

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEM
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

EMPRESA: CHESF

COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO
- PAULO AFONSO - BA. -

ALUNO ESTAGIÁRIO:

GILVALDO PORDEUS ANTUNES

PERÍODO DE ESTÁGIO:

01 DE JULHO À 11 DE AGOSTO DE 1982

ENGENHEIRO SUPERVISOR:

ROGÉRIO MOTTA BITTENCOURT

COORDENADOR DE ESTÁGIO:

MARCINO DIAS DE OLIVEIRA JÚNIOR

CAMPINA GRANDE-PB, DEZEMBRO DE 1982



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. HISTÓRICO.....	02
3. USINA PAULO AFONSO IV - DESCRIÇÃO GERAL.....	04
4. AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TURBINAS PARA A USI NA DE PAULO AFONSO IV.....	08
5. ACOPLAMENTO ROTOR-EIXO/ACOPAMENTO EIXO-GERADOR.....	10
6. VEDAÇÃO DO EIXO.....	10
6.1. PARTES PRINCIPAIS DA VEDAÇÃO.....	10
6.1.1. O ANEL DESLIZANTE.....	10
6.1.2. O ANEL DE VEDAÇÃO.....	10
6.2. FUNÇÃO DA VEDAÇÃO.....	11
7. VEDAÇÃO DE PARADA.....	11
8. APARELHO DISTRIBUIDOR.....	12
8.1. SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR.....	12
8.2. TRAVA DO DISTRIBUIDOR.....	14
9. MANCAL GUIA DA TURBINA.....	14
9.1. ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO DO MANCAL GUIA.....	15
10. MANCAL DE ESCORA DA TURBINA.....	16
10.1. ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO DO MANCAL DE ESCORA.....	17
11. MANUTENÇÃO E CONTROLE PERIÓDICOS.....	18
11.1. RECOMENDAÇÕES GERAIS.....	18
11.2. MANUTENÇÃO DA TURBINA.....	19
11.2.1. ROTOR COM ACOPLAMENTO.....	19
11.2.2. ACOPLAMENTO EIXO GERADOR.....	19
11.2.3. RECONDICIONAMENTO DOS ROTORES.....	19
11.2.4. VEDAÇÃO DO EIXO.....	22
11.2.5. APARELHO DISTRIBUIDOR.....	22
11.3. MANUTENÇÃO E ABASTECIMENTO DE ÓLEO DOS MANCAIS	23
11.3.1. MANCAL GUIA E DE ESCORA.....	23
11.3.2. ABASTECIMENTO DE ÓLEO DOS MANCAIS.....	23
11.3.3. TROCA DE ÓLEO DO MANCAL GUIA E DE ESCO RA.....	24
11.4. RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS PARA MANUTENÇÃO.....	24

12. CONCLUSÃO.....	26
AGRADECIMENTOS.....	27
ANEXOS.....	28

1 - INTRODUÇÃO

Estando no último ano do curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal da Paraíba, se faz necessário realizar um estágio supervisionado para suprir as exigências da Universidade, ou seja, completar o currículo por ela determinado. O motivo principal do estágio é pôr em prática alguns conhecimentos obtidos na Universidade e conseguir novos conhecimentos da própria usina hidrelétrica em que estagiei.

Durante o estágio, foi alvo de nossa atenção montagem, funcionamento e manutenção de turbinas.

Este relatório é em sua essência, o resumo do que constitui a importância do conhecimento teórico para um profissional.

2 - HISTÓRICO

Criada inicialmente para aproveitar os recursos hidráulicos da Cachoeira de Paulo Afonso, no local do mesmo nome, na confluência dos Estados da Bahia, Alagoas e Pernambuco em pleno sertão nordestino, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF assumiu, aos poucos, a responsabilidade da execução da política eletro-energética do governo federal numa área de mais de 1,5 milhões de Km², atendendo a cerca de 35 milhões de brasileiros e ao surto de desenvolvimento que se implanta no Nordeste.

Para servir a uma área geográfica de tais dimensões, a CHESF instalou mais de 11 mil quilômetros de linhas de transmissão, cortando caatingas e passando ao lado de grandes cidades, onde entrega energia que se transformará em processo de bem estar, fruto do trabalho de mais de 11 mil empregados em vários pontos da região.

Iniciando efetivamente suas atividades em dezembro de 1.954, quando entraram em operação as duas primeiras máquinas de 60 mil kw da Usina Paulo Afonso I, obra de cuja execução alguns duvidavam, a CHESF logo verificou a necessidade de ampliar seu sistema. Dessa forma, em 1.961 dava início a primeira unidade geradora da Usina II. Terminada a instalação das seis unidades da Usina II, necessário se fazia dar um salto maior: Paulo Afonso III já planejada, era hora de construí-la. Enquanto construía aquela que seria a maior usina do sistema, a CHESF programava, paralelamente obras capazes de regularizar em definitivo a vazão do São Francisco. Foi construída primeiramente a barragem de Moxotó, onde também foi instalada uma casa de máquinas. A obra teve dupla finalidade: promover a regularização plurissemanal da descarga do rio, na Bacia de Paulo Afonso e gerar 440 mil quilowatts de energia elétrica.

Pequenos aproveitamento energéticos existentes no Nordeste foram utilizados pela Companhia. Dessa forma, a CHESF tem integrado ao seu sistema de geração hidráulica as usinas de

Funil, com capacidade de 30 mil kw; Pedra com capacidade de 23 mil kw; Bananeiras com capacidade de 9 mil kw; Araras com capacidade de 4 mil kw; e Coremas, com capacidade de 3.520 kw.

O sistema atual completa-se com as usinas termelétricas localizadas em Salvador, Recife, e São Luis. Estas Usinas devido ao seu custo operacional, foram planejadas para funcionar como reserva do sistema, entrando em operação, apenas, no caso de emergências.

CAPACIDADE INSTALADA

USINAS EM OPERAÇÃO	Nº DE UNIDADES	POTÊNCIA NOMINAL DE CADA UNIDADE (KW)	POTÊNCIA TOTAL (KW)
HIDRELÉTRICAS	40	-	5.644.520
P. AFONSO I	3	60.000	180.000
P. AFONSO IIA	3	75.000	225.000
P. AFONSO IIB	3	85.000	255.000
P. AFONSO III	4	216.000	864.000
P. AFONSO IV	6	410.000	2.460.000
SOBRADINHO	6	175.000	1.050.000
MOXOTÓ	4	110.000	440.000
BOA ESPERANÇA	2	54.000	108.000
FUNIL	3	10.000	30.000
PEDRA	1	23.000	23.000
ARARAS	2	2.000	4.000
CUREMAS	2	1.760	3.520
PILOTO	1	2.000	2.000
TERMELÉTRICAS	30	-	535.500
CAMAÇARI	5	58.000	290.000
BONGI	5	28.500	142.500
SÃO LUIS	1	58.000	58.000
COTEGIPE (A)	2	4.000	8.000
COTEGIPE (B)	1	12.000	12.000
IMPERATRIZ	16	-	25.000
TOTAL GERAL	70	-	6.180.020

3 - USINA PAULO AFONSO IV

DESCRICÃO GERAL

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), prosseguindo no aproveitamento do potencial hidro elétrico do São Francisco, para atender à crescente demanda de energia elétrica no Nordeste do Brasil, procedeu a estudos de viabilidade econômica, alternativas de aproveitamento ulterior e expansão do complexo energético de Paulo Afonso.

