

1	30/04/13	Consolidação a pedido do Ibama	DOS	MJJG	MJJG
00	14/08/09	Emissão final	DOS	FAR	OBdS/ FAR
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.



ODEBRECHT
Engenharia e Construção

DESENVIX

ENGEVIX

EMPREENDIMENTO:

USINA HIDRELÉTRICA RIACHO SECO – ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÁREA:

MEIO AMBIENTE

TÍTULO:

CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

ELAB.	DOS	VERIF.	FAR	APROV.	OBdS/FAR	R. TEC.:	CREA NO
						SBN	26.954-D
CÓDIGO DOS DESCRITORES				DATA	14/08/2009	Folha:	de
-- --						1	64
Nº DO DOCUMENTO:						REVISÃO	
8810/00-60-RL-1000						1	

APRESENTAÇÃO

Este Capítulo IV apresenta a caracterização da UHE Riacho Seco e do sistema de transmissão associado, e atende ao item II.3 do Termo de Referência do Ibama.

O primeiro item apresenta o empreendimento em termos gerais, e é seguido pelo histórico da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf. O terceiro item trata das justificativas do empreendimento.

O quarto item traz a descrição da UHE Riacho Seco. Inicialmente é feita uma descrição geral do empreendimento e de seu arranjo. Em seguida são apresentados em detalhes os estudos hidráulicos, que permitiram projetar o desvio do rio, as ensecadeiras, o vertedouro, o circuito hidráulico de geração e o canal de drenagem. Posteriormente são caracterizados os equipamentos e sistemas mecânicos, como as turbinas, grade da tomada d'água, comportas, pórticos, ponte rolante e sistemas auxiliares. Em seguida são apresentados os equipamentos elétricos, como os geradores, transformadores, barramentos, para-raios e equipamentos auxiliares. Na sequência, o enchimento do reservatório é avaliado para várias situações. Por fim, é apresentado o cronograma e informações sobre a operação do empreendimento.

O quinto item apresenta a infraestrutura de apoio à obra, incluindo o canteiro de obras, as áreas de empréstimo e bota-fora e a mão de obra.

O último item descreve o sistema de transmissão, trazendo suas características técnicas e informações sobre as fases de implantação e operação e manutenção.

Lista de figuras

Figura 1.1 Localização da UHE Riacho Seco.....	6
Figura 4.1 Perfil e seções utilizadas no remanso do canal de fuga.....	21
Figura 5.1 Fluxo de Materiais	48
Figura 5.2 Histograma de alocação de mão de obra.....	49
Figura 6.1 Local indicado para instalação do canteiro de obras (426.956 / 9.028.582)...	57
Figura 6.2 Acesso e canteiro de obras	58

Lista de quadros

Quadro 2.1 Usinas hidrelétricas da Chesf	9
Quadro 4.1 Características do vertedouro da UHE Riacho Seco.....	16
Quadro 4.2 Curva de vazão do vertedouro	17
Quadro 4.3 Perfil da linha d'água no vertedouro em três seções	18
Quadro 4.4 Escoamento na calha do vertedouro ($Q = 27.000 \text{ m}^3/\text{s}$).....	19
Quadro 4.5 Resultados da simulação.....	22
Quadro 4.6 Ganho energético com a construção do canal	24
Quadro 4.7 Características básicas dos geradores.....	35
Quadro 4.8 Características dos transformadores elevadores.....	36
Quadro 4.9 Características do conjunto de pára-raios	37
Quadro 4.10 Características do conjunto de TPC's.....	38
Quadro 4.11 Tabela de permanências mensais descontada a vazão de $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$	43
Quadro 4.12 Tempo de enchimento (dias) do reservatório	44
Quadro 5.1 Resumo dos volumes dos materiais pesquisados de solo e areia.....	46

Lista de tabelas

Tabela 4.1 Perda de carga no circuito de geração	23
Tabela 5.1 Balanço de materiais naturais de construção	47

SUMÁRIO

CAPÍTULO IV CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	6
1 APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	6
2 HISTÓRICO DO PROPONENTE	7
3 JUSTIFICATIVAS PARA O EMPREENDIMENTO	9
4 DESCRIÇÃO DA UHE RIACHO SECO	10
4.1 Descrição geral do empreendimento.....	10
4.2 Arranjo geral	12
4.3 Estudos hidráulicos	13
4.3.1 Desvio do rio.....	13
4.3.2 Dimensionamento das ensecadeiras.....	14
4.3.3 Dimensionamento do vertedouro.....	16
4.3.4 Circuito hidráulico de geração	20
4.3.5 Canal de drenagem	24
4.4 Equipamentos e sistemas mecânicos	24
4.4.1 Turbina	24
4.4.2 Grade da tomada d'água	26
4.4.3 Comporta ensecadeira da tomada d'água.....	27
4.4.4 Pórtico da tomada d'água.....	28
4.4.5 Rastelo limpa grades	28
4.4.6 Comportas vagão do tubo de sucção	29
4.4.7 Comporta ensecadeira do tubo de sucção	29
4.4.8 Ponte rolante da casa de força.....	30
4.4.9 Pórtico rolante do tubo de sucção	31
4.4.10 Comportas segmento do vertedouro	32
4.4.11 Comporta ensecadeira do vertedouro	32
4.4.12 Pórtico rolante do vertedouro	33
4.4.13 Sistemas auxiliares mecânicos.....	33
4.5 Equipamentos elétricos principais	34
4.5.1 Geradores e equipamentos associados	34
4.5.2 Transformador elevador	36
4.5.3 Barramentos blindados de fases isoladas	36
4.5.4 Para-raios de 500 kV.....	37
4.5.5 Transformador de potencial capacitivo (sistema de medição de faturamento).....	37

4.6 Equipamentos elétricos auxiliares.....	38
4.6.1 Sistema de supervisão e controle.....	38
4.6.2 Sistema de proteção.....	39
4.6.3 Sistema de medição.....	40
4.6.4 Medição de faturamento.....	40
4.6.5 Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada.....	41
4.6.6 Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua 125 VCC.....	42
4.7 Enchimento do reservatório.....	43
4.8 Cronograma de execução.....	44
4.9 Operação do empreendimento.....	45
5 INFRAESTRUTURA DE APOIO À OBRA.....	45
5.1 Canteiro de obras.....	45
5.2 Áreas de empréstimo e bota-fora.....	46
5.3 Balanceamento de Materiais.....	47
5.4 Mão de obra.....	49
6 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....	49
6.1 Características técnicas do empreendimento.....	49
6.1.1 Fontes de distúrbios e interferências.....	53
6.1.2 Medidas de segurança.....	53
6.2 Caracterização do empreendimento.....	54
6.2.1 Etapa de implantação.....	54
6.2.2 Etapa de operação e manutenção.....	61
6.3 Riscos e acidentes.....	63
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

CAPÍTULO IV CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

1 APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A UHE Riacho Seco foi projetada para ser implantada no rio São Francisco, no trecho situado entre as hidrelétricas de Sobradinho e Itaparica, no local de coordenadas geográficas 08° 46' 49" de Latitude Sul e 39° 41' 13" de Longitude Oeste (Figura 1.1). O eixo da barragem está localizado nos municípios de Santa Maria da Boa Vista (PE) e Curaçá (BA), sendo que a casa de força estará localizada neste último, na margem baiana do rio São Francisco. Além dos municípios acima, uma pequena porção do reservatório irá atingir os municípios de Lagoa Grande (PE) e de Juazeiro (BA).



Figura 1.1
Localização da UHE Riacho Seco

O objetivo do empreendimento é acrescentar 185,5 MW médios de energia firme ao Sistema Interligado Nacional – SIN.

As principais características da UHE Riacho Seco são:

- Potência Instalada 276 MW;
- Energia Firme 185,5 MW med;
- Nível d' Água Máximo Normal 351,00 metros;
- Queda Bruta 9,25 metros;
- Área do Reservatório 132,53 km²;
- Barragem Enrocamento revestido com face de concreto;
- Vertedor Controlado por comportas tipo segmento;
- Turbinas Bulbo;
- Investimento R\$ 2.149.000.000,00;
- Custo de Geração 103,88 R\$/MWh.

A subestação estará localizada na margem direita e interligará a usina ao sistema elétrico através de seccionamento da linha em 500 kV LT 05C4 Sobradinho – Luiz Gonzaga, por meio de dois trechos em 500 kV com cerca de 11 km de extensão (ver Desenho 8810/00-30-DE-0004).

2 HISTÓRICO DO PROPONENTE

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf, subsidiária das Centrais Elétricas Brasileiras S/A – Eletrobrás, foi criada pelo Decreto-Lei nº 8.031, de 03 de outubro de 1945, e constituída na primeira assembleia geral de acionistas, realizada em 15 de março de 1948, com a missão de produzir, transmitir e comercializar energia elétrica para a Região Nordeste do Brasil. Além de atender tradicionalmente aos estados da Bahia, de Sergipe, de Alagoas, de Pernambuco, da Paraíba, do Rio Grande do Norte, do Ceará e do Piauí, com a abertura permitida pelo novo modelo do Setor Elétrico Brasileiro, a Chesf tem contratos de venda de energia em todos os submercados do sistema interligado nacional. O despacho das usinas da Chesf é realizado pelo Operador Nacional do Sistema – ONS, que faz a otimização dos recursos energéticos disponíveis, intercambiando energia entre as diversas regiões do País.

O Sistema de Geração da Chesf, atualmente, é composto de quatorze usinas hidrelétricas e uma termelétrica, com uma potência nominal disponível de 10.618,32 MW, a maior entre as empresas nacionais do Setor Elétrico. Incorporadas a esse sistema, existem 870 mVAr de potência reativa instalada, em nove plantas de Compensadores Síncronos com unidades entre 20 mVAr e 150 mVAr.

A energia elétrica é transmitida através de um amplo, variado e complexo Sistema de Transmissão, composto de 94 subestações e mais de 18.000 km de linhas, nas tensões de 69, 138, 230 e 500 kV. Esse também é o maior sistema de transmissão do país, em extensão.

A seguir é apresentado um breve histórico das principais hidrelétricas da Chesf:

- 1948 - Início da construção da hidrelétrica de Paulo Afonso I, primeira grande usina da Chesf erguida no rio São Francisco;
- 1954 - Entrada em operação da Usina de Paulo Afonso I, com 180 mil kW de potência instalada;
- 1961 - Entrada em operação da hidrelétrica de Paulo Afonso IIA, com uma potência de 215 mil kW;
- 1967 - Funcionamento da usina de Paulo Afonso IIB. Mais 228 mil kW de potência instalada no Nordeste;
- 1971 - Funcionamento da usina de Paulo Afonso III. Uma usina com 794 mil kW;
- 1977 - Começo da operação da hidrelétrica Apolonio Sales (Moxotó), uma usina com 400 mil kW. O nome é uma homenagem ao idealizador da Chesf;
- 1979 - Entrada em operação a Usina Hidrelétrica de Sobradinho, com 1 milhão e 50 mil kW de potência instalada. Sobradinho gera energia a partir do aproveitamento das águas de um dos maiores lagos artificiais do mundo, o reservatório de Sobradinho, com uma área de 4 mil km² e capacidade de 34 bilhões de m³. Serve para regularizar a vazão do rio São Francisco;
- 1979 - Início do funcionamento da usina Paulo Afonso IV. A última e mais moderna do Complexo de geração em Paulo Afonso, Bahia, com uma capacidade instalada de 2 milhões 462 mil kW;
- 1988 - Funcionamento da hidrelétrica Luiz Gonzaga (Itaparica), com uma capacidade instalada de 1 milhão e 480 mil kW;
- 1994 - Entrada em operação a hidrelétrica de Xingó, a maior e mais moderna da Chesf. Sozinha, possui 30% da capacidade de geração de energia da Companhia, com uma potência instalada de 3 milhões e 162 mil kW.

O Quadro 2.1 a seguir apresenta a relação de todas as usinas hidrelétricas da Chesf.

Quadro 2.1
Usinas hidrelétricas da Chesf

Usina hidrelétrica	Localização	Potência (MW)	Ano de início da operação
Araras	Rio Acaraú (CE)	4,0	1967
Boa Esperança	Rio Parnaíba (PI)	237,3	1970
Curemas	Rio Piancó (PB)	3,5	1957
Sobradinho	Rio São Francisco (BA)	1.050,0	1979
Luiz Gonzaga (Itaparica)	Rio São Francisco (PE)	1.479,6	1988
Paulo Afonso I	Rio São Francisco (PE)	180,0	1954
Paulo Afonso II	Rio São Francisco (PE)	443,0	1961
Paulo Afonso III	Rio São Francisco (PE)	794,2	1971
Paulo Afonso IV	Rio São Francisco (PE)	2.462,4	1979
Apolônio Sales (Moxotó)	Rio São Francisco (AL)	400,0	1977
Piloto	Rio São Francisco (PE)	2,0	1949
Xingó	Rio São Francisco (SE)	3.162,0	1994
Pedra	Rio das Contas (BA)	20,0	1978
Funil	Rio das Contas (BA)	30,0	1962

Fonte: Chesf (http://www.chesf.gov.br/energia_parquedegeeracao_usinas.shtml)

3 JUSTIFICATIVAS PARA O EMPREENDIMENTO

A principal justificativa para o empreendimento é a necessidade de se aumentar a oferta de energia elétrica em um cenário de aumento de consumo. Como apresentado no capítulo anterior, o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica prevê que o mercado de energia elétrica aumentará cerca de 5,1 % ao ano no decênio 2006-2015. Prevê-se um aumento ligeiramente superior à este valor para a Região Nordeste. Para atender a esse mercado, será necessária a instalação de cerca de 40 GW, em grande parte de hidrelétricas.

Dado o nível de incerteza que caracteriza a evolução de vários parâmetros fundamentais para o planejamento, a inserção de projetos de médio porte no Programa de Expansão, envolvendo menos esforço e risco financeiro e com mais elasticidade de cronograma de construção que um grande projeto, passa a ser uma solução altamente recomendável para o Setor.

Dentro desse contexto, a UHE Riacho Seco, na bacia do rio São Francisco, constitui-se uma opção altamente atrativa, face à sua economicidade intrínseca, por sua localização estratégica face ao mercado consumidor e a proximidade de linhas de transmissão de grande porte.

Para efeito comparativo, em termos do mercado local em que se instalará a UHE Riacho Seco, tem-se que a energia a ser agregada ao Sistema Integrado Nacional – SIN pelo empreendimento equivalerá a duas vezes o consumo total, no mesmo ano, do município

de Jaboatão dos Guararapes-PE cuja população em 2000 era de cerca de 580 mil habitantes.

Outra justificativa importante para o empreendimento é a presença da UHE Sobradinho, logo a montante, que regulariza as vazões do rio São Francisco. Tal fato aumenta a garantia de vazões mínimas suficientes para geração de energia na UHE Riacho Seco durante as estiagens.

A UHE Riacho Seco apresenta índice de mérito, ou índice de custo-benefício da usina (ICB), de 103,88 R\$/MWh, inferior ao valor de venda de energia adotado nos últimos leilões (125,00 R\$/MWh), permitindo concluir que, do ponto de vista técnico-econômico, é plenamente justificável a implantação da mesma.

Relativamente aos benefícios socioambientais esperados com a implantação da UHE Riacho Seco, podem ser destacados:

- dinamização socioeconômica induzida pela presença do empreendimento;
- disponibilização de energia como incentivo a instalação de projetos e empreendimentos industriais, aumentando a oferta de empregos na região;
- implantação do projeto com foco nas questões socioambientais, minimizando as interferências e diminuindo os riscos ambientais;
- inserção do empreendimento em ações de monitoramento e gestão ambiental da bacia do rio São Francisco;
- produção de conhecimento técnico e científico das várias disciplinas das ciências naturais e sociais, resultante dos estudos e monitoramentos ambientais;
- possibilidade de aplicação de compensações ambientais em uma região carente de Unidades de Conservação e áreas protegidas.

4 DESCRIÇÃO DA UHE RIACHO SECO

4.1 Descrição geral do empreendimento

Dadas as características do sítio de barramento, com vale aberto e queda produzida pela barragem, foi concebido um arranjo cujas principais características são a longa, porém baixa, barragem de enrocamento com face de concreto, vertedouro sem ogiva equipado com comportas e casa de força integrada à tomada d'água, em um único bloco, no braço direito do rio (Desenho 8810/00-30-DE-0004).

Devido à relativa escassez de solos argilosos em distâncias inferiores a 5 km dos locais escolhidos para barragens, aliada à relativa abundância de materiais rochosos provenientes de escavações obrigatórias, selecionou-se alternativa de barragem de enrocamento com face de concreto – BEFC.

O corpo principal da barragem seria constituído de enrocamento compactado executado em camadas com espessuras lançadas controladas e compactadas com rolo liso vibratório. A cota de coroamento da crista do maciço de enrocamento foi fixada na El. 354,00 e largura total de 10,0 m.

Os barramentos de BEFC foram dispostos em três trechos, sendo uma à direita da casa de força (Barragem Margem Direita), com extensão aproximada de 160 m que fecha o barramento com o terreno natural da ombreira direita. Entre o vertedouro e o canal esquerdo do rio, haverá um barramento do tipo BEFC (Barragem Central), com extensão aproximada de 675 m até encontrar um relevo topográfico em maciço rochoso. O barramento prossegue no sentido da margem esquerda, a partir do outro lado da elevação topográfica acima mencionada, atravessa o canal esquerdo do rio e fecha o barramento na ombreira esquerda do vale do São Francisco. Esse último trecho da barragem (Barragem do Canal Esquerdo), igualmente apresenta seção de enrocamento com face de concreto, com extensão estimada de 615 m.

