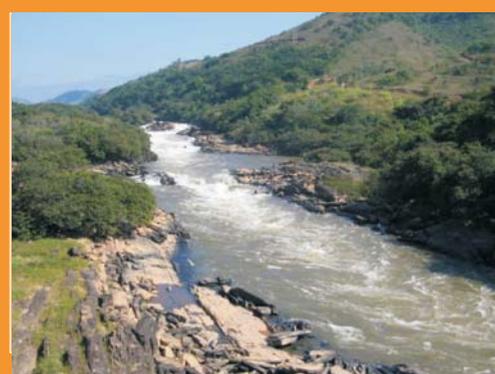
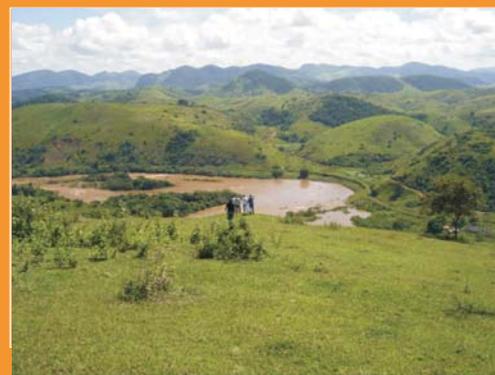


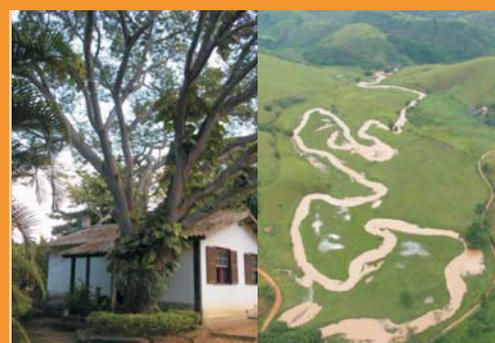
AHE SIMPLÍCIO QUEDA ÚNICA PROJETO BÁSICO AMBIENTAL

0016



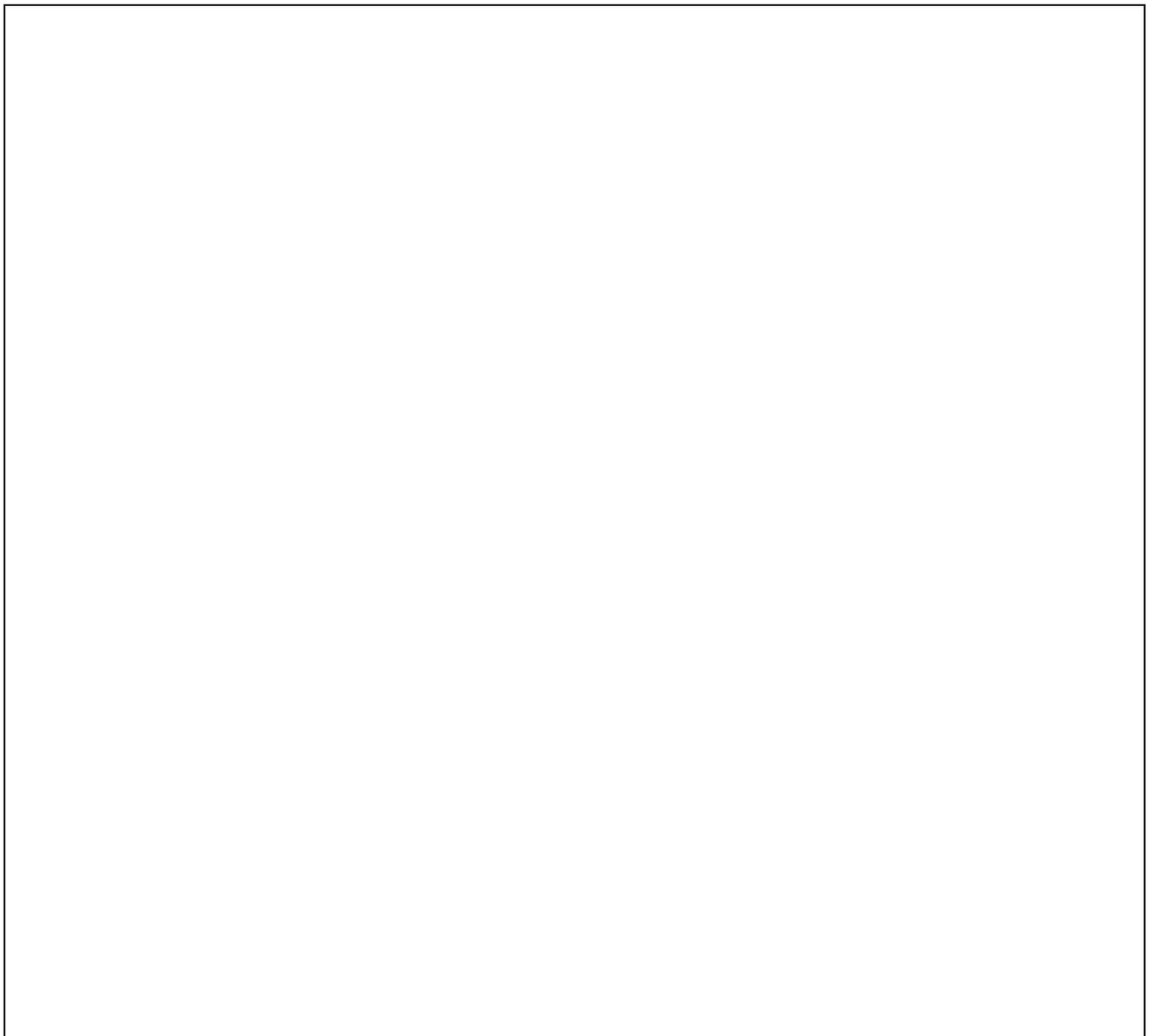
INFORMAÇÕES GERAIS

Novembro/2006



INFORMAÇÕES GERAIS





0	13/11/06	Emissão Final	CGM/ANV	EFdS	CGM/ SLFC
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
CLIENTE:			 FURNAS		
			 ENGEVIX		
EMPREENHIMENTO: AHE SIMPLÍCIO QUEDA ÚNICA – PROJETO BÁSICO AMBIENTAL					
ÁREA: MEIO AMBIENTE					
TÍTULO: INFORMAÇÕES GERAIS					
ELAB. CGM/ANV		VERIF. EFdS		APROV. CGM/SLFC	
				R. TEC.: JAS	
				CREA NO 5224-D	
CÓDIGO DOS DESCRITORES -- --				DATA 13/11/2006	
				Folha: 1	
				de 105	
				Nº DO DOCUMENTO: 8922/01-60-RL-0016	
				REVISÃO 0	

ÍNDICE	PÁG.
1 - APRESENTAÇÃO	0016-4
2 - CONDICIONANTES DA LICENÇA PRÉVIA 217/2005.....	0016-8
2.1 - Aspectos do Processo de Licenciamento Ambiental	0016-8
2.2 - Condicionantes da Licença Prévia	0016-8
3 - PRINCIPAIS LEVANTAMENTOS EXECUTADOS	0016-11
4 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EMPREENDIMENTO	0016-12
4.1 - Descrição do Arranjo	0016-12
4.1.1 - Principais Elementos Componentes.....	0016-12
4.1.2 - Usina e Barragem de Anta	0016-14
4.1.3 - Obras de Interligação dos Reservatórios	0016-14
4.1.4 - Usina de Simplício.....	0016-16
4.2 - Desvio dos Rios e Córregos e Ensecadeiras.....	0016-17
4.2.1 - Usina e Barragem de Anta	0016-17
4.2.2 - Diques de Tocaia, Louriçal e Estaca 2	0016-18
4.2.3 - Desvio do Ribeirão do Peixe	0016-20
4.3 - Interligação entre os Reservatórios.....	0016-21
4.3.1 - Ligação 1 – Anta/Tocaia (Canal 1/Túnel 1/Canal 2).....	0016-21
4.3.2 - Ligação 2 – Tocaia/Louriçal (Canal 3/Túnel 2/Canal 4-Parte 1/Túnel 2A/Canal 4-Parte 2).....	0016-23
4.3.3 - Ligação 3 – Louriçal/Calçado (Área 5/Canal 5)	0016-26
4.3.4 - Ligação 4 – Calçado/Antonina (Canal 6, Túnel 3, Canal 7).....	0016-28
4.3.5 - Ligação 5 – Antonina/Peixe (Canal 8)	0016-30
4.4 - Diques de Terra e/ou Enrocamento	0016-30
4.4.1 - Dique Tocaia	0016-30
4.4.2 - Dique Louriçal 1.....	0016-31
4.4.3 - Dique Louriçal 2.....	0016-31
4.4.4 - Dique Estaca 1	0016-32
4.4.5 - Dique Estaca 2	0016-33
4.4.6 - Dique Antonina.....	0016-34
4.4.7 - Dique Norte	0016-35
4.4.8 - Dique Sul.....	0016-36
4.5 - Estruturas de Concreto.....	0016-37

4.5.1 - Usina de Anta – Barramento e Vertedouro.....	0016-37
4.5.2 - Usina de Anta – Circuito Hidráulico (Tomada d'Água, Casa de Força e Área de Montagem).....	0016-38
4.5.3 - Usina de Simplício – Circuito Hidráulico de Geração	0016-39
4.6 - Equipamentos Mecânicos Principais	0016-42
4.6.1 - Turbinas da Usina de Anta.....	0016-42
4.6.2 - Turbinas da UHE Simplício	0016-42
4.7 - Características dos Reservatórios.....	0016-43
4.7.1 - Áreas e Enchimento	0016-43
4.7.2 - Vazões Mínimas	0016-43
ANEXOS	0016-46
ANEXO I - DISPOSIÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DESENHO 8922/01-60-DE-0007	
ANEXO II - USINA DE ANTA - SUBESTAÇÃO DESENHO 8922/01-60-DE-0008	
ANEXO III - USINA DE SIMPLÍCIO - SUBESTAÇÃO DESENHO 8922/01-60-DE-0009	
ANEXO IV - ARRANJO GERAL – PARTE 1 – USINA E BARRAGEM DE ANTA, CANAL 1, EMBOQUE TÚNEL 1 – DESENHO 8922/01-60-DE-0010	
ANEXO V - ARRANJO GERAL – PARTE 2 – CANAIS 2 E 3, EMBOQUE TÚNEL 2 E DIQUE TOCAIA – DESENHO 8922/01-60-DE-0011	
ANEXO VI - ARRANJO GERAL – PARTE 3 – CANAL 4, TÚNEL 2A E DIQUES LOURICAL 1 E 2 – DESENHO 8922/01-60-DE-0012	
ANEXO VII - ARRANJO GERAL – PARTE 4 – CANAL 5 E ÁREA 5 DESENHO 8922/01-60-DE-0013	
ANEXO VIII - ARRANJO GERAL – PARTE 5 – DESENHO 8922/01-60-DE-0014	
ANEXO IX - ARRANJO GERAL – PARTE 6 – CANAL 6, EMBOQUE TÚNEL 3 E DIQUES ESTACA 1 E 2 – DESENHO 8922/01-60-DE-0015	
ANEXO X - ARRANJO GERAL – PARTE 7 – TÚNEL 3 E TÚNEIS AUXILIARES 1 E 2 – DESENHO 8922/01-60-DE-0016	
ANEXO XI - ARRANJO GERAL – PARTE 8 – CANAL 7 E DESEMBOQUE TÚNEL 3 – DESENHO 8922/01-60-DE-0017	
ANEXO XII - ARRANJO GERAL – PARTE 9 – CANAL 8, DIQUES DE ANTONINA, NORTE E SUL, USINA DE SIMPLÍCIO DESENHO 8922/01-60-DE-0018	
ANEXO XIII - EQUIPE TÉCNICA	

1 - APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante do Projeto Básico Ambiental – PBA do Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício Queda Única, ou simplesmente AHE Simplício, empreendimento de geração de energia hidrelétrica planejado para ser instalado no rio Paraíba do Sul, abrangendo territórios dos municípios de Além Paraíba e Chiador, em Minas Gerais e Sapucaia e Três Rios, no Rio de Janeiro.

A concepção do AHE Simplício prevê a geração de energia em dois locais: na usina de Anta, localizada em Sapucaia e na usina de Simplício, localizada em Além Paraíba.

Para isso, o rio Paraíba do Sul será barrado nas proximidades do distrito de Anta (município de Sapucaia - RJ) para formar a o reservatório de Anta e onde será construída a usina de Anta, com potência instalada de 28 MW. Do reservatório de Anta, as águas serão conduzidas até a usina de Simplício por um sistema, inteiramente localizado na margem esquerda, composto por diques, que formarão reservatórios intermediários, interligados por canais e túneis, que permitirão a passagem das águas. A usina de Simplício terá uma potência instalada de 305,7 MW.

No total, o AHE Simplício terá uma potência instalada de 333,7 MW, considerando a soma das potências das usinas de Anta e de Simplício.

6. Referências Bibliográficas: contendo as informações dos documentos consultados para a elaboração do programa.

Os programas e subprogramas estão organizados em sete volumes e apresentados em documentos distintos, para os quais foi atribuída uma numeração de identificação, conforme o quadro abaixo.

