



PROJETO BÁSICO
VOLUME 1 DE 3 - TEXTOS

0	Emissão Final	MKT	MKT	MAI/16
Nº	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
REVISÕES				
				
PROJETO BÁSICO				
				

UHE ITAOCARA I

Preparado	MKT	Aprov.	Marcelo K. Turqueti	Nº VLB	Rev.
Conferido	MKT		Gerente do Projeto	1530-IT-B-RT-G00-0001	0
Visto	MKT	Aprov.	José H. R. Lopes	Nº do Cliente	Rev.
Data	MAI/15		Resp. Técnico MG-12545/D		

PROJETO BÁSICO
VOLUME 1 DE 3 – TEXTOS

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	3
1.1	ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....	3
2.	INTRODUÇÃO.....	5
2.1	ESTUDOS ANTERIORES.....	6
2.2	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EIXO SELECIONADO.....	12
3.	SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	13
4.	LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES E ESTUDOS BÁSICOS.....	13
4.1	AEROFOTOGRAMÉTRICOS E TOPOBATIMÉTRICOS.....	13
4.2	HIDROMETEOROLÓGICOS.....	22
4.3	GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	117
4.4	ESTUDOS ENERGÉTICOS.....	147
4.5	INTEGRAÇÃO DA USINA AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO.....	158
5.	DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DO APROVEITAMENTO.....	158
5.1	CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO.....	158
5.2	DESVIO DO RIO.....	159
5.3	BARRAGEM.....	161
5.4	VERTEDOURO.....	162
5.5	CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO.....	163
5.6	CASA DE FORÇA.....	163
5.7	ACESSOS INTERNOS PERMANENTES, ÁREAS DE ESTACIONAMENTO, CERCAS E DEFENSAS.....	164
5.8	EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELETROMECAÂNICOS.....	167
6.	PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS.....	205
6.1	HISTÓRICO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL PROGRAMAS SOCIOAMBIENTAIS.....	206
7.	INFRA-ESTRUTURA E SUPRIMENTO PARA A OBRA.....	207
8.	CRONOGRAMA E PLANEJAMENTO CONSTRUTIVO.....	209
9.	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS.....	209
10.	FICHA RESUMO.....	209
11.	PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO.....	209

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório é a compilação de todos os levantamentos e estudos que foram desenvolvidos para a elaboração do Projeto Básico da UHE Itaocara I, a ser implantada no rio da Paraíba do Sul, nos municípios de Itaocara e Aperibé, no Estado do Rio de Janeiro. Estes trabalhos foram elaborados pela VLB Engenharia Ltda. para o Consórcio UHE Itaocara I.

Cabe destacar que o presente documento atende todos os requisitos do “check-list” para o aceite do Projeto Básico, conforme preconizado na resolução ANEEL 412/2010. O Relatório é apresentado em 03 (três) volumes, organizados da seguinte forma:

Volume I - Texto;

Volume II - Desenhos;

Volume III - Apêndices.

1.1 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Os estudos apresentados no Projeto Básico da UHE Itaocara I foram organizados tomando-se como diretriz o documento da ELETROBRÁS “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas” em sua versão de setembro de 1999.

Assim, os volumes deste Relatório foram organizados desta maneira:

VOLUME I – TEXTO

Capítulo 1 – Apresentação

É apresentada uma visão geral dos estudos e sua organização.

Capítulo 2 – Introdução

Este capítulo informa o objetivo dos estudos, relata o histórico dos estudos anteriores, a seleção do eixo, a descrição e a localização da UHE Itaocara I.

Capítulo 3 – Sumário das Principais Conclusões e Recomendações

Apresentam-se, de forma sucinta, as principais conclusões e recomendações do Projeto Básico.

Capítulo 4 – Levantamentos Complementares e Estudos Básicos

São apresentados os serviços de campo e de escritórios realizados para os estudos:

1 – Aerofotogramétricos e Topobatimétricos;

2 – Hidrometeorológicos;

3 – Hidráulicos;

4 – Geológico-Geotécnicos;

5 – Energéticos;

.6 – Integração da Usina ao Sistema de Transmissão

Capítulo 5 – Descrição das Estruturas do Aproveitamento

São apresentadas as principais características do Arranjo Geral das Estruturas componentes do Aproveitamento Hidrelétrico, descrevendo de forma detalhada os aspectos civis, mecânicos e elétricos.

Capítulo 6 – Projetos Socioambientais

Neste capítulo é realizada uma avaliação do empreendimento, com levantamentos e análises que permitam indicar a viabilidade ambiental do Aproveitamento. Esta avaliação foi realizada por uma equipe multidisciplinar e se baseou em dados secundários e primários, obtidos com visitas de campo realizadas ao local de implantação da UHE Itaocara I.

Capítulo 7 – Infraestrutura e Suprimento para a Obra

Neste capítulo são descritas as principais atividades necessárias para o planejamento, infraestrutura e apoio logístico para a implantação das obras.

Capítulo 8 – Cronograma e Planejamento Construtivo

Neste capítulo descrevem-se, de forma sucinta, as principais etapas para implantação do empreendimento.

Capítulo 9 – Orçamento Padrão Eletrobrás

O Orçamento Padrão Eletrobrás apresenta o custo previsto para a implantação do empreendimento, considerando os preços unitários das obras civis e equipamentos eletromecânicos.

Capítulo 10 – Ficha Resumo

Apresentam-se as principais características do aproveitamento, descrevendo os dados referentes aos aspectos hidrológicos, os dados das principais estruturas, dos equipamentos eletromecânicos, de energia, dos custos e outros itens correlatos definidos na Ficha Resumo padrão Eletrobrás.

Capítulo 11 – Participantes do Grupo de Trabalho

VOLUME II - DESENHOS CIVIS, ELÉTRICOS E MECÂNICOS

Neste volume são apresentados os desenhos de Localização, Base Cartográfica da região do empreendimento, Mapa do Reservatório, desenhos com as características Hidrológicas, Geológicas e Geotécnicas regionais e locais, Arranjo Geral do Aproveitamento, incluindo o detalhamento das principais estruturas, e diagramas e fluxogramas dos sistemas elétricos e mecânicos principais.

VOLUME III - APÊNDICES

Neste volume estão contidos todos os estudos complementares realizados para a elaboração do projeto da UHE ITAOCARA I, bem como os documentos complementares exigidos pela ANEEL para aceite do projeto, conforme Resolução nº 412/2010 (e seu respectivo “check-list”).

Os apêndices estão divididos da seguinte forma:

APÊNDICE A – GEOLOGIA E GEOTECNIA;

APÊNDICE B – CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA;

APÊNDICE C – HIDROMETRIA;

APÊNDICE D – DOCUMENTAÇÕES;

APÊNDICE E – ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS;

APÊNDICE F – ESTUDOS HIDROLÓGICOS;

APÊNDICE G – ESTUDOS ENERGÉTICOS;

APÊNDICE H – RESERVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA;

APÊNDICE I – PARECER DE ACESSO.

2. INTRODUÇÃO

Objetivo

O objetivo da elaboração do Projeto Básico da UHE Itaocara I é a coleta, análise e consistência de um número de informações suficientes para subsidiar os estudos técnicos, ambientais e econômicos de forma a consolidar o Projeto Básico anterior aprovado pela ANEEL.

Para alcançar este objetivo, foi realizada minuciosa análise dos dados coletados e feita uma complementação de levantamentos de campo, visando atender a todas as normas vigentes e ao “check-list” da ANEEL, em estrita observância às instruções das “Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico de Usinas Hidrelétricas”.

Histórico

Desde a década de 1.960 a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, no seu todo ou em trechos específicos, tem sido objeto de muitos estudos relativos ao aproveitamento de seu potencial hidrelétrico.

Particularmente, a parcela dessa bacia que compreende o trecho do rio Paraíba do Sul entre as cidades de Sapucaia e São Fidélis foi objeto de estudos por várias empresas interessadas: CEMIG/Companhia Energética de Minas Gerais (1.964 a 1.966); CFLCL/Companhia de Força e Luz Cataguases-Leopoldina (1.969 a 1.982); IBRA/Instituto Brasileiro de Reforma Agrária (1.967) e DNAEE/Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (1.970).

Em 1.984 a empresa FURNAS Centrais Elétricas iniciou os estudos relacionados à exploração do potencial disponível, no trecho limitado pela confluência com o rio Pirai,

UHE ITAOCARA I

a montante e o município de Campos à jusante, dividindo-o em três áreas (Sub-Bacias I, II e III).

A área de interesse direto à UHE Itaocara I é a Sub-Bacia II que se estende da Estação Ferroviária de Benjamin Constant, logo à jusante da cidade de Sapucaia até pouco além da foz do rio Pomba, afluente pela margem esquerda do rio Paraíba do Sul.

Os Estudos de Inventário da Sub-Bacia II desenvolvidos pela THEMAG Engenharia e concluídos em 1986, indicaram a atratividade técnico-econômica da UHE Itaocara I.

2.1 ESTUDOS ANTERIORES

2.1.1 Estudos Realizados por Furnas

Os primeiros Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara I, também desenvolvidos por FURNAS e THEMAG, foram concluídos em 1.987. Contudo a empresa FURNAS interrompeu os estudos nesta fase, dando prosseguimento ao desenvolvimento dos projetos básicos dos aproveitamentos hidrelétricos de Anta e Simplício, localizados a montante da UHE Ilha dos Pombos, Usina da LIGHT já em fase de operação.