O vertedouro é do tipo de fundo, controlado por comportas e foi dimensionado para a vazão decamilenar de 24.262 m³/s, admitindo sobrelevação até a cota 354,00 m, possibilitando com isso descarregar uma vazão de 30.500 m³/s, em 12 vãos de 18,5 m de altura por 16,0 m de largura (Desenho 8810/00-3F-DE-0101).

A baixa altura da barragem foi um fator crítico no dimensionamento do vertedouro, que funciona afogado e tem o seu coeficiente de vertimento drasticamente reduzido à medida em que a queda diminui, levando à necessidade de aumentar o número de comportas.

A casa de força é do tipo abrigada, formando um bloco único com a tomada d'água. Apresenta oito unidades geradoras do tipo Bulbo, que é o tipo de máquina mais adequada para as quedas observadas e potências envolvidas.

A tomada d'água é protegida por grades, sendo cada vão dividido ao meio por um pilar, de modo a diminuir os vãos das grades. Os tubos de sucção contam com comportas de emergência do tipo vagão e de manutenção ("stoplog") (Desenho 8810/00-3F-DE-0201).

O canal de drenagem interligando os braços direito e esquerdo do rio São Francisco na ilha do Inhanhum foi projetado de modo a restaurar a distribuição natural de vazões naquele trecho do rio São Francisco. Com a manutenção das condições naturais evita-se a elevação excessiva do nível d'água a jusante por estrangulamento do braço direito, o que provocaria conseqüentemente, uma redução da queda de projeto. Além disso, tal medida garante a permanência do escoamento nos canais ao longo de toda a ilha, inclusive no canal derivado do braço esquerdo. O canal foi dimensionado com 80 m de largura de base, escavado em rocha (talude 1V:0,2H) e em solo (1V:3H), sendo protegido por enrocamento.

O grande volume de água a ser desviado e a presença de ilhas no sítio são as principais condições de contorno que caracterizam os problemas a serem enfrentados para desviar o curso d'água no local. As investigações realizadas e as análises feitas, associadas ao arranjo proposto definiram uma solução com um esquema de desvio por fases, conforme ilustrado nos Desenhos 8810/00-30-DE-0101 a 8810/00-30-DE-0103.

Na primeira fase o desvio ocorrerá pelo braço esquerdo do rio. Esta fase deverá durar cerca de dois anos sendo as ensecadeiras dimensionadas para uma cheia com recorrência de 25 anos, ou 11.880 m³/s. Adotou-se uma borda livre mínima de 1,0 m. Na segunda fase, o rio será desviado através dos vãos do vertedouro, tendo as ensecadeiras sido dimensionadas para uma vazão com recorrência de 100 anos, considerando-se apenas o período seco (5.603 m³/s). Adotou-se borda livre mínima de 1,0 metro.

Tendo em vista a grande capacidade de regularização do reservatório de Sobradinho (usina cuja concessão está com a Chesf), estuda-se a possibilidade de, a partir de sua operação, otimizar o desvio do rio durante a segunda fase.

4.2 Arranjo geral

As estruturas da tomada d'água, casa de força e vertedouro estão posicionadas no braço direito do rio São Francisco, dividido em dois naquele local pela Ilha do Inhanhum. A casa de força está assente no leito do rio e o vertedouro está imediatamente à sua direita.

Devido a relativa escassez de solos argilosos em distâncias inferiores a 5 km dos locais escolhidos para barragens, aliada à relativa abundância de materiais rochosos provenientes de escavações obrigatórias, selecionou-se alternativa de barragem de enrocamento com face de concreto, BEFC.

Nessa alternativa, o corpo principal da barragem seria constituído de enrocamento compactado executado em camadas com espessuras lançadas controladas e compactadas com rolo liso vibratório. A cota de coroamento da crista do maciço de enrocamento foi fixada na El. 354,00 e largura total de 10,0 m. Haverá um paramento de concreto armado junto à borda de montante da crista, com coroamento na El. 355,00. Os taludes de montante e jusante foram fixados em 1V:1,3H. A largura do plinto de concreto foi fixada em 3,00 m, devendo ser chumbado no maciço rochoso da fundação para combater subpressão.

Prevê-se necessidade de executar cortina de injeções ao longo do plinto, iniciando as injeções por furos exploratórios com espaçamentos amplos e fechando os espaçamentos iniciais, se as absorções de cimento nesses furos justificarem a execução de furos intermediários.

Os barramentos de BEFC foram dispostos em três trechos, sendo uma à direita da Casa de Força (Barragem Margem Direita), com extensão aproximada de 160 m que fecha o barramento com o terreno natural da ombreira direita. Entre o Vertedouro e o Canal Esquerdo do rio, haverá um barramento do tipo BEFC denominada Barragem Central, com extensão aproximada de 675 m até encontrar um relevo topográfico em maciço rochoso. O barramento prossegue no sentido da margem esquerda, a partir do outro lado da elevação topográfica acima mencionada, atravessa o canal esquerdo do rio e fecha o barramento na ombreira esquerda do vale do São Francisco. Esse último trecho da barragem, denominada Barragem do Canal Esquerdo, igualmente apresenta seção de enrocamento com face de concreto, com extensão estimada de 615 m.

O vertedouro é desprovido de ogiva, possuindo uma soleira plana na elevação 332,5 m e 12 vãos de 18,5 m de altura por 16,0 m de largura. Com essas dimensões o vertedouro

tem capacidade de extravasar até 24.262 m³/s, admitindo uma sobrelevação até a cota 354 m, correspondente à vazão de 30.500 m³/s.

O canal de aproximação ao vertedouro será escavado na margem direita, com 600 m de comprimento e fundo na elevação 336,0 m, seguido de rampa 1:8 até a elevação 332,50 m e largura variável. A dissipação de energia se dará naturalmente no canal de restituição, de 540 m de comprimento.

O conjunto, tomada d'água/casa de força é formado por oito blocos monolíticos de concreto, com crista na elevação 355,0 m. A casa de força será do tipo abrigada com unidades do tipo Bulbo e diâmetro do rotor de 7,35 m.

O canal de fuga, com extensão de 85 m, em rampa de 1V:6H, será escavado em rocha e ajustado à sua posição no leito do rio.

A subestação está localizada na margem direita e interligará a usina ao sistema elétrico através de seccionamento da linha em 500 kV LT 05C4 Sobradinho – Luiz Gonzaga, por meio de dois trechos em 500 kV com cerca de 11 km de extensão.

O desvio está previsto para duas fases. Na primeira fase o local de implantação das estruturas será fechado por ensecadeira na elevação 348,50 m, e o rio será desviado pelo braço esquerdo. Na segunda fase o rio será desviado pelo vertedouro e a área de implantação da barragem será protegida por ensecadeira na elevação 344,00 m.

A ensecadeira de 1ª fase será parcialmente removida antes da 2ª fase de desvio e rebaixada para a cota 345,00, com o objetivo de proteger a tomada d'água da deposição de sedimentos. A partir dessa fase, e durante a operação da usina, essa estrutura denominada Septo Submerso desviará os sedimentos em direção ao vertedouro.

4.3 Estudos hidráulicos

4.3.1 Desvio do rio

Para a construção das estruturas da usina, o desvio do rio São Francisco se dará em duas fases, em consonância com o cronograma de obras.

Antes da construção da ensecadeira de 1ª fase deverão ser escavados os canais de aproximação e restituição na margem direita, a seco. Concomitantemente à construção dos canais, inicia-se a implantação da ensecadeira de 1ª fase a partir da margem direita do rio. A ensecadeira de 1ª fase permitirá a construção do vertedouro, tomada d'água e casa de força, no leito do rio, e de espera de trecho da barragem, no interior da ilha, desviando o rio pelo braço esquerdo do rio.

A ensecadeira de 1ª fase foi concebida em seção convencional, contemplando uma pré-ensecadeira de enrocamento, mais a respectiva vedação, e corpo da ensecadeira propriamente dita também de enrocamento.

Inicialmente implanta-se a pré-ensecadeira de enrocamento projetada para a vazão de 3.000 m³/s – vazão média de longo termo acrescida de um coeficiente arbitrário. A cota

da crista da pré-ensecadeira foi fixada na elevação 345,50 m, suficiente para vencer o nível d'água do rio, na época da execução, correspondente à vazão de projeto.

Após a implantação da pré-ensecadeira esgota-se a área ensecada, limpa-se a fundação e procede-se ao alteamento do corpo da ensecadeira até a elevação 348,50 m, dimensionada para a vazão de 11.880 m³/s, correspondente a um tempo de recorrência de 25 anos no período úmido.

Para essa vazão, a velocidade máxima do escoamento junto ao talude da ensecadeira é da ordem de 0,6 m/s. Dessa forma, estima-se que os blocos de proteção do talude da ensecadeira deverão ter um diâmetro médio da ordem de 1,0 m. A operação de desvio do rio deverá ser estudada em modelo reduzido, para confirmação dos diâmetros desses blocos.

Após a conclusão da ensecadeira, seguem-se os trabalhos de escavação e tratamentos da fundação, bem como a concretagem das estruturas do vertedouro e circuito de geração, montagem das comportas e aterro do primeiro trecho da barragem.

Quando a estrutura de concreto do vertedouro estiver pronta para receber as águas do rio, serão abertos os tramos de montante e de jusante da ensecadeira de 1ª fase, excetuando-se o trecho diante da tomada d'água. Concomitantemente, serão construídas as ensecadeiras de montante e jusante de 2ª fase, transversais ao curso do rio no braço esquerdo, para ensecar a área de implantação do último trecho da barragem de enrocamento.

A pré-ensecadeira de 2ª fase foi projetada segundo o mesmo critério adotado para a de 1ª fase. Já a ensecadeira de 2ª fase foi projetada para proteger a área da barragem de enrocamento contra a vazão com tempo de recorrência de 100 anos no período de estiagem, da ordem de 5.603 m³/s. A crista da ensecadeira foi fixada na elevação 344,00 m.

Concomitantemente à construção da ensecadeira, prosseguirá a conclusão dos serviços de construção da casa de força e de montagem dos equipamentos eletromecânicos. Da mesma forma prosseguirão as obras de implantação da subestação e a linha de transmissão.

4.3.2 Dimensionamento das ensecadeiras

Todos os cálculos hidráulicos foram realizados a partir de modelagem no *software* HEC-RAS. Para possibilitar a reprodução do leito natural, foram lançadas seções topobatimétricas e, nos locais onde não havia informação, foram inferidas com base na topografia e nas seções topobatimétricas existentes.

Os coeficientes de Manning foram compatibilizados com aqueles calibrados para os estudos de remanso, que corresponderam, no trecho de interesse para o estudo. As simulações consideraram sempre escoamento subcrítico, com o cálculo sendo feito de jusante para montante, e tendo como condição de contorno o nível d'água na seção a jusante do canal de fuga, dado pela curva-chave.

Inicialmente foi simulado o desempenho da modelagem para o leito natural, sem ensecadeiras e, uma vez verificado que os resultados obtidos estavam compatíveis com as informações disponíveis, foram introduzidas obstruções nas seções, representando as ensecadeiras. Foram realizadas duas modelagens diferentes.

A primeira, correspondente à primeira fase, procurou reproduzir a configuração com a ensecadeira prevista para esta fase, submetidas a vazões características do período úmido.

Na segunda, foi utilizada a modelagem que havia sido feita para o dimensionamento do vertedouro, para avaliar o nível d'água obtido na seção imediatamente a montante da barragem, com a vazão correspondente a 100 anos no período seco sendo desviada.

Foram adotadas bordas livres de aproximadamente 1,50 m, em relação à elevação da linha energética. As elevações finais definidas para as ensecadeiras tiveram seus valores finais arredondados, porém respeitando sempre o critério de borda livre mínima em relação ao nível d'água igual a 1,00 m.

Para a estimativa do diâmetro dos blocos, no caso das ensecadeiras de enrocamento lançado, foi utilizado o critério de Isbash para bloco protegido.

Ensecadeira de 1ª Fase:

- Propósito: fechamento do braço direito da ilha a montante e jusante das estruturas;
- Período de Execução: deverá ser executada no 1º período seco (*jun-out*);
- Vazão Considerada: 11.880 m³/s (TR = 25 anos, período úmido);
- Seção considerada na Simulação: Seção 22;
- Cota de Coroamento: 348,50 m;
- Seção: ensecadeira de enrocamento lançado com vedação externa;
- Velocidade Máxima do Escoamento na Região da Ensecadeira: 2,47 m/s;
- Diâmetro dos Blocos: 0,15 m.

Ensecadeira de 2ª Fase:

- Propósito: fechamento do rio para execução da barragem no braço esquerdo;
- Período de Execução: deverá ser executada no 3º período seco (*mai-out*);
- Vazão Considerada: 5.603 m³/s (TR = 100 anos, período seco);
- Seção considerada na Simulação: Seção 25;
- Cota de Coroamento: 344,00 m;
- Seção: ensecadeira de enrocamento lançado com vedação externa;
- Velocidade Máxima do Escoamento na Região da Ensecadeira: 0,46 m/s;
- Diâmetro dos Blocos: 0,33 m.

4.3.3 Dimensionamento do vertedouro

a) Descrição do vertedouro

O vertedouro da UHE Riacho Seco situa-se no braço direito criado pela Ilha do Inhanhum no rio São Francisco, adjacente à entrada da tomada d'água, e tem por finalidade verter o excedente de água afluyente ao reservatório. O nível máximo normal de operação do reservatório, imediatamente a montante do barramento, situa-se na El. 351,00 m. Com esta elevação, o vertedouro possui capacidade suficiente para extravasar a vazão de aproximadamente 24.262 m³/s.

De um modo geral, o vertedouro pode ser subdividido em canal de aproximação, estrutura de controle (comportas) e calha, não existindo bacia de dissipação. A dissipação de energia será feita naturalmente no leito rochoso do rio a jusante das estruturas, que é composto de corredeiras.

O canal de aproximação, com cerca de 600 m de comprimento, direciona as águas para a estrutura, de largura variável e fundo na El. 336,0 m.

A estrutura de controle compõe-se de doze comportas tipo segmento, de 16,0 m de base por 18,5 m de altura. Os vãos são separados por pilares de 4,0 m de espessura. Cada vão conta ainda com guias para colocação de comporta ensecadeira, de forma a possibilitar a manutenção das comportas segmento. Os doze componentes da comporta ensecadeira serão guardados um em cada vão do vertedouro, não sendo prevista a execução de um poço de estocagem externo.

A jusante da estrutura principal existe uma laje de concreto com 600,0 m de comprimento ancorada na rocha e incorporada a uma viga de travamento, com o objetivo de reduzir eventuais erosões regressivas na rocha de fundação desta estrutura.

b) Dados principais

Quadro 4.1
Características do vertedouro da UHE Riacho Seco

Item	Descrição
Tipo	Controlado por comportas
Tipo de comporta	segmento
Elevação da soleira	332,5 m
Carga de projeto	18,5 m
Largura de cada vão	16,0 m
Número de vãos	12
Número de pilares	11
Vazão de projeto	24.262 m ³ /s
Nível máximo normal do reservatório	351,0 m

Fonte: Engevix (2007)

c) Capacidade de descarga

A conformação deste vertedouro é hidraulicamente análoga à de um canal obstruído por pilares, como em um rio que passa sob uma ponte. Essa característica fez com que não fosse possível estimar o coeficiente de vertimento “C” da equação $Q = CLH^{3/2}$ através de ábacos, pois não foram encontrados exemplos semelhantes de vertedouros na bibliografia clássica. Ao invés disso, preferiu-se utilizar o programa computacional HEC-RAS versão 4.0, onde foram lançadas seções desde a saída do canal de restituição, ponto onde se situa a curva-chave, até a entrada do canal de aproximação. Para o desenho da estrutura de vertimento, lançou-se mão do módulo do programa específico para a simulação de pontes.

A partir do nível d’água conhecido na seção do canal de restituição, onde existe uma curva-chave, o programa calcula a perda de carga ao longo do trecho representado, e na seção dos pilares, obtendo-se então o nível d’água a montante. O nível d’água a montante do reservatório foi tomado numa seção cerca de 50 m distante da estrutura de vertimento.

Para a modelagem no HEC-RAS, foram utilizados coeficientes de Manning iguais àqueles calibrados no modelo do estudo de remanso. Nas seções correspondentes às estruturas de concreto, foi adotado um valor de 0,013.

Uma vez definida a conformação definitiva, foi feito o cálculo variando-se a vazão a ser vertida, obtendo-se então a curva de descarga do vertedouro, apresentada no quadro a seguir.

Quadro 4.2
Curva de vazão do vertedouro

Q (m ³ /s)	NA (m)	Q (m ³ /s)	NA (m)
30.500	354,02	13.000	345,65
29.000	353,32	12.000	345,30
28.000	352,85	11.000	344,95
27.000	352,36	10.000	344,59
26.000	351,87	9.000	344,23
25.000	351,38	8.000	343,85
24.262	351,01	7.000	343,44
23.000	350,37	6.000	343,02
22.000	349,86	5.000	342,55
21.000	349,34	4.000	342,04
20.000	348,81	3.000	341,44
19.000	348,15	2.000	340,71
18.000	347,60	1.000	339,68
17.000	347,13	750	339,32
16.000	346,73	500	338,88
15.000	346,35	100	337,59
14.000	346,00	50	333,13

Fonte: Engevix (2007)

d) Escoamento ao longo da calha do vertedouro

A calha do vertedouro apresenta 244,0 m de largura e 67,0 m de comprimento. A calha possui saída de fundo na El. 332,50 m, sendo removidas todas as irregularidades, a jusante, que estejam acima deste patamar.

Um aspecto relevante do escoamento da calha é o perfil da linha d'água ao longo da mesma, possibilitando a definição da posição dos munhões das comportas, a altura dos muros, entre outros parâmetros. Neste estudo o perfil foi estimado através do sistema HEC-RAS versão 4.0, pela elevação do nível d'água, para diversas vazões, nas seções representativas do vertedouro.