A Usina de Paulo Afonso IV, está localizada no Rio São Francisco, constará de seis grupos de turbo-alternadores hidráulicos para uma potência unitária de 410 MW, a Usina terá 2,46 milhões de quilowatts. Estes grupos trabalharão sob uma queda nominal de 112,5 metros recebendo as águas acumuladas em um lago de 16 quilômetros quadrados que por sua vez recebe as águas do reservatório de Moxotó através de um canal de 5.200 m. de extensão, um vertedouro com capacidade de descarga de 10 mil metros cúbicos de água por segundo e sua barragem principal tem uma altura máxima de 35 metros. Estas águas na ausência de Paulo Afonso IV, não seriam utilizadas, pois representam o excesso de alimentação das Usinas de Paulo Afonso I, II e III.

CONDUTO FORÇADO - ADUTOR

Cada grupo será alimentado através de um conduto forçado de 8,70 metros de diâmetro e 156,80 metros de extensão todo revestido em chapa de aço e cujo traçado pode ser dividido em quatro trechos:

1º trecho inicial que consiste de uma curva que tem 75° em seu ângulo central, um desenvolvimento de 19,60 metros pelo seu eixo e 8,70 metros de diâmetro interno.

2º trecho vertical que se inicia na saída da curva superior na cota 213,36 e termina na cota 149,50 (vê anexo) portanto com 63,86 metros de extensão e 8,70 metros de diâmetro.

3º este trecho consiste numa curva de 90° de ângulo central, 18 metros de raio e 28,26 metros de desenvolvimento pelo eixo, boca de entrada na cota 149,50 e a saída em plano

vertical a cota 131,50 (vé anexo).

4º finalmente um trecho horizontal com extensão total de 28,90 metros que, por sua vez está subdividido em três sub-trechos: 1. Subtrecho com 15,80 metros e 8,70 de diâmetro;

2. Subtrecho com 6,0 metros de comprimento onde o diâmetro vai se reduzindo gradualmente de 8,70 a 7,27 metros;

3. Subtrecho com 6,0 metros de comprimento a ser emendado com o caracol da turbina e onde o diâmetro é de 7,27 metros.

Todo o conduto dentro da rocha será refestido com uma camada de concreto de 0,70 metros de espessura, que alcançará 1,50 metros na entrada da casa de máquina, havendo ao longo do mesmo a previsão de colocação de chumbadores para torná-lo em condições de suportar a pressão externa máxima.

ESTRUTURAS DO VERTEDOIRO

O vertedouro está localizado a noroeste da usina com o canal de jusante situado numa depressão natural do terreno. Este vertedouro permitirá uma vazão 10 mil metros cúbicos por segundo com o nível d'água do reservatório.

Cada um dos oito blocos do vertedouro será equipado com uma comporta setor com 11,5 metros de largura por 19,5 de altura e raio de 18,0 metros. A comporta será acionada através de guincho fixo por meio de corrente acopladas à comporta por jusante da chapa estanque.

Os braços serão montados em mancais fixados ao concreto. Os mancais possuirão buchas autolubrificantes.

Está previsto um jogo de stop-logs para fechar uma abertura com 11,5 de largura por 19,5 metros de altura.

O stop-log será acionado por meio viga pescadora através de um pórtico com capacidade de 30 t.

O pórtico terá um vão de 11 metros entre os trilhos por 6,0 metros entre as pernas do mesmo trilho. Possuirá ainda um balanço, para jusante da ordem de 5,5 metros o qual permitirá a montagem e manutenção do guincho da comporta e a montagem da estrutura da comporta.

ESGOTAMENTO D'AGUA

Três bombas de drenagem e quatro de esgotamento serão instaladas na galeria da casa de máquina na cota 118,20. Abaixo desta galeria um poço coletará as águas de infiltração e outro as águas de esgotamento dos condutos adutores e de fuga. A água será recalçada e descarregada até o nível 166,00' e para o jusante do leito do rio.

SAÍDA DOS BARRAMENTOS BLINDADOS

A energia será transmitida dos alternadores para os transformadores por intermédio de barras para fora da casa de máquina até a plataforma no nível 195,00. Os transformadores serão ligados a uma subestação de 500kv localizada na margem do rio. As linhas de saída serão operadas apartir do sub despacho.

LIGAÇÃO ENTRE ALTERNADORES E TRANSFORMADORES

A ligação entre alternadores e seus correspondentes transformadores será feita por barras que correrão em galerias de cerca de 7,0 metros de diâmetro, do tipo fases isoladas com capacidade nominal para 14.450 A.

TRANSFORMADORES

Devido a potência dos alternadores, cada grupo alimentará três transformadores monofásicos com uma capacidade nominal de 150 Mva cada, e uma relação de transformadores de 18 kv/500kv. Além dos 15 transformadores haverá igualmente um de reserva. Os transformadores serão resfriados a ar.

DADOS TÉCNICOS

Início da operação	- 29/11/79
Volume total de escavação em rocha	- $8,3 \times 10^6 \text{m}^3$
Volume total de escavação em terra	- $4,25 \times 10^6 \text{m}^3$
Volume total de aterro(terra/enrocamento)	- $1,7 \times 10^6 \text{m}^3$
Volume total de concreto	- $7,9 \times 10^6 \text{m}^3$

RESERVATÓRIO

Área	- 16km ²
Volume útil do reservatório	- $84 \times 10^6 \text{m}^3$
Volume total na cota máxima	- $128 \times 10^6 \text{m}^3$
Cota normal de operação	- 252 metros.

BARRAGENS E DIQUES

Tipo mista (terra/enrocamento)	-
Comprimento total da crista	- 7.430,00m
Comprimento das estruturas de concreto	- 1.053,50m
Altura máxima	- 35,00m
Cota da crista	- 254,25m

CANAL DE DERIVAÇÃO

Comprimento total	- 5.600m
Largura mínima no fundo	- 135m
Largura máxima no fundo	- 235m
Altura média	- 15m

SISTEMA EXTRAVASOR

Tipo	- de crista/ controlado
Capacidade máxima de descarga	- 10.000m ³ /s
Comportas de segmento:	
Quantidade	- 8
Dimensões	- 11,50x19,50m

CASA DE MÁQUINAS

Tipo	- subterrânea
Comprimento	- 210m
Largura	- 24,20m
Altura	- 54,70m

TURBINAS

Tipo	- Francis
Número de unidades	- 6
Queda nominal	- 112,50m
Velocidade nominal (RPM)	- 120

GERADORES

Potência unitária	- 410MW
Tensão	- 18kV
Fator de potência	- 0,9
Frequência (Hz)	- 60

TRANSFORMADORES ELEVADORES

Nº de unidades monofásicas	- 6 x 3
Potência nominal de cada unidade	- 150MVA

Tensão dos enrolamentos de baixa	- 18kV
Tensão dos enrolamentos de alta	- 500kV

4 - AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS TURBINAS PARA A USINA DE PAULO AFONSO IV

O sentido de rotação é a direita visto a partir do gerador. Caixa espiral e tubo de sucção concretado. Poço aberto para cima com um diâmetro de 9m.

Eixo em comum para turbina e gerador.

Dois mancais de guia, o superior disposto acima do rotor do gerador, o inferior apoiado na tampa da turbina.

