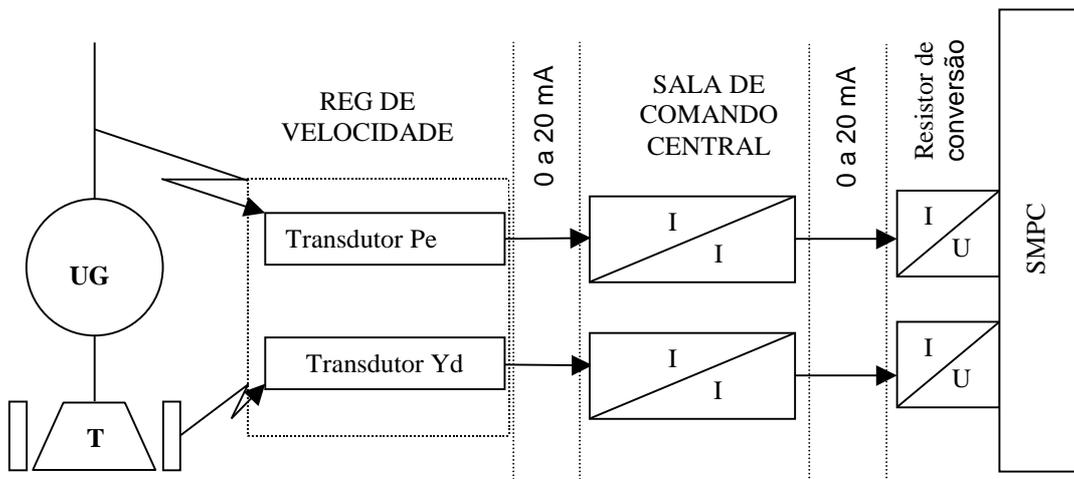


FIGURA 2

TABELA 2 - Quantidades de Detritos retirados das Tomadas D'água da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias

MÊS	ANO							Acumulado
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Jan	172	384	2415	3478	1439	2832	508	11228
Fev	646	1038	340	3743	1058	1585	398	8808
Mar	390	420	1536	1301	806	887	917	6257
Abr	498	1488	325	1913	1936	264	210	6634
Mai	512	1113	481	1003	219	63	66	3457
Jun	813	1255	325	213	103	43	62	2814
Jul	309	238	593	1051	196	46	28	2461
Ago	134	175	598	39	337	99	50	1432
Set	256	695	692	92	83	7		1825
Out	236	552	1048	90	128	120		2174
Nov	203	575	154	162	32	18		1144
Dez	277	384	287	385	593	24		1950
Totais	4446	8317	8794	13470	6930	5988	2239	50184