2.1.2 Estudos Realizados Pela Light

No início de 1.998 a ENGEVIX Engenharia elaborou para a LIGHT uma reavaliação dos principais impactos ambientais e outros impactos associados, com a construção dos sítios de Itaocara e São Fidélis.

Os resultados desta avaliação indicaram impactos de pequena magnitude para a UHE Itaocara . Sendo assim, a LIGHT contratou a ENGEVIX para desenvolver os estudos em 02(duas) fases: Fase I/Diagnóstico Técnico-Econômico e Fase II/Estudos de Viabilidade que seriam desenvolvidos em função dos resultados obtidos no "Diagnóstico Técnico-Econômico/Fase I".

Os resultados preliminares, obtidos na Fase I, confirmaram a atratividade técnica e econômica do Empreendimento UHE Itaocara, fornecendo subsídios à LIGHT para dar prosseguimento aos estudos na Fase II.

Os Estudos de Viabilidade realizados pela ENGEVIX englobaram os serviços de engenharia consultiva, as investigações/ levantamentos de campo e a elaboração dos documentos ambientais EIA/Estudos de Impacto Ambiental e respectivo RIMA/Relatório de Impacto Ambiental.

Os estudos desenvolvidos entre os anos 1.999 e 2.000 reafirmaram a viabilidade técnica e econômica de implantação do Empreendimento UHE Itaocara para atendimento às necessidades do mercado de energia elétrica.

Com uma Capacidade Instalada de 195,00 MW e 98,50 MW médios de Energia Firme, o investimento previsto para implantação da UHE Itaocara totalizava cerca de 156 milhões de dólares, incluindo juros durante o período de construção, correspondendo a um custo de implantação de 800.00 US\$/kW instalado, na base econômica JUL/1.999. No custo total estava incluído a implantação da Linha de Transmissão até a conexão na Subestação da UHE Ilha dos Pombos, Subestação Elevadora e Sistema de Transposição de Peixes. O custo médio de geração da UHE Itaocara conforme cálculos recomendados pela ELETROBRÁS, atingia 23.96 US\$/MWh.

Considerando a Lei 9.074/95 referente às concessões outorgadas por licitação pública que estabelece os encargos e impostos incidentes sobre empreendimentos hidrelétricos, elevava o custo médio de geração de 23.96 para 30.70 US\$/MWh.

A comparação do custo médio de geração calculado em 30.70 US\$/kW versus o custo marginal de expansão indicado pelo Plano Decenal de Expansão de 1.999/2.008 da ELETROBRÁS, justificava sob o ponto de vista energético a implantação do aproveitamento UHE Itaocara I.

2.1.3 Relatório de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental

Em fevereiro de 2.001 foi outorgada pelo Poder Concedente à LIGHT Sinergias – atual empresa Itaocara Energia e subsidiária da LIGHT S.A. a concessão de exploração do potencial hidráulico denominado UHE Itaocara, com potência mínima a instalar de 195,00 MW. No mês posterior, março de 2.001, foi assinado o Contrato de Concessão nº 12/2.001 entre ANEEL/UHE ITAOCARA que regulava a exploração do empreendimento e as garantias de implantação da UHE pela Itaocara Energia Ltda.

O processo de Licenciamento Ambiental da UHE Itaocara teve início em fevereiro de 1.999 com a emissão do “Termo de Referência/TR” para “Estudos de Impacto Ambiental/EIA” pelo IBAMA. Em agosto de 2.000 foi apresentado ao IBAMA o EIA/Estudos de Impacto Ambiental e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental/RIMA, tendo sido requerida, nessa ocasião, a Licença Prévia LP do empreendimento.

Desde então, o processo de “Licenciamento Ambiental da UHE Itaocara” sofreu diversos tipos de interferências, principalmente no que diz respeito à solicitação de novas informações e complementações dos estudos ambientais por parte dos órgãos ambientais estaduais, IBAMA, Ministério das Minas e Energia, Ministério Público Federal e IPHAN, dentre outros. Além disso, o processo sempre enfrentou forte resistência da sociedade civil organizada, principalmente do município de Cantagalo/RJ, contrária à implantação do empreendimento em função da inundação da localidade de São Sebastião do Paraíba.

Saliente-se que a análise procedida pelo Ministério Público Federal, expressa na Informação Técnica nº 105/2002/ 4ª CCR e encaminhada ao IBAMA, cita o documento EIA na descrição da Vila de São Sebastião do Paraíba, mostrando que a localidade distingue-se por ser muito bem cuidada; suas ruas organizadas em xadrez em volta de duas praças, são arborizadas, calçadas e iluminadas; sendo bem equipada com serviços sociais, tais como posto médico, escola, igreja, cemitério, água por rede pública, algumas facilidades para o lazer, além de um ancoradouro. Essa análise conclui que o processo de “Licenciamento Ambiental” da UHE Itaocara encontrava-se prejudicado, sendo necessário para saná-lo que os documentos EIA/RIMA fossem refeitos, de forma a contemplar a realização de outros estudos sobre a população diretamente afetada que serviriam de subsídios para a elaboração das medidas e programas de compensação e minimização de impactos sobre o meio socioeconômico.

Por outro lado o IBAMA, ao final de sua análise, expediu o Parecer Técnico nº 340/2002/ IBAMA/DILQ/Coordenadoria Geral de Licenciamento onde diz que o meio socioeconômico é o grande desafio do Empreendimento quanto à sua Viabilidade Ambiental, admite que as complementações ao EIA/RIMA incorporadas pelo Empreendedor retratam um significativo avanço no que se refere aos Programas Sociais a serem implantados, contudo ainda permanecem questões que mereciam ser melhor esclarecidas e encaminhadas, como o caso de São Sebastião do Paraíba,

Distrito de Cantagalo/RJ, cuja comunidade, através de suas lideranças e associações, solicitou uma nova “Audiência Pública” exatamente para esse fim. O mesmo IBAMA, após considerar a recomendação do MPF / 4ªCCR, conclui pela realização de mais uma “Audiência Pública”, agora no Distrito de São Sebastião do Paraíba.

Ao longo do processo a Concessionária Itaocara Energia procurou atender todas as solicitações dos órgãos ambientais para complementação dos estudos. No entanto, em agosto de 2.005, a Itaocara Energia foi informada de que o Ministério de Minas e Energia/MME passou a desconsiderar a UHE ITAOCARA no planejamento da expansão da oferta de energia. E informou, complementarmente que sua reinclusão nos Estudos de Planejamento do Setor Elétrico somente ocorreria após os resultados da “Avaliação Ambiental Integrada/AAI” dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do Paraíba do Sul.

Diante desses fatos, foram solicitados esclarecimentos ao MME no sentido de conhecer seu posicionamento no que se referia à continuidade do processo de Licenciamento Ambiental. Tal decisão foi comunicada ao IBAMA em junho de 2.006.

No entanto, apesar de justificada, a falta de movimentação do processo porque se aguardava o posicionamento do MME para dar continuidade à complementação dos estudos ambientais solicitados, ensejou o arquivamento do processo em março de 2007 conforme decisão da presidência do IBAMA (Ofício nº 183/2007 – DILIC/IBAMA). Diante de tal decisão, o requerimento da Licença Ambiental só poderia ser realizado com a abertura de novo processo de licenciamento.

Desta forma em agosto de 2.007, a Itaocara Energia retomou as tratativas institucionais junto ao órgão ambiental IBAMA para início de um novo processo de licenciamento. Num primeiro momento, a reação da equipe técnica do IBAMA diante da UHE Itaocara diante da configuração original do projeto de engenharia (uma única Usina), foi de forte rejeição. Contudo, o IBAMA estava aberto a “soluções alternativas” que reduzissem os impactos ambientais e sociais em face do estigma negativo existente em relação ao Projeto, destacando-se a inundação da localidade de São Sebastião do Paraíba.

Foi então, levado ao IBAMA, o resultado do estudo de análise de risco que estava sendo desenvolvido na época e que propunha a análise e comparação dos riscos e custos do cenário atual (uma Usina única) versus um cenário alternativo que considerava a realização do empreendimento em dois eixos, uma UHE na cota 91,00m com a manutenção do eixo da barragem no seu local atual, e a previsão de construção de nova UHE cota 102,00m a montante de São Sebastião do Paraíba. Essa alternativa de partição de queda de uma (01) Usina em dois (02) eixos, eliminava a necessidade de relocação dos dois núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e Formiga.

Diante dessa proposta, em 16 de maio de 2.008 o IBAMA encaminhou o Ofício nº 330/2008/ DILIC/IBAMA solicitando que fosse avaliada oficialmente a possibilidade de revisão da partição de queda e do arranjo UHE Itaocara, de modo a minimizar seus impactos socioambientais com a substituição de uma UHE Itaocara única por duas UHEs Itaocara I e Itaocara II. Cabe dizer que em 05 de junho de 2.008, a Itaocara Energia protocolou na ANEEL carta solicitando modificação do projeto original, anexando o referido ofício do IBAMA.

Em continuidade às tratativas com o IBAMA, em 17 de julho de 2008 a Itaocara Energia enviou a carta nº 016/2008 informando ter iniciado uma série de estudos no sentido de avaliar a melhor alternativa de projeto, tanto do ponto de vista técnico-econômico quanto socioambiental.