QUADRO 1.1
PROGRAMAS AMBIENTAIS E NUMERAÇÃO DOS DOCUMENTOS

ORDEM	PROGRAMA	NÚMERO DO DOCUMENTO	VOLUME
1	Programa de Monitoramento Climatológico	8922/01-60-RL-0100	I
2	Programa de Monitoramento do Lençol Freático e Qualidade das Águas Subterrâneas	8922/01-60-RL-0200	I
3	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas	8922/01-60-RL-0300	I
4	Programa de Acompanhamento de Interferências Minerárias	8922/01-60-RL-0400	II
5	Programa de Monitoramento Sismológico	8922/01-60-RL-0500	II
6	Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico	8922/01-60-RL-0600	II
7	Programa de Limpeza da Bacia de Acumulação	8922/01-60-RL-0700	II
8	Programas de Monitoramento de Ecossistemas Aquáticos		
	8.1 Subprograma de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água	8922/01-60-RL-0810	II
	8.2 Subprograma de Acompanhamento da Proliferação e Reaproveitamento de Macrófitas Aquáticas	8922/01-60-RL-0820	II
	8.3 Subprograma de Otimização da Circulação das Águas nos Reservatórios	8922/01-60-RL-0830	II
9	Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna		
	9.1 Subprograma de Monitoramento da Ictiofauna	8922/01-60-RL-0910	III
	9.2 Subprograma de Implementação de Sistema de Transposição de Peixes	8922/01-60-RL-0920	III
10	Programa de Resgate e Monitoramento da Fauna	8922/01-60-RL-1000	III
11	Programa de Conservação da Flora e Recomposição da Vegetação		
	11.1 Subprograma de Inventário Florestal	8922/01-60-RL-1110	III
	11.2 Subprograma de Salvamento do Germoplasma	8922/01-60-RL-1120	III
	11.3 Subprograma de Recomposição da Vegetação	8922/01-60-RL-1130	III
12	Programa de Consolidação de Unidade de Conservação	8922/01-60-RL-1200	III
13	Programa de Comunicação Social	8922/01-60-RL-1302	IV
14	Programa de Educação Ambiental	8922/01-60-RL-1400	IV
15	Programa de Indenização de Terras e Benfeitorias Afetadas pelo Empreendimento e Remanejamento da População	8922/01-60-RL-1500	IV
16	Programa de Apoio ao Produtor Rural	8922/01-60-RL-1600	IV
17	Programa de Readequação das Atividades Produtivas	8922/01-60-RL-1700	IV

ORDEM	PROGRAMA	NÚMERO DO DOCUMENTO	VOLUME
18	Programa de Saúde		
	18.1 Subprograma de Vigilância Epidemiológica, Prevenção e Controle de Doenças	8922/01-60-RL-1810	IV
	18.2 Subprograma de Saúde e Segurança do Trabalho para a População Diretamente Vinculada à Obra	8922/01-60-RL-1820	IV
19	Programa de Monitoramento de Quirópteros	8922/01-60-RL-1900	IV
20	Programa de Monitoramento de Fauna de Vetores	8922/01-60-RL-2000	IV
21	Programa de Redimensionamento e Relocação da Infra-Estrutura		
	21.1 Subprograma de Recomposição do Sistema Viário e do Sistema de Tráfego	8922/01-60-RL-2110	V
	21.2 Subprograma de Relocação do Depósito de Lixo e Construção do Aterro Sanitário de Sapucaia	8922/01-60-RL-2120	VI
	21.3 Subprograma de Tratamento dos Efluentes Domésticos Lançados no Rio Paraíba do Sul no Trecho entre a Barragem de Anta e o Canal de Fuga de Simplício	8922/01-60-RL-2130	VI
22	Programa de Apoio aos Municípios		
	22.1 Subprograma de Apoio ao Planejamento	8922/01-60-RL-2210	VI
	22.2 Subprograma de Adequação das Infra-Estruturas de Segurança Pública, Saúde e Saneamento, Educação e Preservação	8922/01-60-RL-2220	VI
	22.3 Subprograma e Implantação de Instalações Esportivas e de Lazer Recreativo e Cultural	8922/01-60-RL-2230	VII
23	Programa de Minimização dos Efeitos Hidrológicos e Ambientais no Trecho de Vazão Reduzida	8922/01-60-RL-2300	VII
24	Programa de Salvamento do Patrimônio Arqueológico Pré-Histórico	8922/01-60-RL-2400	VII
25	Programa de Salvamento do Patrimônio Arqueológico Histórico e Cultural	8922/01-60-RL-2500	VII
26	Programa de Gerenciamento Ambiental	8922/01-60-RL-2600	VII
27	Programa Ambiental de Construção – PAC	8922/01-60-RL-2700	VII
28	Plano Ambiental Conservação e Uso no Entorno dos Reservatórios	8922/01-60-RL-2800	VII

Inicialmente, a elaboração do PBA previa ainda o *Subprograma de Redimensionamento da Infra-Estrutura de Abastecimento d'Água*, no âmbito do *Programa de Redimensionamento e Relocação da Infra-Estrutura*, de modo a atender a condicionante 2.9 da LP nº 217/2005. O desenvolvimento dos estudos resultou no atendimento da referida condicionante pelo *Programa de Minimização dos Efeitos Hidrológicos e Ambientais no Trecho de Vazão Reduzida*, não sendo mais necessário a apresentação do subprograma acima citado.

Nos itens a seguir, são apresentados: (i) as condicionantes da Licença Prévia; (ii) os principais levantamentos executados; e (iii) as características técnicas do empreendimento. A equipe técnica envolvida na elaboração dos Programas Ambientais está apresentada no Anexo XIII.

2 - CONDICIONANTES DA LICENÇA PRÉVIA 217/2005

2.1 - Aspectos do Processo de Licenciamento Ambiental

O processo de licenciamento ambiental do AHE Simplício Queda Única foi instituído pela solicitação de Licença Prévia – LP e pela apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA. Tal estudo foi protocolado no Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA em 12/05/2004 e o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, no dia 27/05/2004.

Entre os dias 15/03/2005 e 18/03/2005 foi realizada a segunda etapa do processo participativo (a primeira etapa foi realizada para a elaboração do EIA/RIMA), com oficinas participativas nos quatro municípios atingidos (Sapucaia e Três Rios, no Rio de Janeiro, e Além Paraíba e Chiador, em Minas Gerais) buscando discutir o EIA/RIMA e apresentar as principais propostas e ações ambientais de compensação e mitigação das interferências e impactos do empreendimento.

Foram realizadas quatro audiências públicas, uma em cada município, entre os dias 28/03/2005 e 31/03/2005.

O IBAMA solicitou informações complementares em 02/08/2005, por meio do Ofício Nº 435/2005 - DILIQ/IBAMA, cujo relatório para atendimento das mesmas foi elaborado pela Engevix e entregue ao Ibama em 06/09/2005 por FURNAS.

Da reunião de todos os estudos elaborados e o cumprimento dos trâmites previstos pela legislação, o Ibama concluiu pela viabilidade ambiental do empreendimento, expedindo a Licença Prévia – LP nº 217/2005 em 16/09/2005.

Na etapa atual, foram elaborados 28 programas ambientais, de modo a subsidiar a solicitação da Licença de Instalação – LI ao IBAMA, conforme Resolução CONAMA nº. 237/97.

2.2 - Condicionantes da Licença Prévia

Para a compensação, mitigação e monitoramento dos impactos ambientais previstos no Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), o presente PBA propõe a implantação de 28 programas ambientais, previstos no EIA/RIMA e solicitados pela LP 217/2005 supracitada.

Assim sendo, o presente PBA busca detalhar os programas ambientais e suas respectivas atividades necessárias para controle e mitigação dos impactos ambientais causados com a implantação do empreendimento, contemplando todos os programas e as ações constantes no EIA/RIMA e nas Condicionantes presentes na LP.

No Quadro 2.1 a seguir, são relacionados os programas/subprogramas/ações ambientais que serão constituintes do PBA, relacionando-os com a LP e indicando as condicionantes que deverão ser abordadas nos respectivos programas.

**QUADRO 2.1
RELAÇÃO DE PROGRAMAS AMBIENTAIS E CONDICIONANTES DA LP**

Nº PROG.	PROGRAMA / SUBPROGRAMA	CONDICIONANTES DA LP ABORDADOS
1	Programa de Monitoramento Climatológico	-
2	Programa de Monitoramento do Lençol Freático e Qualidade das Águas Subterrâneas	-
3	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas	-
4	Programa de Acompanhamento de Interferências Minerárias	-
5	Programa de Monitoramento Sismológico	-
6	Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico	Condicionante nº. 2.17
7	Programa de Limpeza da Bacia de Acumulação	Condicionante nº. 2.35
8	Programas de Monitoramento de Ecossistemas Aquáticos	
	8.1 - Subprograma de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água	Condicionantes nº 2.15, 2.20, 2.21, 2.24, 2.25
	8.2 - Subprograma de Acompanhamento da Proliferação e Reaproveitamento de Macrófitas Aquáticas	Condicionante nº. 2.26
	8.3 - Subprograma de Otimização da Circulação das Águas nos Reservatórios	Condicionantes nº. 2.22 e 2.23
9	Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna	
	9.1 - Subprograma de Monitoramento da Ictiofauna	Condicionante nº. 2.20
	9.2 - Subprograma de Implementação de Sistema de Transposição de Peixes	Condicionante nº. 2.27
10	Programa de Resgate e Monitoramento da Fauna	Condicionantes nº. 2.28, 2.29, 2.31 e 2.32
11	Programa de Conservação da Flora e Recomposição da Vegetação	-
	11.1 Subprograma de Inventário Florestal	Condicionante nº 2.33
	11.2. Subprograma de Salvamento do Germoplasma	Condicionante nº. 2.34
	11.3. Subprograma de Recomposição da Vegetação	-
12	Programa de Consolidação de Unidade de Conservação	Condicionante nº. 2.36

Nº PROG.	PROGRAMA / SUBPROGRAMA	CONDICIONANTES DA LP ABORDADOS
13	Programa de Comunicação Social	Condicionante nº. 2.7
14	Programa de Educação Ambiental	Condicionante nº. 2.8
15	Programa de Indenização de Terras e Benfeitorias Afetadas pelo Empreendimento e Remanejamento da População	Condicionantes nº. 2.2 e 2.6
16	Programa de Apoio ao Produtor Rural	Condicionante nº. 2.2
17	Programa de Readequação das Atividades Produtivas	Condicionante nº. 2.2
18	Programa de Saúde	-
	18.1 - Subprograma de Vigilância Epidemiológica, Prevenção e Controle de Doenças	-
	18.2 - Subprograma de Saúde e Segurança do Trabalho para a População Diretamente Vinculada à Obra	-
19	Programa de Monitoramento de Quirópteros	Condicionante nº. 2.2
20	Programa de Monitoramento de Fauna de Vetores	Condicionantes nº. 2.2 e 2.30
21	Programa de Redimensionamento e Relocação da Infra-Estrutura	-
	21.1 - Subprograma de Recomposição do Sistema Viário e do Sistema de Tráfego	Condicionante nº. 2.11
	21.2 - Subprograma de Relocação do Depósito de Lixo e Construção do Aterro Sanitário de Sapucaia	Condicionante nº. 2.14
	21.3 Subprograma de Tratamento dos Efluentes Domésticos Lançados no rio Paraíba do Sul no Trecho entre a Barragem de Anta e o Canal de Fuga de Simplício	Condicionante 2.12
22	Programa de Apoio aos Municípios	-
	22.1 Subprograma de Apoio ao Planejamento	-
	22.2 Subprograma de Adequação das Infra-estruturas de Segurança Pública, Saúde e Saneamento, Educação e Preservação;	Condicionantes nº. 2.5 e 2.13
	22.3 Subprograma e Implantação de Instalações Esportivas e de Lazer Recreativo e Cultural	-
23	Programa de Minimização dos Efeitos Hidrológicos e Ambientais no Trecho de Vazão Reduzida	Condicionantes nº. 2.2, 2.9 e 2.16
24	Programa de Salvamento do Patrimônio Arqueológico Pré-histórico	-
25	Programa de Salvamento do Patrimônio Arqueológico Histórico e Cultural	-
26	Programa de Gerenciamento Ambiental	-

Nº PROG.	PROGRAMA / SUBPROGRAMA	CONDICIONANTES DA LP ABORDADOS
27	Programa Ambiental de Construção – PAC	Condicionantes nº. 2.2. 2.18 e 2.19
28	Plano Ambiental de Uso e Conservação no Entorno dos Reservatórios	Condicionante nº. 2.10

3 - PRINCIPAIS LEVANTAMENTOS EXECUTADOS

Para a elaboração do PBA, foram efetuados diversos levantamentos e estudos, entre eles destacam-se:

- levantamentos topobatimétricos de seções entre a barragem de Anta e o canal de fuga da usina de Simplício, de modo a apoiar os estudos de minimização dos efeitos hidrológicos no trecho de vazão reduzida;
- sobrevôo e vistoria terrestre, ocorrido em fevereiro de 2006 para a verificação das fisionomias vegetais nas áreas florestadas da AID do Empreendimento;
- levantamentos topográficos realizados por FURNAS entre fevereiro e abril de 2006 com seções a cada 50 metros ao longo da faixa de domínio da BR 393 e da ferrovia Centro Atlântica;
- obtenção de imagens “Ikonos Geo 1m Ortho kit Color” adquiridas pela ENGEVIX em março de 2006;
- levantamento dos acessos existentes das futuras instalações das obras, rastreados por meio de processo cinemático, e vistorias com registros fotográficos dos locais onde serão instalados os canteiros e implantadas as obras, verificando-se também a ocorrência de processos erosivos, em março de 2006;
- análise química do solo do depósito de lixo de Anta e estimativa da quantidade de material a ser retirado, em fevereiro e março de 2006. Vistoria para avaliação das alternativas de localização do novo aterro sanitário de Sapucaia em maio de 2006;
- visitas nas prefeituras dos municípios de Além Paraíba, Chiador, Sapucaia e Três Rios, em março de 2006, realizando-se diversos contatos com lideranças, órgãos governamentais, associações locais;
- vistoria em fragmentos florestais do entorno do empreendimento e levantamentos da fauna, em abril de 2006, para subsidiar o estudo de seleção das áreas de soltura da fauna;
- visitas a região do empreendimento para avaliação de possíveis locais para implantação de uma nova estação climatológica próximo a futura barragem de Anta, em maio de 2006;

- vistoria dos postos fluviométricos em maio de 2006;
- levantamentos e atualização junto ao DNPM dos processos minerários em atividade;
- nova campanha para levantamentos da ictiofauna e de parâmetros limnológicos e da qualidade da água, com ampliação das amostragens de maneira a contemplar os tributários da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, entre maio e junho de 2006;
- vistoria realizada em maio de 2006 para verificação das condições sanitárias entre a barragem de Anta e o canal de fuga de Simplício e das características hidrológicas e ambientais no trecho de vazão reduzida.
- levantamentos realizados entre maio e junho de 2006, onde foram identificadas, localizadas e qualificadas as potenciais fontes poluidoras existentes nas áreas dos futuros reservatórios e no trecho de vazão reduzida.
- coleta de amostras da fauna de vetores e inspeção dos locais propícios a criadouros de vetores em mais de 50 localidades na área de influência direta do empreendimento, em maio e junho de 2006;
- inventário florestal da área de influência direta do empreendimento com amostragens em 52 parcelas localizadas em fragmentos de floresta, considerando os parâmetros definidos pelo IBAMA, realizado, em junho de 2006;
- pesquisa socioeconômica, com entrevistas em todas as propriedades atingidas e com as famílias residentes, desenvolvida entre abril e maio de 2006.

4 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EMPREENDIMENTO

4.1 - Descrição do Arranjo

4.1.1 - Principais Elementos Componentes

A concepção geral do AHE Simplício Queda Única prevê o barramento do rio Paraíba do Sul situado 3 km a montante da vila de Anta, pertencente ao Município de Sapucaia, localizado no Estado do Rio de Janeiro. Esse local foi escolhido pelos seguintes aspectos: (i) sua posição a montante de trecho com quedas d'água; (ii) pela existência de um estreitamento do vale do rio Paraíba do Sul; e (iii) pelas boas condições geotécnicas de fundação para implantação da barragem, garantindo suporte e estanqueidade a essa estrutura.