O quadro a seguir apresenta os níveis obtidos em três seções (26*, 26 e 27).

Quadro 4.3
Perfil da linha d'água no vertedouro em três seções

Q (m ³ /s)	NA (m)		
	26*	26	27
30.500	354,03	354,02	348,13
29.000	353,33	353,32	347,91
28.000	352,85	352,85	347,75
27.000	352,37	352,36	347,60
26.000	351,88	351,87	347,45
25.000	351,39	351,38	347,29
24.262	351,02	351,01	347,17
23.000	350,38	350,37	346,96
22.000	349,87	349,86	346,78
21.000	349,34	349,34	346,60
20.000	348,81	348,81	346,42
19.000	348,17	348,15	346,23
18.000	347,62	347,60	346,04
17.000	347,15	347,13	345,84
16.000	346,75	346,73	345,63
15.000	346,37	346,35	345,41
14.000	346,01	346,00	345,19
13.000	345,66	345,65	344,96
12.000	345,31	345,30	344,71
11.000	344,96	344,95	344,45
10.000	344,60	344,59	344,17
9.000	344,23	344,23	343,88
8.000	343,85	343,85	343,56
7.000	343,45	343,44	343,22
6.000	343,02	343,02	342,84

Q (m ³ /s)	NA (m)		
	26*	26	27
5.000	342,56	342,55	342,42
4.000	342,04	342,04	341,95
3.000	341,44	341,44	341,38
2.000	340,71	340,71	340,68
1.000	339,68	339,68	339,67

Fonte: Engevix (2007)

A borda livre ao longo da calha, para definição da elevação dos muros de contenção, foi estimada com base na fórmula proposta pelo USBR (*U.S. Bureau of Reclamation*):

$$Fb = 0,61 + 0,03714 V d^{1/3}$$

Onde:

- Fb = borda livre (m);
- V = velocidade do escoamento (m/s);
- d = profundidade do escoamento (m).

O quadro a seguir apresenta as bordas livres estimadas, bem como a elevação mínima recomendada para os muros de contenção.

Quadro 4.4
Escoamento na calha do vertedouro (Q = 27.000 m³/s)

Seção	Elevação da calha (m)	Nível d'água (m)	Profundidade do escoamento (m)	Velocidade (m/s)	Borda livre (m)	El. Mínima de proteção (m)
26	332,5	351,01	18,51	11,58	1,75	352,76
27	332,5	347,17	14,67	10,89	1,60	348,77

Fonte: Engevix (2007)

e) Condições de restituição do escoamento ao leito do rio

Como já exposto anteriormente, o escoamento proveniente do vertedouro é restituído ao leito do rio através de uma calha plana, com 22 m de comprimento sendo seguido por uma escavação que garante a elevação 332,50 m no trecho de jusante do leito natural do rio.

Ressalta-se que, devido à conformação do terreno, haverá uma expansão do escoamento do rio a jusante do vertedouro realizando o controle de calha, o que facilitará a dissipação da energia.

Dessa forma, optou-se por deixar que a dissipação de energia ocorra de maneira natural, ao longo do leito do rio, como já ocorre normalmente.

4.3.4 Circuito hidráulico de geração

a) Casa de força

A casa de força será equipada com oito unidades geradoras cada qual com capacidade de turbinar $459 \text{ m}^3/\text{s}$, totalizando uma vazão total de $3.672 \text{ m}^3/\text{s}$.

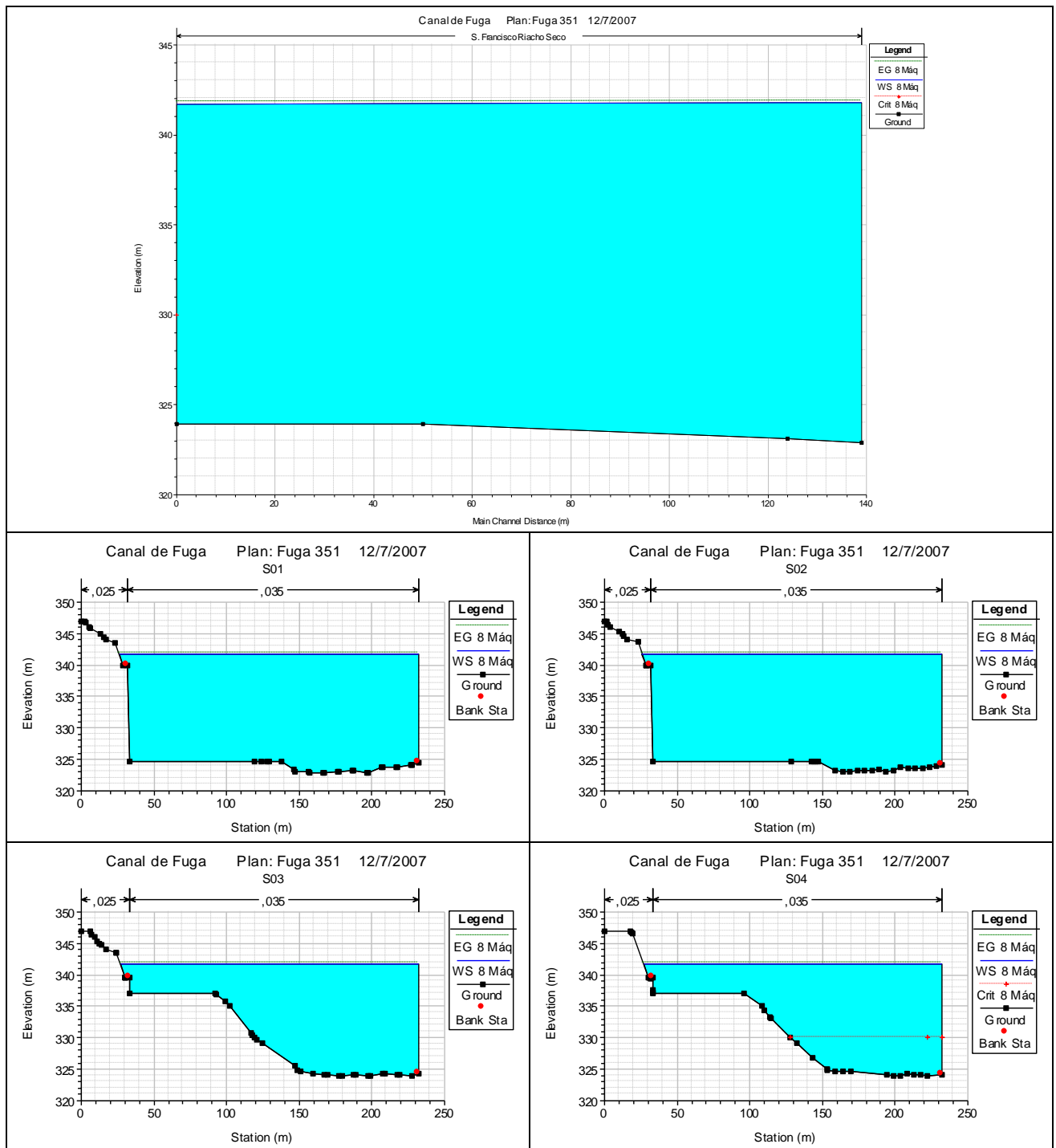
b) Canal de fuga

Foram verificadas as condições de escoamento do canal de fuga da UHE Riacho Seco. Para esta avaliação foi utilizado o *software* HEC-RAS, onde foram inseridas seções transversais que representassem o canal até a restituição da vazão ao leito do rio São Francisco, considerando ainda sua rugosidade através do coeficiente de Manning, devidamente ajustados conforme o material.

Foi simulado um remanso de jusante para montante, partindo-se do nível fornecido pela curva-chave para a vazão turbinando de uma a oito máquinas, sendo admitido escoamento subcrítico no trecho.

O canal de fuga da UHE Riacho Seco consiste em uma rampa de inclinação 1V:6H, partindo da Elevação 326,54 m até a 337,00, desembocando no leito do rio.

Apresentam-se a seguir as seções levantadas para o cálculo e o comportamento do nível d'água em cada uma, bem como ao longo do canal como um todo. O Quadro 4.5 mostra os resultados para as situações com a operação de oito máquinas.



Fonte: Engevix (2007)

Figura 4.1
Perfil e seções utilizadas no remanso do canal de fuga

Quadro 4.5
Resultados da simulação

River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Froude # Chl
489	1 Máq	450	322,87	338,77		338,77	0,15	2.933,07	0,01
489	2 Máq	900	322,87	339,55		339,55	0,29	3.088,17	0,02
489	3 Máq	1.350	322,87	340,09		340,10	0,42	3.197,99	0,03
489	4 Máq	1.800	322,87	340,54		340,55	0,55	3.288,02	0,04
489	5 Máq	2.250	322,87	340,91		340,93	0,67	3.363,89	0,05
489	6 Máq	2.700	322,87	341,24		341,27	0,79	3.431,68	0,06
489	7 Máq	3.150	322,87	341,54		341,58	0,90	3.493,04	0,07
489	8 Máq	3.600	322,87	341,81		341,86	1,02	3.549,30	0,08
474	1 Máq	450	323,11	338,77		338,77	0,15	2.911,62	0,01
474	2 Máq	900	323,11	339,55		339,55	0,29	3.066,69	0,02
474	3 Máq	1.350	323,11	340,09		340,10	0,43	3.176,86	0,03
474	4 Máq	1.800	323,11	340,54		340,55	0,55	3.266,93	0,04
474	5 Máq	2.250	323,11	340,91		340,93	0,67	3.342,81	0,05
474	6 Máq	2.700	323,11	341,24		341,27	0,79	3.410,61	0,06
474	7 Máq	3.150	323,11	341,54		341,58	0,91	3.471,98	0,07
474	8 Máq	3.600	323,11	341,81		341,86	1,02	3.528,23	0,08
400	1 Máq	450	323,91	338,77		338,77	0,25	1.778,79	0,03
400	2 Máq	900	323,91	339,54		339,55	0,47	1.931,73	0,05
400	3 Máq	1.350	323,91	340,08		340,10	0,66	2.040,59	0,07
400	4 Máq	1.800	323,91	340,51		340,55	0,85	2.128,35	0,08
400	5 Máq	2.250	323,91	340,87		340,93	1,02	2.201,68	0,1
400	6 Máq	2.700	323,91	341,19		341,26	1,19	2.266,69	0,11
400	7 Máq	3.150	323,91	341,48		341,57	1,36	2.325,05	0,13
400	8 Máq	3.600	323,91	341,74		341,85	1,52	2.378,10	0,14
350	1 Máq	450	323,92	338,77	325,78	338,77	0,27	1.696,78	0,03
350	2 Máq	900	323,92	339,54	326,65	339,55	0,49	1.849,49	0,05
350	3 Máq	1.350	323,92	340,08	327,35	340,10	0,69	1.958,07	0,07
350	4 Máq	1.800	323,92	340,51	327,97	340,55	0,88	2.045,44	0,09
350	5 Máq	2.250	323,92	340,86	328,52	340,92	1,06	2.118,32	0,1
350	6 Máq	2.700	323,92	341,18	329,05	341,26	1,24	2.182,83	0,12
350	7 Máq	3.150	323,92	341,46	329,53	341,56	1,41	2.240,64	0,13
350	8 Máq	3.600	323,92	341,72	330,00	341,85	1,57	2.293,10	0,15

Fonte: Engevix (2007)

Do quadro pode-se observar velocidades aceitáveis para o escoamento. Foi ainda calculada a perda de carga ao longo do canal, definida como a diferença entre a Elevação da Linha Energética (coluna E.G. Elev) a montante e a jusante do trecho. A perda de carga verificada é de 1 cm.

c) Verificação das perdas de carga

Conforme os critérios preconizados na literatura consagrada, os resultados das perdas de carga, por atrito e localizadas, estão representados na tabela a seguir.

Tabela 4.1
Perda de carga no circuito de geração

Local	Perda de Carga (m)
Grades	0,0304
Galeria de Entrada da Tomada d'água	0,0137
Ranhuradas da Comporta	0,0007
Transição de Seção Retangular para Circular	0,0005
Atrito ao Longo da Tomada d'água	0,0020
Alargamento Gradual	0,0674
Atrito ao Longo do Tubo de Sucção	0,0070
Ranhuradas das Comportas	0,0013
Saída Tubo de Sucção	0,1350
Canal de Fuga	0,0100
Perda de carga total	0,2680

Fonte: Engevix (2007)

O valor de 0,27 m para a perda total representa cerca de 2,9 % da queda bruta (9,25 m) do aproveitamento, valor considerado adequado.

d) Verificação da submergência

A partir da equação recomendada por Gordon, calculou-se o valor de submergência mínima para a tomada d'água a fim de se evitar a ocorrência de vorticidades no local.

$$S_{\min} = f \times v \times \sqrt{H} = 0,7 \times 1,50 \times \sqrt{15,5} = 4,13m$$

Onde:

- v = velocidade na seção da comporta (m/s);
- H = altura da comporta (m).

O vértice entrada da tomada d'água está a $(351,0 - 346,37) = 4,63$ m abaixo do nível mínimo do reservatório, portanto, acima da submergência calculada.

4.3.5 Canal de drenagem

Objetivando reestabelecer a jusante do barramento as condições naturais de escoamento, a distribuição de vazões entre braço direito e braço esquerdo e, conseqüentemente, reduzir o nível d'água de jusante, foi dimensionado um canal interligando ambos os braços do rio.

Em condições naturais, para faixas de vazão próximas à máxima turbinada, foi observado durante os estudos de determinação da curva-chave que a distribuição aproximadamente de vazões na região do eixo é de 74% pelo braço direito e 26% pelo braço esquerdo.

Dessa forma, o canal foi projetado com a vazão de 900 m³/s, correspondente aos 26% da vazão que deve ser restituída ao braço esquerdo, e dimensionado com 80 m de largura da base, na Elevação 331,30 m. Será escavado com taludes 1V:0,2H em rocha e 1V:3H em solo, com 1.125 m de comprimento.

Ressalta-se que o custo de execução do canal (calculado em cerca de R\$ 33,0 x 10⁶) é pago pelo ganho de energia que ele propicia. Sem o canal, o fluxo tende a ficar estrangulado no braço direito, elevando o nível d'água de jusante e reduzindo a queda de projeto, com conseqüente redução da energia firme da usina, conforme demonstra o Quadro 4.6.

Quadro 4.6
Ganho energético com a construção do canal

Parâmetro	Com canal	Sem canal
HRef. (m)	7,92	7,24
Engolimento Máx. (m ³ /s)	3.672	4.342
PI (MW)	276	276
En. firme (MW _{médios})	186,0 (FC=0,65)	177,0 (FC=0,62)
En. média (MW _{médios})	177,0	168,6

Fonte: Engevix (2007)

O ganho de 8 MW_{médios} de energia representa um retorno de cerca de R\$ 9,0 x 10⁶ anuais, considerando preço de venda de energia a R\$/MWh 125,00. Assim, em menos de quatro anos de geração o custo do canal já estará pago.

4.4 Equipamentos e sistemas mecânicos

4.4.1 Turbina

Foram selecionadas oito turbinas hidráulicas do tipo Bulbo de eixo horizontal, com capacidade de produzir, cada uma, 35,30 MW quando trabalhando sob a altura de queda líquida nominal de 9,15 m e uma vazão aproximada de 413,30 m³/s. A rotação nominal é de 78,26 rpm, correspondendo à um gerador síncrono de 92 pólos no sistema de 60Hz.

O circuito de adução será construído em concreto tendo um trecho em aço onde necessário.

O tubo de sucção receberá, se necessário for, revestimento de chapas de aço estrutural nas seções onde a velocidade da água for superior a 6 m/s. A partir da seção em que a velocidade passa a ser inferior a esse valor, a superfície será em concreto. No final do tubo de sucção estão previstas ranhuras para inserção das comportas ensecadeiras e vagão de emergência.

O rotor da turbina, com diâmetro aproximado de 7,35 m, deverá ser totalmente executado na fábrica do fornecedor, sendo transportados para a obra o cubo e as pás em separado.

O eixo da turbina será construído em aço forjado usinado, com flanges nas extremidades para acoplamento ao eixo do gerador, no lado montante, e ao cubo do rotor da turbina, no lado jusante.

A distribuição de mancais será feita através de um mancal de guia e escora, situado a jusante do rotor do gerador e um mancal de guia, situado a montante do rotor da turbina, a ser fornecido pelo fabricante da turbina. Se necessário, ou seja, após a conclusão dos estudos da velocidade crítica da unidade, poderá vir a existir um terceiro mancal de guia, situado a montante do rotor do gerador e fornecido pelo fabricante do gerador. Na fase de viabilidade foi considerada a existência deste mancal.

A lubrificação e o resfriamento dos mancais serão efetuados por meio de circulação forçada de óleo, através de bombas e trocadores de calor externos às cubas dos mancais, e instalados fora do recinto da turbina.

Considerando-se o porte das turbinas, é necessário que se realizem ensaios em modelo reduzido antes do desenvolvimento do projeto executivo. Além dos ensaios tradicionais, é aconselhável o estudo experimental do comportamento das palhetas diretrizes com o levantamento da curva de tendência abertura-fechamento e dos esforços de abertura e fechamento do distribuidor.

Os reguladores de velocidade deverão ser do tipo eletrônico-hidráulico digital, com funcionamento proporcional-integral-derivativo (PID) e circuitos independentes para controle da potência e da velocidade da turbina.

Através dos sensores de frequência e dos medidores e monitores de velocidade, serão enviados sinais ao cubículo do regulador, que acionará o transdutor hidráulico, as válvulas de controle de posição e finalmente, por meio de óleo pressurizado em torno de 6 MPa, serão movidos os servomotores hidráulicos de acionamento das palhetas diretrizes e da pás do rotor.