Informava ainda, que a minuta de “Termo de Referência” já enviada para análise considerou a nova alternativa do projeto e que a nova proposta já havia sido apresentada à população, com o intuito de tornar o processo de licenciamento mais transparente e participativo.

Assim em outubro de 2.008 o IBAMA emitiu o “Termo de Referência”/TR para elaboração do novo estudo EIA/RIMA para o arranjo proposto com nova partição de queda em dois (02) eixos e que subsidiou os novos estudos ambientais. O novo EIA/RIMA foi então elaborado e concluído em dezembro de 2.009. Foi mantida a linha de detalhamento do projeto de engenharia em dois (02) eixos e obteve-se a Licença Prévia Ambiental/LP em maio de 2.010.

2.1.4 Estudos para Validação da Alternativa de Engenharia

Com a emissão do “Termo de Referência” para elaboração do novo EIA/RIMA solicitado pelo IBAMA, a Itaipava Energia contratou em DEZ/ 2.008 a PCE Projetos para realizar os estudos de engenharia para validação da alternativa proposta ao IBAMA, bem como elaborar os Projetos Básicos das UHEs Itaipava I e II.

Com enfoque nos estudos energéticos, o “Relatório de Validação” teve a finalidade de demonstrar a Viabilidade Técnico-Econômica do novo projeto do Complexo Itaipava (UHE ITAOCARA I e UHE ITAOCARA II) e a manutenção da produção energética objeto do Contrato de Concessão da ANEEL 012/2.001. O “Relatório de Validação” foi apresentado à ANEEL em maio de 2.009.

O novo projeto “Complexo UHEs Itaipava” reduz impactos ambientais e sociais, já que prevê a implantação de dois eixos, um eixo UHE Itaipava I no local definido pelos Estudos de Viabilidade com Nível D’água Máximo Normal do reservatório na El. 89,60m, de forma a preservar os núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e Formiga.

O outro eixo, UHE Itaipava II, com a Casa de Força projetada ao “pé” da nova Barragem situada a montante desses núcleos populacionais e com reservatório no Nível D’água Máximo Normal na El. 102,00 m, garante o aproveitamento integral do potencial hidráulico do trecho de rio abrangido pelo projeto original de uma única UHE, com significativa redução da área alagada.

2.1.5 Estudo Realizado pela SPEC

Por solicitação da LIGHT a SPEC Engenharia, em JUL/2.010, fez o desenvolvimento dos estudos de “Otimização” do Projeto Básico PCE considerando as premissas básicas indicadas em seguida:

No trabalho foram adotados os mesmos estudos hidrológicos, vazões médias, máximas e mínimas desenvolvidos na etapa do Projeto Básico PCE;

A Curva-Chave adotada para o Canal de Fuga da UHE Itaipava I foi determinada a partir de avaliações, objetivando-se o ganho de queda com a locação das estruturas principais Tomada D’Água, Casa de Força e Vertedouro, no braço esquerdo do rio Paraíba do Sul formado pela Ilha Serena. Deve-se ressaltar, também, que um benefício relevante foi conseguido com a locação das estruturas no braço esquerdo da Ilha Serena: evitar o direcionamento do fluxo d’água, em período de cheias, sobre o distrito de Batatal localizado à jusante da UHE Itaipava I;

As investigações geológico-geotécnicas de campo utilizadas na “Otimização” também se referem às apresentadas na fase do Projeto Básico PCE;

UHE ITAOCARA I

A sequência de Desvio do Rio foi subdividida em duas fases:

Primeira fase – as ensecadeiras foram dimensionadas para uma vazão de 5.293 m³/s com tempo de recorrência de 50 anos e verificadas para a vazão com tempo de recorrência de 100 anos, vazões estas referentes ao período completo. Nesta fase, o rio foi desviado pelo braço direito da Ilha Serena e foram construídas as estruturas na margem esquerda;

Segunda fase – as ensecadeiras foram dimensionadas para a mesma vazão de 5.293 m³/s com tempo de recorrência de 50 anos e verificadas para a vazão com tempo de recorrência de 100 anos, vazões estas referentes ao período completo. Nesta segunda fase, o rio foi desviado pelas Adufas de Desvio e foi executada a Barragem de Terra no leito do rio e Margem Direita.

Os estudos foram concluídos SET/2.010 com a emissão do “Relatório Final do Projeto Básico Otimizado”, documento N.º: ST-813-B-RE-G00-001 em dois Volumes (Volume I/Texto e Volume II/Desenhos).

Características Técnicas Principais da UHE ITAOCARA I (Referência Projeto Básico SPEC):

N.A. máximo maximorum montante:	90,90m
N.A. máximo normal de operação:.....	89,60 m
N.A. mínimo normal de operação:	89,60 m
N.A. máximo maximorum de jusante:	68,40 m
N.A. normal de jusante:	61,28 m
N.A. mínimo de jusante:.....	59,49 m
Área do reservatório no N.A. máximo normal:	40,4 km ²
Volume acumulado total no N.A. máximo normal:.....	412,76 hm ³
Queda de referência:	26,9 m
Vazão Média de Longo Termo (Série de Vazões Naturais Médias Mensais): ...	664 m ³ /s
Vazão de projeto do Vertedouro (TR=10.000 anos):.....	9.530 m ³ /s
Energia Firme:	89,44 MW médios
Potência Instalada Total:	150,00 MW
Vazão Máxima Turbinada:	626,00 m ³ /s
Turbinas Kaplan Vertical (Potência no Eixo):	2 x 76,923MW
Geradores Síncronos (Potência Aparente cós Ø 0,95):	2 x 78,95 MVA

Quantidades Principais das Obras Civis:

Escavação comum obrigatória inclusive Ensecadeiras Desvio:	442.390 m ³
Escavação em rocha à céu aberto:.....	220.919 m ³
Cimento:	52.160 ton
Concreto Convencional Vibrado:	185.688 m ³
Armadura:.....	8.073 ton



Aterros Compactados inclusive Ensecadeiras Desvio: 2.475.447 m³

2.1.6 Estudo Realizado pela VLB Engenharia

O Consórcio UHE Itacara, formado pelas empresas Cemig e Light, venceu o leilão promovido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), realizado no dia 30 de abril de 2015, e retomou a concessão para construção da Usina Hidrelétrica Itacara I, no rio Paraíba do Sul. Por solicitação do Consórcio, a VLB Engenharia realizou estudos com o objetivo de otimizar e consolidar o Projeto Básico da SPEC Engenharia.

As informações geológica-geotécnicas dos projetos anteriores foram usadas para os estudos deste projeto, adicionalmente foi realizada uma nova campanha de sondagens. Para topografia, foi realizada uma checagem da base topográfica do projeto anterior.

Com base no estudo realizado pela VLB, abaixo seguem as características e otimizações realizadas:

Características Técnicas Principais da UHE ITAOCARA I (Referência Projeto Básico VLB)

N.A. máximo maximorum montante:	90,90m
N.A. máximo normal de operação:.....	89,60 m
N.A. mínimo normal de operação:	89,30 m
N.A. máximo maximorum de jusante:	68,11 m
N.A. normal de jusante:	61,14 m
N.A. mínimo de jusante:.....	59,55 m
Área do reservatório no N.A. máximo normal:	40,4 km ²
Volume acumulado total no N.A. máximo normal:.....	412,76 hm ³
Queda de referência:	26,9 m
Vazão Média de Longo Termo (Série de Vazões Naturais Médias Mensais): ...	664 m ³ /s
Vazão Média de Longo Termo (Série de Vazões Artificiais Médias Mensais): ..	506 m ³ /s
Vazão de projeto do Vertedouro (TR=10.000 anos):.....	9.530 m ³ /s
Energia Firme:	91,23 MW médios
Potência Instalada Total:	150,00 MW
Vazão Máxima Turbinada:	628,80 m ³ /s
Turbinas Kaplan Vertical (Potência no Eixo):	2 x 76,700MW
Geradores Síncronos.....	2 x 84,145 MVA

Quantidades Principais das Obras Civis

Escavação comum obrigatória inclusive Ensecadeiras Desvio:	224.319 m ³
Escavação em rocha à céu aberto:.....	204.966 m ³

UHE ITAOCARA I

Cimento:	42.376 ton
Concreto Convencional Vibrado:	139.627 m ³
Armadura:.....	6.517 ton
Aterros Compactados inclusive Ensecadeiras Desvio:	1.660.898 m ³

2.2 CARACTERISTICAS PRINCIPAIS DO EIXO SELECIONADO

A UHE Itaocara I, distante cerca de 200,00 km da cidade do Rio de Janeiro, localiza-se no trecho médio inferior do rio Paraíba do Sul, aproximadamente a 13,00 km a montante da cidade de Itaocara/RJ. O eixo de seu Barramento está situado em torno das coordenadas geográficas 21°41'44" SOUTH e 42°08'57" WEST, correspondentes a 794.990m ESTE e 7.598.140m NORTE em coordenadas UTM's.

A partir da cidade do Rio de Janeiro, o acesso é feito inicialmente pela rodovia federal BR-040 até o entroncamento com a BR-393, próximo à cidade de Três Rios/RJ. Prossegue-se por esta rodovia BR-393 até à cidade de Santo Antonio de Pádua/RJ e daí segue-se pela rodovia estadual RJ-116 até às cidades de Aperibé e Itaocara, como mostrado no desenho B-DE-G00-0001 no VOLUME II – DESENHOS.