O reservatório de Anta, formado por este barramento, tem nível d'água posicionado na elevação 251,50 m e a maior parte da vazão afluente (340 m³/s), é desviada para um circuito hidráulico composto por canais, túneis e reservatórios menores que conduzem as águas por cerca de 25 km através dos vales laterais (rios e drenagens) existentes na margem esquerda do rio Paraíba do Sul até o seu afluente denominado ribeirão do Peixe. A vazão remanescente no reservatório de Anta é aduzida para a casa de força da usina

de Anta onde movimentará as duas turbinas hidráulicas que gerarão 28 MW e será devolvida ao Paraíba do Sul através do canal de fuga de Anta.

A barragem de Anta e o vertedouro de comportas são as estruturas que controlam com segurança o nível d'água do reservatório de Anta e as vazões que devem passar para jusante, quando chegam ao reservatório as cheias do rio Paraíba do Sul e é ultrapassada a capacidade do circuito hidráulico acima descrito. A barragem possui uma soleira vertente e no mesmo eixo está posicionado o vertedouro de comportas composto por uma estrutura de concreto armado, assente em rocha sã, com três vãos onde estão colocadas as comportas hidráulicas.

O circuito hidráulico inicia-se nos Canais 1 e 2, interligados pelo Túnel 1, que conduzem as águas para o reservatório de Tocaia, formado pelo dique do mesmo nome que barra as águas do rio Tocaia que deságuam no rio Paraíba do Sul.

Os Canais 3 e 4 e os Túneis 2 e 2a conduzem as águas para o reservatório de Louriçal. Próximo ao desemboque do Túnel 2 está posicionado o Dique Louriçal 2 que tem a função de fechar o talvegue natural existente e conter a água que extravasa os limites do Canal 4.

O reservatório de Louriçal é formado pelo Dique Louriçal 1 que barra as águas do córrego Areia/Louriçal que também deságuam no rio Paraíba do Sul. Este reservatório é interligado, pelo Canal 5, ao vale do córrego Estaca, onde se formará o reservatório de Calçado. No limite sudeste deste reservatório encontra-se o Dique Estaca 2 que barra o córrego da Prata que também deságua no rio Paraíba do Sul e do qual o córrego Estaca é um afluente. O Dique Estaca 1 fecha uma pequena sela topográfica existente a Oeste do Dique Estaca 2.

O Canal 6, Túnel 3 e o Canal 7 interligam o reservatório de Calçado ao de Antonina, formado pelo Dique de mesmo nome que fecha o vale do córrego Simplício que também contribui com sua drenagem natural ao rio Paraíba do Sul.

O último reservatório é o de Peixe interligado ao reservatório de Antonina pelo Canal 8 e formado pelos Diques Norte e Sul. O primeiro barra um córrego sem denominação e impede que as águas sejam vertidas para o vale do ribeirão do Peixe, também afluente do rio Paraíba do Sul. O segundo exerce a função de conter as águas na proximidade do canal de adução.

O canal de adução, por sua vez, interliga o reservatório de Peixe à tomada d'água da usina de Simplício a qual estão acoplados três túneis forçados. Os túneis conduzem as águas para as três turbinas localizadas na casa de força de Simplício que terão a capacidade total de 305,7 MW. Estas, após a geração de energia, devolvem as águas, por um canal escavado no vale do ribeirão do Peixe, ao rio Paraíba do Sul na altura da Ilha de Ildefonso.

A Disposição Geral das Estruturas e Reservatórios do AHE Simplício Queda Única poderá ser visualizada no desenho 8922/01-60-DE-0007 (Anexo I)

No item a seguir as características técnicas do empreendimento estão detalhadas.

Ressalta-se que os dados relativos à infra-estrutura de apoio as obras, canteiros e mão-de-obra envolvida, balanço de materiais necessários e cronograma geral são apresentados no *Programa Ambiental de Construção – PAC*.

4.1.2 - Usina e Barragem de Anta

O arranjo da usina de Anta apresenta as estruturas do vertedouro, bacia de dissipação, tomada d'água e casa de força situadas na margem direita do rio e a barragem na calha principal e margem esquerda.

O canal de restituição do vertedouro descarrega as águas, juntamente com o canal de fuga da casa de força, na calha original do rio, imediatamente a jusante da barragem.

O desvio do rio, durante a fase de construção da barragem, será feito pelo vertedouro, utilizando-se blocos parcialmente construídos (sem ogivas) entre os pilares do vertedouro, nos três primeiros vãos a partir da barragem. Na fase de fechamento do desvio serão concretadas as ogivas, assumindo o vertedouro a sua configuração final.

O vertedouro, em concreto, possui três vãos de 15,00 m de largura, controlados. A bacia de dissipação é totalmente revestida em concreto, com soleira na extremidade. A água é restituída ao leito do rio por um canal escavado em rocha.

A tomada d'água, em concreto armado, situa-se no mesmo alinhamento do eixo da crista da barragem, com dois vãos para a adução da água.

A casa de força é do tipo abrigada, com duas unidades geradoras com 14 MW de potência instalada, estando em seu interior a sala de controle das unidades.

A subestação está situada numa plataforma de 50,00 x 40,00 m na margem direita, próxima ao acesso à tomada d'água/casa de força. Será do tipo convencional, ao tempo, de 138 kV, dois vãos de geração com disjuntor e chave seccionadora na entrada e uma (1) saída de linha de transmissão com 3 (três) transformadores de potencial e 3 (três) pára-raios. Na mesma plataforma serão implantadas a casa de controle e a sala de gerador diesel. O desenho 8922/01-60-DE-0008 (Anexo II) ilustra esse arranjo.

Entre a tomada d'água e o vertedouro, localiza-se o muro de ligação, tipo gravidade, que divide o fluxo entre o canal de adução da tomada d'água e o canal de aproximação do vertedouro.

A barragem de Anta é em concreto compactado a rolo (CCR), tipo gravidade. De forma a reduzir o número de vãos do vertedouro, nos períodos de cheias críticas, foi implantada na crista da barragem uma soleira vertente com 250,00 m de extensão.

4.1.3 - Obras de Interligação dos Reservatórios

As Obras de Interligação, compostas de túneis, canais, diques e reservatórios, têm a finalidade de conduzir, pela margem esquerda do rio Paraíba do Sul, as vazões que alimentarão a usina de Simplício. Este conjunto de obras se estende desde o barramento

de Anta até a tomada d'água da usina de Simplício, situada a aproximadamente 25 km a jusante.

As diversas estruturas componentes das obras de interligação estão relacionadas a seguir.

(i) Canais e Túneis:

– Ligação 1 (Canal 1/Túnel 1/Canal 2)

A Ligação 1 faz a interligação entre os reservatórios de Anta e de Tocaia. É constituída pelo Canal 1, Túnel 1 e Canal 2.

O Canal 1, com extensão de 1 905,00 m, faz a ligação do reservatório de Anta ao emboque do Túnel 1.

O Túnel 1 faz a ligação entre os Canais 1 e 2 e possui extensão de 1 458,00 m.

O Canal 2 faz a ligação do Túnel 1 com o reservatório de Tocaia, com extensão total de 1 011,00 m.

– Ligação 2 (Canal 3/Túnel 2/Canal 4 - Parte 1/Túnel 2A/Canal 4 – Parte 2)

A Ligação 2 faz a interligação entre os reservatórios de Tocaia e de Louriçal. É constituída pelo Canal 3, Túnel 2 Canal 4 - Parte 1, Túnel 2A e Canal 4 - Parte 2.

O Canal 3 apresenta uma extensão total de cerca de 564,00 m e faz a ligação do reservatório de Tocaia e Túnel 2.

O Túnel 2 faz a ligação entre os Canais 3 e 4 – Parte 1 e possui extensão de 1 773,00 m.

O Canal 4 – Parte 1 faz a ligação do Túnel 2 com o Túnel 2A e possui extensão de 85,00 m.

O Túnel 2A faz a ligação entre as Partes 1 e 2 do Canal 4 e possui extensão de 782,00 m.

O Canal 4 – Parte 2 faz a interligação do Túnel 2A com o reservatório de Louriçal e possui uma extensão aproximada de 105,00 m.

– Ligação 3 (Área 5/Canal 5)

A Ligação 3 faz a interligação entre os reservatórios de Louriçal e Calçado.

A Área 5 localiza-se entre os Canais 4 e 5, com extensão de 502,00 m e faz a interligação entre os mesmos.

O Canal 5 faz a interligação entre a Área 5 e o reservatório de Calçado, com uma extensão aproximada de 1 590,00 m.

– Ligação 4 (Canal 6, Túnel 3, Canal 7)

A Ligação 4 faz a interligação entre os reservatórios de Calçado e Antonina.

O Canal 6 faz a interligação entre o reservatório de Calçado e o Túnel 3 e possui extensão de 73,00 m.

O Túnel 3 conduz as águas entre esses reservatórios e possui um comprimento aproximado de 6030,00 m.

O Canal 7 faz a interligação entre o Túnel 3 e o reservatório de Antonina e possui extensão de 202,00 m.

– Ligação 5 (Canal 8)

A Ligação 5 faz a interligação entre os reservatórios de Antonina e o de Peixe.

O Canal 8, estrutura única de interligação, possui um comprimento aproximado de 578,00 m.

(ii) Diques

Para a formação dos reservatórios está prevista a implantação dos seguintes diques:

- Dique de Tocaia – Reservatório de Tocaia;
- Diques Louriçal 1 e 2 – Reservatório de Louriçal;
- Diques Estaca 1 e 2 – Reservatório de Calçado;
- Dique Antonina – Reservatório de Antonina;
- Diques Norte e Sul – Reservatório do Peixe.

4.1.4 - Usina de Simplício

A Usina de Simplício apresenta a estrutura da tomada d'água posicionada ao longo de uma elevação situada na vertente direita do ribeirão do Peixe. A adução das águas se faz por intermédio de um canal, com extensão aproximada de 350,00 m, que se inicia em uma área delimitada pelos Diques Norte e Sul. Após a tomada d'água, três túneis forçados conduzem as águas até a casa de força, localizada na margem direita do referido ribeirão.

A subestação da usina de Simplício ocupa uma plataforma de 97,00 x 97,00 m implantada na EL. 285,00 m, na margem direita do canal de adução à tomada d'água. Nesta plataforma estão situadas a sala de comunicação, a casa de controle e a sala do gerador diesel (desenho 8922/01-60-DE-0009, Anexo III). Esta subestação, da mesma forma que a da usina de Anta será do tipo convencional, ao tempo, com arranjo do tipo barra

principal e transferência em 138 kV. Será constituída por sete (7) vãos, sendo três (3) de linha, três (3) de unidade e um (1) de acoplamento de barras.

A restituição final das águas turbinadas é feita através de um canal de fuga, interligando a casa de força ao leito do rio Paraíba do Sul, pela margem esquerda.

4.2 - Desvio dos Rios e Córregos e Ensecadeiras

4.2.1 - Usina e Barragem de Anta

O desvio do rio Paraíba do Sul, para permitir a construção da Usina, do Vertedouro e da Barragem de Anta, será feito em duas etapas.

Na primeira etapa, com a construção da ensecadeira "A", o fluxo d'água será mantido em seu canal central profundo e em seu leito à esquerda deste canal. A porção do leito do rio à direita do canal profundo será ensecada para permitir a construção das estruturas de concreto da Tomada D'água, da Casa de Força e do Vertedouro.

Em um dado trecho, onde a seção está muito estrangulada, foi necessário prever uma escavação, na El. 231,00 m, de forma a alargar a seção de escoamento. A ensecadeira "A" foi dimensionada para assegurar, na hipótese de cheia com recorrência de 50 anos (anual instantânea = 4 611 m³/s), uma borda livre superior a 1,00 m.

Na segunda etapa, com a construção das ensecadeiras "B" e "C", o rio será totalmente desviado para os três vãos do Vertedouro, liberando, assim, todo o leito do rio e margem esquerda para a construção da Barragem.

Esta etapa conterà as seguintes fases:

- Fase 1, correspondente ao fechamento do canal profundo e do leito esquerdo do rio, com a construção das ensecadeiras "B" e "C");
- Fase 2, abrangendo o período em que o rio estará passando através dos vãos do Vertedouro com soleira na elevação definitiva, 233,50 m.

As ensecadeiras "B" e "C", de montante e de jusante respectivamente, foram dimensionadas para conter a maior cheia no período de estiagem com recorrência de 50 anos (1 478 m³/s).

A ensecadeira "A", que manterá o fluxo no trecho entre o canal e a margem esquerda do rio, terá sua construção iniciada com o lançamento de um cordão de enrocamento até a El. 236,00 m, aproximadamente. Tal cordão visa possibilitar o lançamento do material terroso no lado da área a ser ensecada, permitindo, assim, o esgotamento da mesma e a complementação da ensecadeira com material compactado.

A crista desta ensecadeira deverá atingir a El. 245,50 m, em sua extremidade de montante, variando até a El. 244,80 m na sua extremidade de jusante. Esta ensecadeira será praticamente toda removida quando da construção das ensecadeiras "B" e "C".

A ensecadeira "B" (montante) fechará o rio, desviando o fluxo d'água para o vertedouro. Será constituída de um cordão de enrocamento e material terroso a montante, até a El. 242,50 m.

A ensecadeira "C" será construída a jusante para impedir o refluxo das águas para a área da Barragem. Será constituída de enrocamento e material terroso até a El. 238,60 m e deve ser removida após a conclusão da barragem de concreto compactado a rolo - CCR.

Deverá ser prevista a dragagem dos materiais aluvionares provavelmente existentes na região da fundação do material terroso de vedação das ensecadeiras.

O material para enrocamento da ensecadeira "A" será proveniente de pedreira e/ou das escavações exigidas do local das estruturas da usina de Anta. Para as ensecadeiras "B" e "C", deverá ser proveniente principalmente das escavações exigidas, inclusive das Obras de Interligação 1 (Canal 1/Túnel 1) complementando com material rochoso extraído de pedreiras. Das escavações obrigatórias deverão ser relacionados e estocados blocos de rocha com maiores dimensões para serem aplicados no fechamento final das ensecadeiras.

Os materiais terrosos utilizados nas extremidades serão os provenientes das escavações exigidas para implantação das estruturas da usina de Anta ou das Obras de Interligação 1, preferencialmente, e completados com os extraídos das áreas de empréstimo.

O material terroso lançado nas ensecadeiras em ponta de aterro, deverá ser limitado em função do nível d'água na época do lançamento. Acima deste limite o material deverá ser lançado, espalhado e compactado até as elevações finais de projeto.

Em Anta, as operações de fechamento consistirão simplesmente no fechamento das comportas do vertedouro, uma vez que este já estará concluído.