Um mancal de escora central para uma carga de 21.000kN, a qual é transmitida por meio de um cone suporte, para a tampa da turbina.

A atuação do aparelho distribuidor é feita através de 4 servomotores disposto no cone suporte.

Mediante um aro de regulação com alavancas e bielas, são reguladas as palheitas.

O aro de regulação para fins de manutenção e inspeção pode ser travado nas posições aberto e fechado.

Para possibilitar acesso a todas as partes importantes, é previsto, no poço da turbina uma larga plataforma de chapa xadrez, com passadiço circular e acessos no cone suporte.

Mediante as duas aberturas no cone suporte, obtém-se um bom acesso ao mancal guia da turbina, à vedação do eixo, aos mancais intermediários das palhetas diretoras e a instalação para drenagem da tampa.

Afim de facilitar os serviços de manutenção no poço da turbina, está instalada uma talha circulatória com uma capacidade de 30kN.

FORA DO POÇO DA TURBINA

Estão dispostos os seguintes equipamentos:

- Regulador com tanque de óleo e ar comprimido
- Compressores
- Quadro de comando da turbina e do gerador

- Abastecimento de óleo para mancais guia e escora
- Instrumento para medição da pressão e da vazão d'água.

CARACTERÍSTICAS

Queda útil: $H = 112,5\text{m}$

Vazão: $Q = 385\text{m}^3/\text{s}$

Rotação: $n = 120\text{ rpm}$

Potência: $N = 410\text{ MW}$

Potência máxima (além dos valores garantidos)

$N = 442,2\text{ MW}$

Rotação de desparo

$n = 220\text{ rpm}$

DADOS TÉCNICOS DA MÁQUINA

Entrada da caixa espiral: $D_{SP} = 6.530\text{mm}$

$D_Z = 7.470\text{mm}$

Distribuidor:

$Z_0 = 24$; $b_0 = 1.570\text{mm}$; $a_0\text{ máx} = 482\text{mm}$

Rotor maior diâmetro = 6.550mm (com aro de desgaste)

$Z = 13$; $D_4 = 6.245\text{mm}$

Eixo oco com mancal guia $D = 2.300\text{ mm}$

Obs.:

D_Z = Circulo diametral das palhetas diretoras

b_0 = Altura da palheta diretora

Z_0 = Números de palhetas diretoras

$a_{0\text{máx}}$ = Abertura máxima de palhetas diretoras

PARTES PRINCIPAIS DA TURBINA

PARTES ROTATIVAS

Rotor, aros de desgastes e acoplamento do rotor eixo e flange de acoplamento.

VEDAÇÃO DO EIXO

Vedação de anéis deslizantes e vedação de parada

APARELHO DISTRIBUIDOR

Distribuidor, servomotores do distribuidor, mancais da turbina e trava do distribuidor.

5 - ACOPLAMENTO ROTOR-EIXO/ACOPLAMENTO EIXO-GERADOR

O acoplamento do rotor com o eixo é feito através de 16 tirantes de acoplamento M125, pré-tensionados, dispostos no círculo \varnothing 2.100mm. As buchas de cisalhamento são de aço temperado \varnothing 220/127mm e através da qual é transmitido o torque.

O rotor possui na parte central uma tampa com dobradiça e vedação, impedindo que os elementos de acoplamento fiquem submersos na água.

O eixo é de construção soldada, de aço de granulação fina, com dois flanges forjados e um tubo intermediário de chapa. Serve de eixo comum para a turbina e o gerador.

O rotor do gerador está fixado diretamente ao eixo através de 16 tirantes de acoplamento M125 pré-tensionados. O torque é transmitido através de buchas de cisalhamento.

A rotação crítica de flexão do eixo (296,5rpm) está acima da rotação de disparo (220rpm) e oferece segurança suficiente no caso de disparo da turbina.

6 - VEDAÇÃO DO EIXO

DADOS:

Diâmetro do eixo = 2.500mm

Velocidade média de deslizamento = 16,8m/s

Contra pressão máxima = 3Kg/cm⁴

Consumo teórico de água de vedação = 90 L/min

Tubulação d'água de bloqueio, anel deslizante e tubulação ar comprimido para vedação de parada.

Conjunto de filtro hidrociclone.

6.1 - PARTES PRINCIPAIS DA VEDAÇÃO

6.1.1 - O ANEL DESLIZANTE

É de aço inóx (8 partes) e aparafusado sobre o flange do rotor.

6.1.2 - O ANEL DE VEDAÇÃO

De aço fundido é inteiriço e possui um anel postiço de 8 setores de bronze no qual são colados os segmentos de carvão. O anel de vedação deve deixar-se mover facilmente para cima'

e para baixo, dentro da carcaça, sendo limitado por encosto mecânico circunferencial.

6.2 - FUNÇÃO DA VEDAÇÃO

Os anéis de carvão do anel de vedação são prensados, pelo peso próprio e 24 molas helicoidais (igualmente distribuídas no perímetro) contra o anel deslizante. A tubulação anelar, conduz a água de bloqueio através de 8 mangueiras, entre os dois anéis de carvão, flutuando o anel de vedação, contra a pressão das molas e o peso próprio.

A quantidade de água de bloqueio é regulada de tal maneira que flua constantemente um pouco entre o anel deslizante e os anéis de carvão, portanto, durante funcionamento, praticamente inexistente um contato entre as superfícies de atrito. Consequentemente, obtêm-se o mínimo de desgaste e longa vida útil dos anéis de carvão.

A água de bloqueio que flui pelo eixo, escoar através de uma tubulação concretada, para o poço das bombas de drenagem.

A água de bloqueio provém do sistema de alimentação d'água de refrigeração do óleo e é conduzido através de válvula de regulação, serpentina, tubulação anelar e 8 mangueiras flexíveis.

Para a filtragem de pequenas impurezas, existe após a serpentina um conjunto de filtro hidrociclone. A sujeira filtrada é descarregada para o reservatório, enquanto que a água limpa circula pela parte central do filtro e através do furo no centro da tampa é conduzida ao anel de vedação.

A quantidade de água é regulada pela serpentina e válvula de regulação, quando a máquina entra em funcionamento. A pressão da água de bloqueio é regulada automaticamente de acordo com a pressão das molas helicoidais. A válvula de regulação não deve mais ser regulada.

7 - VEDAÇÃO DE PARADA

A vedação de parada (diâmetro nominal = 2.800mm) está disposta na tampa da turbina em volta do flange do rotor. É

composta de uma membrana anelar, a qual é infiltrada com ar comprimido radialmente contra o flange do rotor, tornando-se estanque o local de vedação de anéis deslizantes contra a pressão d'água.

Com o auxílio da vedação de parada, pode-se desmontar a vedação de anéis deslizantes, com a turbina parada, sem a necessidade de esvaziar a turbina.

8 - APARELHO DISTRIBUIDOR

DADOS:

Círculo diâmetral das palhetas diretoras $D_z = 7.470\text{mm}$

Altura da palheta diretora $b_0 = 1.570\text{mm}$

Número de palhetas diretoras $Z_0 = 24$

Abertura da palheta diretora $a_{om\acute{a}x} = 482\text{mm}$

O distribuidor é composto principalmente pelo aro de saída, tampa da turbina e palheta diretora, que são reguláveis mediante alavancas, bielas e aro de regulação.