O atuador, operado por meio de óleo pressurizado, possuirá um ou, eventualmente, dois tanques de pressão do tipo óleo-ar ou óleo-nitrogênio. O óleo será periodicamente bombeado do tanque de óleo sem pressão por meio de bombas de deslocamento positivo, mantendo a linha de óleo de acionamento das palhetas diretrizes, permanentemente pressurizada e pronta para atuação dos servomotores do distribuidor / pás do rotor.

O sistema elétrico de controle das bombas de óleo deverá permitir que qualquer uma das bombas, possa operar continuamente carregando o tanque de pressão ou retornando o óleo para o reservatório, como qualquer uma das bombas possa também operar intermitentemente, alimentando o tanque de pressão ou retornando o óleo para o reservatório.

O gás sob pressão acima de 6 MPa será fornecido por uma estação de compressão composta por dois compressores, um tanque/reservatório e acessórios de comando e controle. Nessa fase do projeto prevê-se uma estação de compressão alta pressão atendendo todas as unidades geradoras.

O projeto prevê um dispositivo de sobrevelocidade elétrico, instalado no armário do regulador, e um dispositivo mecânico-hidráulico, instalado no eixo da turbina.

4.4.2 Grade da tomada d'água

As grades metálicas deverão impedir que corpos com dimensões prejudiciais às turbinas penetrem no circuito hidráulico. Deverão ser capazes de suportar sem danos até 3,0 m de diferencial de pressão e de forma que a frequência de vibração das barras deverá diferir da frequência de vibração do turbilhão formado imediatamente atrás das barras para que não entrem em ressonância.

Cada bloco da Tomada D'água, dividido em duas aduções por um pilar vertical de concreto, contará, a partir da cota da soleira, com um gradeamento de aproximadamente 484 m², inclinado para jusante de aproximadamente 10°, com relação ao plano vertical. Cada adução consistirá de sete painéis empilhados, sendo seis iguais e intercambiáveis e um painel superior, perfazendo um total de quatorze painéis de grade por Tomada D'água. Cada painel poderá ser construído em dois sub-painéis, para facilitar o transporte, que serão soldados na obra.

Os painéis serão do tipo removível, sendo manobrados através do pórtico rolante da Tomada D'água com o auxílio de uma viga pescadora. Quando colocados ou removidos, os painéis serão guiados por escorregamento sobre sapatas revestidas com bronze sobre pista de aço inoxidável, desde a soleira até o coroamento da barragem.

Os painéis de grades serão executadas a partir de barras verticais, de perfil com seção transversal retangular e espaçadas de 150 mm pela linha de centro, montadas sobre um quadro de aço estrutural. Em sua parte superior, os painéis serão equipados de pinos de guia que garantem o alinhamento das barras verticais dos painéis sobrepostos.

Os painéis superiores serão providos de uma transição na sua parte superior, que permitirá a passagem do rastelo da máquina limpa grades e de suas guias para as barras dos painéis das grades.

A viga pescadora suspenderá o painel da grade por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão e será manobrada pelo gancho do pórtico rolante da Tomada D'água.

Para a garantia de geração de energia sem perdas apreciáveis, as grades deverão ser limpas sempre que a perda de carga atingir um valor pré-determinado. Esse controle será feito por um sistema detector, com tomadas de pressão a montante e a jusante das mesmas, com indicação local da medida e transmissão à distância de dois sinais de alarme por grupo: o primeiro, para 0,30 m de perda de carga, o segundo para 1,0 m de perda. Os aparelhos de medição serão dotados de precisão mínima de 0,10 m.

A viga pescadora, quando fora de uso será estocada na parte superior de uma das guias, por meio de travas de estocagem.

4.4.3 Comporta ensecadeira da tomada d'água

As comportas ensecadeira da tomada d'água destinam-se ao ensecamento de qualquer uma das oito unidades hidrogeradoras, possibilitando assim a inspeção geral e a manutenção da turbina.

Em ranhuras localizadas na tomada d'água, em número de uma por bloco, serão instaladas guias de aço embutidas no concreto, desde a soleira até o topo da estrutura, por onde descerá e se apoiará a comporta ensecadeira.

Serão fornecidas duas comportas ensecadeiras definitivas para fechamento de duas unidades geradoras de cada vez, durante a vida útil da usina e seis comportas ensecadeiras provisórias para fechamento das unidades geradoras, durante os testes de comissionamento das unidades geradoras. Cada comporta ensecadeira será formada por seis painéis que serão manobrados através de uma viga pescadora acoplada ao gancho do pórtico rolante da tomada d'água.

Cada painel das comportas ensecadeira será provido de molas semi-elípticas, montadas nas cabeceiras de montante, com a finalidade de garantir a pré-compressão das vedações.

Cada comporta ensecadeira será composta por cinco painéis iguais e intercambiáveis, mais um painel superior que será dotado de válvula "by-pass" e vedação superior.

As operações de instalação e retirada da comporta ensecadeira das ranhuras de operação serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas. Para a retirada dos painéis, o equilíbrio de pressões será conseguido por intermédio de duas válvulas "by-pass", instaladas no painel superior de cada comporta ensecadeira, as quais serão acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

As comportas ensecadeira serão metálicas, de construção soldada, possuindo paramento e plano de vedação voltados para jusante.

A viga pescadora suspenderá o painel da comporta por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão e será manobrada pelo gancho principal do pórtico rolante da tomada d'água.

A estocagem dos painéis das comportas ensecadeira definitivas da viga pescadora serão executadas da seguinte maneira: serão estocados no topo de cada ranhura de operação,

um painel de comporta, perfazendo um total de oito painéis estocados. Os quatro painéis restantes mais a viga pescadora serão armazenados em dois poços de estocagem localizados na tomada d'água, nas unidades centrais a jusante das ranhuras de operação das comportas ensecadeiras.

4.4.4 Pórtico da tomada d'água

A tomada d'água será equipada com um pórtico rolante com a finalidade de operar os elementos das comportas ensecadeira e colocar e retirar os painéis das grades. Este pórtico rolante também será equipado com um mecanismo completo capaz de fazer a limpeza das grades de proteção da tomada d'água.

O pórtico rolante será equipado com um carro guincho, totalmente coberto, para abrigar os mecanismos do guincho e da direção do carro. O mecanismo do guincho é do tipo suspensão através de um moitão e equipado com olhal, contendo um furo para acoplamento nas vigas pescadoras.

O mecanismo completo para limpeza das grades será adaptado à estrutura do pórtico rolante. O ciclo de limpeza será automático com a remoção dos detritos realizados durante o curso de subida do rastelo. Esses detritos serão recolhidos em uma vagoneta basculante.

O pórtico rolante será equipado com uma talha elétrica móvel, destinada a colocar e retirar os painéis das grades, com o auxílio de uma viga pescadora.

O pórtico rolante deslocar-se-á sobre trilhos fixados na elevação 355,00 m, permitindo sua movimentação em linha reta ao longo da tomada d'água, em uma extensão de aproximadamente 240,00 m.

A alimentação elétrica do pórtico rolante será feita por quatro barras rígidas de cobre e isoladores, localizados na mureta de montante.

Os movimentos de elevação e translação do pórtico serão efetuados a partir da cabine de comando do pórtico.

4.4.5 Rastelo limpa grades

O rastelo limpa grades descerá na posição aberta, até que o dispositivo de cabo frouxo o interrompa, fechando-o automaticamente para iniciar o movimento de subida. O rastelo deverá ser guiado e ter peso suficiente para limpar as grades no movimento de descida. Os detritos recolhidos serão colocados em uma vagoneta, operada manualmente, com rodas de pneus, e lançados fora do bloco da tomada d'água.

O rastelo limpa grades será operado pelo pórtico da tomada d'água.

4.4.6 Comportas vagão do tubo de sucção

As oito unidades geradoras serão protegidas, cada uma, por duas comportas do tipo vagão para fechamento de emergência do tubo de sucção sob quaisquer condições de vazão da turbina e de nível d'água.

Cada tubo de sucção, dividido em dois vãos por um pilar central possuirá duas ranhuras, onde em cada uma delas serão instaladas guias de aço embutidas no concreto, por onde descerão e se apoiarão as comportas vagão.

Cada comporta será manobrada por um cilindro óleo-hidráulico de simples efeito à tração, que estará fixado por uma estrutura de apoio instalada na plataforma da El. 352,00 m e terá a sua haste ligada à comporta. Será operada localmente, através da sala da central óleo-hidráulica, na El. 354,70 m, e remotamente através da sala de comando da Usina, sendo prevista uma central óleo-hidráulica para cada duas comportas. Cada central óleo-hidráulica será dotada de dois grupos moto-bombas de duplo estágio, sendo um reserva do outro.

Para facilidade de manobra e como reserva em caso de avaria, as centrais óleo-hidráulicas serão interligadas para cada duas comportas do bloco adjacente.

A comporta consistirá estruturalmente de quatro painéis interligados formando uma estrutura única. Possuirá chapa estanque e plano de vedação posicionadas a montante, no entanto, além de vedar na direção montante/jusante, vedará também na direção jusante/montante no caso de inspeção e manutenção da turbina.

Cada painel terá quatro rodas principais e quatro rodas contraguias com rolamento auto compensadores de rolos para transmitir as cargas hidráulicas para os caminhos de rolamento embutidos no concreto. Todas as rodas terão ter seus pontos de lubrificação no topo do painel superior para facilitar a operação. Em cada painel haverá também quatro rodas guia laterais.

As rodas principais suportarão a pressão hidrostática no lado de montante e as rodas contraguias suportarão a pressão hidrostática no lado de jusante.

A operação de abertura far-se-á inicialmente sob condições de pressões desequilibradas da água entre montante e jusante, isto é, nível d'água máximo a jusante da comporta e pressão atmosférica a montante.

Na abertura, cada uma das duas comportas abrirá inicialmente apenas 10,0 cm até que a pressão montante-jusante seja equilibrada para, em seguida, automaticamente, finalizar a operação de abertura.

4.4.7 Comporta ensecadeira do tubo de sucção

As comportas ensecadeira destinam-se ao fechamento do tubo de sucção a fim de obstruir a passagem d'água e permitir a inspeção geral e manutenção das unidades hidrogeradoras, após o esgotamento.

Em ranhuras localizadas no tubo de sucção, em número de duas por bloco, serão instaladas guias de aço embutidas no concreto, desde a soleira até o “deck” de jusante, por onde descerão e apoiar-se-ão as comportas ensecadeira.

As comportas ensecadeiras serão metálicas, de construção soldada, possuindo paramento e plano de vedação, voltados para o lado de montante.

Serão fornecidos dois jogos, sendo cada jogo composto de duas comportas, totalizando quatro comportas ensecadeiras. Cada comporta ensecadeira será composta por três painéis iguais e intercambiáveis, mais um painel superior que será dotado de válvula “by-pass” e vedação superior.

Os painéis serão manobrados com o auxílio da viga pescadora montada no gancho principal do pórtico rolante do tubo de sucção.

As operações de instalação e retirada da comporta ensecadeira das ranhuras de operação serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas. Para a retirada dos painéis, o equilíbrio de pressões será conseguido por intermédio de duas válvulas “by-pass”, instaladas no painel superior de cada comporta ensecadeira, as quais serão acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A viga pescadora suspenderá o painel da comporta por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão e será manobrada pelo gancho do pórtico rolante do tubo de sucção.

Cada painel da comporta ensecadeira será provido de quatro sapatas elásticas, montadas na cabeceira de jusante, com a finalidade de, deslizando sob pressão contra as peças fixas embutidas nas ranhuras, garantir o encosto das vedações nos seus apoios e permitir o esgotamento da unidade.

A estocagem dos painéis das comportas ensecadeiras e da viga pescadora serão feitas no topo das ranhuras, por meio de travas de estocagem e em poços de estocagem, localizados na EL. 354,70.

4.4.8 Ponte rolante da casa de força

A casa de força será equipada com uma ponte rolante, com a finalidade inicialmente na fase de construção e montagem da Usina, de auxiliar o içamento e transporte dos conjuntos mais pesados das turbinas e geradores, bem como de auxiliar as montagens parciais desses equipamentos. Posteriormente, durante a fase de operação da Usina, será utilizada na manutenção geral dos equipamentos contidos na casa de força.

A ponte rolante será equipada com um carro, do tipo sem cobertura, próprio para operar em ambiente fechado. Neste carro serão instalados os mecanismos de elevação principal e auxiliar, bem como o mecanismo de direção conduzido sobre o caminho de rolamento montado ao longo das vigas principais da ponte rolante.

A capacidade da ponte é dimensionada em função da peça mais pesada a ser levantada, o rotor do gerador. Esse levantamento poderá ser feito com auxílio de um dispositivo

especial acoplado no gancho principal e no rotor do gerador. O peso dos dispositivos de içamento, mais o peso do rotor do gerador, está estimado em 1500 kN.

O guincho auxiliar será utilizado no auxílio de pequenas montagens e principalmente na descida de peças e equipamentos através de aberturas específicas.

A ponte rolante deslocar-se-á sobre trilhos, instalados sobre as vigas de concreto na elevação 362,00 m, permitindo a sua movimentação ao longo de toda a Casa de Força, da Área de Montagem e da Área de Descarga, em uma extensão de, aproximadamente 320,00 m.

A alimentação elétrica da ponte rolante será feita por meio de um barramento constituído de quatro barras rígidas fixadas à viga de jusante do caminho de rolamento ao longo da casa de força, com interruptores de fim de curso e batentes fixos em cada extremidade. O ponto de alimentação desse barramento elétrico (caixa de ligação) será feito próximo à metade da extensão do percurso da ponte rolante.

A ponte rolante será equipada com um guincho principal e uma talha elétrica montada sob a viga principal da ponte rolante de forma a operar com maior velocidade o içamento e o transporte de peças menores e mais leves.

Os movimentos de elevação e translação da ponte rolante serão efetuados a partir da cabina de comando da ponte.

4.4.9 Pórtico rolante do tubo de sucção

O pórtico rolante do tubo de sucção será utilizado para colocar e retirar a comporta ensecadeira, bem como movimentar os painéis das comportas vagão de emergência na montagem e desmontagem das mesmas.

O pórtico rolante será equipado com um carro guincho móvel, totalmente coberto, para abrigar os mecanismos do guincho e translação do carro. O mecanismo do guincho é do tipo suspensão através de um moitão e equipado com olhal, contendo um furo para acoplamento nas vigas pescadoras, que será utilizada para movimentação das comportas ensecadeiras.

O pórtico rolante deslocar-se-á sobre trilhos, instalado na elevação 354,70 m, percorrendo em linha reta todo o pátio de jusante da Usina, em uma extensão de, aproximadamente 240,00 m.

A alimentação elétrica do pórtico rolante será constituída de quatro barras rígidas de cobre e isoladores, instalados na mureta de jusante.

Os movimentos de elevação e translação serão motorizados, sendo os comandos efetuados a partir de uma cabine.

4.4.10 Comportas segmento do vertedouro

As comportas segmento do Vertedouro serão utilizadas para controle de níveis e vazões do reservatório. Serão fornecidas doze comportas, cada uma com 16,00 m de vão.

O acionamento de cada comporta será efetuado por dois cilindros óleo-hidráulicos de simples efeito à tração, comandados e controlados localmente através da sala das centrais óleo-hidráulicas, localizadas nos pilares comuns a cada duas comportas e remotamente da sala de comando da Usina.

Os cilindros óleo-hidráulicos serão pivotados pela extremidade superior em vigas metálicas fixadas nos pilares e pela extremidade inferior no tabuleiro da comporta. Estes pivotamentos consistirão de juntas esféricas ou buchas esféricas auto lubrificante para se evitar, qualquer que seja a posição da comporta, solicitações indesejáveis nos pontos de conexão com o cilindro óleo-hidráulico.

Os mancais principais serão de buchas auto lubrificantes e além de permitirem a rotação das comportas, têm como função principal transmitir a resultante dos esforços hidráulicos, as componentes do peso próprio da comporta e as cargas decorrentes do sistema de acionamento às vigas de concreto protendido.

Os equipamentos de acionamento, comando e controle local das comportas serão agrupados para duas comportas adjacentes e localizados numa câmara do pilar comum a duas comportas. Para facilidade de manobra e como reserva em caso de avaria, as centrais óleo-hidráulicas serão interligadas para duas comportas adjacentes.

A operação de fechamento deverá ser realizada sob a ação do peso próprio da comporta, sob quaisquer condições de vazão.

Para inspeção e manutenção da comporta segmento, haverá uma comporta ensecadeira que se instalará a montante da mesma para garantir o represamento, e, para se manter a comporta segmento na posição de abertura total para fins de manutenção, liberando-se os cilindros óleo-hidráulicos dos esforços de acionamento, haverá dispositivos de calagem, dispostos no topo das peças fixas da comporta.

As comportas serão projetadas para abrir e fechar em desequilíbrio de pressões para qualquer situação de vazão.

4.4.11 Comporta ensecadeira do vertedouro

Para garantir o ensecamento de qualquer um dos doze vãos do Vertedouro, para fins de manutenção das comportas de segmento, serão utilizadas duas comportas ensecadeiras, sendo uma instalada na ranhura de montante e uma instalada na ranhura de jusante.

Serão fornecidas duas comportas ensecadeiras, sendo uma comporta de montante composta por seis painéis iguais e intercambiáveis, mais um painel superior que será dotado de válvula "by-pass" para equilíbrio de pressões hidráulicas entre os lados montante e jusante da comporta e uma comporta de jusante composta por cinco painéis iguais e intercambiáveis, mais um painel superior dotado de válvula "by-pass".