4.2.2 - Diques de Tocaia, Louriçal e Estaca 2

a) Dique de Tocaia

O cronograma das obras foi compatibilizado, de forma que a construção do dique irá coincidir com o início do enchimento dos reservatórios. Como o reservatório de Tocaia encontra-se em cota mais elevada do que os outros, uma pequena ensecadeira será suficiente para garantir o desvio do Ribeirão da Tocaia para as estruturas da interligação com o reservatório de Louriçal, passando suas águas a contribuir para o enchimento deste. Quando os reservatórios começarem a encher conjuntamente, as obras do dique já estarão adiantadas.

b) Dique de Louriçal 1

O desvio do córrego é feito através de duas galerias sob o dique, conforme com as características mostradas na Figura 4.1.

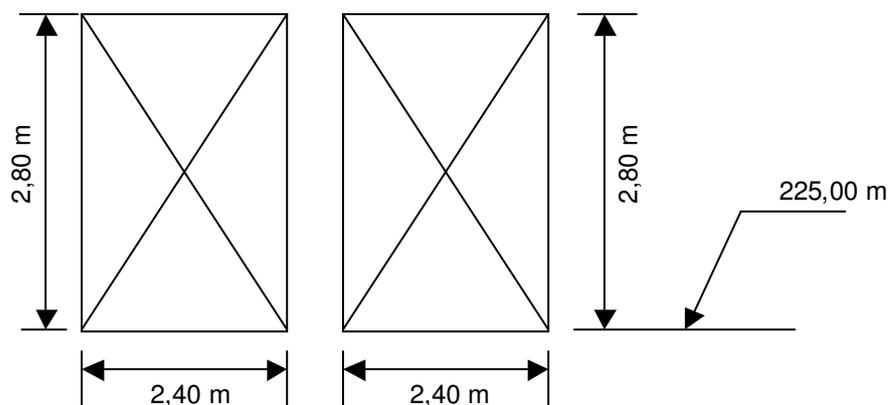


FIGURA 4.1
GALERIAS SOB O DIQUE LOURIÇAL 1

A declividade média das galerias é próxima de 0,5%, estando a soleira, na saída, na El. 225,00 m.

Uma pré-ensecadeira a montante, desviará inicialmente as águas do córrego para o túnel, permitindo a construção da ensecadeira, com crista prevista na El. 238,25 m, a ser incorporada pelo maciço do Dique.

O fechamento da galeria, para enchimento dos reservatórios, se dará utilizando-se uma comporta ensecadeira no portal de concreto a montante, que permite a concretagem de um tampão no seu interior.

c) Dique Estaca 2

Para a construção do dique, o córrego da Estaca será desviado através de uma galeria de concreto localizada no leito deste. A galeria terá as características apresentadas na Figura 4.2 e será associada à construção de uma ensecadeira a ser incorporada ao espaldar de montante.

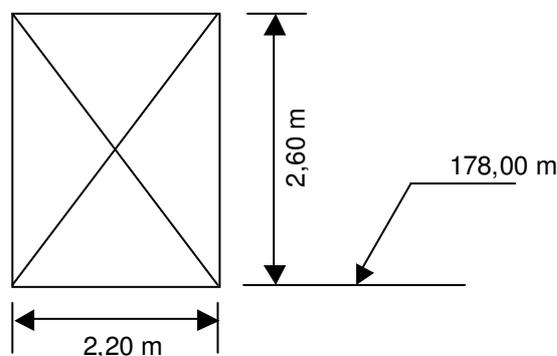


FIGURA 4.2
GALERIA SOB O DIQUE ESTACA 2

Está prevista a construção da ensecadeira em seção homogênea, de solo compactado, com material proveniente das escavações obrigatórias e/ou área de empréstimo.

A crista da ensecadeira está definida na El. 209,00 m, de forma a suportar uma cheia com recorrência de 25 anos, correspondente ao trânsito de uma vazão de 71,50 m³/s.

Para o enchimento do reservatório, o jogo de ranhuras existente no portal de montante da galeria permitirá a instalação de uma comporta ensecadeira, possibilitando também o fechamento da galeria para concretagem de um “plug” no seu interior, de maneira a vedar permanentemente a mesma.

4.2.3 - Desvio do Ribeirão do Peixe

A restituição das águas represadas ao longo do AHE de Simplício Queda Única ao rio Paraíba do Sul será feita através do canal de fuga da casa de força da usina de Simplício. O canal de fuga apresenta, ao longo do seu desenvolvimento, um trecho sobre o leito do ribeirão do Peixe, resultando na necessidade de desvio das águas do mesmo para a implantação do canal. Estão previstas 3 (três) etapas de construção, sintetizadas a seguir.

- 1ª Etapa

Esta etapa objetiva a relocação da ferrovia junto à saída do canal, na margem esquerda do rio Paraíba do Sul. Desta forma, sequencialmente, será construída uma ensecadeira junto a esta margem, escavado o trecho final do canal e relocada a ferrovia. Concomitantemente a estas atividades, serão iniciadas as escavações, a seco, do trecho do canal na margem esquerda do ribeirão.

- 2ª Etapa

Nesta etapa serão concluídas as escavações iniciadas na etapa anterior e construído um sistema para derivação das águas do ribeirão do Peixe, no trecho coincidente com a localização do canal. Este sistema consistirá na escavação de um canal ao longo da margem esquerda. Serão executadas, também, nesta etapa, as escavações do trecho do canal junto à casa de força, na margem direita do ribeirão, e uma travessia hidráulica que terá o objetivo de manter uma vazão remanescente no trecho do Ribeirão do Peixe situado na outra margem do canal de fuga, inclusive na fase de operação da usina.

- 3ª Etapa

Após o desvio e ensecamento do leito do ribeirão, proceder-se-á à escavação do trecho remanescente do canal. Junto à margem esquerda será mantido um septo natural de rocha, o qual será removido posteriormente, para complementação do canal. Finalizando os serviços de implantação do canal, o ribeirão passará a transpor o canal de fuga por meio da travessia hidráulica implantada na 2ª Etapa.

4.3 - Interligação entre os Reservatórios

4.3.1 - Ligação 1 – Anta/Tocaia (Canal 1/Túnel 1/Canal 2)

a) Canal 1

O Canal 1 apresenta uma extensão total de cerca de 1905,00 m e faz a ligação do reservatório de Anta ao emboque do Túnel 1. Foi dividido em três partes, descritas a seguir e ilustradas no desenho 8922/01-60-DE-0010 (Anexo IV)

a1) Canal 1-Parte 1

Este primeiro tem extensão de aproximadamente 654,00 m e se desenvolve por um vale cuja largura da base é variável, com encostas íngremes que apresentam indícios de instabilidade, tais como rastejamentos e erosões, em ambos os lados.

Na encosta esquerda observou-se um escorregamento antigo, com cerca de 200,00 m de frente. Como os níveis de segurança da estabilidade dos taludes ao deslizamento mostraram-se inadequados sob determinadas condições de níveis de lençol freático no solo de capeamento de encostas, foram previstas as seguintes soluções:

- escavação para retaludamento em algumas seções mais íngremes, procurando-se, sempre que possível, a remoção do material instável (ou proveniente de escorregamento);
- aplicação de linhas de DHPs executados a partir da bancada da El. 254,50 m, até perfurar a rocha alterada ou transição solo-rocha e, se possível, atingir o topo de rocha. O espaçamento entre os drenos será variável, podendo chegar a valores da ordem de 3,00 m, pois depende de diversos fatores tais como, relevo, espessura de solo sobre o topo rochoso, condutividade hidráulica do topo da rocha e da transição solo-rocha entre outros.

Todos os taludes e a base do canal deverão ser protegidos com "riprap" (enrocamento e transição), com espessura total de 1,00 m na base e largura de 4,00 m nos taludes, até a El. 254,50 m.

a2) Canal 1-Parte 2

A Parte 2 tem uma extensão de 595,00 m e se desenvolve ao longo de um vale, com estreitamentos localizados que necessitaram ser escavados e alargados para escoar a vazão prevista, com perda de carga compatível com o projeto.

A encosta esquerda apresenta baixos valores de resistência nos seus estratos superiores de solo. Para adequá-la aos níveis de segurança requeridos contra deslizamentos, as escavações objetivaram remover essas camadas de menor resistência. Além disso, para atender aos requisitos de perda de carga hidráulica, o fundo do canal apresenta larguras e cotas variáveis. Como as cotas de fundo foram rebaixadas para El. 244,50 m e 245,50 m, parte do canal terá que ser escavado em rocha. O material rochoso poderá ser aplicado para proteção de taludes de canais escavados em solo até a El. 254,50 m e,

possivelmente, como enrocamento para construção da ensecadeira “B” de segunda fase da usina de Anta.

a3) Canal 1-Parte 3

Com uma extensão de cerca de 656,00 m, liga-se diretamente ao emboque do Túnel 1 e apresenta características geométricas e geomecânicas semelhantes às da parte 2, apresentando camadas superficiais de solo com baixa resistência. Assim, as soluções adotadas assemelham-se às do trecho anterior. A cota de fundo é variável: trecho na El. 245,50 m; outro na El. 244,50 m; e trechos mais rebaixados com largura de fundo que pode chegar até 20,00 m; e, no emboque do Túnel 1, passando para El. 235,00 m.

b) Túnel 1

Os desenhos 8922/01-60-DE-0010 e 0011 (Anexos IV e V) apresentam o Túnel 1. Os emboques deste túnel se fazem em locais com boas condições geomecânicas. Praticamente todo o túnel é escavado em rocha sã ou pouco decomposta e pouco fraturada. Para a sustentação das escavações são previstas proteções eventuais com ancoragens, concreto projetado e tela metálica. Estas mesmas proteções eventuais estão previstas para os taludes adjacentes aos emboques, em zonas esparsas de rocha decomposta e/ou muito fraturada, bem como para fixação de eventuais blocos instáveis.

Nos emboques está prevista a execução de portais de concreto armado, avançando até 7,00 m para o interior da estrutura, para proteção do maciço e melhoria das condições de entrada do fluxo d'água. O piso do túnel será pavimentado com um revestimento de concreto, de espessura igual a 0,20 m, objetivando diminuir a perda de carga hidráulica.

O nível da soleira dos túneis, nos emboques de montante e jusante, é previsto nas El. 235,00 m e El 233,50 m, respectivamente. Portanto, o túnel permanecerá constantemente afogado, durante a operação do aproveitamento, em função da submergência necessária, atendendo aos requisitos hidráulicos do projeto.

c) Canal 2

O Canal 2, com extensão total de 1 011,00 m, faz a ligação do Túnel 1 com o reservatório de Tocaia.

Foi dividido em duas partes, conforme se descreve a seguir, que estão ilustradas no desenho 8922/01-60-DE-0011 (Anexo V).

c1) Canal 2-Parte 1

Iniciando-se a partir do desemboque do Túnel 1, se desenvolve por uma extensão de cerca de 465,00 m, ao longo de um vale que apresenta, em trechos isolados, relevo natural com seções hidráulicas estranguladas, inadequadas para livre escoamento de água pelo canal natural. Sua encosta esquerda apresenta-se, de modo geral, instável, com consideráveis volumes de materiais provenientes de escorregamentos ali depositados. Na encosta oposta, a cobertura de solo é mínima ou inexistente.

A solução adotada consistiu em concentrar as escavações, basicamente em rocha, na encosta direita e executar um aterro estabilizante junto à encosta esquerda. Este aterro poderá ser constituído essencialmente por material pétreo proveniente das escavações exigidas, principalmente, junto ao talude que faceia o canal.

c2) Canal 2-Parte 2

Com uma extensão de aproximadamente 546,00 m, apresenta-se em grande trecho da encosta esquerda em condições semelhantes à da parte 1 e na encosta direita com cobertura de solo. Quase no final do trecho deste canal, o relevo natural provoca estrangulamento de seção, obrigando à escavação para conformação da seção hidráulica de projeto. Contudo, no traçado atual do canal, não há previsão de escavação do canal em rocha. Todas as faces escavadas em solo expostas ao fluxo de água (base do canal e paredes laterais) deverão ser protegidas com enrocamento de proteção, provenientes das escavações obrigatórias do Canal 3 ou Túnel 2.

Os materiais terrosos da escavação obrigatória poderão ser empregados no aterro compactado do Dique Tocaia, com distância de transporte inferior a 0,50 km.

4.3.2 - Ligação 2 – Tocaia/Louriçal (Canal 3/Túnel 2/Canal 4-Parte 1/Túnel 2A/Canal 4-Parte 2)

a) Canal 3

Com uma extensão total de aproximadamente 564,00 m, o Canal 3 se desenvolve ao longo de um vale sinuoso, com acentuados estreitamentos nos seus trechos inicial e final. Problemas de instabilidade das encostas estão evidenciados apenas por pequenos escorregamentos na encosta esquerda e estratos mais superficiais com valores muito baixos de resistência.

As escavações, para conformação do canal nesses estrangulamentos, foram distribuídas pelas duas encostas inclusive com rebaixamento do nível de sua base para El. 234,50 m, para obtenção de seção hidráulica adequada, resultando escavação em rocha em quase toda extensão.

No início do canal, os estratos de baixa resistência serão removidos pela escavação necessária para prover seção hidráulica compatível com as necessidades do projeto.

Todas as faces dos taludes e base do canal, em solo, serão protegidas com enrocamento até a El. 254,50 m. O material pétreo será proveniente das próprias escavações.

Os materiais terrosos e rochosos provenientes da escavação obrigatória deste canal, desde que sejam adequados para compactação no aterro de diques, os mesmos poderão ser aplicados na construção do Dique Tocaia, usufruindo da distância de transporte inferior a 0,5 km. Todo excedente de escavação, seja solo ou enrocamento, terão que ser dispostos em bota-foras aprovados pela Fiscalização.

O Canal 3 pode ser visualizado no desenho 8922/01-60-DE-0011 (Anexo V).

b) Túnel 2

Os desenhos 8922/01-60-DE-0011 e 0012 (Anexos V e VI) apresentam o Túnel 2 que possui extensão de 1 755,00 m. Os emboques deste túnel se fazem em maciço rochoso de boa qualidade geomecânica. No entanto, no maciço onde serão escavados os taludes do entorno de seu emboque montante, aparece uma camada de rocha branda, com cerca de 10,00 m de espessura, que deverá ser protegida com a utilização sistemática de ancoragens e/ou tela metálica e concreto projetado. No restante dos taludes expostos pelas escavações, prevê-se a utilização eventual destas proteções em zonas esporádicas de rocha decomposta e/ou muito fraturada, bem como para a fixação de eventuais blocos instáveis.

Na escavação do túnel prevê-se, predominantemente, a travessia de maciço rochoso de boa qualidade, onde serão utilizadas ancoragens, concreto projetado e tela metálica para a sustentação das escavações.