O aro de saída e a tampa da turbina são construções soldadas bipartidas. Na região das faces superior e inferior das palhetas diretoras, estão aparafusadas paredes de proteção de aço inoxidável.

As palhetas diretoras de aço fundido, possuem, por sua vez nas faces superior e inferior revestimento de aço inoxidável e nas regiões das arestas de fechamento solda sobreposta de aço cromo níquel que protege as mesmas contra o desgaste.

Os mancais das palhetas diretoras no aro de saída e na tampa da turbina, possuem revestimento de fiberglide. A haste da palheta diretora, é protegida com buchas de aço inoxidável nas regiões dos mancais. O peso das palhetas diretoras com alavancas, etc., assim como o empuxo hidráulico é suportado por um mancal de escora de fiberglide.

As alavancas das palhetas diretoras estão fixadas com pinos cônicos embuchados na parte superior das hastes das palhetas diretoras. A alavanca externa é unida ao aro de regu-

lação através de biela dupla.

Estes são de ferro fundido e unem as alavancas internas às externas.

Quando, devido à sobrecarga, este pino se rompe, 2 encostos impedem a palheta diretora de girar além do seu curso.

Os pinos de ruptura rompidos, podem ser substituídos sem dificuldade, por pinos de reserva. Antes da substituição do pino de ruptura rompido, deve-se porém averiguar, que levou à quebra, para proteger a máquina ou até a usina contra danos maiores.

O aro de regulação é sustentado axialmente, pelos pinos dos êmbolos dos 4 servomotores. Entre estes pinos e o aro de regulação, estão montados mancais de articulação que dispensam manutenção. Para guiar radialmente o aro de regulação estão dispostos 4 rolos duplos, cujos mancais possuem buchas de fiberglide.

Nos furos de ligação entre as bielas das palhetas diretoras, estão montados pinos excêntricos para regulação individual na montagem, do ponto de fechamento de cada palheta diretora. Os pinos excêntricos são travados na sua posição, com placas de segurança, sobre a tala superior da biela.

A estanqueidade da vedação entre o aro de saída e pré-distribuidor, pode ser verificada através da tubulação de controle que está soldada na parte inferior do pré-distribuidor.

Por meio desta tubulação, evita-se também, que água com pressão infiltre entre o concreto e parte da máquina.

8.1 - SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR

DADOS:

Disposição: 4 servomotores para cada máquina

Diâmetro do cilindro: 510mm

Curso 479mm (pistão)

Pressão máxima de serviço 60Kg/cm²

Pressão mínima necessária para regulação 45Kg/cm²

Tempo de fechamento máximo 8,75s (tempo que leva as palhetas para fechar)

O distribuidor é regulado por 4 servomotores Boxer. Estes estão ancorados no cone suporte do mancal de escora. A força de cada servomotor é transmitido através do pino forjado do êmbolo, que é articulado no aro de regulação.

A alimentação de óleo para os servomotores, no ponto mais alto dos condutos existem uma tubulação para aeração. Além disso, estão previstos ligações para medição de pressão de acionamento.

8.2 - TRAVA DO DISTRIBUIDOR

Em cada servomotor do distribuidor é prevista uma trava na posição "aberto" e "fechado" do distribuidor.

A trava é composta de uma placa, que é articulada por meio de pino de fixação.

Na posição fechado do distribuidor, esta trava, devido ao peso próprio e força adicional de mola, atua automaticamente.

Consequentemente o distribuidor, é sempre travado na posição "fechado", também, se por ventura não houver óleo com pressão do distribuidor.

A abertura da trava também pode ser utilizada para travamento mecânico do distribuidor na posição "aberto". Para tal deve-se remover a peça de apoio da trava e fixar a trava, com um parafuso de fixação, na parte central do servomotor do distribuidor.

Por motivos de segurança, o distribuidor sempre que for aberto para inspeção ou manutenção e antes da entrada de homem na turbina deve ser travado mecanicamente.

9 - MANCAL GUIA DA TURBINA

DADOS:

Diâmetro nominal $D = 2.300\text{mm}$

Altura do segmento $NM = 400\text{mm}$

Número de segmentos $Z = 12$

Rotação normal $M = 120\text{rpm}$

Velocidade periférica $V = 14,45\text{m/s}$

Quantidade de calor a ser retirada $Q = 53,9 \text{ KW}$

Volume de óleo (vazão) $V = 194 \text{ l/mim}$

Viscosidade do óleo 6°E à 50°C

Folga radial do mancal 0,2mm

O mancal guia da turbina é um mancal de segmentos. As sapatas são de aço, e nas superfícies de atrito são revestidos com metal branco.

No centro do lado oposto, são apoiadas, mediante placas de pressão e cunha de ajuste, na carcaça do mancal e ajusta-se, durante funcionamento automaticamente em função da carga e velocidade. A cunha de ajuste é fixada na sua posição mediante parafuso, bucha distanciadora e uma placa de fixação montada na tampa do canal de óleo.

9.1 - - ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO DO MANCAL GUIA

Um reservatório de óleo para 2.600 litros de óleo largura = 1.500mm; comprimento = 2.000mm; altura = 1.100mm.

A alimentação de óleo, permanece sempre ligada durante a liberação para o funcionamento da máquina.

A bomba de parafuso, acionada por motor elétrico, recalca o óleo do reservatório, através do filtro de peneira única, ao trocador de calor.

As tubulações de recalque das bombas são munidas de válvulas de retenção, estas impedem que o óleo possa retornar através da bomba ao reservatório. Antes da válvula de retenção, está acoplado um pressostato, no caso da queda da pressão, este liga automaticamente a bomba de reserva, além do que, para a indicação da pressão, está instalado um manômetro. No início da tubulação de recalque comum às 2 bombas, existe para estas uma válvula de segurança.

Existe um filtro que é prevista uma tubulação de desvio, de maneira a possibilitar a limpeza deste sem a necessidade de parar a máquina. Existe também 2 trocadores de calor 1 é de reserva. Em caso de entupimento ou sujeira no trocador de calor, o de reserva pode ser ligado, sem interromper o funcionamento da turbina. O óleo é resfriado a 10°C no trocador de calor.

O óleo flui através da tubulação anelar e pelos tubos es

borrifadores, entre as sapatas. O óleo aquecido pelo atrito, entre as sapatas e eixo, escoia através de tubos de drenagem e frestas, à bacia de óleo, e de lá, através de tubulação ao tanque.

A concha superior de óleo, é alimentada continuamente, por uma ramificação da tubulação de alimentação de óleo do mancal, na qual existe estrangulamento. Da concha, 8 furos com estrangulamento conduzem o óleo ao mancal. Estes garantem a suficiência da lubrificação, mesmo no caso do não funcionamento das bombas de óleo, até a parada da turbina.

Ao mesmo tempo, é acionado um motor de corrente contínua acoplado a uma bomba de óleo de emergência, cuja função é alimentar o mancal com óleo, mesmo com o não funcionamento dos freios do gerador.

Entre a tubulação de óleo de pressão e o tanque de óleo, existe uma válvula "By-Pass" com registro diâmetro nominal 50. Com o esfriamento do óleo (longo tempo de parada), esse registro pode ser aberto para atingir-se a temperatura normal de operação.