O acesso ao local do sítio da UHE ITAOCARA I é feito por estradas vicinais não pavimentadas existentes: a partir da cidade de Aperibé pela margem esquerda e da cidade de Itaocara, passando pela localidade de Coronel Teixeira, pela margem direita.

O arranjo geral da usina consiste em estruturas dispostas ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 1.225 metros.

No leito do rio, estará localizado um Vertedouro do tipo Descarregador de Fundo com 63 metros de extensão com a soleira na elevação 60,00 m.

O Circuito Hidráulico de Geração será composto da Tomada de Água e Casa de Força. A Casa de Força será equipada com 2 (três) turbinas tipo Kaplan de eixo Vertical, com potência instalada de 75,00 MW cada unidade.

A construção do empreendimento foi prevista para ser executada em duas fases, considerando as características morfológicas do local. Na primeira fase, o rio Paraíba do Sul escoará pelo canal a direita hidráulica da Ilha da Serena, parcial estrangulado, para a construção das estruturas da margem esquerda (Barragem de Terra da Margem Esquerda, Barragem de Terra no leito do rio, Tomada da Água, Casa de Força e Descarregador de Fundo).

Na segunda fase, o rio será desviado através do Descarregador de Fundo, para que sejam construídos a segunda etapa da Barragem de Terra do leito do rio.

O arranjo prevê Barragem de Terra nas ombreiras direita e esquerda e Barragem de Enrocamento com Núcleo de Argila no contato com as Estruturas de Concreto. No canal a esquerda hidráulica do leito do rio será construído o Descarregador de Fundo. A Barragem da margem direita possuirá altura máxima de aproximadamente 37,00 m e comprimento de cerca de 860,00 m, a da margem esquerda, aproximadamente 30,00 m de altura e cerca de 200,00 m de comprimento.

O arranjo também prevê um Dique com seção em terra na margem esquerda para fechamento do ponto de fuga do reservatório.

UHE ITAOCARA I

A crista da Barragem possuirá 7,25 m de largura e cota de coroamento na El. 91,10 m, com N.A. Normal na elevação 89,60 m e N.A. Máximo Maximorum na elevação 90,90 m.

O Vertedouro do tipo Descarregador de Fundo, localizado no leito do rio, terá 63 m de comprimento, com a cota da soleira na El. 60,00 m. Foi dimensionado para escoar uma vazão de 9.530 m³/s, correspondente à cheia com período de recorrência de 10.000 anos e N.A. Máximo Maximorum do reservatório na El. 90,90 m.

A Casa de Força está prevista com 2 (duas) unidades geradoras dispostas em 1 (um) bloco monolítico de concreto armado adjacente à estrutura da Tomada de Água. A nave da Casa de Força abrigará duas unidades geradoras, que serão equipadas com 2 (duas) turbinas do tipo Kaplan, de eixo vertical, com potência unitária de 75 MW, perfazendo um total de 150 MW de potência instalada.

O Barramento propiciará a formação do reservatório que, no N.A. Normal (El. 89,60 m), terá volume de 412,76 x 10³ e área inundada de aproximadamente 40,4 km², incluindo-se a calha do rio.

O desenho B-DE-G11-0002 do VOLUME II apresenta o Arranjo Geral do Projeto da UHE Itaocara I.

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos realizados para o Projeto Básico da UHE Itaocara I foram elaborados obedecendo aos Critérios e Especificações Técnicas, especialmente aqueles preconizados pela ANEEL e Eletrobrás. A configuração final do empreendimento visou à obtenção do aproveitamento ótimo desse trecho do rio, levando em conta os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

O arranjo selecionado considera o nível de água máximo normal do reservatório na elevação 89,60 m, nível mínimo normal na elevação 89,30 m, nível normal de jusante na elevação 61,14. A queda bruta final em 28,46 metros.

O Arranjo Geral das estruturas resultou em barramento com Descarregador de Fundo, Barragem de Terra nas ombreiras direita e esquerda, Tomada de Água, Casa de Força e Canal de Fuga e um Dique na margem esquerda.

O Circuito Hidráulico de Geração, que aproveita a queda bruta de 28,46 metros, resultou em uma capacidade instalada do empreendimento de 150,00 MW, obtida através de 2 (três) turbinas tipo Kaplan de Eixo Vertical com 75 MW por equipamento.

O Cronograma de Construção prevê um prazo de implantação das obras de 30 meses.

4. LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES E ESTUDOS BÁSICOS

4.1 AEROFOTOGRAMÉTRICOS E TOPOBATIMÉTRICOS

4.1.1 Estudos Anteriores

Os Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara tiveram como base cartográfica mapeamentos aerofotogramétricos para a área do reservatório na escala 1:5.000, com curvas de nível equidistantes de 5 metros, a partir de fotografias aéreas nas escalas 1:15.000 e 1:25.000 obtidas respectivamente em 1987 e 1998. O apoio para o

UHE ITAOCARA I

aerolevanteamento foi determinado por rastreamento de satélites GPS, a partir de pontos da rede básica oficial do IBGE. Para o local do aproveitamento da UHE Itaocara elaborou-se uma base cartográfica na escala 1:2.000 com curvas equidistantes de 1 metro, a partir de aerolevanteamento na escala 1:5.000.

Também para os Estudos de Viabilidade, foram levantadas 36 (trinta e seis) seções transversais ao longo do rio Paraíba do Sul, sendo 06 (seis) seções no local do eixo do barramento, 10 (dez) seções no trecho entre Itaocara e São Sebastião do Paraíba e 20 (vinte) seções no trecho entre São Sebastião do Paraíba e o canal de fuga da UHE Ilha dos Pombos, Usina já em fase de operação.

Em março de 2002 foram realizados levantamentos topobatimétricos de 16 (dezesseis) seções transversais entre o eixo da UHE Itaocara e a cidade de Itaocara pela GEO Cartografia Ltda.

4.1.2 Escopo dos Levantamentos Complementares

Para a elaboração do Projeto Básico foram realizados levantamentos complementares aos citados no item 4.1.1, respeitando as Diretrizes de Cartografia e Topografia da Aneel. O escopo dos serviços complementares compreendeu as seguintes macro atividades:

- Realização de novo aerolevanteamento a laser para a área do reservatório a partir de levantamentos realizados pelo LACTEC em junho de 2009 na escala 1:5.000;
- Nivelamento geométrico desde a UHE Ilha dos Pombos até o sítio do UHE Itaocara I, realizado pela LSF Andrade entre abril e maio de 2009;
- Levantamentos topográficos complementares no sítio da UHE Itaocara I, realizados entre março e maio de 2009 pela LSF Andrade na escala 1:1.000;
- Levantamento complementar de seções topobatimétricas, visando sobretudo atender aos estudos de remanso, bem como instalação e operação de postos limnimétricos e fluviométricos para subsidiar a definição de curvas-chave de interesse no sítio do barramento e na localidade de São Sebastião do Paraíba, serviços esses realizados pela COHIDRO.

4.1.3 Referenciais Adotados para o Projeto

A UHE Itaocara está localizada no Rio Paraíba do Sul, nos municípios de Itaocara e Aperibé, no Estado do Rio de Janeiro. Para o projeto foram adotadas as seguintes referências geodésicas:

Datum Horizontal: SAD-69

Semieixo maior (a): 6378160m

Achatamento: (f): 1/298,25

Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba – SC

Sistema de Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)

Fuso UTM: 23 Sul

Meridiano Central: 45° W

Os referenciais acima mencionados foram adotados em todas as etapas do projeto, incluindo os levantamentos de campo, topobatimétricos e aerolevanteamento a laser.

UHE ITAOCARA I

Adicionalmente foi solicitado à ANEEL se o Datum de Projeto poderia ser o SAD-69, uma vez que todos os estudos e levantamentos realizados anteriormente teve como referência este Datum. A ANEEL entendeu que o Datum SAD-69 poderia ser mantido neste projeto, conforme Ofício abaixo:



4.1.4 Levantamento Planialtimétrico e Cadastral

Na área de implantação das estruturas da UHE Itaocara foram realizados levantamentos planialtimétricos por topografia, na escala 1:1.000. Os serviços foram realizados pela LSF Andrade nos meses de março e maio de 2009.

Para apoio dos levantamentos e também para atender às exigências da Aneel, foram implantados três marcos de apoio para referência de todo o projeto, denominados M1, M2 e M3. Os marcos foram confeccionados em concreto com formato troco piramidal com chapa metálica legendada (COMPLEXO LIGHT ITAOCARA), inserida na face superior do marco.

Os marcos geodésicos georreferenciados foram também medidos através de poligonal topográfica utilizando estação total. A partir desta poligonal principal foram criadas novas poligonais secundárias na margem direita e esquerda totalizando dezenove poligonais, todas fechadas ou apoiadas e com fechamento compatível com o padrão de precisão cartográfico exigido. A partir destas poligonais foram levantados todos os pontos altimétricos e de detalhes da área de estudo, através do método de irradiação.