Em duas passagens ao longo do túnel, a primeira com cerca de 60,00 m e a segunda, com 130,00 m de extensão, o maciço rochoso é de qualidade geomecânica inferior sendo, por isso, previstos tratamentos sistemáticos com ancoragens, concreto projetado e tela metálica. Nos primeiros 30,00 m de montante a cobertura de rocha sã é de cerca de 9,00 m. Nesta região é prevista também a utilização de tratamento sistemático similar ao descrito acima e, se necessário, o uso de cambotas metálicas.

Nos emboques deste túnel também está prevista a construção de portais, idênticos àqueles do Túnel 1.

As elevações das soleiras dos emboques de montante e jusante são previstas nas El. 234,50 m e 233,50 m, respectivamente.

c) Túnel 2A

O emboque montante deste túnel se faz em maciço rochoso de boa qualidade geomecânica. As condições geológico-geotécnicas, bem como os tratamentos previstos para os taludes no entorno do emboque montante são aqueles descritos no item Canal 4-Parte 1. Basicamente deverão ser utilizadas ancoragens, tela metálica e concreto projetado.

Na escavação do túnel prevê-se, predominantemente, a travessia de maciço rochoso de boa qualidade, onde serão utilizadas ancoragens, concreto projetado e tela metálica para a sustentação das escavações. Ao longo do túnel a cobertura de rocha sã mantém-se, sempre, acima de 14,00 m.

Em duas passagens ao longo do túnel, a primeira com cerca de 50,00 m e a segunda com 100,00 m de extensão, o maciço rochoso poderá apresentar qualidade geomecânica inferior devido a existência de fraturas, sendo por isso previstos tratamentos com ancoragens, concreto projetado e tela metálica.

No emboque jusante deste túnel a proximidade da falha do córrego Areia produziu efeitos de fragmentação, milonitização e alteração no maciço rochoso. Nessa condição o

emboque deverá ser escavado cuidadosamente e demandará suporte mais pesado com utilização de chumbadores, concreto projetado, tela metálica e, eventualmente cambotas.

As elevações das soleiras dos emboques de montante e jusante são previstas nas El. 233,50 m e 232,90 m, respectivamente.

O Túnel 2A, com extensão de 782,00 m, está representado no desenho 8922/01-60-DE-0012 (Anexo VI).

d) Canal 4

Este canal foi subdividido em duas partes, estando a Parte 1 situado no desemboque do Túnel 2 e a Parte 2, no desemboque do Túnel 2A, como pode ser observado no desenho 8922/01-60-DE-0012 (Anexo VI).

O Canal 4-Parte 1 constitui, simultaneamente, desemboque do Túnel 2 e emboque do Túnel 2A que o sucede. Possui extensão aproximada de 85,00 m e apresenta paredes laterais e frontais subverticais, totalmente encaixadas em rocha.

Julga-se não haver problemas de ordem geotécnica na escavação deste canal, exceto uma porção da encosta direita, próxima ao desemboque do Túnel 2, na qual está presente uma massa de talus que deverá merecer uma análise mais detalhada, na fase posterior de projeto. Prevê-se alguma dificuldade construtiva no estabelecimento de acesso para escavação deste canal, pois estima-se que o topo rochoso no seu ponto mais baixo, encontra-se próximo da El. 246,00 m, enquanto que o fundo do canal encontra-se na El. 233,50 m, resultando desnível da ordem de 12,50 m. A menos que a remoção de rocha desmontada tanto do Canal 4-Parte 1, como também dos Túneis 2 e 2A seja realizada através de caçambas içadas por guindastes ou qualquer outro sistema de transporte vertical a partir da boca deste canal, a execução de acesso para caminhões através de rampa lateral obrigaria escavação adicional de rampa em rocha, provavelmente na direção perpendicular ao eixo deste Canal com desenvolvimento da ordem de 100,00 m a 125,00 m, considerando declividades de 12% a 10%.

Os materiais provenientes da escavação obrigatória, tanto do Canal 4-Parte 1, como dos Túneis 2 e 2A, poderão ser empregados na construção de aterros dos Diques Louriçal 1 e 2, ambos de seção mista de solo e enrocamento compactados, localizados nas proximidades deste canal, assim como os enrocamentos e transições poderão ser aplicados na proteção de taludes de canais em solo, abaixo da El. 254,50 m.

O Canal 4-Parte 2, faz a interligação do Túnel 2A com o reservatório de Louriçal. Possui uma extensão de aproximadamente 105,00 m. Trata-se de um Canal com escavação convencional, tanto em solo como em rocha, não havendo previsão de dificuldade de ordem geotécnica. Do ponto de vista da construção, pode-se prever alguma interferência da escavação do desemboque do Túnel 2A com a construção de aterros do Dique do Louriçal 1, dificuldade essa que poderá ser facilmente contornada.

4.3.3 - Ligação 3 – Louriçal/Calçado (Área 5/Canal 5)

A Ligação 3 faz a interligação entre os reservatórios de Louriçal e Calçado e está ilustrada nos desenhos 8922/01-60-DE-0013 (Anexo VII) e 8922/01-60-DE-0014 (Anexo VIII).

Sua obra principal é o Canal 5 (Partes 1, 2 e 3), sendo que entre o reservatório de Louriçal e este conduto existe um local com particularidades geológico-geotécnicas que requer cuidados especiais no estudo de estabilização. Este local foi denominado de Área 5.

a) Área 5

Situando-se numa posição intermediária entre o Canal 4 e o Canal 5, o local denominado de Área 5 conta uma extensão de aproximadamente 502,00 m. Apresenta seção hidráulica relativamente ampla, mas requer rebaixamentos e escavações localizadas para conformação de seção hidráulica. Apesar disso, a escavação não deverá atingir o topo rochoso. Na encosta esquerda estão presentes dois escorregamentos de grande altura, em solo, abrangendo volumes consideráveis de material escorregado, sendo que uma parte significativa desse material permanece na encosta. Na encosta oposta ocorrem três grandes voçorocas e, em pontos localizados, processos erosivos que necessitam de tratamentos de drenagem superficial. Durante as últimas visitas ao campo, foram detectados fortes indícios de escorregamentos de grandes proporções ocorridas também no solo de capeamento da encosta direita que poderá requerer uma revisão no mapeamento de superfície para avaliar a real situação desse escorregamento e suas implicações no projeto final do canal.

A solução prevista para o local consiste de:

- minimização das escavações de encostas para não perturbar o equilíbrio existente;
- execução de linhas de DHPs (drenos horizontais profundos) ao longo das bancadas de retaludamentos e onde mais for possível uma elevação do lençol freático no solo do capeamento, seja por indução devido a passagem de água no canal na El. 251,50 m ou, provocada ou agravada pela ocorrência sazonal de chuvas intensas na região;
- aterros estabilizantes nos locais dos escorregamentos até a El. 254,50 m, principalmente, no lado esquerdo do canal;
- preenchimento das voçorocas com aterro compactado.

Todos estes aterros serão executados com solos provenientes das escavações obrigatórias para o Canal 5. Os taludes e a base do "canal" serão protegidos com enrocamento de proteção, sendo o material pétreo proveniente das escavações obrigatórias na Ligação 2 (escavação do Túnel 2A).

b) Canal 5

O canal 5 tem comprimento total aproximado de 1 590,00 m, dividido em três partes, e apresenta os maiores volumes de escavação em relação aos outros canais, concentrados basicamente na Parte 1.

b1) Canal 5-Parte 1

Possui uma extensão de aproximadamente 797,00 m, cortando um divisor de águas de aproximadamente 300,00 m de extensão, constituído por um maciço predominantemente em solo. O talude de escavação em solo atinge uma altura de aproximadamente 86,50 m (El. 238,50 a 325,0 m), num trecho localizado na margem direita. O nível de base do canal foi previsto na El. 238,50 m, na maior parte, sendo que num trecho de aproximadamente 250,00 m de extensão será feita escavação em rocha sã e decomposta.

A inclinação média dos taludes foi fixada de forma que os coeficientes de segurança dos mesmos ao escorregamento atendessem aos critérios estabelecidos para o projeto.

Como recurso auxiliar de estabilização, prevê-se a instalação de linhas de drenos horizontais profundos (DHPs) a partir de bermas nos taludes, iniciando-se pela berma inferior, e linhas complementares, a cada 20 m aproximadamente, de desnível vertical.

Todos os taludes e base do canal, em solo, serão protegidos com enrocamento de proteção até a El. 254,50 m, aplicando material pétreo proveniente das escavações obrigatórias de rocha da Ligação 2 (escavação do Túnel 2A), e da própria escavação do fundo do canal em rocha.

b2) Canal 5-Parte 2

A Parte 2 do canal situa-se no prolongamento da Parte 1, com uma extensão de cerca de 466,00 m, passando inicialmente por uma planície, seguida de estrangulamento da seção hidráulica provocado pelos dois morros e continuando com outra planície. Para os trechos em planície, optou-se por escavar um canal trapezoidal em solo com fundo acabado na El. 240,00 m e largura de 15,00 m protegidos com rocha tanto no fundo como nas paredes laterais. A inclinação das paredes será de 1V:1,5H. No trecho do estrangulamento provocado pelo relevo no trecho intermediário da Parte 2, haverá ocorrência de rocha e a cota de escavação foi estabelecida na El. 238,50 m, com largura de 15,00 m. Nesse trecho do canal permite-se executar aterro de bota-fora na lateral direita até a El. 254,50 m, protegidos com enrocamento de proteção.

b3) Canal 5-Parte 3

A Parte 3 segue em seqüência a Parte 2 e caracteriza-se principalmente pela presença de um grande depósito de material proveniente de um antigo escorregamento na encosta esquerda. A solução proposta consiste no preenchimento com aterro de dois ravinamentos profundos que ocorrem naquela massa de escorregamento, até a El. 254,50 m e aterros (bermas) junto ao restante das encostas, até a El. 254,50 m, para conformação lateral do canal. Os taludes de escavação são os adotados na maioria dos

canais, ou seja, de 1V:1,5H com 8,00 m de altura, seguidos de berma de 3,0 m de largura e novo talude de 1V:1,5H até atingir a El. 254,50 m.

4.3.4 - Ligação 4 – Calçado/Antonina (Canal 6, Túnel 3, Canal 7)

a) Canal 6

Constitui o canal de aproximação ao Túnel 3 e está apresentado no desenho 8922/01-60-DE-0015 (Anexo IX). Possui 20,00 m de largura basal e se estende por cerca de 73,00 m, de início com piso na El. 236,50 m e a seguir mergulhando para a El. 231,50 m.

O canal se situa ao longo de uma encosta com declividade acentuada, onde ocorrem esparsos afloramentos rochosos, entremeados a acúmulos de blocos e massas de solo colúvio-residuais contendo blocos.

Em sua seção de altura máxima, junto ao portal do Túnel 3, o Canal 6 apresenta corte estimado em rocha de 25,00 m, com inclinação 1V:0,1H e com bermas executivas a cada 10,00 m de altura. No trecho superior em solo colúvio-residual, a escavação prevê a limpeza de uma faixa do topo rochoso com largura variável (mínima de 3,00), seguida por um talude em solo de declividade 1V:1,5H, protegido por enrocamento compactado até a El. 256,50 m. Os taludes de corte em solo em cotas acima da proteção com rocha receberão proteção vegetal baseada em gramíneas nativas ou aclimatadas.

b) Túnel 3

O Túnel 3 está apresentado nos desenhos 8922/01-60-DE-0015 a 0017 (Anexos IX a XI). O emboque do túnel ocorre perpendicularmente às curvas de nível, no rumo aproximado N10°E. Logo após o emboque, o eixo do túnel se curva rumo a Leste, buscando uma situação de paralelismo com a extensa dorsal topográfica que serve de cobertura em toda sua extensão.

Ao longo do traçado do túnel, a cobertura é, em termos gerais, espessa, pois o túnel se desenvolve com piso entre as elevações 231,50 m (emboque) e 228,50 m (desemboque), enquanto as cumeadas ocorrem quase sempre acima da El. 350,00 m, freqüentemente superando os 400,00 m de altitude.

Ocorrem, entretanto, algumas selas topográficas. A primeira se situa cerca de 600 a 700 m após o emboque, na El. 295,00 m. Duas outras selas de menor expressão se encontram mais próximas ao desemboque, nas elevações 327,00 m e 333,00 m.

A extensão total do túnel é de aproximadamente 6 030,00 m. A cerca de 1 000,00 m do desemboque, o eixo do túnel começa a mudar de direção e assume o rumo sudeste. Nos últimos 500,00 m, o rumo é S64°E.

O emboque e o desemboque deste túnel ocorrem em maciço rochoso de boa qualidade geomecânica. Neles prevê-se a construção de portais, idênticos àqueles dos Túneis 1 e 2. Está previsto um revestimento de concreto no piso do túnel com 0,30 m de espessura, por razões hidráulicas e de facilidade de locomoção. Estudos comparativos mostraram ser

também economicamente vantajoso a adoção, para o Túnel 3, de revestimento das paredes e abóboda com concreto projetado.

As informações disponíveis indicam que o maciço é de boa a excelente qualidade, com exceção do trecho superficial de amplitude métrica, podendo-se prever que as condições de escavação serão favoráveis para a seção em arco-retângulo escolhida. O padrão predominante de descontinuidades, paralelo à foliação subvertical e paralelo ao eixo do túnel em sua maior extensão, deverá propiciar boas condições de estabilidade das paredes.

Face às dimensões do túnel (15,00 m de largura de base, por outros tantos de altura), será necessária a escavação em seções parcializadas, com calota e bancadas. Deverá ser utilizado fogo cuidadoso nos contornos e avanços iniciais da ordem de 3,00 a 4,00 m no desenvolvimento e 1,50 m nos emboques, estimando-se uma sobre-escavação pequena, em virtude do paralelismo do eixo do túnel com a foliação.

Embora o recobrimento vertical em rocha atinja algumas centenas de metros, visto que o túnel se desenvolve acompanhando o eixo de uma extensa e alta dorsal topográfica, o desconfinamento desta dorsal em suas faces norte e sul reduz a probabilidade de aparecimento de fenômenos de descompressão brusca, ainda que isso não elimine a possibilidade de sua ocorrência.