10 - MANCAL DE ESCORA DA TURBINA

DADOS:

Diâmetro nominal $D_i/D_e = 2650/4070\text{mm}$

Carregamento $F = 21000\text{ KN}$

Número de sapatas $Z = 12$

Rotação nominal $N = 120\text{ rpm}$

Velocidade média $V_m = 21,1\text{ m/s}$

Calor a retirar $Q = 694\text{ Kw}$

Vazão de óleo $V = 2500\text{ l/min}$

Volume de óleo no mancal $V = 4000\text{L}$

Viscosidade do óleo 6^oE à 50^oC.

O mancal de escora, transfere as cargas axiais, por intermédio de um cone suporte, para a tampa da turbina e esta, através do pré-distribuidor para a obra civil.

12 sapatas, cada qual sobre 73 placas de amortecimento elásticas de borracha e placa de ajuste, estão dispostas sobre a superfície de apoio do cone suporte. Sapata, chapa de

fixação de placas de borracha e chapa de ajuste, são impedidas de girar por dois pinos colocados no suporte. As sapatas tem a superfície de deslizamento revestidas com metal anti-fricção V 738 de alta qualidade, possui um pino acabamento superficial e no sentido da rotação são levemente convexas.

A sapata pode bascular sobre a placa de amortecimento elástica e ajusta-se por si só, na posição ideal, com relação à carga.

O anel de escora inteiriço, está apanafusado no cabeçote de apoio, igualmente inteiriço e é centrado em relação a este.

Cabeçote de apoio e eixo são unidos mediante chaveta de ajuste para transferência no momento de atrito. No sentido axial, a força do eixo no cabeçote de apoio é transferida para o rotor. Na tampa do mancal, está disposto um visor de plexiglas e na concha o indicador do nível do óleo.

Contra infiltração de sujeira, o mancal está vedado com um anel estrangulador e um anel de facas. Este último é constituído de uma câmara com diversas furações, de modo que, no caso do rotor do gerador aspirar vapor de óleo, este pode ser adicionalmente aerado.

10.1 -- ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO DO MANCAL DE ESCORA

Um reservatório de óleo para 5400 litros de óleo largura = 1300/1950 mm; comprimento = 3000 mm; altura = 1500 mm.

A alimentação de óleo, permanece sempre ligada durante a prontidão para funcionamento da máquina.

Uma bomba de parafuso, acionada por motor elétrico, recalca o óleo do tanque, através de um filtro duplo, ao trocador de calor.

As tubulações de recalque das bombas são munidas de válvulas de retenção; estas impedem que o óleo possa retornar através da bomba ao tanque. Antes de cada válvula de retenção, está acoplado um pressostato, no caso da queda de pressão, este liga automaticamente uma bomba de reserva, além do que, para a indicação está instalado um manômetro. No início da tubulação de recalque comum as duas bombas, existe para

estas uma válvula de segurança.

O filtro duplo pode ser ligado durante o funcionamento, de maneira a possibilitar a limpeza deste, sem necessidade de parar a máquina.

Existe 4 trocadores de calor, um é de reserva. Em caso de entopimento ou sujeira em um trocador de calor, o de reserva pode ser ligado, sem interromper o funcionamento da turbina.

O óleo é resfriado a 10°C nos trocadores de calor.

O óleo flui através de uma tubulação anelar pelos tubos borrifadores sob a superfície de atrito do anel de escora.

O óleo aquecido pelo atrito, entre as sapatas e anel de escora, escoam sobre a aresta de transbordamento da bacia de óleo, de volta ao tanque.

A tubulação de óleo de pressão possui no seu ponto mais alto uma aeração, o que evita que na parada da máquina e no eventual empenamento da válvula de retenção, o óleo do mancal seja succionado e com isso transborde.

Entre a tubulação de óleo de pressão e o tanque existe uma tubulação By-Pass com válvula de regulação com diâmetro nominal 80.

Com o esfriamento do óleo (após longo tempo de parada), esta pode ser aberta até que o óleo atinja a sua temperatura normal.

11 - MANUTENÇÃO E CONTROLE PERIÓDICOS

11.1 - RECOMENDAÇÕES GERAIS

A segurança em serviços, a vida útil e a prontidão para a entrada em funcionamento de uma usina, dependem em larga escala da sua manutenção. Por isso, manter a máquina com todos os equipamentos sempre limpos. Poeira e depósito de sujeira devem ser removidos periodicamente das partes da máquina, assim como, vestígios de óleo e água de infiltração devem ser limpos e somadas suas causas, o mais rápido possível. Pinturas danificadas devem ser retocadas o quanto antes.

Os serviços de manutenção, relacionados a seguir, constituem uma recomendação. Os intervalos indicados com base na

experiência da máquina e sua necessidade pode ser modificados.

11.2 - MANUTENÇÃO DA TURBINA

11.2.1 - ROTOR COM ACOPLAMENTO

Para a inspeção do rotor, existe um carro de montagem com levantamento hidráulico. Este é colocado sobre a plataforma de inspeção na parte superior do tubo de sucção.

1º - Inspeção após 200 horas de funcionamento

2º - Inspeção após 1000 horas de funcionamento

Demais inspeção, regularmente cada 2000 horas de funcionamento.

Em cada inspeção devem ser executados os seguintes controles:

a - Estado de pintura

b - Solda sobreposta, próxima à coroa, verificar início ou ataque de cavitação.

c - Regiões de ligação das pás com a coroa e cubo, observar a isenção de trincas.

d - Em cada inspeção de rotor, dever ser controladas as travas dos parafusos de acoplamento e o pré-tensionamento em no mínimo um destes.

No surgimento de danos os intervalos devem ser reduzidos.

11.2.2 - ACOPLAMENTO EIXO GERADOR

Controle do pré-tensionamento em no mínimo um tirante de acoplamento.

Verificação das travas dos parafusos.

A cada 2000 horas de funcionamento até 8000 horas.

Depois a cada 12000 horas de funcionamento.

11.2.3 - RECONDICIONAMENTO DOS ROTORES

Plano de serviço

- Levantamento por escrito de cada pá, do estado real, bem como o possível vulto de serviço (quantos mm a serem esmerilhados, quantas camadas de solda a serem repostas, etc.) controle do formato com chapelona, a forma hidráulica origi-

nal deve ser mantida.

- Marcar o que deve ser retirado e, respectivamente resoldado.

- Escavar, esmerilhar, verificar, soldar e esmerilhar '' com repetidos controles mediante chapelona.

- Quando conseguida a forma prevista, esmerilhar as superfícies, de início, grosseiramente e inspecionar visualmente. Marcar os entalhes de esmerilhamento e similares.

- Controle final com Dy-Check.

- Costuras de solda, fundo, meio da pá, coroa, controlar visualmente, eventualmente controlar com Magnaflux ou Dy-Check.

PROCEDIMENTO AO ESCAVAR, ESMERILHAR E CONTROLAR

Escavar as superfícies para recondicionamento, e respectivamente aplicar a solda sobreposta adicional. A profundidade da escavação é considerada com base nas fotografias tiradas por ocasião das inspeções rotineiras intermediárias.

Por cada camada pode ser calculada uma espessura de 2 à 2,5 mm.

As superfícies escavadas devem ser esmerilhadas antes da solda.

As superfícies das soldas, devem ser esmerilhadas com rebolo ou ponta montada grossa.