Foi realizada uma rede de nivelamento geométrico referenciada a RRNN 3002t (IBGE), localizado na UHE Ilha dos Pombos. Desta rede foi ramificado o nivelamento geométrico para amarração dos marcos de apoio básico (M1, M2 e M3), que deu origem ao levantamento ficando todo trabalho referenciado a origem citada. Na amarração altimétrica dos trabalhos foram utilizados os dois processos: O nivelamento trigonométrico gerado pelo cálculo dos rastreamentos do Sistema Global de Posicionamento (GPS) e o nivelamento geométrico gerado pela rede de nivelamento executada para amarração dos levantamentos. Nos dois processos utilizou-se a mesma RRNN de referência: RRNN 3002T, cujos dados encontram-se no Apêndice B. O nivelamento geométrico estendeu-se até os Marcos 01, 02 e 03 e as altitudes encontradas foram as referências do projeto.

A determinação de coordenadas geográficas e altitudes dos marcos de apoio (M1, M2 e M3), foram aferidas a partir de estações georreferenciadas da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), sendo utilizadas as seguintes estações:

- Estação Rio de Janeiro, FIBGE (91720)
Coordenadas oficiais (SIRGAS2000)
Latitude: 22° 49' 04,2399" S
Longitude: 43° 18' 22,5958" W
Altitude elipsoidal: 8,63 m.
- Estação Campos dos Goytacazes FIBGE (96963)
Coordenadas oficiais (SIRGAS2000)
Latitude: 21° 45' 53,5169" S
Longitude: 41° 19' 34,1607" W
Altitude elipsoidal: 9,96 m.
- Estação Viçosa de FIBGE (91696)
Coordenadas oficiais (SIRGAS2000)
Latitude: 20° 45' 41,4020" S
Longitude: 42° 52' 11,9622" W
Altitude elipsoidal: 665,96 m.

As monografias dos marcos M1, M2 e M3 estão apresentadas nas Figuras 4.1 a 4.3.



MONOGRAFIA DO MARCO

Nome do Marco: M1		Data da criação: 6 fevereiro, 2009	
Data da ocupação: 12 fevereiro, 2009		Estado do marco: Novo	
Município: Aperibé		UF: RJ	
Obra: PCH Itaocara		Cliente: PCE Engenharia	

Coordenadas do Marco:							
Sistema	UTM		Geodésica		Altitude		Datum V.
	Norte	Este	Latitude	Longitude	Elips.	Ortom.	
SAD-69	7598708,627	795624,855	-21°41'25,3834"	-42°08'34,9276"	157,413	152,402	Imbituba - SC
SIRGAS	7598663,152	795580,445	-21° 41' 27,15610"	-42° 08' 36,3996"	145,637		
Fuso: 23		MC: -45°					

Obs: As coordenadas foram definidas por GPS e a cota ortométrica foi definida por Nivelamento Geométrico.

Descrição da Materialização:

Marco de concreto em formato troco piramidal com aproximadamente 15cm x 15cm em seu topo, base de aproximadamente 25cm x 25cm, com a altura média de 40cm e aflorado 10cm. Possui uma chapa metálica com diâmetro de 6cm com gravação em baixo relevo dos textos "LIGHT COMPLEXO ITAOCARA", "M1" e "PROTEGIDO POR LEI". Marco pintado de branco com identificação alfanumérica em tinta vermelha.

Descrição de Itinerário:

Partindo da Rotatória de Itaocara-RJ, no entrocamento das rodovias RJ-158 e RJ-116(0Km), pegar a rodovia RJ-116, sentido cidade de Padua-RJ. Atravessar a ponte sobre o Rio Paraíba do Sul e virar a 1ª Entrada à direita, antes do radar, passando por baixo da ponte de Itaocara-RJ. Seguir pela estrada beira rio no sentido montante do Rio Paraíba do Sul na margem esquerda. Ao chegar no Areal (8,09km) vira a direita e logo após a esquerda (8,23km), continuar seguindo a estrada a beira rio chegando em uma bifurcação (9,81km), vira a esquerda, segue até a próxima bifurcação (10,40km). Deixa-se a estrada vira a direita atravessa uma porteira e percorre 128m no sentido da sede de uma fazenda, entra-se a direita subindo o morro por uma área de pasto e percorrendo-se 220m ate chegar ao M1. O marco encontra-se no meio do pasto, afastado aproximadamente 100m de uma área de mata.

Croquis de localização:	Fotografia:
	

Executado por: <u>Luis Andrade do Nascimento</u>	Resp. Técnico: <u>Sidney Andrade de Lima</u>
---	---

Av. Ministro Edgard Romero, 244 s-802 - Madureira - Rio de Janeiro – CEP.21360-200
 Tele-fax.: (21) 3350-8040 – E-mail: lsfandrade@uol.com.br – Site: www.lsfandrade.com.br

Figura 4.1 – Monografia do Marco M1.



MONOGRAFIA DO MARCO

Nome do Marco: M2		Data da criação: 5 fevereiro, 2009	
Data da ocupação: 12 fevereiro, 2009		Estado do marco: Novo	
Município: Aperibé		UF: RJ	
Obra: PCH Itaocara I		Cliente: PCE Engenharia	

Coordenadas do Marco:

Sistema	UTM		Geodésica		Altitude		Datum V.
	Norte	Este	Latitude	Longitude	Elips.	Ortom.	
SAD-69	7598975,393	795086,482	-21° 41' 17,0397"	-42° 08' 53,8112"	107,549	102,530	Imbituba - SC
SIRGAS	7598929,918	795042,070	-21° 41' 18,8124"	-42° 08' 55,2833"	95,774		
Fuso: 23		MC: -45°					

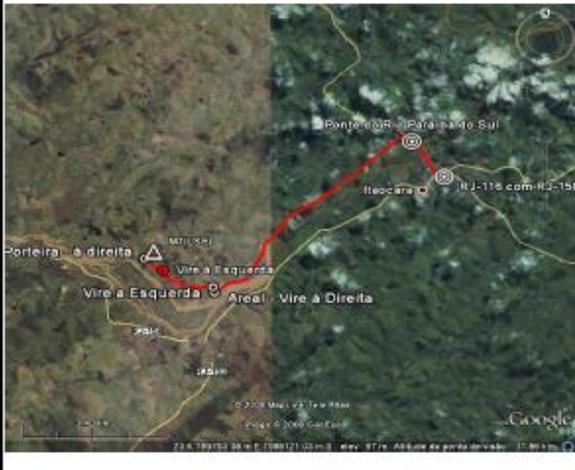
Obs: As coordenadas foram definidas por GPS e a cota ortométrica foi definida por Nivelamento Geométrico.

Descrição da Materialização:

Marco de concreto em formato troco piramidal com aproximadamente 15cm x 15cm em seu topo, base de aproximadamente 25cm x 25cm, com a altura média de 40cm e afluído 10cm. Possui uma chapa metálica com diâmetro de 6cm com gravação em baixo relevo dos textos "LIGHT COMPLEXO ITAOCARA", "M2" e "PROTEGIDO POR LEI". Marco pintado de branco com identificação alfanumérica em tinta vermelha.

Descrição de Itinerário:

Partindo da Rotatória de Itaocara-RJ, no entrocamento das rodovias RJ-158 e RJ-116(0Km), pegar a rodovia RJ-116, sentido cidade de Padua-RJ. Atravessar a ponte sobre o Rio Paraíba do Sul e virar a 1ª Entrada à direita, antes do radar, passando por baixo da ponte de Itaocara-RJ. Seguir pela estrada beira rio no sentido montante do Rio Paraíba do Sul na margem esquerda. Ao chegar no Areal (8,09km) vira a direita e logo após a esquerda (8,23km), continuar seguindo a estrada a beira rio. A (9,81km) chega-se a uma bifurcação, continua a esquerda pela mesma estrada. A (10,40km) chega-se ao eixo da barragem AHE Itaocara I. A (11,08km) deixa-se o carro e entra a direita subindo o morro por uma estrada de fazenda, com aproximadamente 250m cheg-se ao local do marco M2. O marco está afastado aproximadamente 50m da estrada.

Croquis de localização:	Fotografia:
	

Executado por: Luis Andrade do Nascimento Resp. Técnico: Sidney Andrade de Lima

Av. Ministro Edgard Romero, 244 s-802 - Madureira - Rio de Janeiro – CEP.21360-200
 Tele-fax.: (21) 3350-8040 – E-mail: lsfandrade@uol.com.br – Site: www.lsfandrade.com.br

Figura 4.2 – Monografia do Marco M2.



MONOGRAFIA DO MARCO

Nome do Marco: M3		Data da criação: 6 fevereiro, 2009	
Data da ocupação: 12 fevereiro, 2009		Estado do marco: Novo	
Município: Itaocara		UF: RJ	
Obra: PCH Itaocara I		Cliente: PCE Engenharia	

Coordenadas do Marco:

Sistema	UTM		Geodésica		Altitude		Datum V.
	Norte	Este	Latitude	Longitude	Elips.	Ortom.	
SAD-69	7597804,130	794459,931	-21° 41' 55,46283"	-42° 09' 14,84058"	133,541	128,537	Imbituba - SC
SIRGAS	7597758,653	794415,519	-21° 41' 57,2356"	-42° 09' 16,3130"	121,780		
Fuso: 23		MC: -45°					

Obs: As coordenadas foram definidas por GPS e a cota ortométrica foi definida por Nivelamento Geométrico.

Descrição da Materialização:
 Marco de concreto em formato troco piramidal com aproximadamente 15cm x 15cm em seu topo, base de aproximadamente 25cm x 25cm, com a altura média de 40cm e aflorado 10cm. Possui uma chapa metálica com diâmetro de 6cm com gravação em baixo relevo dos textos "LIGHT COMPLEXO ITAOCARA", "M3" e "PROTEGIDO POR LEI". Marco pintado de branco com identificação alfanumérica em tinta vermelha.