A manobra dos painéis será efetuada por uma viga pescadora acoplada ao gancho do pórtico rolante do Vertedouro, sendo que será fornecido um pórtico rolante para montante e um para jusante.

As operações de instalação e retirada das comportas ensecadeira das ranhuras de operação serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas. Para a retirada dos painéis, o equilíbrio de pressões será conseguido por intermédio de duas válvulas “by-pass”, instaladas no painel superior da comporta ensecadeira, as quais serão acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A viga pescadora suspenderá o painel da comporta por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão e será manobrada pelo gancho principal do pórtico rolante do Vertedouro.

Em cada ranhura de operação será estocado um painel de comporta, através de dispositivos de calagem.

Os painéis da comporta serão providos de molas semi-elípticas montadas nas cabeceiras, com a finalidade de garantir a pré-compressão das vedações.

4.4.12 Pórtico rolante do vertedouro

O Vertedouro será equipado com dois pórticos rolantes, sendo um a montante e um a jusante, com a finalidade de operar os elementos das comportas ensecadeira do Vertedouro.

Os pórticos rolantes serão equipados com um guincho, totalmente coberto, para abrigar os mecanismos do guincho. O mecanismo do guincho é do tipo suspensão através de um moitão e equipado com olhal, contendo um furo para acoplamento na viga pescadora.

Os pórticos rolantes deslocar-se-ão sobre trilhos fixados na elevação 355,00 m à montante e 352,00 m à jusante, permitindo sua movimentação em linha reta ao longo do Vertedouro, em uma extensão de, aproximadamente 245,00 m.

A alimentação elétrica dos pórticos rolante será feita por quatro barras rígidas de cobre e isoladores, localizados na mureta de montante e de jusante.

Uma viga pescadora será utilizada para a colocação e retirada das comportas ensecadeiras nas ranhuras.

Os movimentos de elevação e translação serão motorizados, sendo os comandos efetuados a partir de uma cabine.

4.4.13 Sistemas auxiliares mecânicos

A usina será provida dos seguintes sistemas auxiliares mecânicos necessários para propiciar condições adequadas de funcionamento, no que tange à operação de equipamentos, segurança das instalações e necessidades do pessoal de operação e manutenção:

- sistema de drenagem;
- sistema de esgotamento e enchimento das unidades;
- sistema de água de resfriamento;
- sistema de água de serviço;
- sistema de água potável;
- sistema de esgoto sanitário;
- sistema de água de combate a incêndio;
- sistema separador de água e de óleo isolante;
- sistema separador de água e de óleo lubrificante;
- sistema de medição hidráulica;
- sistema de ar comprimido de serviço;
- sistema de ventilação; e
- sistemas de ar condicionado.

4.5 Equipamentos elétricos principais

4.5.1 Geradores e equipamentos associados

a) Geradores

Na UHE Riacho Seco serão instalados oito turbo-geradores síncronos trifásicos, acoplados às suas respectivas turbinas constituindo unidades geradoras do tipo Bulbo. Cada um terá potência nominal de 34,50 MW ($\cos \phi = 0,90$), tensão nominal de 13,8 kV, velocidade síncrona de 78,26 rpm (92 polos), e será ligado eletricamente ao seu conjunto de cubículos de 13,8 kV, através de cabos singelos, isolados, classe de 15 kV. A conexão do estator do gerador será em estrela com neutro acessível, que deverá ser aterrado através de transformador de aterramento adequado, a ser especificado pelo fornecedor do gerador. A excitação do gerador será do tipo estática.

O gerador será do tipo bulbo horizontal, com uma inércia GD2 adequada para permitir operação estável e será provido de sistema de ventilação através de trocadores de calor ar-água. Deverão ser utilizados, nos enrolamentos do estator e do rotor, materiais de classe F.

Cada unidade será dotada de um transformador de excitação, a ser especificado pelo fornecedor do gerador, para alimentar o sistema de excitação do gerador.

A alimentação dos transformadores de excitação será feita por cabos isolados singelos, classe 15 kV, de modo a assegurar que os eventuais defeitos sejam entre fase e terra e não entre fases.

O dimensionamento dos geradores foi baseado nos estudos hidroenergéticos e em conjunto com o das turbinas, com as características básicas indicadas no Quadro 4.7 a seguir.

Quadro 4.7
Características básicas dos geradores

Característica	Valor
Potência	34,50 MW
Fator de potência	0,90
Tensão nominal	13,8 kV
Frequência	60 Hz
Rotação	78,26 rpm
Rendimento	~ 97,8%
Isolamento - classe	F (155 °C)
Peso	a ser confirmado no projeto básico
Temperatura ambiente	40 °C

Fonte: Engevix (2007)

Cada gerador será aterrado através de um transformador de aterramento com um resistor de carga no secundário para limitação da corrente de defeito fase-terra. Está previsto um sistema de aquecimento para o gerador quando a máquina não estiver operando, composto de aquecedores, termostato e contator, cujo objetivo é evitar a condensação de umidade no interior da máquina. A remoção do calor gerado pelas perdas internas do gerador será feita por um circuito fechado de ventilação. A circulação do ar será obtida pela ação de ventilação do próprio rotor e o resfriamento deste através de trocadores de calor ar-água, convenientemente dimensionados.

Cada gerador será dotado de um sistema de frenagem, constituído de um conjunto de cilindros e pistões interligados a um painel de comando, providos de sapatas substituíveis, os quais, operando o ar comprimido, são pressionados contra uma pista circular que será montada no rotor do gerador.

b) Excitação

Os geradores terão um sistema completo de excitação estática, composto de:

- transformador de excitação - fonte de corrente alternada;
- disjuntor de campo;
- excitação estática - conversor CA/CC;
- regulador de tensão - automático digital;
- fonte de corrente contínua para pré-excitação - externa.

c) Cubículos de manobra de 13,8 kV e terminal de neutro dos geradores

Os cubículos de 13,8 kV estarão divididos nas seguintes seções:

- **Seção 1 - Cubículos de Manobra do Gerador:** um cubículo em 13,8 kV, contendo disjuntor e seccionador motorizados da unidade geradora e seus respectivos transformadores de corrente, bem como para-raios de proteção;
- **Seção 2 - Excitação Estática:** Um cubículo constituído de uma saída para alimentação do transformador de excitação estática da unidade (potência nominal a ser dimensionada pelo fabricante do gerador);
- **Seção 3 - Cubículos de Proteção contra Surtos para o Gerador:** Um cubículo do gerador em 13,8 kV, com equipamentos tais como transformadores para instrumentos TC's e TP's, proteção contra surto de tensão no gerador (para-raios e capacitores);
- **Seção 4 - Cubículos de conexão dos cabos do Gerador e Terminal de Neutro:** um cubículo, em 13,8 kV, contendo os transformadores de aterramento e suas respectivas medições de corrente para as proteções devidas, além dos barramentos para a conexão dos cabos de força do gerador.

4.5.2 Transformador elevador

Estão previstos dois transformadores elevadores de potência, trifásicos, de uso externo, com dois enrolamentos, 150 MVA (ONAN/ONAFI/OFAFII), além de um transformador de reserva, totalizando três transformadores com as características resumidas no quadro abaixo.

Quadro 4.8
Características dos transformadores elevadores

Tensões Nominais	Tipo de Ligação
TS 500 kV $\pm 2 \times 2,5 \%$	Estrela com neutro acessível
TI 13,8 kV	Triângulo

Fonte: Engevix (2007)

Os transformadores elevadores deverão possuir transformadores de corrente nas buchas primária, secundária e neutro e serem completamente intercambiáveis entre si, incluindo a unidade reserva.

4.5.3 Barramentos blindados de fases isoladas

Está prevista a conexão dos transformadores elevadores às barras 1 e 2 de 13,8kV, através de barramentos blindados de fases isoladas, com invólucros metálicos auto-suportados à prova de tempo e pó, próprios para instalação interna e externa e para

resfriamento natural. As barras 1 e 2 de 13,8kV deverão ser isoladas através de chave seccionadora tripolar, comando manual.

Os parâmetros básicos dos barramentos blindados são:

- frequência nominal: 60 Hz;
- tensão nominal: 13,8 kV;
- faixa de variação de tensão: $\pm 10\%$;
- tensão de impulso 1,2 x 50 ms (crista): 110 kV;
- tensão suportável nominal à frequência industrial, min. a seco (eficaz): 50 kV.

4.5.4 Para-raios de 500 kV

Será instalado um conjunto de para-raios em cada uma das saídas de linha da casa de força, totalizando seis para-raios, providos com contador de descargas, com as seguintes características principais.

Quadro 4.9
Características do conjunto de pára-raios

Parâmetros		Unidades
Requisitos construtivos	óxido de zinco - ZnO;	
	tipo estação	
Tensão	nominal do pára-raios	420 kVef
	máxima tensão para operação contínua	340 kV
	residual máxima, onda 8/20 m s, 10 kA	1.050 kVcrista
Corrente de descarga nominal		20 kAef
Níveis de Isolamento (porcelana)	Tensão suportável frequência industrial, 60 s	810 kVef
	Distância mínima de escoamento	20mm / kV
Capacidade min. de absorção de energia		4,5 kJ / kV
Esforços eletromecânicos no topo do terminal		4.000 N

Fonte: Engevix (2007)

4.5.5 Transformador de potencial capacitivo (sistema de medição de faturamento)

Serão instalados um conjunto de TPC's em cada uma das saídas de linha da casa de força, totalizando uma quantidade de seis TPC's, com as características apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 4.10
Características do conjunto de TPC's

Parâmetros		Unidades	
Tensão	máxima operativa	550 kVef	
	operativa de emergência, por 1 hora	* kVef	
Frequência nominal	60 Hz		
Fator de sobretensão	duração de 30 s	1,5	
	contínuo	1,2	
Capacitância para acoplamento de onda portadora		* rF	
Níveis de Isolamento	Tensão suportável, impulso atmosférico	1.800 kVcrista	
	Tensão suportável, frequência industrial, 60s	1.300 kVcrista	
Dados dos primários	Tensão nominal primária	500.000 / Ö3 V	
Dados dos secundários	Proteção	Número de enrolamentos	1
		Tensão nominal secundária	115 / 115 / Ö3 V
		Classe de precisão	0,6P75
	Medição de Faturamento (*)	Número de enrolamentos	1
		Tensão nominal secundária	115 / 115 / Ö3 V
		Classe de precisão	0,3P75
Carga nominal		400 VA	
Potência térmica		300 VA	

Fonte: Engevix (2007)

Nota: (*) Enrolamento exclusivo para Medição de Faturamento

4.6 Equipamentos elétricos auxiliares

4.6.1 Sistema de supervisão e controle

O controle e a supervisão dos equipamentos serão executados por um sistema digital, com estrutura distribuída e pelos sistemas associados aos respectivos equipamentos. Os sistemas associados são os reguladores de tensão e de velocidade, os Centros de Controle de Motores, instrumentações e os sistemas auxiliares elétricos e mecânicos.

O uso de estrutura funcional com processamento distribuído implica no estabelecimento de níveis hierárquicos, que deverão ser providos de facilidades para proporcionar o controle e a supervisão dos equipamentos correspondentes e inibir a atuação dos níveis superiores. Serão estabelecidos dois níveis de controle, a saber: Nível Central e Nível Local.

Os equipamentos do Nível Central serão instalados em uma Sala de Controle Central comum a todas as instalações da Usina. Será a partir desta Sala que, em condições normais de operação, se processará o controle e supervisão de todos os equipamentos.

Os equipamentos do Nível Local serão instalados o mais próximo possível dos equipamentos controlados. Em princípio, será prevista uma Sala de Controle Local para cada duas unidades geradoras. Embora o Nível Local não seja assistido em condições normais de operação, os equipamentos que o constituem deverão possuir recursos de

supervisão e controle devido à eventual indisponibilidade do Nível Central e também durante a fase de construção e de testes de comissionamento.

Serão previstas Unidades de Aquisição e Controle (UAC's) constituídas por Controladores Lógicos Programáveis. As UAC's terão a finalidade de aquisição/restituição de dados analógicos e digitais e processamento as seqüências de automatismos e intertravamentos inerentes aos equipamentos controlados. Deverão também possuir recursos de IHM (Interface Homem Máquina) para possibilitar o comando dos equipamentos a partir das mesmas. Durante o desenvolvimento do projeto básico, deverão ser definidas as quantidades UAC's necessárias.

Além das UAC's deverão ser previstos quadros de parada de emergência das unidades geradoras (1 quadro por unidade), cuja finalidade é a de levar a máquina a parar com a segurança necessária quando de falha no sistema digital de controle a nível de UAC.

4.6.2 Sistema de proteção

O Sistema de Proteção das Unidades, da Subestação e das Linhas de Transmissão de 500 kV deverá ser constituído por relés de tecnologia digital. Os relés deverão ser apropriados para interface com o sistema de controle e supervisão digital, via rede local de comunicações. A partir do sistema de controle central deverá ser possível obter dados em tempo real de cada função do relé, bem como emitir telecomandos para possíveis ajustes e testes de suas funções e ainda sincronizar os mesmos via Central Horária.

Cada relé de proteção deverá ser previsto com unidade de registro e oscilografia de falta.

Os quadros dos relés de proteção das unidades e das linhas de interligação casa de força/subestação deverão ser localizados nas salas de controle locais das respectivas unidades. Os quadros de proteção da subestação e das linhas de transmissão de 500 kV deverão ser instalados nas casas de comando do pátio da subestação.

As proteções principal e retaguarda das unidades será constituída cada uma delas, no mínimo, pelas seguintes funções: Diferencial do Gerador, Perda de Excitação, Sobrecorrente Dependente de Tensão ou de Impedância, Sobretensão, Sobrefrequência, Terra no Estator, Carga Desequilibrada, Sobrecarga, Sobrefluxo, Potência Inversa, Proteção de Falha de Disjuntor e Supervisão de Tensão dos Secundários de TP's.

As proteções principal, alternada e intrínseca dos Transformadores Elevadores serão constituídas cada uma, no mínimo, pelas seguintes funções: Proteção diferencial percentual trifásica, com circuitos de restrição para tantos enrolamentos quantos necessários, com bloqueio ou restrição para 2º e 5º harmônicos e unidade diferencial instantânea ajustável (87), Função de terra restrita com entrada independente, Proteção de Falha de Disjuntor, Elemento auxiliar de disparo e bloqueio de alta velocidade (função 86), Oscilografia.

As proteções de barras 1 e barra 2 do sistema de 13,8kV serão constituídas com as funções diferenciais por sobrecorrente, diferencial percentual ou alta impedância (87), Proteção de Falha de Disjuntor, Supervisão de Tensão dos Secundários de TC's.

As proteções de barras do sistema de 500 kV serão constituídas com as funções com princípio diferencial por sobrecorrente diferencial percentual ou alta impedância (87), Proteção de Falha de Disjuntor, Supervisão de Tensão dos Secundários de TC's.

4.6.3 Sistema de medição

As seguintes características técnicas mínimas a seguir deverão ser obedecidas para o fornecimento de Medidores Digitais Multifunção (MDM's) dedicados, os quais serão interligados através de canais de comunicação ao Sistema Digital de Supervisão e Controle - SDSC:

- deverão possuir auto-monitoramento com capacidade de enviar, por via serial e por contato livre de potencial, sinais para indicar condições de falha interna ou de falta de alimentação;
- no caso de medidores dedicados, deverão apresentar capacidade de comunicação serial dos valores atuais das grandezas e dos alarmes por meio de porta RS-485 ou outra padronizada, com protocolo padronizado e aberto;
- devem possuir visor frontal com indicação de todas os valores atuais das grandezas elétricas, tais como: Correntes das três fases; Tensões entre as fases e entre fases e neutro; Potência ativa ; Potência reativa; Potência aparente; Ângulo entre tensão e corrente das três fases e entre as tensões; Energia ativa fornecida e recebida; Energia reativa fornecida e recebida; Frequencia; Fator de potência;
- devem permitir ajuste e parametrização, sem necessidade de desligamento, por meio de teclas e visores frontais ou através de interfaces seriais, padrão RS-232 ou RS-485, conectadas a microcomputadores padrão IBM-PC portáteis (fornecimento do SDSC);
- as conexões com os TC's devem ser automaticamente curto-circuitadas quando da remoção de módulos de entrada de corrente. Devem ainda apresentar facilidades para medição das grandezas de entrada e possibilitar injeção de corrente e potencial para ensaios operativos. Esses requisitos podem também ser cumpridos utilizando-se acessórios tais como chaves e pentes de teste.

4.6.4 Medição de faturamento

As seguintes características técnicas mínimas a seguir deverão ser obedecidas para o fornecimento de Medidores de Faturamento dedicados, conforme padrão ONS, os quais serão interligados através de canais de comunicação ao Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC.

O medidor deverá apresentar as seguintes especificações:

- Ligação a 3 elementos/4 fios;
- Corrente nominal 5A (max 10A);

- Tensão nominal 58-69V;
- medição bidirecional 4 quadrantes;
- medição de energia ativa, reativa, indutiva e capacitiva, aparente, Qhora, Ah, Vh, % THDh, por fase, trifásica, agregada, VA aritmético e vetorial, totalizações;
- medição de demandas ativa, reativa, aparente, **Q** e corrente, com máximos e mínimos, demandas presentes, demanda anterior, acumulada, projetadas, coincidentes, cálculo por bloco e por janela deslizante;
- medição instantânea de watts, Var, VA, corrente, tensão, frequência e fator de potência, trifásicas e por fase, com atualização a cada 250 ms;
- medição de harmônicas (THD total e parciais), discriminando valores por fases de tensão e corrente por série de Fourier, podendo armazenar e/ou apresentar em *display*;
- medição de Qualidade de Tensão (*Voltage Quality*).