Quando o perfil estiver conforme a chapelona pré-analisar a superfície, inspecionar visualmente e assinalar os entalhes de penetração da queima, poros, escórias e entalhes de esmerilhamento.

Escariar os pontos assinalados com ponta montada aguda soldar os locais e esmerilhar.

Desprezar os pequenos poros.

Efetuar o pré-polimento.

Efetuar o teste "Dy-Check" contra fissuras.

Efetuar o polimento final, observar com isso movimento amplo da máquina, caso contrário remodelação da forma.

Efetuar o controle final com "Dy-Check".

PROCEDIMENTO AO SOLDAR

Secar os eletrodos a 200°C na estufa. Pré-secar no mínimo duas horas. No canudo porta-eletrodo não colocar mais do que 20 eletrodos. Os eletrodos somente devem ser utilizados quando ao pegar estejam quentes.

Pré-aquecimento: antes de cada soldagem, a superfície deve ser pré-aquecida amplamente temperatura: 80 : 100°C.

A região a ser sobreposta, deve primeiramente ser cercada com dois cordões de solda. Nas superfícies escavadas e esmerilhadas determinar claramente as bordas por esmerilhamento. Caso a chapelona não tenha pontos de apoio fora do campo de soldas, então primeiramente sobrepor faixas aproximadamente 20 mm e estas da forma aproximada. A solda na região de meia cana, (união da pá com o cubo ou coroa do rotor), deve ser paralela a esta.

A região da soldagem não deverá ser sobreaquecida, isto é, estabelecer intervalos durante o processo de solda.

Nas más superfícies de soldagem antes da solda da segunda camada, esta superfície deverá ser esmerilhadas, para evitar falhas de ligação.

Observar que ao recondicionar poros etc., o lugar de falha deve ser eliminado por completo, porém o mínimo possível mediante ponta montada aguda.

Nas superfícies maiores, para medir a espessuras da camada, deixar aberturas em "janelas". Essas áreas livres de 25 x 25 mm, devem ser previstas, nas superfícies maiores, distanciadas de aproximadamente 300 mm.

Nas superfícies muito curvada deve ser escolhida uma distância menor, somente após a conclusão da usinagem mecânica e controle posterior no tocante à espessura requerida da camada, essas "janelas" serão fechadas por solda.

SOLDAGEM

a - Região do revestimento inox.

Eletrodo \varnothing 2,5 e 3,5 mm (material Nr. 1.4370 (V10A) AWS E 307-15.

b - Transição do revestimento para GS-19 Mn 4, respecti-

vamente GS-20 Mn 5.

Na região não revestida também será aplicado o eletrodo mencionado no item a; com que é recomendado soldar primeiramente a zona do bordo com um eletrodo ácido sem liga.

DADOS PARA SOLDAR (VALORES ORIENTATIVOS)

<u>Ø DO ELETRODO</u>	<u>CORRENTE</u>	<u>POSIÇÃO DE SOLDA</u>
3,5	70-80 A	Sobre cabeça respect.vertical
3,5	90-100 A	Horizontal
2,5	40-45 A	Sobre cabeça respect.vertical
2,5	45-50 A	Horizontal

11.2.4 - VEDAÇÃO DO EIXO

A vedação de anéis deslizante, praticamente dispensa manutenção. Ocasionalmente ela deve ser limpa e verificado o estado das superfícies de deslizamento duas vezes por ano.

O desgaste dos anéis de carvão é limitado em 10 mm por 4 apoios, e o controle pode ser efetuado em uma escala de medição.

Caso durante o funcionamento a quantidade de água de vedação aumentar muito, isto deve-se a uma das causas abaixo:

a - Sujeira na fresta entre anel de vedação e intermediário.

b - Desgaste dos anéis de carvão (assentamento sobre os 4 apoios).

c - Danos nas superfícies de deslizamento.

O fator mais importante para a vida útil de uma vedação de anéis deslizantes, é a alimentação contínua da água de bloqueio e a sua filtragem.

No filtro hidrociclone existe uma tubulação de drenagem de água suja. Drenar no caso de acúmulo de sujeira.

11.2.5 - APARELHO DISTRIBUIDOR

Os mancais das palhetas diretoras são de buchas revestidas de Fiberglide que dispensam manutenção, (sem lubrificantes).

Controle de desgaste etc. uma vez ao ano.

Controle de vazamento d'água nas vedações das palhetas

diretoras - semanalmente (somente em cima)

Inspeção das palhetas diretoras, paredes de proteção da pintura e das vedações para o pré-distribuidor cada 3 meses.

SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR

Teste de estanqueidade contra vazamento de óleo semanalmente.

Controle de desgaste, cilindro, êmbolo, tubo de proteção, vedação - cada 3-5 anos

TRAVA DO DISTRIBUIDOR

Controle da estanqueidade contra vazamento de óleo semanalmente.

Teste de funcionamento das chaves fim de curso e do servomotor da trava - mensalmente.

11.3 - MANUTENÇÃO E ABASTECIMENTO DE ÓLEO DOS MANCAIS

11.3.1 - MANCAL GUIA E DE ESCORA

Controle da:

Temperatura do mancal - diariamente

Indicação dos manômetros para bomba e entrada em funcionamento - semanalmente.

Nível de óleo do mancal - semanalmente.

Teste de funcionamento dos pressostatos para bomba de entrada em funcionamento - semanalmente.

Mensalmente, respectivamente de acordo com a necessidade após acúmulo de sujeira, os filtros da bomba de alívio do mancal devem ser limpos.

11.3.2 - ABASTECIMENTO DE ÓLEO DOS MANCAIS

Controle do nível de óleo e circulação do mesmo - semanalmente.

Teste de funcionamento dos detetores de fluxo de óleo e água de refrigeração - mensalmente.

Limpeza dos trocadores de calor - semanalmente, assim que detetar acúmulo de sujeira.

ANÁLISE DO ÓLEO - 1º teste após uma semana, durante a operação mensalmente, posteriormente a cada 6 meses.

Mensalmente ou de acordo com a necessidade, assim que detetar acúmulo de sujeira, os filtros de alimentação de óleo

devem ser limpos.

11.3.3 - TROCA DE ÓLEO DO MANCAL GUIA E DE ESCORA

1 - ELIMINAÇÃO DO ÓLEO VELHO

Verificar que, antes de introduzir o óleo novo, todo o óleo do reservatório, admissões no mancal, tubulações, trocadores de calor e bombas de entrada de funcionamento tenha sido eliminado por completo.

2 - INTRODUÇÃO DO ÓLEO NOVO

2.1 - Antes de introduzir o óleo, deve ser verificado, que o óleo corresponde às especificações citadas nas prescrições da máquina.

2.2 - Encher o reservatório de óleo até a marca superior do visor.

2.3 - Encher trocador de calor e eliminar o ar.

3 - TESTES ANTES DA ENTRADA EM FUNC. DA TURBINA

Ligar as bombas de entrada em funcionamento durante 5 minutos, para que todo o ar das bombas e tubulações escape.

4 - ENTRADA EM FUNCIONAMENTO DA TURBINA

Registrar a cada 5 minutos em protocolo, as temperaturas dos mancais, até a sua estabilização. Controlar o nível de óleo e se necessário completar.

11.4 - RECOMENDAÇÕES ADICIONAIS PARA MANUTENÇÃO

MANTER O ÓLEO DOS RESERVATÓRIOS LIMPO

Após a entrada em funcionamento o óleo deve ser filtrado.