Descrição de Itinerário:
 Partindo da Rotatória de Itaocara-RJ no entrocamento das rodovias RJ-158 e RJ-116(0 km), seguir em direção à cidade de Laranjal, pela rodovia RJ-158. Chegando em Batatal (7,73km) vira a primeira direita passa por dentro de Batatal até o final da rua (8,4Km). No final da rua entra-se a direita na bifurcação, segue sentido a São Sebastião do Paraiba. A (11,31km) chega-se no eixo da AHE Itaocara I (MD). Deixa-se o veículo e sobe a ombreira direita. O marco M3 está a 120m da estrada no alto do morro.

Croquis de localização:	Fotografia:
	

Executado por: Luis Andrade do Nascimento Resp. Técnico: Sidney Andrade de Lima

Av. Ministro Edgard Romero, 244 s-802 - Madureira - Rio de Janeiro – CEP.21360-200
 Tele-fax.: (21) 3350-8040 – E-mail: lsfandrade@uol.com.br – Site: www.lsfandrade.com.br

Figura 4.3 – Monografia do Marco M3.

Na determinação das coordenadas e altitudes dos marcos citados foram utilizados receptores GPS geodésicos de dupla frequência (L1/L2), seguindo metodologia de posicionamento estático, com observações contínuas e ininterruptas, com intervalo de gravação de dados de 15 (quinze) segundos.

No marco M2 o GPS ficou ligado por um período de aproximadamente de três horas ininterrupto, vinculada diretamente às estações de referência do IBGE (estações ativas da RBMC), nos demais marcos (M1, M3), foram rastreadas simultaneamente. Após ajustes dos cálculos foram geradas as planilhas com as transformações de coordenadas e altitudes no sistema UTM SAD 69, que consta nos anexos.

4.1.5 Nivelamento Geométrico

Foi realizado nivelamento geométrico pela empresa LSF Andrade Ltda. a partir da RRNN 3002 T, localizada na UHE Ilha dos Pombos, caminhando paralelamente ao rio Paraíba do Sul por diversos pontos de interesse ao projeto da UHE Itaipava até os marcos situados na área do barramento. Ao longo do caminhamento foram colocados pontos de segurança com uma equidistância de cerca de 1 km. Os pontos foram materializados com piquetes de madeira de lei, pintado com tinta branca, cadastrados através de GPS portátil e fotografados. Cada trecho foi nivelado e contra nivelado até atingir o erro inferior à precisão exigida, 10mm/km. Os serviços de campo foram executados dentro das normas ABNT, tendo sido utilizados níveis compatíveis com a precisão requerida.

O cálculo do nivelamento em escritório foi executado através de programa desenvolvido pela própria LSF em planilhas do Excel. O transporte por nivelamento geométrico passou por algumas RRNN's implantadas anteriormente pelas empresas Furnas, Lactec e Inbra.

O detalhamento dos serviços executados é apresentado no Apêndice B – Estudos Cartográficos – Tomo 1 de 2 – Nivelamento Geométrico.

4.1.6 Seções Topobatimétricas e Perfil da Linha D' Água

Foram levantadas treze (13) seções topobatimétricas no rio Paraíba do Sul, entre janeiro e julho de 2009 e, cinco (5) seções topobatimétricas no rio Pirapetinga nos meses de janeiro e julho de 2009 pela empresa Cohidro. Também foram levantados três (3) perfis de linha d'água no rio Pirapetinga, afluente do rio Paraíba do Sul nos dias 14/02/2009, 06/03/2009 e 19/08/2009.

No período entre 08/06/2010 e 10/06/2010 foram realizados levantamentos topobatimétricos em seções no rio Paraíba do Sul pela Cemig. Foram levantadas seis seções transversais utilizando equipamento ADCP.

4.1.7 Levantamentos Aerofotogramétricos para a Área do Reservatório

Para compor a base cartográfica do reservatório foi realizado um Mapeamento Aéreo a Laser, abrangendo a área do reservatório entre a UHE Ilha dos Pombos e a cidade de Itaipava, abrangendo uma área de aproximadamente 378 km².

A execução dos serviços realizados pelo LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, seguiu as seguintes etapas:

- Atividades de apoio de campo, definição das bases GPS, mapa geoidal e apoio aerofotogramétrico;

- Aerolevantamento com aquisição dos dados LiDAR e das imagens provenientes da câmera digital de pequeno formato;
- Controle de qualidade e verificação da cobertura dos dados;
- Processamento da trajetória da aeronave;
- Processamento dos dados LiDAR;
- Transformação de referencial e projeção cartográfica;
- Classificação da nuvem de pontos;
- Classificação de pontos de terreno;
- Geração de Curvas de Nível equidistantes de 1 metro;
- Tratamento das imagens digitais;
- Mosaicagem, georreferenciamento e ortorretificação das imagens digitais; e
- Geração dos produtos finais.

Todos os produtos, em escala 1:5.000, foram representados no Referencial Geodésico SAD69 resolução de 2005 com projeção cartográfica UTM (Universal Transverse Mercator) para o fuso 23 Sul. O detalhamento dos serviços executados bem como toda a documentação relacionada, consta do relatório “P129 - Mapeamento Aerofotogramétrico da Área do Reservatório do AHE Itaocara – RJ”, elaborado pelo LACTEC.

4.1.8 Avaliação da Precisão dos Levantamentos

Realizou-se uma conferência das coordenadas planialtimétricas dos marcos base do projeto (M1, M2 e M3). Os levantamentos foram realizados no período de 1 a 3 de setembro de 2015 pela Pillar Topografia utilizando tecnologia de mapeamento por GNSS de acordo com as normas técnicas e requisitos mínimos com relação ao tempo de rastreamento e distâncias da base, conforme consta no Relatório Técnico “20151006_RELATÓRIO TÉCNICO M1 M2 M3” apresentado no Apêndice B – Cartografia e Topografia.

Para a conferência dos marcos mencionados foram utilizadas as estações RBMC Viçosa (VICO) e Campo dos Goytacazes (RJCG), respeitando um tempo mínimo de rastreamento de quatro (4) horas. Os dados foram processados tendo como referência o Datum planimétrico SAD-69 e altimétrico, o Marégrafo de Imituba-SC. As altitudes ortométricas foram obtidas utilizando o MAPGEO 2010 (IBGE).

Utilizou-se rastreamento estático, com GNSS geodésico de dupla frequência modelo GPS 900CS, pós-processado, marca LEICA de precisão horizontal 5mm +0,5ppm e vertical 10mm + 0,5ppm.

Para dar continuidade ao trabalho, foram coletados do site do IBGE, os dados oficiais das bases mais próximas da área de estudo, pertencentes à RBMC, efetuando os processamentos e ajustamentos em SAD69, através do software Leica Geo Combined (LGO), os resultados obtidos ficaram dentro das tolerâncias estabelecidas, conforme relatórios de processamento dos dados apresentados no Apêndice B – Cartografia e Topografia.

Os valores obtidos foram compatíveis com os levantamentos anteriores validando a topografia realizada pela LSF Andrade.

4.2 HIDROMETEOROLÓGICOS

4.2.1 Caracterização Fisiográfica da Bacia

Diversos fatores podem influenciar o comportamento do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica. Neste item serão apresentados os fatores relevantes para definição das características morfométricas da bacia, formada pelo exutório definido pela UHE Itaocara I, como área de drenagem, forma da bacia, densidade de drenagem, declividade e tempo de concentração.

4.2.1.1 Localização

A bacia do rio Paraíba do Sul localiza-se na região Sudeste do Brasil e está inserida na região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Está compreendida entre os paralelos 20°20' e 23°40' e os meridianos 41°20' e 46°30'. Totaliza uma área de drenagem de aproximadamente 55.500 km², situada nos estados de Rio de Janeiro (20.900 km²), Minas Gerais (20.700 km²) e São Paulo (13.900 km²), sendo que no eixo em estudo nesta etapa do Projeto Básico a área da bacia é de 33.680 km².

O aproveitamento situa-se no Rio Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro, nas coordenadas 21° 41' 44" de latitude Sul e 42° 09' 01" de longitude Oeste, distando cerca de 10 km da sede do município de Itaocara (jusante-margem direita).

A bacia é limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. A Nordeste, o rio Itabapoana e seus afluentes compõem a rede potamográfica. Ao Sul, o divisor de águas é composto pela Serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da Serra do Mar. A Oeste, separada por meio de diversos ramos dos maciços da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira, predomina a bacia do rio Tietê.

O rio Paraíba do Sul nasce numa altitude de 1.800 m na Serra da Bocaina, com o nome de rio Paraitinga. Desenvolve-se na direção sudoeste, até a Serra do Mar, onde recebe o rio Paraíbuna, no município de Paraíbuna (SP), numa altitude aproximada de 640 m. Daí segue até a cidade de Guararema, onde forma uma curva de 180° e passa a desenvolver-se na direção nordeste, em sentido contrário ao inicial. Após percorrer um pequeno trecho do sudeste de Minas Gerais, constitui-se em divisa natural com o estado do Rio de Janeiro até a confluência com o rio Pomba, onde seu curso desvia-se para leste, desaguando no Oceano Atlântico próximo à cidade de São João da Barra. Seu percurso total é de aproximadamente 787 km, no sentido geral de oeste para leste.