Dada a extensão do túnel, dever-se-á contar com o auxílio de duas janelas de acesso intermediárias, para a instalação de mais quatro frentes complementares de avanço na escavação. As investigações geotécnicas indicaram a possibilidade de instalação das janelas auxiliares em dois locais, chamadas de Janela M e Janela J, respectivamente. O Túnel Auxiliar 1 fará a ligação entre a Janela M e o Túnel 3, e terá uma extensão aproximada de 300,00 m, enquanto o Túnel Auxiliar 2, com aproximadamente 280,00 m de extensão, fará a ligação entre a Janela J e o Túnel 3. A localização dos túneis auxiliares pode ser visualizada no desenho 8922/01-60-DE-0016 (Anexo X)

O desemboque do Túnel 3 se localiza na extremidade oeste de um pequeno vale onde se encontra o Córrego do Simplício. O vale se desenvolve segundo o já referido alinhamento regional N70°E, onde será implantado o Canal 7.

c) Canal 7

Devido à baixa declividade da encosta, o Canal 7, que se segue ao desemboque do Túnel 3, é bastante extenso, cerca de 202,00 m, como pode ser observado no desenho 8922/01-60-DE-0016 (Anexo X). O canal possui largura basal de 20,00 m e se desenvolve em dois níveis, na El. 228,50 m junto ao portal e na El. 233,50 m em seu tramo de menor altura de corte. O corte em rocha tem paredes próximas da vertical (inclinação de 1V:0,1H).

Na parte superior da posição do portal, a espessura do horizonte de solo foi estimada em 14,00 m. O projeto prevê que o corte em solo será realizado em bermas sucessivas de 4,00 m de largura, distanciadas por desníveis de 7,00 m de altura. O talude de corte terá inclinação 1V:1,5H. Tanto as bermas como os taludes deverão ser protegidos por solo vegetal imediatamente após sua escavação e conformação.

Aqui também, as paredes de escavação em solo serão protegidas com enrocamento compactado até a El. 254,50 m, isto é, até 3,00 m acima do nível estático d'água no canal.

4.3.5 - Ligação 5 – Antonina/Peixe (Canal 8)

A ligação entre os reservatórios de Antonina e de Peixe, ilustrada no desenho 8922/01-60-DE-0016 (Anexo X) é feita pelo Canal 8, implantado em uma sela topográfica que atinge a altitude de 275,00 m.

Considerando-se a cota de fundo do canal na El. 234,50 m, os taludes de escavação poderiam atingir cerca de 66,00 m de altura do lado direito hidráulico (sul) e cerca de 76,00 m do lado oposto (norte). Entretanto, havendo vantagem econômica e de logística, a elevação natural do terreno situada no lado sul do canal, poderia ser arrasada até a El. 275,00 m, como área de empréstimo de solos, limitando-se a altura dos cortes, com nítidas vantagens na estabilidade global desse talude.

A escavação do canal deve ocorrer, na porção mais profunda, em rocha sã ou parcialmente intemperizada. A largura de base do canal é de 40,00 m e os cortes em rocha, com altura máxima de 15,00 a 16,00 metros, sub-verticais. Junto ao topo da rocha a seção do canal sofre um alargamento, com bermas de ambos os lados. A seguir, as paredes de escavação sobem com uma declividade média do talude de 1V:1,5H, já em solo residual jovem, até alcançar a El. 254,50 m, devendo ser protegidas em toda a altura por enrocamento, contra o arraste de partículas.

A partir da El. 254,50 m, os taludes passam a apresentar uma seqüência de bermas com largura de 4,00 m a cada 7,00 m de desnível vertical, devendo receber proteção vegetal. Cada berma será protegida por solo vegetal semi-compactado e terá declividade no sentido oposto ao do eixo do canal, de modo a forçar ao fluxo das águas pluviais e de eventual ressurgência do lençol freático para uma pequena calha coletora do sistema de drenagem superficial.

4.4 - Diques de Terra e/ou Enrocamento

4.4.1 - Dique Tocaia

O Dique Tocaia apresenta-se como uma estrutura de barramento que poderá vir a ser galgado numa situação excepcional, permitindo a extravasão das vazões de cheia da bacia do ribeirão da Tocaia, na ocorrência de eventos excepcionais.

A seção do dique é de enrocamento com núcleo argiloso, com coroamento da crista previsto na El. 254,80 m. A seção de galgamento está restrita a uma extensão de 25,00 m, na qual a crista do dique é "rebaixada" para a El. 253,00 m.

Entre as elevações 253,00 m e 254,80 m a crista é revestida por uma laje delgada de concreto, o mesmo acontecendo com o talude de jusante no trecho delimitado para suportar a passagem da água, onde a laje é ancorada ao maciço.

O maciço é assentado, em sua maior parte em rocha sã e em rocha decomposta, na ombreira esquerda.

Para os taludes de montante e jusante estão previstas inclinações de 1V:1,5H e 1V: 1,4H, respectivamente. O núcleo argiloso é simétrico em relação ao eixo da estrutura, com inclinação 1V:0,25H passando a 1V:0,5H no trecho fundado em rocha decomposta, na qual os taludes externos do maciço são mais suaves, com inclinação 1V:1,7H.

Todo o material pétreo do maciço é proveniente das escavações obrigatórias da Ligação 1 e o material argiloso virá das escavações exigidas locais, da Ligação 1 e, eventualmente, de área de empréstimo.

O Dique Tocaia está indicado no desenho 8922/01-60-DE-0011 (Anexo V).

4.4.2 - Dique Louriçal 1

Este dique localiza-se próximo ao desemboque do Túnel 2A, no talvegue por onde passa o córrego Areia/Louriçal. Foi projetado para ser galgável num evento excepcional de cheia na bacia do Areia/Louriçal.

O dique apresenta seção mista de solo e enrocamento compactados, com núcleo central simétrico, com inclinações de 1V:0,25H. e construídos com solos provenientes das escavações obrigatórias do Canal 4, Partes 1 e 2 e das escavações locais. Apresenta extensão aproximada de 145,00 m, altura máxima de 27,00 m, largura na crista de 7,00 m e coroada na El. 255,00 m.

As declividades previstas para os taludes são de 1V:1,5H a montante e de 1V:1,4H a jusante, apoiada em rocha que se encontra a pequena profundidade nas ombreiras e aflorante no talvegue do córrego Areia/Louriçal. O trecho galgável é revestido com concreto armado, apresenta largura total de 25,00 m, e incorpora detalhes de acabamento semelhantes às relatadas para o Dique Tocaia. No trecho galgável, a soleira fica rebaixada para El. 252,30 m.

O Dique Louriçal 1 está apresentado no desenho 8922/01-60-DE-0012 (Anexo VI).

4.4.3 - Dique Louriçal 2

Este dique posiciona-se próximo ao desemboque do Túnel 2, e no lado Sul do Canal 4-Parte 1, conforme ilustrado no desenho 8922/01-60-DE-0012 (Anexo VI), com a função de fechar o talvegue natural existente, para conter a água que extravasa os limites do Canal 4, Parte 1. Apresenta extensão aproximada de 86,00 m, altura máxima de 13,00 m, largura na crista de 7,00 m e coroada na El. 255,00 m.

Devido a ocorrência de topo rochoso aflorante no talvegue e a pequena profundidade nas ombreiras, foi projetada seção mista de solo e enrocamento compactados. O núcleo de solo compactado apresenta inclinação no talude de montante de 1V:0,5H e 1V:0,75H a jusante. Tanto o solo como o enrocamento serão provenientes das escavações obrigatórias do Canal 4 e do Túnel 2, disponíveis em abundância.

4.4.4 - Dique Estaca 1

Este dique se destina a fechar uma pequena sela topográfica existente a Oeste do Dique Estaca 2 e que alcança altitude próxima à El. 250,00 m, conforme pode ser observado no desenho 8922/01-60-DE-0015 (Anexo IX). Possui extensão de crista de 88,00 m e altura máxima de aproximadamente 23,00 m. O eixo do dique, originariamente reto, foi encurvado para montante por ocasião do Projeto Básico de Engenharia, de modo a afastar para montante da sela a linha de água de montante e evitar que o talude de jusante ultrapassasse os limites da sela e posicionasse na encosta descendente do morro.

Desta forma, devido à configuração topográfica da superfície de apoio, a seção transversal do dique torna-se assimétrico: o talude de montante é extenso (cerca de 75,00 m) e se desenvolve em direção sub-paralela à topografia, até interceptar o terreno, ainda em posição descendente, enquanto o de jusante se apóia no alto da sela natural e é muito mais curto que o de montante.

A seção do dique é zoneada, com núcleo constituído por solo coluvionar e/ou residual maduro, ladeado pelo espaldar de montante que admite, abaixo da El. 244,50 m, solo residual jovem, proveniente das escavações obrigatórias e/ou áreas de empréstimo, e acima daquela cota o espaldar de montante incorporou maciço de enrocamento compactado. O espaldar de jusante é constituído por enrocamento compactado.

O talude de montante apresenta inclinação de 1V:1,5H até a El. 244,50 m, abrandando para 1V:2,0H, quando passa para o espaldar de solo compactado. O talude de jusante apresenta inclinação inicial de 1V:1,5H até a El. 251,50 m, e passa para 1V:2,0H até interceptar o terreno da fundação.

A incorporação do maciço de enrocamento compactado na zona de provável oscilação do nível do canal teve a finalidade de diminuir o efeito de pressão neutra desfavorável na ocorrência de rebaixamento rápido de água de montante.

Parte do núcleo do dique estará assente em rocha que ficará exposta após a remoção do capeamento de solos colúvio/residuais que são relativamente delgados nos talwegues. Em princípio, prevê-se a execução de uma cortina de injeções de caráter exploratório ao longo do eixo (furos inclinados de 30º com a vertical e com 8,00 m de profundidade em rocha), eventualmente complementada por injeções de ordens subseqüentes, caso se comprove sua necessidade.

Com relação ao sistema de drenagem está prevista a execução de um tapete subjacente ao espaldar de enrocamento, nas regiões das ombreiras onde ocorre solo remanescente na fundação. Este tapete tem como finalidade evitar a migração das partículas finas do solo de fundação através do enrocamento, sendo constituído por três camadas, a saber: filtro de areia, transição fina e transição grossa.

4.4.5 - Dique Estaca 2

O córrego da Prata, afluente do rio Paraíba do Sul pela margem esquerda, mantém com o mesmo uma condição de paralelismo em todo seu percurso, com exceção dos últimos 500,00 m, quando o curso do córrego inflete bruscamente rumo a sudeste, indo desaguar no referido rio. O Dique Estaca 2 se situa neste trecho terminal do vale do córrego da Prata, como indicado no desenho 8922/01-60-DE-0015 (Anexo IX).

Na posição do dique, a ombreira direita apresenta acentuada declividade, em torno de 35°, e a ombreira esquerda possui forte declividade em sua porção inferior, cerca de 55° nos primeiros 20 m, tornando-se a seguir mais suave, em torno de 20°.

O Dique Estaca 2 possui extensão de crista de cerca de 410,00 m e altura máxima da ordem de 75,00 m. Sua seção é zoneada, composta de núcleo vedante posicionado à montante do filtro vertical de areia constituído por solo coluvial e/ou residual maduro de gnaiss, proveniente das escavações obrigatórias e/ou áreas de empréstimo, ladeado por espaldares onde se admite solo residual jovem. No espaldar de montante, parte da zona de oscilação de nível de água de montante incorporou, parcialmente, maciço de enrocamento compactado, acima da El. 244,50 m. Do lado jusante, parte do espaldar é constituído de maciço de enrocamento compactado proveniente das escavações do Túnel 3. O talude de montante tem inclinação de 1 V:1,5H no trecho de enrocamento até a El. 244,50 m e passa para 1V:2,0H, na seção de solo compactado. A Inclinação inicial do talude de jusante é de 1V:1,5H até a El. 251,50 m, e passa a ser de 1V:2,0H até interceptar a fundação.

Para assentamento do dique, está prevista a remoção da camada superficial de solo com valor do índice SPT inferior a 10. Desta forma, foi estimada uma profundidade média de escavação da ordem de 5,00 m. Nas regiões onde o capeamento de solo apresentar espessura menor do que a especificada para ser escavada, o dique ficará assente sobre o topo rochoso. Dessa forma, aproximadamente em um terço de toda a superfície de fundação, a superfície rochosa deverá ficar exposta, ocupando uma faixa central que acompanha o córrego da Prata em ambas as margens.

Prevê-se a execução de uma cortina de injeções ao longo do eixo do dique, no trecho onde a condutividade hidráulica do maciço rochoso mostrou-se mais elevada e/ou errática. Os furos exploratórios terão inclinação de 30° com a vertical e serão espaçados a cada 12,00 m medidos sobre o topo rochoso e deverão penetrar 15,00 m em rocha, eventualmente seguidos por furos de ordens subseqüentes, em função das absorções de calda de cimento registradas nos primeiros.

Com relação à drenagem interna, está prevista a execução de um tapete drenante conectado ao filtro vertical, com espessuras e número de camadas definidas em função da vazão de percolação proveniente do maciço e da fundação. Para o trecho do espaldar em enrocamento compactado assente em solo está previsto um tapete com três camadas similar ao descrito para o Dique Estaca 1, para evitar o arraste de partículas finas da fundação pelas águas de percolação. Para captar a água que percola pelo maciço da fundação, e que poderia emergir no terreno natural junto ao pé do talude de jusante, principalmente na parte superior das ombreiras, foi prevista execução de trincheira drenante preenchida com areia, com profundidade de 3,00 m.

Para a construção do dique será necessário desviar o córrego da Prata através de uma galeria de concreto assente e parcialmente embutida em rocha sã e com paredes externas inclinadas (1V:0,15H), de modo a facilitar a compactação do maciço compactado. A galeria possui extensão aproximada de 342,00 m e declividade de 1,3%. Prevê-se que a crista da ensecadeira de montante atingirá a El. 209,00 m, de modo a evitar galgamentos provenientes da enchente de projeto, para a fase construtiva (nível d'água na El. 207,90 m).

4.4.6 - Dique Antonina

Este dique situa-se ao longo do córrego do Simplício, a pequena distância da sede da Fazenda Santa Antonina. O eixo de barramento, com extensão da ordem de 400,00 m, se dispõe paralelamente à orientação predominante da xistosidade da rocha e liga entre si duas ombreiras também alinhadas no mesmo sentido.

Uma particularidade local consiste na presença de uma elevação menor, de aspecto arredondado, em forma de meia laranja, de posição central entre as duas ombreiras, que alcança a El. 245,00 m e deverá ser integrada ao barramento.

O Dique Antonina possui altura máxima sobre a fundação de cerca de 45,00 m. Trata-se de um maciço zoneado, que possui um núcleo central constituído por solos coluvionares e/ou residuais maduros. O espaldar de montante, que incorpora enrocamento compactado até a El. 244,50 m, foi projetado com inclinação de 1V:1,5H, e abaixo dessa cota, a inclinação passa a ser de 1V:2,0H, sendo constituído dos mesmos solos ou de solos residuais jovens, provenientes das escavações obrigatórias e/ou áreas de empréstimo. O espaldar de jusante é constituído de maciço de enrocamento compactado e possui inclinação de 1V:1,5H até a El. 251,50 m e de 1V:2,0H, abaixo.