Eventualmente drenar vapor d'água condensado. Pela primeira vez - após 200 horas de funcionamento, posteriormente conforme a necessidade.

POLUIÇÃO DE ÓLEO E GRAXA

Afim de proteger as máquinas, turbinas, reguladores e pertencentes, no caso da poluição do óleo ou graxa, prevalece a seguinte prescrição:

Se o óleo dos mancais, do regulador ou de um grupo auxiliar é poluído por corpos estranhos (água, lama, entulho, etc.) a máquina atingida deve ser imediatamente parada.

Após todas as partes que entraram em contato com o óleo

ou graxa poluídos, devem ser limpos rigorosamente, inclusive os reservatórios para óleo e graxa.

O óleo poluído pode ser limpo por centrifugação; eventualmente deve ser renovado.

BUCHAS DE FIBERGLIDE NOS MANCAIS DAS PALHETAS DIRETORAS E ARO DE REGULAÇÃO

Estas buchas tem por via de regra, pouca folga na superfície de deslizamento, às vezes até pequenas interferências.

A superfície em si, é facilmente danificável e deve ser preservada cuidadosamente. Esmerilhar, rasquetear ou outro'' acabamento de superfície não é permissível; a película seria totalmente destruída.

A haste da palheta diretora, a bucha, pinos etc., não pode apresentar cantos vivos, sucos ou outro tipo de dano. Resaltos e cantos de montagem devem ser arredondados e polidos. As superfícies de deslizamento (Fiberglide e superfície adjacentes) devem ser engraxadas com graxa a base de silicone. Posteriormente as buchas são encaixadas com máximo cuidado sobre o respectivo munhão rotativo.

12 - CONCLUSÃO

O estágio que realizei nesta empresa me foi de grande valia pela quantidade e qualidade de conhecimentos que recebi.

Tambem foi muito compensador a oportunidade que tive em poder colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos na universidade.

Assim, quero dizer da minha experiência como estagiário da CHESF.

No período de 40 dias que ali estive, tive a grata oportunidade de conviver de perto e ao mesmo nível com o operário, com o qual terei que lidar futuramente como profissional, e ao mesmo tempo pude chegar perto, tocar e sentir o que é uma máquina e mais que isto toda a engrenagem que compõe uma usina hidrelétrica.

Considero pois, que o estágio quanto mais relacionado ao aprendizado teorico, se faz fundamental e muito mais, necessário, para quem quer exercer sua profissão com ética e saber.

AGRADECIMENTO

Ao encerramento do estágio quero deixar os meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para que eu pudesse absorver mais uma parcela de conhecimentos dentro do corpo da Engenharia Mecânica, e de maneira especial e extensiva ao Eng^o. Rogério Motta Bittencout como orientador e amigo durante o estágio.

Ao Eng^o. Evaristo José Braga Cavalcanti, eu não tenho palavras para agradecer, pois o mesmo foi agente decisivo para que pudesse realizar o referido estágio.

Só me resta agradecer a todos aqueles operários que me acompanharam e me mostraram as soluções dos problemas que apareceram durante o estágio, o meu muito obrigado.

Gilvaldo Pordeus Antunes
- Estagiário -

A N E X O S



DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins, que o Sr. GIVALDO PORDEUS ANTUNES, estagiou no acompanhamento das obras da Usina de PA-IV (DOP/DTMU), na parte Mecânica, no período de 01/07 a 11/08/82, totalizando uma carga horária de 240:00 hs (duzentas e quarenta horas).

Paulo Afonso, 11 de agosto de 1982

EVARISTO JOSÉ BRAGA CAVALCANTI
ENGº CHEFE DO DEPARTAMENTO DE OBRAS
DE PAULO AFONSO

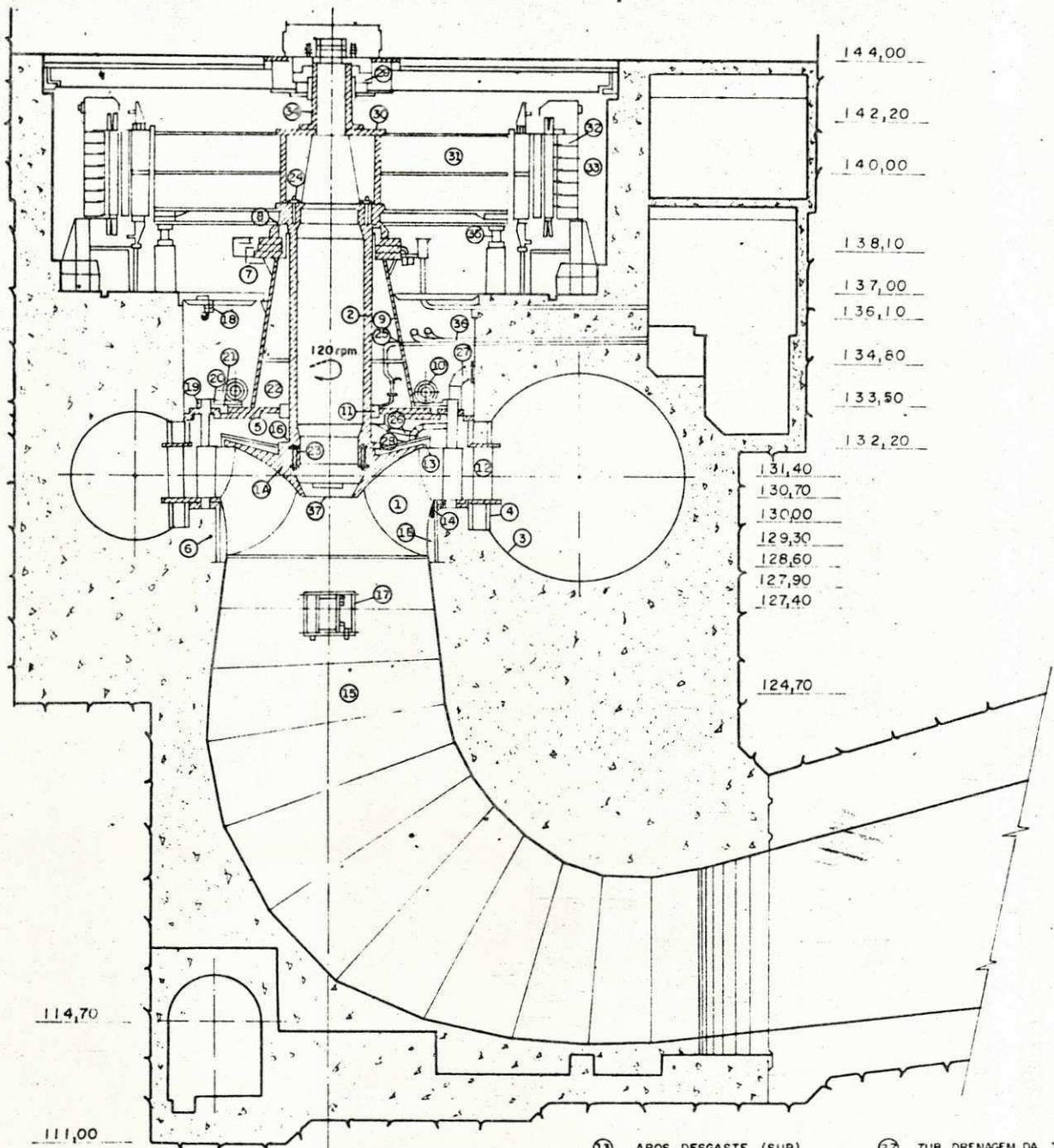
VISTO:

JOSÉ RENATO PIRES DE ALMEIDA
ENGº CHEFE DA DTMU



USINA PAULO AFONSO - IV
 CONJUNTO TURBINA / GERADOR
 - CORTE -

SITUAÇÃO ESQUEMÁTICA SALA DE MÁQUINAS



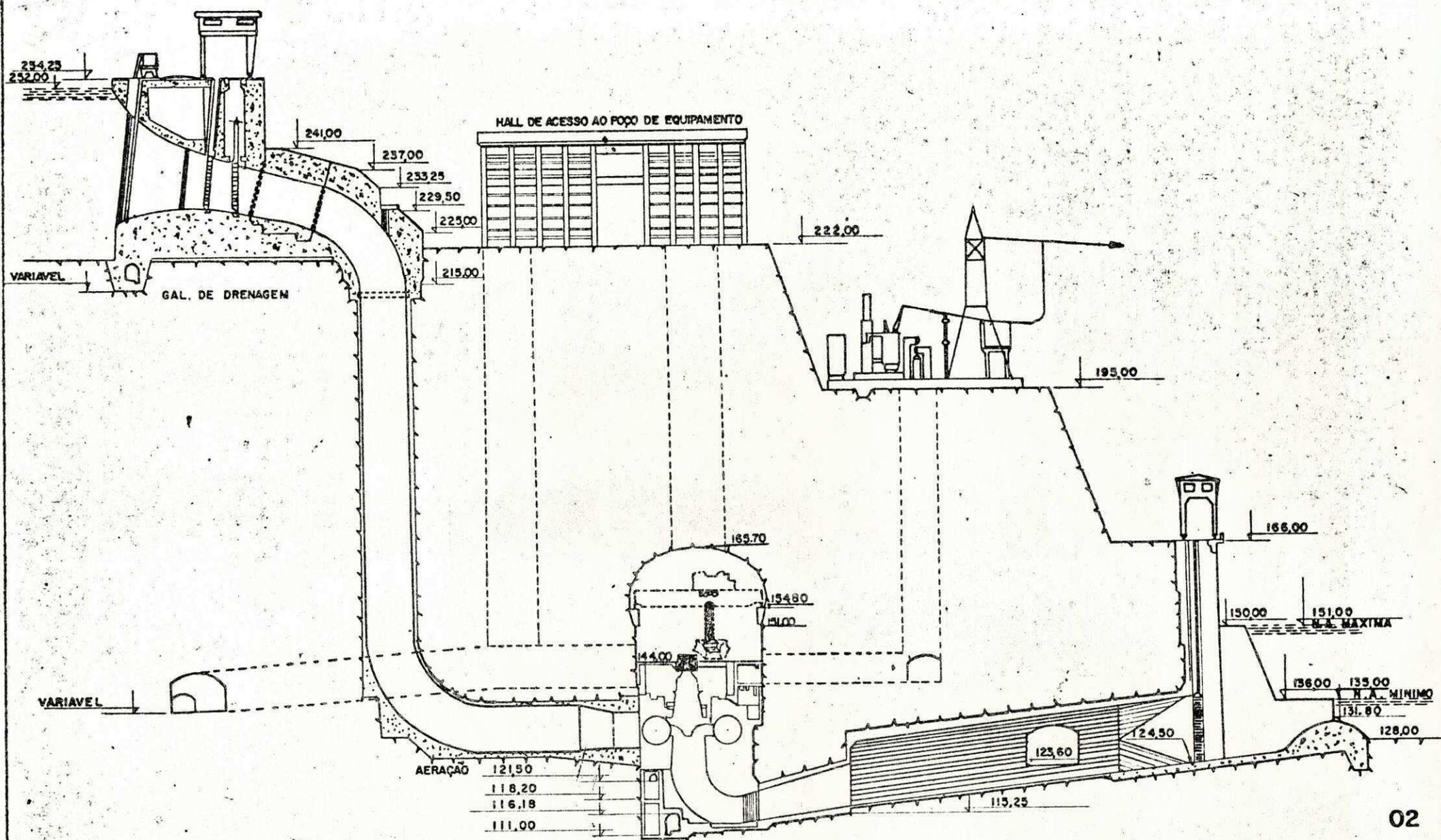
CARACTERÍSTICAS DA TURBINA

QUEDA ÚTIL ——— H= 112,5m.
 VAZÃO ——— Q= 385 m³/s
 ROTAÇÃO ——— r= 120 rpm
 POTÊNCIA ——— p= 403 Mw
 PÊSO DO ROTOR ——— 136.100 t.
 PÊSO DA TAMPA ——— 89 t.
 PÊSO DO EIXO ——— 75.800 t.

- ① PA DO ROTOR
- ② CUBO DO ROTOR
- ③ CORÇA DO ROTOR
- ④ EIXO DA TURBINA
- ⑤ CAIXA ESPIRAL
- ⑥ PRÉ-DISTRIBUIDOR
- ⑦ TAMPA DA TURBINA
- ⑧ ARO DE SAÍDA
- ⑨ SAPATA DO MANCAL
- ⑩ BLOCO DE ESCORA
- ⑪ CONE-SUPORTE
- ⑫ SERVO-MOTOR
- ⑬ MANCAL DE GUIA
- ⑭ PALHETA DIRETORA

- ⑮ AROS DESGASTE (SUP)
- ⑯ AROS DESGASTE (INF)
- ⑰ TUBO DE SUCCÃO
- ⑱ VEDAÇÃO DO EIXO
- ⑲ ACESSO AO REV. DO TB DE SUC.
- ⑳ MONOVIA CIRCULAR
- ㉑ ALAVANCA INTERNA
- ㉒ ALAVANCA EXTERNA
- ㉓ BIELA
- ㉔ ARO DE REGULAÇÃO
- ㉕ TIRANTE ACOPLAMENTO
- ㉖ TIRANTE ACOPLAMENTO
- ㉗ TUB. DE ENTRADA DE ÓLEO DO MANCAL GUIA
- ㉘ TUB. DE SAÍDA DE ÓLEO DO MANCAL GUIA

- ㉙ TUB DRENAGEM DA TAMPA DA TURBINA
- ㉚ TUB. DE SAÍDA DA ÁGUA DE BLOQUEIO
- ㉛ MANCAL DE GUIA DO GERADOR
- ㉜ CUBO DO ROTOR DO GERADOR
- ㉝ ROTOR DO GERADOR
- ㉞ ESTATOR
- ㉟ RADIADOR
- ㊱ PROLONGAMENTO DO EIXO
- ㊲ FREIO DO GERADOR
- ㊳ TUBULAÇÃO DE SAÍDA DE ÓLEO DO MANCAL DE ESCORA
- ㊴ TAMPA DO ROTOR



02

OBS.	CIA. HIDRO ELÉTRICA DO S. FRANCISCO		
	OBRA: USINA P. AFONSO IV	ESC.	DES. Nº
		14-11-80	
	USINA P. AFONSO IV	PROJ.	
		DES. IRATAN	
		VERIF.	
		VISTO	
		APROV.	