4.6.5 Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada

O sistema de serviços auxiliares de corrente alternada terá os seguintes níveis de tensão:

- 13,8 kV, 60 Hz, trifásico a três fios para alimentação primária do sistema provida do barramento das Unidades Geradoras;
- 13,8 kV, 60 Hz, trifásico a três fios para alimentação primária do sistema provida da Rede Externa Local;
- 480 Vca, 60 Hz, trifásico a três fios, ligação em estrela aterrada para alimentação de motores, alimentação primária do sistema de iluminação e resistores de aquecimento dos geradores;
- 380/220 Vca, 60 Hz, trifásico a quatro fios, ligação em estrela para o sistema de iluminação e resistores de aquecimento;
- transformadores de serviços auxiliares 13,8-0,48kV;
- grupo gerador diesel de emergência;
- quadro de distribuição de 480Vca principais;
- centro de controle de motores de 480Vca das unidades;
- quadros de distribuição de 480Vca de serviços gerais;
- quadros de distribuição de 480Vca do vertedouro e tomada d'água;

- centros de carga de 480Vca da drenagem e esgotamento.

O sistema de serviços auxiliares de corrente alternada terá os seguintes níveis de tensão:

- 13,8 kV, 60 Hz, trifásico a três fios para alimentação primária do sistema provida da Rede Externa;
- 480 Vca, 60 Hz, trifásico a três fios, ligação em estrela aterrada para alimentação de motores, alimentação primária do sistema de iluminação;
- 380/220 Vca, 60 Hz, trifásico a quatro fios, ligação em estrela para o sistema de iluminação e resistores de aquecimento;
- transformador de serviços auxiliares 13,8-0,48kV;
- transformador de iluminação 480-380/220V;
- grupo gerador diesel de emergência;
- quadro de distribuição de 480Vca;
- quadros de iluminação 380/220Vca.

4.6.6 Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua 125 VCC

O sistema auxiliar elétrico, corrente contínua de 125 Vcc, é constituído pelos seguintes equipamentos:

- carregadores de baterias de 125 Vcc, * A;
- baterias de acumuladores do tipo chumbo-ácida *Ah/*h;
- quadros de distribuição de 125 Vcc, principais;
- quadros de distribuição de 125 Vcc, das unidades;
- quadros de distribuição de 125 Vcc de serviços gerais;
- quadros de distribuição de 125 Vcc do vertedouro e tomada d'água;
- centros de carga de 125 Vcc dos Auxiliares Gerais.

O sistema auxiliar elétrico, corrente contínua de 125 Vcc, é constituído pelos seguintes equipamentos:

- carregadores de baterias de 125 Vcc, * A;
- baterias de acumuladores do tipo chumbo-ácida *Ah/*h;
- quadros de distribuição de 125 Vcc, principais;

- quadros de distribuição de 125 Vcc;

* Características a serem informadas no projeto básico.

4.7 Enchimento do reservatório

Avaliou-se o enchimento do reservatório para diversas permanências mensais de vazão, a partir da série de vazões médias diárias defluentes em Sobradinho entre 1979 e 2004, transportada para Riacho Seco, por correlação de áreas de drenagem, descontada uma vazão mínima defluente equivalente a 1.300 m³/s, conforme determinado no documento Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos (ONS, 2007) como uma restrição para a operação de Sobradinho que deverá ser obedecida também em Riacho Seco. Foi considerado ainda o uso consuntivo a montante do barramento.

Quadro 4.11
Tabela de permanências mensais descontada a vazão de 1.300 m³/s

Permanência	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5%	5.467	6.831	9.427	5.693	2.828	1.726	1.253	1.289	1.429	1.472	2.097	4.725
10%	4.939	6.430	6.968	4.720	2.223	1.310	1.197	1.216	1.290	1.271	1.588	3.255
20%	3.764	4.621	3.954	3.388	1.743	1.048	1.014	1.062	1.096	1.101	1.210	1.433
30%	2.120	2.450	1.918	2.461	1.178	928	939	940	973	992	1.038	1.018
40%	1.053	1.208	1.067	1.407	1.000	820	804	818	906	894	877	813
50%	907	998	949	1.137	868	715	709	741	807	813	754	650
60%	798	832	772	854	745	579	557	601	710	702	504	537
70%	664	696	626	703	591	499	416	514	596	551	404	401
80%	521	614	507	530	462	340	314	415	396	264	282	291
90%	330	442	326	325	308	205	233	289	213	142	156	191
95%	279	283	178	180	173	126	159	208	115	89	60	91

Fonte: Engevix (2007)

Para se atingir a cota 351,00 m, equivalente ao NA máximo normal, o volume total a ser preenchido corresponde a 442,17 x 10⁶ m³. Com base nas vazões acima definidas, estimou-se o tempo de enchimento do reservatório para cada permanência de vazão, conforme o quadro a seguir.

Quadro 4.12
Tempo de enchimento (dias) do reservatório

Permanência	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5%	1	1	1	1	2	3	4	4	4	3	2	1
10%	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	3	2
20%	1	1	1	2	3	5	5	5	5	5	4	4
30%	2	2	3	2	4	6	5	5	5	5	5	5
40%	5	4	5	4	5	6	6	6	6	6	6	6
50%	6	5	5	5	6	7	7	7	6	6	7	8
60%	6	6	7	6	7	9	9	9	7	7	10	10
70%	8	7	8	7	9	10	12	10	9	9	13	13
80%	10	8	10	10	11	15	16	12	13	19	18	18
90%	15	12	16	16	17	25	22	18	24	36	33	27
95%	18	18	29	28	30	41	32	25	45	57	85	56

Fonte: Engevix (2007)

Do quadro acima, constata-se que o tempo médio de enchimento do reservatório é inferior a oito dias. Portanto, os fatores hidrológicos não serão um complicador para o início da operação da usina, tão pouco afetarão os ecossistemas e os usos da água a jusante por um período prolongado de tempo.

4.8 Cronograma de execução

O cronograma de obras, mostrado no Desenho 8810/00-1P-DE-0001, prevê um período de construção de 52 meses, desde o início da mobilização do empreiteiro civil e implantação do canteiro de obras até a geração comercial da 8ª unidade geradora.

A entrada do empreiteiro das obras civis é suposta acontecer em janeiro do Ano I.

A ensecadeira de 1ª fase só deverá estar concluída em Agosto do Ano I, para permitir o desvio do rio pelo braço esquerdo.

A conclusão das ensecadeiras de 2ª fase, bem como a abertura das ensecadeiras de 1ª fase, que possibilitará a passagem do rio pelos vãos do vertedouro, dar-se-á em maio do Ano III.

O início do enchimento do reservatório se dará em fevereiro do Ano IV. A entrada em funcionamento comercial da 1ª unidade geradora, após os testes de recepção, é prevista para março do Ano IV. As demais unidades entrarão em operação comercial a cada dois meses.

4.9 Operação do empreendimento

O reservatório da UHE Riacho Seco será operado a fio d'água, de maneira que a vazão afluente será, em média, igual a vazão efluente (vazão turbinada mais vazão vertida). O papel de regularizar as vazões do rio São Francisco já é desempenhado pela UHE Sobradinho. Além disso, o pequeno volume do reservatório e a não existência de um volume de espera não permite acumulação d'água. Dessa forma, não haverá deplecionamento do nível d'água do reservatório da UHE Riacho Seco em decorrência da operação do empreendimento.

A relação entre vazão turbinada e vazão vertida dependerá, preponderantemente, da vazão afluente ao reservatório, sendo que a capacidade máxima de engolimento das oito turbinas totaliza cerca de 3.300 m³/s. A vazão turbinada dependerá, ainda, dos despachos do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS em função da demanda de energia e da operação conjunta das outras usinas do Sistema Interligado Nacional.

5 INFRAESTRUTURA DE APOIO À OBRA

5.1 Canteiro de obras

Em função do arranjo geral previsto, o canteiro principal de obras será implantado na margem direita do rio, onde se situam as estruturas de concreto, conforme pode ser visto no Desenho 8810/00-30-DE-0201. O acesso será feito a partir da rodovia BA-210.

Está prevista uma área de cerca de 70 ha, que receberá as centrais de concreto e de britagem, oficinas, almoxarifados, escritórios e centrais de utilidade.

O acampamento, que deverá ser mínimo face à infraestrutura existente e à disponibilidade de serviços na região, também será implantado na margem direita em área próxima à do canteiro de obras.

Os volumes dos principais serviços de obras civis, à exceção do expressivo volume de escavações em rocha a céu aberto – 2,8 x 10⁶ m³, aproximadamente, são usuais em obras desse porte. O volume total de concreto é da ordem de 400.000 m³. Dessa forma, o equipamento a ser destinado às obras civis é o usual e permitirá atender às exigências do cronograma.

O concreto será transportado entre a central e o local de lançamento em caçambas colocadas em caminhões-plataforma ou em caminhões-betoneira. O lançamento deverá ser feito por meio de guindaste-torre.

A concretagem da casa de força deverá ser planejada de tal maneira que seja possível montar a ponte rolante até agosto do ano III, o que facilitará a montagem dos equipamentos eletromecânicos.

A ligação das centrais de britagem, concreto e dos estoques às frentes de construção será feita por meio de vias de serviços a ser implantada. A rodovia BA-210 será utilizada apenas para acesso ao canteiro de obras.

A construção da barragem de enrocamento será facilitada pelo acesso permanente pela margem esquerda, a partir de Santa Maria da Boa Vista.

Não foi prevista a instalação de canteiro nessa margem. Considerou-se apenas a instalação de um posto de atendimento aos equipamentos de transporte que circularão nessa margem, onde se encontram as jazidas de solo e os estoques de rocha.

5.2 Áreas de empréstimo e bota-fora

Na presente fase dos estudos, foram pesquisados os materiais de construção existentes na proximidade da UHE Riacho Seco. O volume das jazidas investigadas supera o volume necessário para a construção do empreendimento. Ou seja, nem todas as áreas deverão ser utilizadas e, se o forem, não necessariamente poderão ser exploradas em sua totalidade.

Na fase seguinte, de elaboração do projeto básico, as áreas estudadas serão reavaliadas e novas áreas de empréstimo serão levantadas para que seja determinada com maior segurança as melhores jazidas de material de construção, sob o ponto de vista técnico-econômico e ambiental, a serem utilizadas. A descrição que se segue, portanto, traz um indicativo de áreas potenciais que poderão ser exploradas durante a construção do empreendimento.

Foram investigadas 16 áreas de empréstimo localizadas nas proximidades da UHE Riacho Seco, conforme mostram o Desenho 8810/00-3G-DE-0040 e Quadro 5.1.

Os materiais pétreos para agregado, ensecadeira de segunda fase e barragens serão explorados a partir das escavações obrigatórias. Para a ensecadeira de primeira fase será necessária utilização de pedreiras. Foram então estudados dois locais para pedreira, um na margem esquerda e outro na margem direita.

Na margem direita, a pedreira é constituída por gnaisse biotítico, localizada à direita da rodovia BA-210 em direção a Riacho Seco, 1,1 km do eixo, nas coordenadas E = 426.508 e N = 9.028.374. O volume estimado foi de 260.000 m³, dividindo-se 130.000 m³ para cada margem. Na margem esquerda, a pedreira é constituída por gnaisse biotítico, localiza-se próximo ao povoado de Inhanhum, ficando 1,4 km do eixo, nas coordenadas E = 422.938 e N = 9.030.130.

No desenho 8810/00-3G-DE-0040 são identificadas três áreas adequadas para execução de bota-foras. Pode-se observar nesse documento que essas áreas ficam localizadas na área do reservatório. Constatou-se que esse volume poderia ser depositado abaixo do NA normal do reservatório, dispensando medidas de reconstituição ambiental nesses locais.

Quadro 5.1
Resumo dos volumes dos materiais pesquisados de solo e areia

Área	Tipo	Margem	Distância (km)	Espessura Média (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Material
1	Solo	Direita	3,7	1,26	59.188	74.577	areia fina siltosa, pouco argilosa

Área	Tipo	Margem	Distância (km)	Espessura Média (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Material
2	Solo	Direita	19,2	1,25	81.872	102.340	areia fina a média e silto-argilosa
3	Solo	Direita	16,0	0,83	107.441	96.697	areia fina a média silto-argilosa
4	Solo	Direita	13,0	0,55	69.022	37.962	areia fina a média silto-argilosa
5	Solo	Direita	10,7	1,70	14.932	25.384	areia fina siltosa e pouco argilosa
6	Solo	Direita	15,4	0,66	523.914	345.783	areia fina silto-argilosa
7	Solo	Esquerda	7,5	0,50	115.240	57.620	areia fina e média, silto-argilosa
8	Solo	Esquerda	1,0	0,55	21.652	11.909	areia fina e média, siltosa e pouco argilosa
9	Solo	Esquerda	2,0	0,88	269.592	236.361	areia fina argilo-siltosa com pedregulhos
10	Solo	Direita	3,0	0,92	150.803	138.739	areia fina siltosa com pedregulhos
11	Solo	Direita	4,0	0,78	164.340	128.185	areia fina siltosa com pedregulhos
12	Areia	Direita	1,0	1,10	10.000	11.000	areia fina a média
13	Areia	Direita	5,0	1,38	18.090	24.965	areia fina a média com mica
14	Areia	Esquerda	4,2	0,49	4.490	2.200	areia fina a média com mica
15	Areia	Direita	5,0	1,38	32.561	44.935	areia fina a média com mica
16	Areia	Esquerda	31,0	0,70	17.471	12.230	areia média a grossa

Fonte: Engevix (2007)

5.3 Balanceamento de Materiais

Foi analisado de forma expedita o balanceamento de materiais naturais de construção. Para tanto, considerou-se um coeficiente de empolamento de 1,3 para o material rochoso escavado e um volume de agregado para concreto igual ao volume de concreto total gasto. A Tabela 5.1 apresenta um resumo desse estudo.

Tabela 5.1
Balanco de materiais naturais de construção

Item	Solo (m ³)	Rocha (m ³)
Escavações obrigatórias	2.136.462	3.649.740
Circuito de Geração	202.026	371.274
Ensecadeiras	-	-
Barragens/Transições	706.959	6.050
Vertedouro	657.851	1.923.754
Canal de Drenagem	569.626	1.348.662

Item	Solo (m ³)	Rocha (m ³)
Aterros/concreto	266.064	1.744.607
Circuito de Geração	-	262.127
Ensecadeiras	266.064	516.476
Barragens/Transições	-	857.631
Vertedouro	-	108.373
Canal de Drenagem	-	-
Remoção de materiais	93.845	182.168
Remoção Ensecadeiras	93.845	182.168
Bota-fora total	1.964.242	2.087.301

O volume descartado de rocha e solo para bota-fora será da ordem de 4 milhões de m³. Considerando que as três áreas identificadas como adequadas para a execução de bota-foras totalizam aproximadamente 816.800 m², prevê-se que os taludes terão altura média de 5 m. A Figura 5.1 apresenta o fluxo simplificado de materiais, com indicação de suas origens e destinos.

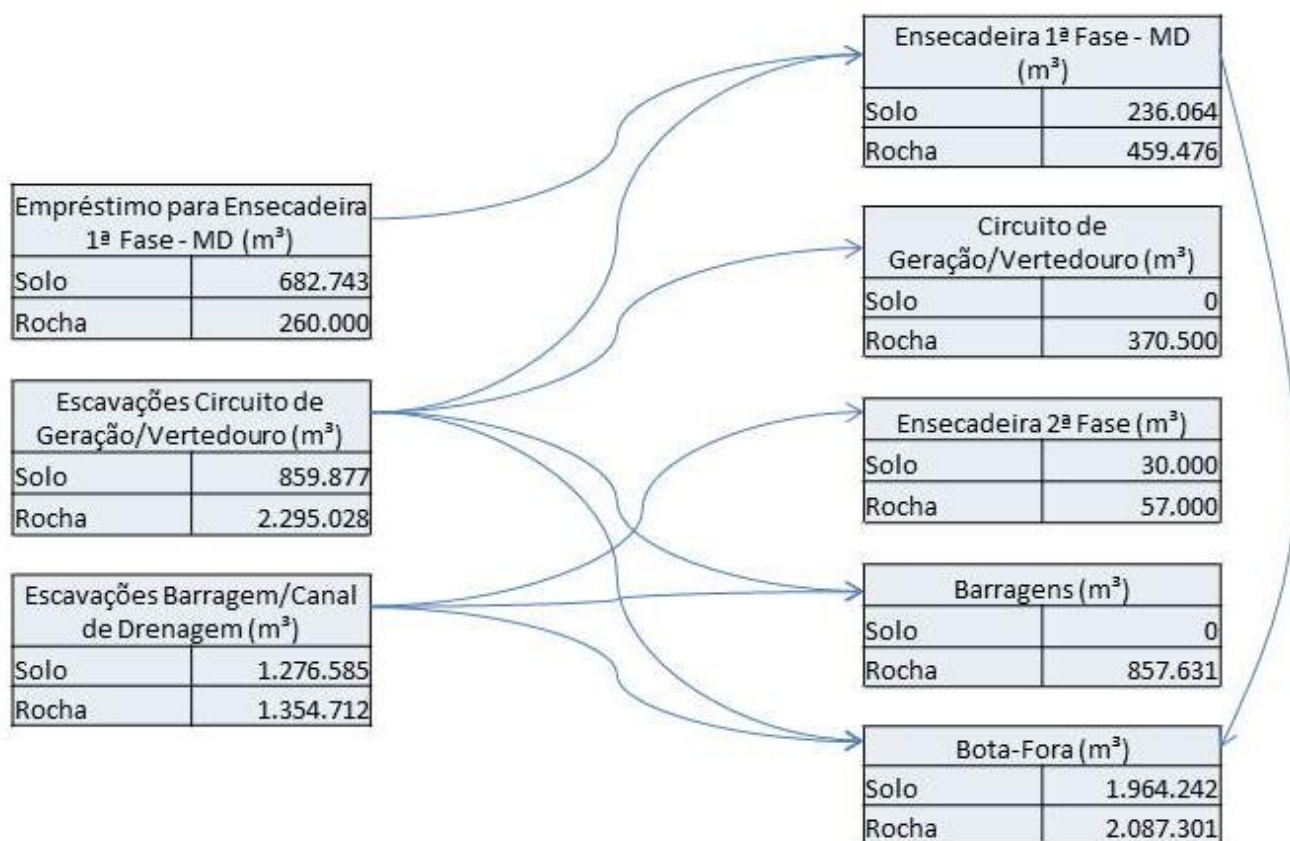


Figura 5.1
Fluxo de Materiais

5.4 Mão de obra

A mão de obra necessária à construção da UHE Riacho Seco varia ao longo dos 52 meses, como mostra a Figura 5.2. Um maior número de trabalhadores será necessário entre o 10º e 19º mês de construção, sendo que um pico de 1.923 trabalhadores está previsto no 12º mês.