Para assentamento do dique está prevista a remoção da camada superficial de solo com valor de índice SPT inferior a 10. Foi estimada, nessas condições, uma profundidade média de escavação de 2,00 m. Nas regiões onde o capeamento de solo apresentar espessura inferior à especificada para ser escavada, o dique ficará assente sobre o topo rochoso.

Desta maneira, nos dois talwegues, a barragem ficará assente em rocha, ambas acomodando parte do núcleo central e todo o espaldar de jusante.

À semelhança dos diques descritos anteriormente, prevê-se a execução de uma cortina de injeções na fundação do núcleo do dique, cujos furos ficam concentrados nos trechos próximos de talwegues assentes sobre o topo rochoso. A cortina, com caráter exploratório, terá furos inclinados de injeções primários espaçados a cada 12,00 m, com 15,0 m de profundidade em rocha, eventualmente seguidos por furos de ordens subsequentes, em função das absorções de calda de cimento registradas nos primeiros, segundo critérios que constam das Especificações Técnicas das Obras Cíveis.

Com relação à drenagem interna, está prevista a execução, sob o trecho do espaldar de jusante em enrocamento, quando assente sobre solos, a colocação de três camadas de transições (transição média, fina e areia) de modo a eliminar a possibilidade de arraste de

materiais finos da fundação na interface com o maciço de enrocamento. Prevê-se, inclusive, a colocação de transição bem graduada que será interposta entre o maciço de enrocamento e o solo da fundação, na faixa situada imediatamente à jusante das transições de três camadas anteriormente descrita.

Junto ao pé de jusante, prevê-se, também, a implantação de uma trincheira drenante, para controle de percolação em parte da extensão do pé da barragem.

O desenho 8922/01-60-DE-0018 (Anexo XII) ilustra a disposição do Dique Antonina.

4.4.7 - Dique Norte

O Dique Norte impede que as águas do aproveitamento sejam vertidas para o vale do ribeirão do Peixe e, para tanto, barra um córrego sem denominação, como indicado no desenho 8922/01-60-DE-0018 (Anexo XII). O dique possui alinhamento de eixo na direção NW-SE e tem comprimento de crista de aproximadamente 195,00 m.

A ombreira direita abriga uma estrada, cujos cortes exibem uma espessa cobertura de solos coluvionares e residuais.

O projeto do dique consiste em um maciço homogêneo, com uma zona de vedação situada a montante do filtro vertical de areia, solos coluviais e/ou residuais maduros compactados, enquanto os espaldares são constituídos por solos residuais jovens e maduros.

A altura máxima do dique é da ordem de 45,00 m. O talude de montante que incorpora maciço de enrocamento compactado até a El. 245,50 m, possui inclinação de 1V:1,5H, e a seguir, inclinação de 1V:2,0H no espaldar de solo compactado.

À jusante do filtro vertical de areia, a seção incorpora solos compactados oriundos de solos residuais jovens e maduros. Junto à face externa do talude, numa faixa de 4,00 m de largura medida na horizontal, foi substituído o maciço de solo por enrocamento compactado, acrescido de 1,00 m de largura de transição graduada, com a finalidade de proteger o talude de jusante contra escoamento superficial de chuvas. A inclinação do talude de jusante é de 1V:1,5H até a El. 251,50 m, passando para 1V:2,0H a partir daquela cota.

Prevê-se a execução de um tapete drenante tipo sanduíche até a El. 240,00 m. Nas ombreiras, a partir da referida elevação, o tapete drenante será constituído por camada de areia.

Para assentamento do dique está prevista a remoção da camada superficial de solo com espessura igual a 2,00 m, com exceção da região a montante da ombreira esquerda, onde a linha de escavação se aprofunda mais, removendo uma maior espessura de solos colúvio/residuais, substituídos por solo compactado.

Aqui também, deverá se executar uma cortina de injeções de cimento, em caráter exploratório, no trecho da fundação do núcleo nas proximidades do talvegue, onde as

sondagens indicam a presença de maciço rochoso mais permeável. Os furos serão inclinados de 30°, terão espaçamento de 12,00 m medidos no topo rochoso e alcançarão 13,00 m de profundidade. A realização de injeções complementares dependerá dos resultados obtidos nos furos exploratórios.

4.4.8 - Dique Sul

Juntamente com o Dique Norte, o Dique Sul exerce a função de conter as águas nas proximidades do canal de adução, como ilustrado no desenho 8922/01-60-DE-0018 (Anexo XII).

A posição do Dique Sul sofreu modificações durante o desenvolvimento dos trabalhos, tendo sido seu eixo deslocado rumo a sudoeste, de modo a obter condições mais favoráveis à implantação do canal de adução.

O Dique Sul foi projetado, basicamente em seção homogênea de solo compactado com filtro vertical de areia conectado ao filtro-dreno horizontal, prevendo-se a utilização otimizada de materiais provenientes da escavação obrigatória. Como as escavações obrigatórias nas regiões do canal de adução e Canal 8 deverão dispor inicialmente de solos, a seção do dique incorporou o emprego de solos na parte inferior da seção e, incorporando o emprego de enrocamento compactado, somente em etapas.

O dique tem altura máxima aproximada de 35,00 m na região do eixo, mas apresenta maciço alongado no espaldar de jusante devido a declividade do terreno de jusante, atingindo desnível vertical máximo da ordem de 82,00 m entre a cota da crista e a cota da extremidade de jusante do pé do dique. O comprimento medido na crista na El. 254,50 m é da ordem de 315,00 m. Possui uma zona de vedação, imediatamente à montante do filtro vertical, constituído de solo colúvio/residual maduro, ladeada por espaldares em que é aceita a presença de solo residual jovem. Seu talude de montante que incorpora maciço de enrocamento compactado até a El. 239,50 m, apresenta declividade de 1V:1,5H e 1V:2,0H abaixo dessa cota em solo compactado.

Da mesma forma que no Dique Norte, junto à face externa do talude de jusante, numa faixa de 4,00 m de largura medida na horizontal, foi substituído o maciço de solo por enrocamento compactado, acrescido de 1,00 m de largura de transição graduada, com a finalidade de proteger o talude de jusante contra escoamento superficial de chuvas. A inclinação do talude será de 1V:1,5H até a El. 251,50 m, passando para 1V:2,0H a partir daquela cota até a El. 219,50 m, onde haverá uma berma com largura de 7,50 m. Segue outro talude de 1V:2,0H até a próxima berma na El. 195,00 m, com largura de 7,50 m e abaixo, até a fundação, o talude prossegue com inclinação de 1V:2,0H.

À semelhança do Dique Norte, prevê-se a remoção de uma camada superficial de solo com 5,00 m de espessura. Em regiões onde o capeamento de solo possuir espessura inferior à especificada para remoção, o aterro deverá se apoiar em rocha.

No trecho adjacente ao talvegue, onde as sondagens indicaram que a condutividade hidráulica é mais elevada, será executada uma cortina de injeções de vedação de caráter

exploratório, eventualmente complementada por novos furos, em função dos resultados alcançados.

Para drenagem interna prevê-se a execução de um tapete tipo sanduíche em quase toda extensão do dique. Em regiões onde o tapete tipo sanduíche for assente em rocha, a camada inferior de areia poderá ser suprimida.

4.5 - Estruturas de Concreto

4.5.1 - Usina de Anta – Barramento e Vertedouro

O barramento do rio é constituído de estruturas em concreto convencional e compactado a rolo. Na margem direita encontra-se a estrutura do circuito hidráulico de geração seguida pelas estruturas dos órgãos extravasores, que se estendem até a margem esquerda do rio. Esse arranjo está ilustrado no desenho 8922/01-60-DE-0010 (Anexo IV).

Os órgãos extravasores são compostos de dois vertedouros, sendo um com comportas e outro, complementar, de superfície livre, ao longo de 250,00 m do barramento, interligados entre si e à estrutura da tomada d'água através de muros gravidade. Os vertedouros têm a capacidade de escoar a vazão de 8.500 m³/s, um pouco maior do que a vazão decamilenar.

O vertedouro com comportas, projetado em concreto convencional, possui três vãos de 15,00 m de largura, com soleira na El. 233,50 m, controlados por comportas segmento. A bacia de dissipação é totalmente revestida em concreto, com fundo inicialmente inclinado e complementado por um trecho horizontal com soleira na extremidade. A água é restituída ao leito do rio por um canal escavado em rocha, com fundo inclinado na razão 1V:6H.

Apoiada sobre os pilares do vertedouro fica a ponte, constituída por vigas longitudinais pré-moldadas solidarizadas por transversinas e tabuleiro em concreto armado moldado *in situ*. A ponte permite, além do tráfego de veículos, a movimentação do pórtico rolante usado no manuseio das comportas ensecadeiras do vertedouro e das grades e comportas ensecadeiras da tomada d'água.

Entre a tomada d'água e o vertedouro com comportas, está localizado um muro de ligação, tipo gravidade, que divide o fluxo entre o canal de adução da tomada d'água e o canal de aproximação do vertedouro.

Entre o vertedouro com comportas e o vertedouro de superfície existem dois muros tipo gravidade, o primeiro com seção hidráulica para direcionar adequadamente o fluxo para o vertedouro com comportas e o segundo, um trecho de 20,00 m de muro gravidade do barramento, projetado inclusive com local para estocar painéis da comporta ensecadeira do Vertedouro. Esses muros têm coroamento na El 254,20 m.

O vertedouro de superfície tem um comprimento de 250,00 m e crista na El 251,50 m. O paramento de jusante é em degraus, de forma a dissipar energia da água vertida.

O barramento termina na margem esquerda com um pequeno trecho de muro de gravidade com 13,50 m, com coroamento na El. 254,20 m.

O vertedouro de superfície e os muros gravidade que fazem parte do barramento serão edificados em concreto compactado a rolo.

4.5.2 - Usina de Anta – Circuito Hidráulico (Tomada d'Água, Casa de Força e Área de Montagem)

A tomada d'água e a casa de força foram projetadas em uma estrutura única, sem junta de dilatação, com 28,10 m de comprimento.

A região da tomada d'água tem fundação na El. 221,0 m e coroamento na El. 254,20 m, por onde trafega o Pórtico Rolante. Possui quatro entradas de água protegidas por grade, duas para cada uma das máquinas. O acesso aos poços das comportas ensecadeiras é feito a partir desta plataforma.

A casa de força é do tipo convencional abrigada, com fundação na El. 216,00 m, e comporta duas unidades geradoras de 14,4 MW, tendo capacidade total instalada de 28,8 MW. Sua construção é justificada pela obrigatoriedade de manter uma vazão sanitária mínima de 71 m³/s no leito natural do rio Paraíba do Sul, a jusante do barramento de Anta.

O piso do gerador está na El. 233,50 m, existindo mais uma laje na El. 237,95 m, no nível da tampa do gerador. Os equipamentos mecânicos estão localizados na galeria e piso da sala de máquinas na El. 233,50 m e no piso da El. 237,95 m. Os equipamentos elétricos encontram-se nas galerias das El. 237,95 m e 243,25 m. A face de jusante da casa de força tem coroamento na El. 249,26 m, cota em que serão instalados os transformadores para interligação com a subestação.

A galeria de injeção e drenagem da tomada d'água está situada na El. 221,20 m, tendo acesso através do muro de ligação. A galeria de injeção e drenagem da casa de força está situada na El. 216,00 m, e seu acesso é feito desde a galeria da tomada d'água através de uma ligação junto à fundação entre as duas turbinas.

Os servos motores hidráulicos de acionamento das comportas de emergência estão posicionados a jusante da casa de força e apóiam-se em plataforma na El. 234,15 m.

Na sala de máquinas, servida por ponte rolante com capacidade de 720 kN, estão situadas as duas unidades. Ao lado da Unidade 2, encontra-se a área de montagem, com 21,30 m de comprimento na El. 243,35 m e, em nível superior (El. 249,26 m), a área de descarga de equipamentos. Ambas são servidas pela ponte rolante.

O acesso às estruturas do circuito hidráulico e do barramento é realizado através de uma estrada externa que corre pela margem direita. A cerca de 150,00 m da área de descarga, ocorre uma bifurcação, com um dos caminhos atingindo o caminho de rolamento do pórtico da tomada d'água e vertedouro, na El. 254,20 m e outro a área de descarga dos equipamentos da Usina, na El. 249,26 m.

A casa de força tem toda a sua estrutura em concreto armado, tendo sido prevista a concretagem em segundo estágio das partes embutidas.

A casa de comando, sala de baterias e máquinas de ar-condicionado encontram-se localizadas no interior da casa de força.

O canal de fuga da casa de força descarrega as águas, juntamente com o canal de restituição do vertedouro com comportas, na calha natural do rio, imediatamente a jusante da Barragem.

O arranjo acima descrito pode ser visualizado no desenho 8922/01-60-DE-0010 (Anexo IV).

4.5.3 - Usina de Simplício – Circuito Hidráulico de Geração

O arranjo geral da usina de Simplício está ilustrado no desenho 8922/01-60-DE-0018 (Anexo XII) e suas estruturas de concreto estão descritas a seguir.

a) Tomada d'Água

A tomada d'água da usina de Simplício, será coroada na El. 254,00 m, com altura média sobre a fundação da ordem de 31,65 m. A estrutura será constituída por três blocos independentes, com distância entre linhas de centro de 12,80 m.

Cada um dos emboques, de seção retangular, se conecta diretamente ao trecho inclinado dos condutos forçados. Entre a seção retangular do traçado hidráulico e os condutos forçados há um trecho de transição, em concreto, desta seção para uma seção circular. O traçado hidráulico e as aberturas foram dimensionados para uma vazão nominal de 113,33 m³/s por emboque.

A seção da entrada, onde serão instaladas as grades, será dividida por um pilar central em duas aberturas por bloco, cada uma com uma seção retangular de 4,40 m de largura por 12,00 m de altura. A seção hidráulica irá se reduzindo gradualmente, até a região da comporta vagão mantendo o fluxo sempre em compressão.

Na tomada d'água, serão instaladas três comportas vagão, de emergência, com acionamento hidráulico por cilindros hidráulicos. Para a inspeção e a manutenção destas comportas será empregada uma comporta ensecadeira, a ser instalada nas ranhuras previstas a montante das comportas vagão. Estas comportas terão sua soleira na El. 224,85 m.

A movimentação da comporta ensecadeira e das grades metálicas, bem como a manutenção das comportas vagão, será realizada por um pórtico rolante com capacidade de 400 kN/ 50 kN, que deverá se deslocar ao longo de todo o coroamento da estrutura.