A rede potamográfica apresenta drenagem dendrítica, também denominada arborescente. Essa característica se deve à semelhança da hidrografia da bacia com a configuração de uma árvore, em que o rio Paraíba do Sul corresponde ao tronco e os tributários aos seus ramos e as correntes de menor categoria aos raminhos e folhas.

Seus principais afluentes, de montante para jusante, são os rios: Grande, Paquequer, Piabanha e Pirai pela margem direita; Muriaé, Pomba, Paraíbuna Mineiro, Buquira, Jaguari e Paraíbuna pela margem esquerda. Os principais afluentes do rio Paraitinga são os rios do Gramado e Turvo pela margem direita e os rios do Chapéu e Jacuí pela margem esquerda.

Entre as principais vias de acesso à região, destacam-se as rodovias federais BRs-040, 066, 116, 267, 393 e as rodovias estaduais RJs-116, 186, 492, MGs-285, 353, 446 e SP-066. Tais rodovias permitem o acesso à cidade de Itaocara e às cidades

UHE ITAOCARA I

próximas à região, tais como: Santo Antônio de Pádua, Itaperuna, Além Paraíba, Cordeiro, Leopoldina, Santa Maria Madalena, Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Juiz de Fora, Três Rios, Paraíba do Sul, Barra do Piraí, Volta Redonda, Barra Mansa, São José dos Campos, Guararema, entre outras.

Em relação ao clima, relevo e solo, a região em estudo apresenta cobertura em meio bastante diversificado com características variadas.

4.2.1.2 Vegetação

A bacia do rio Paraíba do Sul está compreendida no bioma Mata Atlântica, cuja área original era de aproximadamente 1,3 milhão de km², correspondente a 15% do território brasileiro, estendendo-se por toda a costa brasileira, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, numa faixa de cerca de 300 km, chegando à Argentina e ao Paraguai. Hoje o remanescente é de cerca de 7% (91.000 km²) devido às ações antrópicas. Segundo dados disponíveis (GEROE, 1.995), atualmente, apenas 11% da área da bacia é ocupada pelos remanescentes da floresta, a qual se pode encontrar nas regiões mais elevadas e de relevo mais acidentado.

As florestas atlânticas apresentam árvores com folhas largas e perenes. Há grande diversidade de epífitas, plantas que vivem sobre outras plantas, como bromélias e orquídeas. Caracteriza-se também pela vegetação exuberante, com acentuado higrofitismo, plantas que vivem com alguma parte vegetativa permanentemente imersa em água como briófitas e cipós.

O maior percentual de florestas está no trecho paulista porém, o trecho fluminense é o que apresenta a maior área de florestas remanescentes da Mata Atlântica e o trecho mineiro é o que se encontra mais desmatado, apresentando a maior extensão e o maior percentual de áreas de campo e pastagem.

Há subdivisões da mata devido às variações de latitude e altitudes.

Existem diversas classes de cobertura vegetal na região, sendo em sua maior representação Campos/Pastagens (aproximadamente 70%), Vegetação Secundária, Floresta Ombrófila e Floresta Estacional.

Em alguns pontos localizados nas margens do rio e em suas ilhas, há vegetação do tipo ciliar, distribuída de forma irregular.

O processo de ocupação e uso do solo na bacia do rio Paraíba do Sul levou à transformação de uma paisagem predominantemente florestal para uma paisagem não-florestal.

O vale do Paraíba do Sul foi originalmente recoberto por florestas do tipo subcaducifólia tropical, apresentando variada cobertura vegetal. Após a colonização e os ciclos de café e cana-de-açúcar, a agricultura se intensificou e atualmente predominam as pastagens devido ao empobrecimento do solo.

4.2.1.3 Geomorfologia

A topografia da região, acidentada e com grandes desníveis, é composta predominantemente pelas Serras do Mar e da Mantiqueira e pelo Vale do Paraíba.

A Serra do Mar apresenta-se paralela à Serra da Mantiqueira, como um paredão abrupto e forma grande parte do limite sul da bacia, recebendo outras denominações como Bocaina, Araras, Órgãos, Rio Preto e Macaé, entre outras. Suas altitudes variam entre 500 e 1000 m sobre o planalto. Possui picos acima de 1.500 m e monumentos

geológicos importantes tais como o Dedo de Deus (1.692 m), a Pedra da Cruz (2.130 m), a Pedra do Sino (2.263 m), entre outros.

A Serra da Mantiqueira compreende um maciço rochoso que possui grande área de terras altas, entre 1.000 e quase 3.000 m de altitude, estabelecendo as divisas dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Seu ponto culminante é a Pedra da Mina (2.798m) entre Minas e São Paulo. É rebaixada na altura da Zona da Mata (MG), dando passagem às bacias dos rios Pomba e Muriaé e, no limite entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, ergue-se com o nome de Serra do Caparaó. Existem diversas Unidades de Conservação, como a Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira, dividida entre os três estados que se situa aproximadamente a 90 km de São Paulo, 170 km de Belo Horizonte e 198 km do Rio de Janeiro.

O vale do rio Paraíba do Sul localiza-se entre a Serra do Mar e da Mantiqueira com altitudes entre 100 e 500 m.

O Empreendimento UHE Itaocara I, em estudo, situa-se na região do médio vale do rio Paraíba, onde o relevo é caracterizado por serras e morros alongados, de forma geral vertentes de forte declividade, ocorrendo ocasionalmente encostas rochosas.

Essa região apresenta forte tendência à erosão, ostentando nas vertentes mais íngremes paredões rochosos, marcas de deslizamento, formação de ravinas e voçorocas, consequência principalmente da ação antrópica na devastação da cobertura vegetal e da suscetibilidade à erosão dos solos residuais existentes.

4.2.1.4 Solos

Na região em estudo foram identificadas as seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho Amarelo álico e distrófico (LV1 a LV5), Podzólico Vermelho Amarelo álico e distrófico Tb (PV1 e PV2), Cambissolo álico e distrófico Tb (C1 a C6) e Afloramentos Rochosos.

Os Latossolos são provenientes de materiais de alteração de rochas ácidas (granitos, gnaisse e rochas com distintos graus de metamorfização) e de depósitos coluvionares, ocupando as encostas e meias encostas dos contrafortes da Serra do Mar. São solos de reduzida fertilidade natural. Apresentam, em geral, textura argilosa e média/argilosa e são relativamente profundos e permeáveis.

Os Cambissolos têm menor profundidade (de 0,5 a 1,5 m), ainda em processo de desenvolvimento, com domínio de texturas média e argilosa, podendo ou não apresentar pedras em sua superfície. Sua fertilidade natural é muito variável, de baixa a alta. O relevo é forte ondulado, ou montanhoso, o que favorece a sua erosão uma vez removida a cobertura vegetal de floresta.

Os solos Podzólicos possuem teor de argila na superfície muito baixo mas, em subsuperfície, esse teor é médio/alto. Sendo assim, a velocidade de infiltração da água é muito rápida na superfície e lenta em subsuperfície, causando erosão severa. Possuem baixa reserva de nutrientes, acidez e problemas de erosão. Bem manejados, são solos relativamente férteis e que são indicados às atividades agropastoris.

O afloramento rochoso é caracterizado pela ausência ou pouca profundidade do solo, criando condições de seca nos períodos entre as chuvas, influenciando a composição florística, a forma de organização e as características adaptativas dos vegetais encontrados.

Na região em estudo, atualmente, grande parte das terras encontra-se degradada e improdutiva. A pecuária e a agricultura vêm sofrendo grande retração na maioria dos

municípios da bacia, muitas áreas de pastagem estão sem uso efetivo e o processo de degradação ambiental por erosão é provavelmente a principal causa dessa situação.

A argila e areia natural, ainda hoje, são extraídos para a indústria da construção civil e olarias da região.

4.2.1.5 Área de Drenagem e Perímetro

A área de drenagem corresponde à projeção em um plano horizontal da superfície contida entre os divisores topográficos de uma bacia, sendo um dado fundamental para caracterização do potencial de um empreendimento hidrelétrico, pois traduz a capacidade de captação de água.

O perímetro representa o comprimento total do contorno da bacia. Para aumentar a confiabilidade do dado referente à área de drenagem, a mesma foi verificada utilizando-se os Modelos Digitais de Terreno disponibilizados pela Embrapa, juntamente com as curvas de nível formadas para este terreno pelo software Global Mapper e a base hidrográfica disponibilizada pela ANEEL.

A Tabela 4.1 apresenta os valores obtidos para o barramento da UHE Itaocara I.

Tabela 4.1 - Área de Drenagem.

Parâmetro	Valor
Área de Drenagem (km ²)	33.680,00
Perímetro (km)	1.548,60

4.2.1.6 Índice de Conformação

O índice de conformação superficial ou fator de forma é um parâmetro determinado pela relação entre a área de uma bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água desde a seção de referência até a cabeceira mais distante, no divisor de águas, sendo que sua expressão é indicada abaixo:

$$K_f = \frac{A_D}{L^2}$$

Onde:

K_f – Índice de conformação ou fator de forma (adimensional);

A_D – Área de drenagem da bacia (km²);

L – Comprimento do curso d'água principal (km).

O índice de conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo e, quanto maior o seu valor, maior a potencialidade de ocorrência de picos de enchentes elevados (GARCEZ & ALVAREZ, 1998), sob a perspectiva de que se a bacia for

estreita e longa, menor será a chance de um evento de chuva intensa cobrir toda a área em questão.