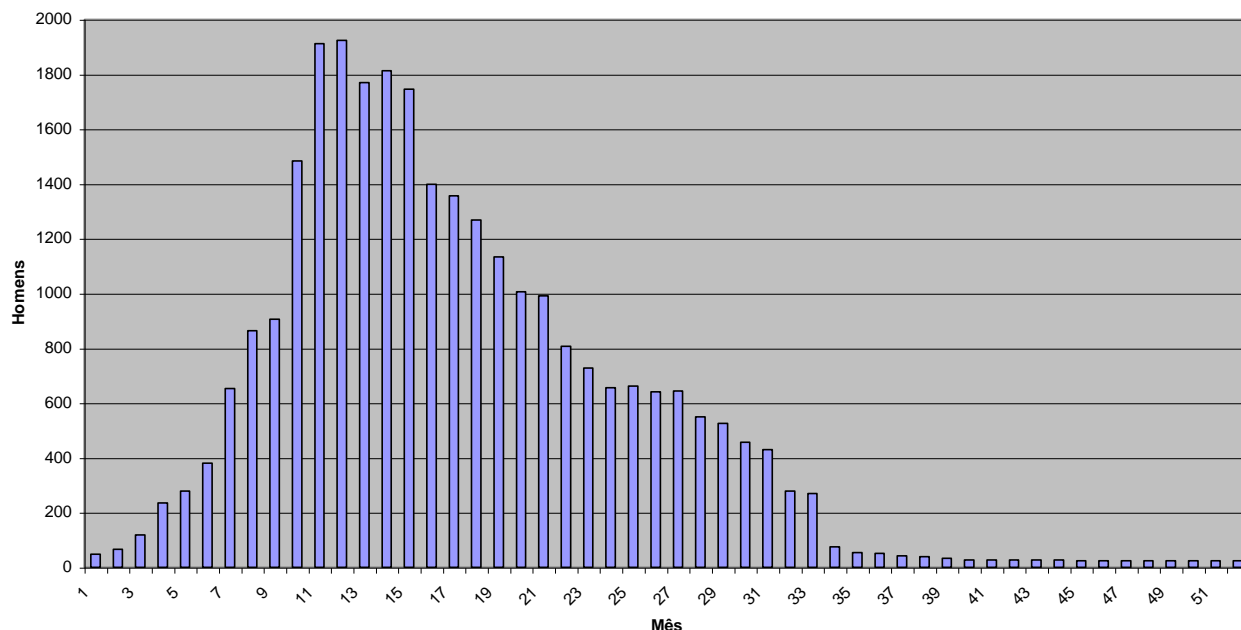


Figura 5.2
Histograma de alocação de mão de obra

6 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

6.1 Características técnicas do empreendimento

A conexão elétrica da UHE Riacho Seco à Rede Básica será realizada através do seccionamento da LT 500 kV 05C4 Usina Luiz Gonzaga / Sobradinho. O ponto de seccionamento dista aproximadamente 11 km do local da barragem. Portanto, será necessária a implantação de 22 km de Linha de Transmissão de 500 kV em circuito simples, com uma largura total de faixa de servidão de aproximadamente 140 metros. Serão utilizadas estruturas metálicas autoportantes e estaiadas no mesmo padrão da LT 05C4 existente. Estima-se que serão montadas, aproximadamente, 45 estruturas metálicas autoportantes ou estaiadas para ancoragem ou suspensão da linha de transmissão.

Obedecendo aos critérios básicos para projetos de Linha de Transmissão (LT) de 500 kV, conforme as Especificações Técnicas da Chesf, cada uma das linhas de transmissão em análise terá as características que se seguem.

a) Tensão nominal

- Tensão nominal 500 kV.
- Tensão máxima de operação 110% da Tensão nominal (550kV).
- Frequência 60 Hz.
- Número de circuitos 1.
- Número de fases/circuito 3.
- Número de subcondutores/fase 4.
- Espaçamento entre subcondutores 45,7 cm.
- Disposição dos subcondutores quadrangular.
- Espaçamento entre fases 11 m.
- Disposição das fases horizontal.
- Número de cabos para-raios 2/linha.
- Extensão total de cada LT 10,56 km.

b) Largura da faixa de servidão ou domínio e faixa de segurança

Em função da alternativa escolhida (alternativa 1 do estudo “Integração Elétrica da UHE Riacho Seco no médio São Francisco” – NT – DEPT 01-01-03/2006 de março/2006), serão construídas duas linhas de 500 kV no mesmo corredor. Nessas condições, a faixa de servidão única é de 140 m de largura.

c) Características das estruturas

As estruturas de suporte dos condutores e para-raios serão formadas por treliças em aço galvanizado. A montagem das mesmas será feita em seções aparafusadas, que são previamente montadas no solo. As estruturas serão instaladas em fundações de concreto com profundidades variáveis, de acordo com as condições locais do solo. As estruturas serão dos tipos: autoportantes no início e final de linha e estaiadas nas estruturas intermediárias, com alturas variáveis, conseguido através de combinações de extensões de corpo e de pernas atingindo alturas de até 42 metros, para causar menor impacto ambiental, menor “praça de montagem”, faixa de servidão mais estreita, convivência da linha com culturas agrícolas de pequeno porte e menor corte de árvores.

A utilização de estruturas estaiadas apresenta as vantagens de propiciar montagem mais rápida e mais simples, além de causar menor impacto ao meio ambiente em consequência da redução da área necessária para escavação de fundações bem como do tipo de fundações. Nesse particular o tipo de solo do corredor escolhido para as LT's,

do tipo rochoso, vem a facilitar o emprego de fundações de menor porte e, conseqüentemente, de menor agressão ambiental.

d) Número de circuitos e de fases

Cada uma das LT's contará com:

- número de circuitos 1;
- número de fases/circuito 3.

e) Tipo e bitola dos cabos condutores e para-raios

O condutor a ser instalado consiste num feixe de quatro subcondutores por fase. Cada subcondutor consiste num núcleo composto de fios de aço galvanizado rodeados por fios de alumínio em camadas. Cada feixe de subcondutores será suspenso nas extremidades e no centro da mísula da torre suporte.

Cabo condutor:

- tipo: alumínio com alma de aço (CAA);
- código: Grosbeak;
- bitola: 636 kcmil (374,7 mm²);
- formação: 26/7 (26 fios de alumínio e sete fios de aço);
- peso: 1.302 daN/m;
- carga de ruptura: 11.076 daN;
- classe de galvanização: B.

Os cabos condutores, numa mesma fase, serão interligados através de um dispositivo que permite a manutenção do espaçamento de 45,7 cm entre eles e, ao mesmo tempo, absorve as vibrações eólicas. No caso do rompimento de 1 (um) subcondutor, este dispositivo impede parcialmente a queda do mesmo no solo.

Cabos para-raios:

- tipo: alumínio com alma de aço (CAA);
- código: Dotterel;
- bitola: 176,9 kcmil (141,9 mm²);
- formação: 12/7 (12 fios de alumínio e sete fios de aço);
- peso: 0,657 daN/m;
- carga de ruptura: 7.450 daN;
- classe de galvanização: B;

Serão instalados nos cabos para-raios amortecedores destinados a minimizar as vibrações eólicas.

f) Suportabilidade contra descargas atmosféricas

Em cada uma das extremidades superiores das estruturas, serão suspensos dois cabos para-raios para proteção dos feixes de subcondutores contra descargas atmosféricas.

g) Distâncias elétricas de segurança

Para a presente situação serão observadas as seguintes distâncias verticais mínimas:

Distâncias mínimas dos cabos ao solo

Para condições normais de operação das LT's:

- terreno aberto: 9,5 m;
- estradas rurais e municipais: 10,5 m;
- rodovias federais e estaduais: cf. norma do DNER;
- ferrovias: cf. norma da RFFSA;
- LT's de 69 a 500 kV: 6,5 m;
- linhas distribuição e telecomunicações: 6,0 m;
- árvores preservadas acima da altura máxima: 6,5 m;
- região canavieira sem erradicação da cana: 15,0 m;
- águas navegáveis: cf. norma da Capitania dos Portos;

Espaçamentos verticais mínimos em relação a obstáculos

Para condições anormais (Regime de Contingência - temperatura máx. 90° C):

- terreno aberto: 7,0 m;
- estradas rurais e municipais: 9,0 m;
- rodovias federais e estaduais: cf. norma do DNER;
- LT's de 69 a 500 kV: 4,0 m;
- linhas distribuição e telecomunicações: 4,0 m;
- árvores preservadas acima da altura máxima: 3,5 m.

Nos cruzamentos sobre rodovias, ferrovias, rios, linhas de transmissão de tensão igual ou superior a 230 kV e nas áreas de proteção de aeródromos, serão instaladas esferas de sinalização com a finalidade de alertar as aeronaves que trafegam na região, da existência da LT.

h) Tipos de fundação

A execução das fundações é iniciada pela locação e nivelamento das cavas de fundação, após o desmatamento e a limpeza do solo para preparação das “praças de montagem”.

A definição do tipo de fundação a ser empregado dependerá das investigações geotécnicas (sondagens de solo) a serem desenvolvidas pelo empreendedor para subsidiar a elaboração do projeto básico. Dentre os tipos de fundação a serem aplicados têm-se: concreto armado, tubulão e fundações especiais.

Os trabalhos de escavação e reaterro deverão ser executados com todo o cuidado necessário para não inferir no meio circunvizinho e visando, inclusive, melhorar as condições de estabilidade do terreno.

6.1.1 Fontes de distúrbios e interferências

O projeto das linhas de transmissão aqui analisados foram desenvolvidos observando os critérios técnicos para redução ou máxima atenuação quanto aos impactos decorrentes dos efeitos elétricos causados nos ambientes circunvizinhos, tais como: interferência na recepção dos sinais de rádio e televisão, emissão de ruído audível, corona visual, escoamento de correntes elétricas etc.

Os critérios de projetos adotados para a LT em questão, observando os preceitos quanto às Normas de Segurança, estão dentro dos padrões aceitos internacionalmente, de sorte que a operação da linha de transmissão não deve causar impactos adversos à vida humana, animal e vegetal, bem como a objetos e instalações localizadas na sua vizinhança.

6.1.2 Medidas de segurança

Todas as estruturas serão solidamente ligadas à terra através de fio de aço recoberto de cobre, denominado fio contrapeso, esse fio, ligado a cada uma das pernas da torre e estendidos radialmente sob o solo, tem a finalidade de garantir o escoamento para a terra de correntes elétricas de falha, que porventura venham a circular pela estrutura.

Todas as estruturas, sem exceção, deverão ser aterradas através de fio contrapeso e/ou hastes de aterramento, constituídos de fio ou haste de aço recoberto de cobre.

Os trabalhos de instalação do sistema de aterramento se darão simultaneamente com a execução das fundações, aproveitando as escavações e conectando os fios contrapeso às mesmas, estendendo-os em valetas cavadas dentro dos limites da faixa de servidão, com as seguintes profundidades:

- 40 cm em terreno não cultivado;
- 80 cm sob estradas não pavimentadas;
- 75 cm em terreno cultivados ou que tenham possibilidade de ser cultivados.

Para garantir a segurança contra eventuais descargas elétricas, todas as cercas metálicas nas proximidades ou que cruzem a LT serão seccionadas e/ou aterradas.

6.2 Caracterização do empreendimento

6.2.1 Etapa de implantação

A seguir, são descritas as principais ações necessárias à implantação do empreendimento.

a) Levantamento topográfico e cadastral

Serão realizados levantamentos topográficos planialtimétricos em escalas adequadas para definição do traçado da linha de transmissão com o respectivo perfil. Serão utilizados instrumentos do tipo estação total, níveis e acessórios para que sejam materializados, geometricamente no terreno, os pontos sequenciais que caracterizam o eixo da linha. Estes dados são armazenados em memória acessória junto aos equipamentos topográficos que serão descarregados em gabinete para subsidiar os estudos de Projeto Executivo a serem realizados na sede da empresa responsável pelo referido projeto. Os trabalhos topográficos de campo serão realizados por uma equipe de profissionais constituída por topógrafo, auxiliar e ajudantes que se deslocarão ao longo do traçado da linha, em veículo do tipo utilitário, com todos os equipamentos que se fazem necessários. Eventualmente será necessário abertura de pequenas picadas para passagem dos integrantes permitindo inclusive a leitura das visadas nos equipamentos e colocação de marcos e piquetes.

O levantamento cadastral será realizado em sequência ao levantamento topográfico descrito anteriormente, podendo a mesma equipe realizar os dois trabalhos. O cadastro consiste em se identificar no entorno do traçado da linha as edificações, residências, cercas limites de propriedades, estradas, cursos d'água, infraestruturas existentes, interferências e demais elementos físicos que venham interferir ou posicionar-se em áreas próximas da linha de transmissão. Neste trabalho, são materializados em plantas todos os elementos acima relacionados inclusive com a identificação de proprietários.

b) Liberação da faixa de servidão

Elaborado o projeto para a construção da LT, após sua aprovação, a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, por resolução, declara de utilidade pública a área que será objeto de servidão. Os procedimentos obedecerão ao que dispõe a Lei 10.406/02 do Código Civil Brasileiro.

Com base no projeto e na trajetória da Linha de Transmissão, adotam-se procedimentos para estabelecimento da faixa de servidão, consoante legislação específica. Por servidão entende-se o direito real incidente sobre propriedade imóvel alheia, cujo imóvel gravado por tal ônus passa a sofrer uma série de restrições no que concerne ao uso e gozo. As Faixas de Servidão, também chamadas de faixas de segurança, são áreas sobre as quais passam as linhas de transmissão de energia elétrica. Essas faixas têm a largura determinada em função do tipo da linha que é instalada.

Será paga indenização aos proprietários das terras atingidas pela passagem das linhas e pela limitação do uso dos terrenos definidos como faixa de servidão. Cabe salientar, no entanto, que essa cessão não representa perda do terreno na faixa de servidão, mas sim a restrição de uso.

As plantações na faixa de servidão podem ser feitas desde que as culturas em sua idade adulta não atinjam alturas acima dos limites estabelecidos no item anterior. Os proprietários das habitações que estiverem no trajeto das linhas e que ficarem dentro da faixa de servidão serão indenizados. As habitações serão removidas, visando à segurança das pessoas e instalações. Serão efetuados contatos com os proprietários ou posseiros dos locais que estarão inseridos na faixa de servidão determinada conforme procedimentos técnico-administrativos caracterizados, basicamente, por:

- contatos com os proprietários. Inicialmente, são feitos os primeiros contatos com os diversos proprietários situados ao longo da faixa, objetivando um perfeito relacionamento entre as partes, em seguida, procede-se à etapa de obtenção de permissão de acesso aos locais onde serão implantadas as linhas de transmissão caracterizada pelo Termo de Permissão de Passagem;
- permissão de passagem. No momento em que a empresa dá os primeiros passos no sentido de concretamente iniciar a obra, equipes integradas por pessoal especializado procuram obter dos proprietários, prévia e expressa autorização para entrar em suas propriedades;
- autorização das prefeituras. Paralelamente, são contatadas as Prefeituras dos municípios atingidos pelo empreendimento, de modo a satisfazer exigência contida na Resolução CONAMA nº. 237/97 que, em seu artigo 10, § 1º preceitua:

“no procedimento de licenciamento ambiental deverá constar, obrigatoriamente, a certidão da Prefeitura Municipal, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo e, quando for o caso, a autorização para supressão de vegetação e a outorga para o uso da água, emitidas pelos órgãos competentes”.

c) Avaliação e indenização de propriedades/benfeitorias

São seguidos critérios e procedimentos para levantamento, avaliação de todas as propriedades/benfeitorias existentes dentro da faixa de servidão considerada desde que tais propriedades/benfeitorias possam vir a interferir na construção / operação do sistema elétrico projetado.

Todas as propriedades/benfeitorias existentes no âmbito da faixa serão indenizadas, por critérios justos decorrentes de negociações. As ações serão de conformidade com o que preceituam as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que fixam as diretrizes para a avaliação de imóveis urbanos e rurais (NBR-5676 e NBR-8799).

d) Contratação de mão de obra

A mão de obra a ser contratada pela empresa responsável pela realização das obras será constituída por técnicos de nível superior, médio, operadores de máquinas e de equipamentos, montadores com qualificação adequada, como também de mão de obra braçal.

A mão de obra braçal será contratada, preferencialmente, no município de Curuçá onde será implantada a linha, proporcionando, assim, geração de empregos locais.

Os profissionais de nível superior, médio, operadores de máquinas e de equipamentos, serão contratados mediante processo seletivo mais apurado, por exigência das respectivas especialidades.