As memórias de cálculo das análises de estabilidade realizadas, bem como dos pré-dimensionamentos estruturais, estão compiladas em documentação específica.

b) Túneis Forçados

A adução de água para cada turbina será realizada por meio de três túneis forçados, interligando a tomada d'água à casa de força, tendo cada túnel, aproximadamente 360,00 m de comprimento total e inclinação de 12°. Os túneis serão escavados em rocha e revestidos com concreto, mantendo um diâmetro interno de 6,00 m cada.

Cada túnel terá, logo a jusante da transição da tomada d'água, um trecho vertical, com aproximadamente 32,19 m, finalizado por um trecho em curva, com comprimento médio de 13,64 m, ambos revestidos com concreto armado. A jusante desta curva inicia-se o trecho com inclinação de 12°, diâmetro interno de 6,00 m e comprimento total de 291,77 m. O primeiro trecho, revestido com concreto simples, tem 194,83 m de comprimento e o segundo trecho, revestido com aço, tem 96,95 m de comprimento.

c) Casa de Força e Canal de Fuga

A casa de força será do tipo abrigada, com três blocos de 16,00 m de largura cada um, destinados às unidades geradoras, além dos blocos destinados a abrigar a área de montagem com 24,00 m, a Plataforma de Descarga com 10,00 m e o bloco lateral com 8,00 m, este adjacente à Unidade "3", destinado aos Poços de Drenagem e Esgotamento. O comprimento total da casa de força é de 90,00 m, largura de 39,50 m e altura de 42,20 m.

A plataforma de descarga situa-se na EL. 153,80 m, mesmo nível do pátio de manobras e de acesso de carretas e caminhões de transporte de equipamentos à casa de força, feito através de um portão metálico de 8,00 x 5,50 m.

A área de montagem, com dimensão útil de 24,00 x 15,00 m, terá o piso acabado na El. 145,80 m, localizando-se a direita hidráulica da casa de força, junto à unidade geradora nº 1. A montante da área de montagem estão localizadas a central de ventilação, as salas das equipes de manutenção elétrica e mecânica, a copa, as instalações sanitárias e a circulação vertical, compreendendo escada e elevador. Devido ao elevado pé direito, fez-se o aproveitamento de parte deste espaço, na EL. 149,55 m, denominado de mezanino, para abrigar as salas de baterias e dos carregadores, com os dispositivos de segurança pertinentes, como a ante-sala e lava-olhos, além de um espaço destinado a depósito.

O edifício de controle, com dimensões de 24,00 x 10,50 m, constituído de dois pisos, localiza-se a montante da área de montagem, contíguo à plataforma dos transformadores, na EL. 153,80 m.

No primeiro piso, na El. 154,05 m, encontram-se o depósito de material de limpeza, a sala de comando e respectivo sanitário, a sala de telecomunicações e do sistema de CITV, hall principal, copa e a circulação vertical.

No segundo piso, na EL. 158,25 m, estão localizadas a secretaria, sala da gerência, sala das equipes de meio ambiente, segurança e saúde do trabalho, salas das equipes de

manutenção elétrica e mecânica, da equipe administrativa, de reunião, além de copa e dos sanitários masculino e feminino.

Na cobertura do edifício de controle, na EL. 162,45 m, além da cobertura propriamente dita, com telhas trapezoidais galvanizadas e pré-pintadas, encontram-se a casa de máquinas do elevador e uma área para os condensadores, ambas na EL. 162,85 m.

Os três blocos das unidades geradoras, situados entre os eixos “3” e “6” da casa de força, têm à sua direita hidráulica a área de montagem, e à sua esquerda hidráulica, o bloco lateral.

O acesso à galeria dos túneis forçados da casa de força, indicado na EL. 130,50 m, se faz por meio de uma escada, a montante do eixo “B”, situada na galeria mecânica, na EL. 140,00 m. É através desta escada que se acessa também o tubo de sucção, na EL. 130,50, a caixa espiral, na EL. 134,25 m e o poço da turbina, na EL. 136,75 m.

As galerias mecânica e elétrica, respectivamente nas EL. 140,00 e 145,80 m, situam-se a montante da casa de força.

Os transformadores elevadores serão instalados em uma plataforma externa, na EL. 153,80 m, denominada plataforma dos transformadores. As baias dos transformadores serão dotadas de uma bacia para contenção de óleo, com uma camada de brita corta-fogo. Estas bacias serão drenadas, através de uma tubulação, até o tanque separador água/óleo isolante, que será instalado a montante do bloco lateral, adjacente a unidade “3”.

Finalizando a estrutura da casa de força temos o bloco lateral, que abriga os poços de drenagem e de esgotamento. Estes poços se situam entre os eixos “B” e “C”, adjacente a unidade “3”, entre os eixos “6” e “7”. Toda a água coletada no interior da casa de força será conduzida para o poço de drenagem, sendo que, aquelas passíveis de contaminação por óleo ou ácido, serão conduzidas para um tanque separador de óleo ou tanque neutralizador, respectivamente, antes de serem lançadas no poço de drenagem.

O poço de esgotamento recolherá a água de esvaziamento do tubo de sucção, que serão controladas por válvulas independentes, posicionadas em dois poços situados nos eixos “4” e “5”, na galeria de acesso ao tubo de sucção, na EL. 130,50 m.

As bombas de drenagem e de esgotamento serão operadas pela talha auxiliar, com capacidade de 120 kN, da ponte rolante.

O canal de fuga previsto para restituição das vazões turbinadas ao rio Paraíba do Sul, é composto por uma rampa de declividades 1:6, restituindo na El. 134,00 m. O fundo do canal de fuga será em rocha, mas em boa parte dos taludes a escavação será realizada predominantemente em solo, com uma largura no fundo da seção de 42,628 m. A velocidade máxima de restituição, para a condição de operação das três unidades será da ordem de 1,40 m/s.

Os trechos com taludes em solo serão revestidos com enrocamento (devidamente transicionado), para evitar erosão e carreamento de materiais.

4.6 - Equipamentos Mecânicos Principais

4.6.1 - Turbinas da Usina de Anta

A função principal da usina de Anta é o aproveitamento da vazão vertida de 211,05 m³/s, já contemplando a vazão mínima sanitária de 90,0 m³/s que deve permanecer no leito do rio Paraíba do Sul, a jusante da barragem de Anta. O NA no reservatório foi considerado na elevação de 251,50 metros.

Optou-se pela instalação de duas turbinas hidráulicas do tipo Kaplan, cada uma com potência nominal de 14,33 MW, sob uma altura de queda de referência de 16,47 m. A rotação nominal será de 180 rpm, que corresponde à rotação síncrona de um gerador de 40 pólos.

São características principais:

- número de turbinas 2
- tipo Kaplan eixo vertical
- potência nominal 14,33 MW
- altura de queda líquida nominal 16,47 m
- vazão nominal 95,0 m³/s
- velocidade de rotação 164 rpm
- rendimento na potência nominal 93,8%

4.6.2 - Turbinas da UHE Simplício

Foram selecionadas três turbinas hidráulicas Francis, com capacidade de produzir 104 MW, quando trabalhando sob a altura de queda líquida de 101,65 m e uma vazão de 113,33 m³/s com o distribuidor totalmente aberto. A rotação nominal é de 225 rpm, que corresponde à rotação síncrona de um gerador de 32 pólos.

São características principais:

- número de turbinas 3
- tipo Francis
- potência nominal 104 MW
- vazão sob altura de queda líquida nominal 113,33 m³/s
- velocidade nominal 225 rpm
- rendimento na potencia nominal 95,7 %

4.7 - Características dos Reservatórios

4.7.1 - Áreas e Enchimento

Os reservatórios formados terão a área total de 11,7 km².

Para o enchimento do reservatório de Anta, considerando as vazões associadas a ocorrência de um ano típico médio, seco ou úmido, ainda que se considere a vazão remanescente de 71 m³/s, o reservatório de Anta encherá num período inferior a 30 dias, previsto para ser iniciado no nono mês do Ano III, conforme a tabela abaixo.

TABELA 4.1
TEMPO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DE ANTA

ANO CONSIDERADO	VOLUME AFLUENTE (HM ³)	TEMPO DE ENCHIMENTO (DIAS)
Médio	92,28	10
Seco	84,91	28
Úmido	151,22	2
Volume de Anta	84,16	-

Com o reservatório de Anta na cota 251,50 m, as vazões afluentes seriam vertidas, mantendo-se o nível do reservatório nessa cota até a conclusão das obras de interligação que compõem o circuito de adução da usina de Simplício. Nesse caso, a passagem do reservatório de Anta para esse circuito através do Canal 1 estaria controlada por uma comporta na entrada do Túnel 1.

O início do enchimento do circuito de interligação se dará no mesmo mês de enchimento do reservatório de Anta e poderá durar até 4 meses.

4.7.2 - Vazões Mínimas

a) Em Anta

A implantação do AHE Simplício Queda Única resultará em um longo trecho do rio Paraíba do Sul que ficará sujeito a uma vazão reduzida.

A vazão mínima a ser mantida neste trecho, segundo a Resolução nº. 306 da ANA, de 03/08/2005, deverá ser:

- durante o enchimento: 71 m³/s
- durante a operação: 90 m³/s em condições normais;
71 m³/s em condições adversas.

Estes valores foram definidos pela ANA visando compatibilizar-se com as vazões defluentes da estação de bombeamento de Santa Cecília, que por sua vez obedece à regra definida na Resolução ANA nº. 211, de 26/05/2003.

b) Nos Reservatórios Intermediários e no Ribeirão do Peixe

Os reservatórios intermediários do sistema Simplício Queda Única não terão outra função que não seja a condução das águas desviadas para o destino final. Entretanto, como este sistema corta alguns córregos que atualmente deságuam no Rio Paraíba do Sul, foi necessário prever a construção de diques que interrompem o fluxo natural destes córregos, evitando assim a fuga de água.

O dique de Tocaia, que forma o reservatório de Tocaia, interrompe o Ribeirão Tocaia em um ponto localizado a 1 000 m de sua foz. Já o dique de Louriçal 1, por sua vez, que ajuda a formar o reservatório de Louriçal, interrompe o Córrego Louriçal a 650 m de sua foz, enquanto que o dique Estaca 2 (reservatório de Calçado), interrompe o Córrego da Prata/Estaca a 650 m de sua foz.

Para garantir, nestes trechos, a vazão mínima correspondente a 70% da $Q_{7,10}$ (Tabela 4.2) será necessária a implantação de uma estrutura na ombreira do dique, composta de uma captação e um conduto, dimensionado com um diâmetro tal que, considerando-se o nível d'água mínimo do reservatório, seja capaz de aduzir pelo menos a vazão mencionada.

TABELA 4.2
VAZÕES MÍNIMAS REMANESCENTES NOS CÓRREGOS

BACIA	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	70% da $Q_{7,10}$ (m ³ /s)
Tocaia	25,40	0,0551	0,0386
Louriçal	92,10	0,2768	0,1938
Estaca	32,60	0,0754	0,0528
Antonina	1,90	0,0021	-
Peixe	0,37	0,0003	-
Ribeirão do Peixe	165,00	0,5747	0,4023

FONTE: ENGEVIX Engenharia S/A. AHE Simplício Queda Única Projeto Básico. Referência 8922/01-10-RL-0002-0. 2006. Tabela 4.17.

Avaliou-se que a melhor solução de engenharia para esta estrutura seria o posicionamento junto à ombreira, com pouca profundidade, de forma a diminuir sua extensão e facilitar eventuais trabalhos de reparo e manutenção, bem como garantir a qualidade da água na vazão remanescente. Tal estrutura deverá ser composta por um tubo de ferro fundido ou aço, provido de válvula a montante para o controle e eventual interrupção do fluxo. Deverá ser construída uma passarela para o acesso à válvula. A jusante, na saída do tubo, deverá ser prevista uma caixa de impacto, para amortecer o jato d'água, evitando danos aos taludes dos diques, e uma descida em escada de concreto para a restituição da vazão aos leitos dos córregos.

Durante o enchimento do reservatório, tempo este estimado entre 90 e 120 dias, a vazão a jusante poderá ser garantida através de bombeamento.

A tabela a seguir resume as informações mais pertinentes sobre a intervenção, inclusive dimensão e posicionamento dos tubos.

TABELA 4.3
TUBOS PARA MANUTENÇÃO DE VAZÃO REMANESCENTE NOS CÓRREGOS

BACIA	ÁREA DE DREN. (KM ²)	Q _{7,10} (M ³ /S)	70% Q _{7,10} (M ³ /S)	NA _{MÍN} (M)	EL. DA L/C DO TUBO (M)	DIÂMETRO COMERCIAL ADOTADO D(MM)		VAZÕES (M ³ /S) PARA:	
						D _{INT} (MM)	D _{EXT} (POL)	NA _{MÁX} =	NA _{MÁX MÁX} =
								251.50 M	253.70 M
Tocaia	25.40	0.0551	0.0386	250.22	249.00	154	6"	0.060	0.082
Louriçal	92.10	0.2768	0.1938	249.05	248.00	305	12"	0.351	0.448
Calçado	32.60	0.0754	0.0528	248.59	247.50	203	8"	0.143	0.178

No ribeirão do Peixe será construído um pequeno aqueduto que transporá o canal de fuga, garantindo a vazão de 0,40 m³/s, correspondente a 70 % da Q_{7,10} indicada na Tabela 4.2, no estirão remanescente de 1 000 m até a sua foz. Qualquer vazão superior a esta verterá para o canal de fuga desaguando no rio Paraíba do Sul

**ANEXO I - DISPOSIÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS
DESENHO 8922/01-60-DE-0007**

Arquivo em A3:

892201-60DE-0007-0.pdf

**ANEXO II - USINA DE ANTA - SUBESTAÇÃO
DESENHO 8922/01-60-DE-0008**

Arquivo em A3:

892201-60DE-0008-0.pdf

**ANEXO III - USINA DE SIMPLÍCIO - SUBESTAÇÃO
DESENHO 8922/01-60-DE-0009**

Arquivo em A3:

892201-60-DE-0009-0.pdf

**ANEXO IV - ARRANJO GERAL – PARTE 1 – USINA E BARRAGEM DE ANTA,
CANAL 1, EMBOQUE TÚNEL 1 – DESENHO 8922/01-60-DE-0010**

Arquivo em A3:

892201-60DE-0010-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0011-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0012-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0013-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0014-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0015-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0016-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0017-0.pdf

Arquivo em A3:

892201-60DE-0018-0.pdf

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 1

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 2

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 3

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 4

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 5

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 6

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 7

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 8

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 9

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 10

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 11

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 12

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 13

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 14

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 15

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 16

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 17

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 18

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 19

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 20

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 21

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 22

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 23

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 24

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 25

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 26

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 27

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 28

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 29

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 30

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 31

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 32

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 33

Arquivo em A4:

892201-60RL-0016-0-Anexo_XIII-Equipe.pdf

Página 34