Os serviços da empresa responsável pelas obras obedecerão, rigorosamente, o que prescrevem as normas de conduta estabelecidas na NR-10 do Ministério do Trabalho e Emprego, quanto à segurança com serviços em eletricidade.

e) Implantação dos canteiros de obras, escritórios de apoio e alojamentos

Compreende a seleção e preparação de locais estratégicos, seja ao longo do eixo da LT, ou em localidades próximas, dotados de infraestrutura necessária a alojamento de pessoal, almoxarifado, abrigo para materiais e manutenção dos equipamentos de construção, tudo em perfeito acordo com as normas de Segurança e Medicina do Trabalho.

Na Figura 6.1, a seguir apresentada, e na Figura 6.2, indica-se uma área que atende aos requisitos básicos ambientais e estratégicos para implantação do referido canteiro. Com efeito, a área em questão apresenta-se bastante antropizada, não havendo, pois, necessidade de supressão de vegetação nativa. Além do mais, sua localização às margens da BA-210 e dos acessos às áreas de implantação da linha, bem como a proximidade das linhas de suprimento elétrico e de fontes de abastecimento d'água, reforçam a indicação dessa área como preferencial para implantação do referido canteiro.

Após a conclusão dos serviços, deve ser feita a limpeza da área e restabelecidas suas condições primitivas.



Figura 6.1
Local indicado para instalação do canteiro de obras
(426.956 / 9.028.582)

O canteiro de obras da LT terá localização prioritária dentro dos limites do canteiro de obras da UHE Riacho Seco devido a serem obras associadas, à sinergia positiva e aproveitamento dos controles ambientais intrínsecos.

f) Destinação dos resíduos sólidos e líquidos, bem como de materiais potencialmente poluidores

Os resíduos sólidos e líquidos e demais materiais potencialmente poluidores resultantes de restos de material vegetal, sobras de obras e outros resíduos não biodegradáveis deverão ter destinação adequada em função de sua especificidade e constar dos contratos com as empreiteiras.

g) Abertura de estradas de acesso

As estradas de acesso são vias a serem abertas pela empreiteira de construção com a finalidade de permitir o acesso de veículos para transporte de pessoal e material, além do acesso das máquinas necessárias à construção e montagem da LT, bem como para os serviços posteriores de manutenção da LT. Devem ter largura máxima de 4 m.

Caberá à empreiteira a escolha do melhor traçado do acesso e do melhor método construtivo, considerando a menor intervenção possível no meio circunvizinho. Deverá levar em conta o aproveitamento máximo das estradas e caminhos vicinais existentes.

Na Figura 6.2, estão plotadas as estradas vicinais já existentes na área e que, se constituem em acessos suficientes para permitir a chegada de veículos e máquinas até as áreas de implantação da linha.

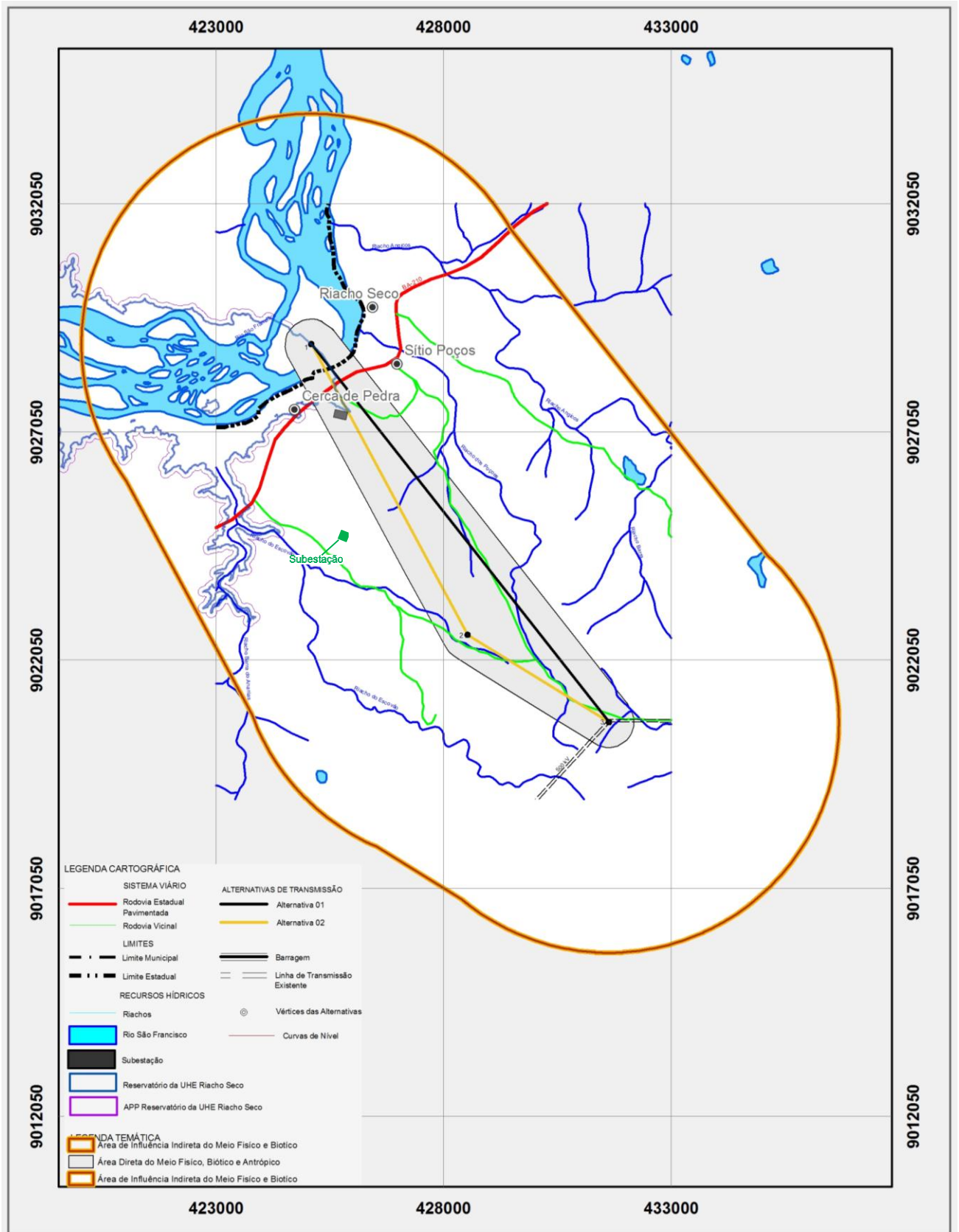


Figura 6.2
Acesso e canteiro de obras

h) Supressão de vegetação, limpeza de faixa e poda seletiva

É a primeira atividade de construção, após os serviços de topografia e locação do empreendimento. A finalidade da mesma é garantir a mobilidade dos equipamentos de montagem e manutenção; proteger as estruturas e cabos aéreos contra o tombamento de árvores e incêndios; garantir a segurança de terceiros e das instalações quando em operação.

A limpeza e retirada de vegetação da faixa de servidão, nos locais a serem autorizados pelo Ibama, será seletiva e baseada nos critérios contidos na Instrução Normativa – IN.MA.01.001 – Desmatamento Seletivo da Faixa de Linhas de Transmissão. Tais critérios estabelecem zonas de desmatamento das espécies vegetais, cujo topo no seu estágio final de crescimento, ultrapassa a distância de segurança especificada pelo projeto. As espécies vegetais que, no seu estágio final de crescimento, não comprometem a segurança das instalações, devem ser mantidas. Para facilitar a mobilidade dos equipamentos de montagem e lançamento dos cabos condutores e para-raios, prevê-se o desmatamento de uma faixa central com largura máxima de 5 (cinco) metros para essa finalidade única e exclusiva.

i) Implantação das “praças de montagem” de torres e de lançamento de cabos

Para propiciar a montagem de estruturas do tipo autoportante ou estaiadas, deverão ser abertas ao longo da faixa, clareiras com dimensões conforme o tipo de estrutura a ser montada e em perfeita obediência aos requisitos técnicos adotados pelo empreendedor. As chamadas “praças de montagem” ocuparão, em princípio, as seguintes dimensões: área equivalente a 25 m x 25 m para as estruturas autoportantes e de 30 m x 30 m para as estaiadas.

A montagem é feita passo a passo, içando peças isoladas ou pequenas seções pré-montadas no solo, até os locais de fixação e parafusamento.

j) Implantação das torres

Esta atividade envolve a execução de escavações pontuais, em cada pé das estruturas; confecção de formas e ferragens; lançamento de pequenos volumes de concreto e reaterro das cavas. As escavações são manuais, com área máxima de 3,0 m x 3,0 m e 4,0 m de profundidade, não havendo previsão do uso de explosivos. As cavas, enquanto abertas, são protegidas para impedir a queda de animais e pessoas. Todo o material escavado e não utilizado como reaterro deve ser espalhado na área da praça de montagem das estruturas.

k) Lançamento dos cabos condutores

O lançamento convencional obriga a abertura de picadas contínuas, nas áreas com vegetação de no mínimo 5 (cinco) metros de largura.

Isto implica na instalação de praças especiais de lançamento desmatadas, distantes entre si cerca de 4 a 7 km, onde as bobinas de para-raios e condutores são descarregadas. Por

razões de ordem prática, as praças de lançamento são escolhidas em locais planos, pouco suscetíveis aos processos erosivos.

Após o lançamento, os cabos são tracionados e nivelados até sua flecha especificada. A construtora adotará os procedimentos de segurança mediante o emprego de estruturas de proteção sobre obstáculos que, eventualmente, venham a oferecer dificuldade ou risco ao serviço de lançamento dos cabos, bem como para evitar qualquer possibilidade de impacto ao meio ambiente a ser causado pelo processo de lançamento dos cabos. Essa medida visa também evitar que os cabos possam vir a ser danificados por eventual presença ou ação dinâmica dos elementos naturais existentes próximos ou na faixa de serviço.

Os lançamentos sobre linhas energizadas existentes deverão ser precedidos dos necessários aterramentos, dos cabos em questão nas estruturas adjacentes, com a finalidade de conferir o maior grau de segurança possível ao serviço a ser executado.

As roldanas são retiradas e os cabos são grampeados na sua posição definitiva. Os cabos para-raios são isolados em toda a sua extensão e aterrados nos trechos de seccionamento.

l) Fluxo de tráfego

Consiste no deslocamento necessário de máquinas e veículos para transporte de pessoal e de materiais, o que pode vir a provocar acidentes, bem como ruídos e emissão de gases e material particulado pela fuligem dos escapamentos.

Deverão ser utilizadas preferencialmente as estradas e vias municipais existentes situadas no entorno do empreendimento.

m) Uso de matérias-primas e de energia

Os materiais que serão empregados na construção da linha são produtos industriais de consagrada aceitação internacional e, portanto, cuja matéria prima já foi submetida às restrições das normas de defesa do meio ambiente quanto aos aspectos de emissão de quaisquer partículas ou outras substâncias que venham a ser danosas ao meio ambiente.

O uso de energia elétrica necessária ao canteiro de obras e aos demais locais de serviços será preferencialmente de fornecimento existente caso se configure essa possibilidade, em caso de inexistência de fonte de energia no local, a oferta de energia se dará mediante a geração através de motor-gerador alimentado por combustível fóssil e operado em atenção restrita às normas ambientais específicas.

n) Áreas de empréstimo

Consistem na utilização de áreas de jazidas onde se busca material para execução de obras de terraplenagem ou de reaterro para as cavas.

o) Áreas de botafora

Consistem na utilização de área onde se deposita material proveniente das cavas e movimento de terra e que não serão reutilizados.

p) Desativação de estradas de acesso, canteiro de obras e alojamentos

Compreende a finalização da Fase de Implantação. Consiste na desmontagem dos canteiros de obras e consequente desmobilização da mão de obra.

6.2.2 Etapa de operação e manutenção

A futura UHE Riacho Seco e suas respectivas linhas de transmissão farão parte integrante do Sistema Interligado Nacional – SIN. O SIN, portanto, assim constituído por todo o sistema elétrico brasileiro, constitui com seus sistemas de transmissão a Rede Básica na qual será feita a conexão da futura UHE Riacho Seco. As atividades de coordenação e controle da operação da geração e transmissão de energia elétrica são executadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos e criada em 26 de agosto de 1998.

A operação e manutenção das linhas de transmissão da UHE Riacho Seco serão realizadas pelo próprio empreendedor ou por empresa especializada que contará com corpo técnico com qualificação adequada para os serviços a serem executados. Ficará sob a inteira responsabilidade do empreendedor ou empresa a ser determinada, a elaboração do programa de manutenção das linhas com base em estudos estatísticos de desempenho das mesmas, quer em condições normais de operação, ou nas situações de contingência.

O resultado dessas análises definirá os procedimentos quanto às condições físicas das linhas e os indicativos para intervenções sob a ótica da manutenção.

Em virtude das severas exigências impostas pela Aneel quanto ao desempenho do sistema elétrico brasileiro, o gerenciamento do desempenho das linhas é orientado com o objetivo de ser alcançado o maior grau de continuidade operacional e, portanto, maior disponibilidade operacional das mesmas. Para tanto são realizadas ações de análises preventivas baseadas em técnicas e procedimentos de alta complexidade visando o objetivo proposto. Como meio de subsidiar as análises são procedidas inspeções periódicas, terrestres e aéreas nas instalações.

Todos os registros são devidamente catalogados para análise de intervenções de manutenção e para constituir base de dados estatísticos para aprimoramento do processo de manutenção quanto ao método, técnica e prazos.

a) Inspeção terrestre

As inspeções terrestres, a depender da situação, serão dos tipos:

➤ Minuciosas

Torres de transmissão: são escaladas todas as torres para uma verificação detalhada do estado físico dos componentes, cadeias de isoladores, ferragens, cabos condutores e para-raios, cabos de aterramento etc.

Faixa de servidão: são verificadas as condições da vegetação, estradas de acesso, sistema de proteção (aterramento de pé de torre, cabos contrapeso) etc.

➤ Expeditas

São inspeções realizadas diretamente do solo nas torres e seus componentes bem como na faixa de servidão quanto aos aspectos da vegetação, eventuais invasões ao longo da faixa de servidão etc.

➤ Patrulhamento

São inspeções realizadas em trechos determinados para localização de eventual defeito na linha ou para comprovação de atividades estranhas e comprometedoras à segurança da instalação.

➤ Noturna

São inspeções realizadas à noite, preferencialmente em época de alta umidade relativa do ar e no ciclo de lua nova, para determinação/ identificação de eventuais descargas parciais que sinalizam presença de poluição na cadeia de isoladores.

➤ Analítica

Esse tipo de inspeção tem o objetivo de análise específica para comprovação de defeitos previamente analisados ou detectados.

b) Inspeção aérea

➤ Minuciosas

São realizadas com o emprego de aeronave, preferencialmente o helicóptero, e têm a finalidade de conferir ao inspetor maior grau de acuidade quanto ao objeto a ser observado em face do uso de instrumental mais apropriado como, por exemplo: binóculos de alta resolução ótica, analisadores de pontos quentes (termovisores), detectores de corona etc. Esse tipo de inspeção possibilita melhor análise dos componentes da linha, cadeias de isoladores, ferragens, cabos condutores e para-raios, cabos de aterramento etc.

➤ Expeditas

São inspeções, também com o emprego de aeronaves, porém diferem do tipo anterior por dispensarem o emprego de instrumentação especial. A verificação se processa com o registro visual do próprio inspetor.

c) Conservação da faixa de servidão

Como resultado das inspeções efetuadas, as faixas de servidão que forem consideradas em estado fora dos padrões aceitáveis, são objetos de intervenções de manutenção com o intuito de que sejam restabelecidas as condições de uso com respeito aos padrões de segurança física e operacional.

6.3 Riscos e acidentes

As intervenções em serviços com eletricidade são potencialmente sujeitas a riscos e acidentes, principalmente aquelas envolvendo serviços com LTs de extra alta tensão.

Os procedimentos para intervenções em LTs de alta tensão sejam em situações de normalidade (com a linha energizada ou não), bem como os procedimentos em situações de contingência, requerem que sejam seguidos rigorosos e precisos passos durante os trabalhos.

É absolutamente indispensável o treinamento permanente da equipe e da obediência irrestrita ao que prescrevem as normas de segurança com serviço em eletricidade notadamente NR-10 em sua nova edição conforme Portaria nº 598 do Ministério do Trabalho e Emprego – TEM que da data de sua publicação (08-12-2004) estabeleceu um novo marco regulatório para a engenharia das instalações elétricas do Brasil. O capítulo relativo ao Sistema Elétrico de Potência – SEP ali conceituado firma um novo regulamento de segurança em instalações e serviços com eletricidade.

Com base nesses pressupostos, é dever legal da empresa prestadora dos serviços de manutenção, avaliar os riscos de seu trabalho para adotar medidas preventivas visando conferir o maior grau de segurança aos seus trabalhos estabelecendo de forma sistematizada e criteriosa a seleção das medidas de controle para a eliminação ou minimização do risco.

As principais medidas de controle que deverão ser tomadas deverão considerar:

- as medidas de proteção individual;
- as medidas de proteção coletiva; e
- os procedimentos de trabalho.

As medidas específicas preconizadas para o estabelecimento de programas de segurança deverão se coadunar com as demais medidas existentes na empresa voltadas para o mesmo princípio de preservação de segurança física e operacional com destaque para os Programas de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA estabelecido na NR-9.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ENGEVIX Engenharia S/A. **UHE Riacho Seco** – Estudos de viabilidade – relatório final. Brasília: CHESF/CNO/DESENVIX/ENGEVIX, 2007. 324 p.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos**. Relatório ONS RE/3/144/2007. Rio de Janeiro: ONS, 2007.