A Tabela 4.2 apresenta, respectivamente, os valores obtidos para o índice de conformação da bacia correspondente ao eixo do local do aproveitamento, bem como o valor dos parâmetros utilizados para a sua obtenção.

Tabela 4.2 - Índice de Conformação.

Parâmetro	Valor
Área de Drenagem (km ²)	33.680,00
Comprimento do curso d'água principal (km)	787,00
Kf	0,05

O valor do índice de conformação obtido para a UHE Itaipava I é considerado baixo. Isso significa que, não contando com a interferência de outros fatores, há menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão, se comparada com uma área de mesmo tamanho, mas com maior fator de forma, e, conseqüentemente, um menor tempo de resposta a essa chuva, resultando em menor tendência de cheias elevadas.

4.2.1.7 Índice de Compacidade

A relação do perímetro de uma bacia hidrográfica e a circunferência do círculo de área igual à da respectiva bacia constitui o índice de compacidade. Desde que outros fatores não interfiram, valores menores do índice de compacidade indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados (GARCEZ & ALVAREZ, 1998), sendo que a proximidade do valor 1 (um) indica bacia circular e, conseqüentemente, maior potencialidade de ocorrência de picos elevados de cheias, uma vez que em uma bacia hipotética circular, os escoamentos de um grande número de afluentes alcançariam ao mesmo tempo o exutório.

Para uma bacia qualquer, chamando de P o seu perímetro e C a circunferência do círculo de área igual à da bacia, tem-se que:

$$K_c = \frac{0,28 * P}{\sqrt{AD}}$$

Onde:

Kc – Índice de Compacidade (adimensional);

P – Perímetro da bacia (km);

AD – área de drenagem da bacia (km²).

A Tabela 4.3 apresenta os valores obtidos para o índice de compacidade, bem como o valor dos parâmetros utilizados para a sua obtenção.

Tabela 4.3 - Índice de Compacidade.

Parâmetro	Valor
Área de Drenagem (km ²)	33.680,00
Perímetro (km)	1.548,60
Kc	2,36

O valor obtido traduz um intervalo de tempo comparativamente elevado para que todos os afluentes possam contribuir com a vazão no exutório da bacia da UHE Itaipava I, resultando em um local pouco sujeito a enchentes.

4.2.1.8 Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas, porque apresenta relação inversa com a extensão do escoamento superficial. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$D_d = \frac{L_t}{AD}$$

Onde:

Dd – Densidade de drenagem (km/km²);

Lt – Comprimento total dos cursos d'água da bacia (km);

AD – Área de drenagem da bacia (km²).

Embora existam poucas informações sobre a densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/km² ou mais, para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA, 1975).

Tabela 4.4 - Densidade de Drenagem.

Parâmetro	Valor
Área de Drenagem (km ²)	33.680,00
Comprimento total dos cursos d'água (km)	6.581,00
Dd (km/km ²)	0,20

O valor do índice de densidade de drenagem resultante é baixo, assim indicando certo grau de represamento. Consequentemente pode-se esperar uma resposta não muito rápida aos eventos de cheia.

4.2.1.9 Extensão Média do Escoamento Superficial

Esta característica representa a extensão média que uma gota de água percorreria até encontrar a calha mais próxima. Considerando que a área de drenagem possa ser representada de maneira retangular, o comprimento total dos cursos d'água representariam o lado L deste quadrado. A extensão média é calculada pela seguinte fórmula:

$$l = \frac{AD}{4L_t}$$

Sendo:

AD – Área de drenagem da bacia (km²);

L_t – Comprimento total dos cursos d'água da bacia (km);

l – Extensão média do escoamento superficial (km);

A Tabela 4.5 apresenta o valor calculado.

Tabela 4.5 - Extensão Média do Escoamento.

Parâmetro	Valor
Área de Drenagem (km ²)	33.680,00
Comprimento total dos cursos d'água (km)	6.581,00
l (km)	1,28

O valor de 1,28 obtido confirma a baixa densidade de drenagem, uma vez que os dois fatores são inversamente proporcionais.

4.2.1.10 Declividade

A declividade, de forma genérica, é determinada a partir do perfil longitudinal, o qual é estabelecido em função das distâncias horizontais percorridas entre cada cota marcada no mapa topográfico, sendo que a média é obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal, conforme indicado na fórmula abaixo.

$$D = \frac{H}{L}$$

Onde:

D – Declividade (m/m);

H – Desnível (m);

L – Comprimento do curso d'água principal no trecho (km).

A diferença de nível traduz a energia potencial disponível para o escoamento, fazendo com que a velocidade do escoamento de um rio dependa da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas de enchentes. A declividade para o trecho de interesse do rio Paraíba do Sul é mostrada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Declividade.

Parâmetro	Valor
Desnível entre nascente e ponto da barragem (m)	1.513,85
Comprimento do curso d'água principal (km)	787,00
D (m/m)	0,002

4.2.1.11 Tempo de Concentração

Segundo o "U.S. Bureau of Reclamation", tempo de concentração (t_c) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na secção de saída.

Para o cálculo do tempo de concentração da bacia envoltória do empreendimento utilizou-se a fórmula do Soil Conservation Service:

$$t_c = 0,95 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

t_c – Tempo de concentração (h);

H – Desnível (m);

L – Comprimento do curso d'água principal no trecho (km).

A Tabela 4.7 apresenta o valor obtido para o tempo de concentração, bem como o valor dos parâmetros utilizados para a sua obtenção.

Tabela 4.7 - Tempo de Concentração.

Parâmetro	Valor
Desnível entre nascente e ponto da barragem (m)	1.513,85
Comprimento do curso d'água principal (km)	787,00
t_c (h)	125,38

O valor obtido encontra-se em conformidade com os demais parâmetros fisiográficos já apresentados anteriormente, e indica que a bacia apresenta, em média, cerca de 125 horas para chegar à contribuição máxima.

4.2.1.12 Características Fisiográficas

Os valores apresentados são resumidos na Tabela 4.8. Conclui-se que a bacia da UHE Itaipava I está menos propensa a uma rápida resposta para cheias de pico, com uma densidade de drenagem pobre e consequente elevada extensão de escoamento superficial.

Tabela 4.8 - Características Fisiográficas.

Parâmetro	Valor
Área de Drenagem (km ²)	33.680,00
Perímetro (km)	1.548,60
Comprimento do curso d'água principal (km)	787,00
Comprimento total dos cursos d'água (km)	6.581,00
Desnível entre nascente e ponto da barragem (m)	1.513,85
Fator de Forma – Kf	0,05
Índice de Compacidade – Kc	2,36
Densidade de Drenagem - Dd (km/km ²)	0,20
Extensão Média de Escoamento – l (km)	1,28
Declividade – D (m/m)	0,002
Tempo de Concentração – tc (h)	125,38

4.2.2 Caracterização Climatológica e Pluviométrica

Além da caracterização fisiográfica, deve-se levar em conta o comportamento pluviométrico e o clima para entender o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. A seguir serão apresentados os dados relevantes a esta compreensão.

Na bacia do rio Paraíba do Sul existe uma grande variação climática devido às diferenças significativas de altitude e em função de sua posição paralela e próxima à costa, provocando alterações na distribuição temporal e espacial da chuva e da temperatura.

A bacia é influenciada por perturbações extratropicais e sistemas tropicais. As perturbações extratropicais da região são representadas pelas incursões de massas de ar frio, provenientes do sul do continente, a partir de um deslocamento SW/NE. As perturbações tropicais são representadas pelos sistemas convectivos provenientes dos contrastes térmicos sobre o continente. No momento em que as frentes frias associam-se à convecção pré-existente na área, sob a influência de um escoamento NW, ocorrem chuvas intensas no local e aumento do índice pluviométrico. Quando nesses sistemas existe alguma condição de bloqueio, permanecem alguns dias estacionários.

O fluxo de vapor que penetra nesta região através da circulação atmosférica, em situações de chuvas intensas, é oriundo predominantemente de sudoeste, associado às penetrações de massa de ar frio do sul e do noroeste do continente, este, com origem na região Amazônica.

Em determinadas condições atmosféricas configura-se a formação de uma estreita zona de convergência que, em determinados momentos, assemelha-se a uma frente

fria de menores proporções. Esta estrutura chama-se linha de instabilidade e é responsável pela formação de nebulosidade cumuliforme, acompanhada de chuvas e trovoadas, em geral de curta duração, no máximo duas horas.

A convecção local apresenta-se também como um mecanismo de formação de nuvens do tipo cumulus que pode provocar chuvas fortes localizadas, geralmente em áreas de 10 a 20 km² e de curta duração, entre 30 minutos e 01 (uma) hora.

A posição geográfica e a topografia possibilitam um reforço na ascensão adiabática, em associação com a circulação geral e convecção local.

Devido a um aquecimento diferencial de superfície, a convecção provoca uma flutuabilidade do ar quente que tem menor densidade que o ar à sua volta, subindo e se resfriando, gerando condições para a condensação e formação de nuvens. Essa condição de instabilidade, em geral, ocorre em condições tropicais e pode estar associada às condições pré-frontais ou ocorrer devido ao aquecimento diferencial diurno, em regiões com características fisiográficas diversas, como é o caso do vale do Paraíba do Sul.

Os sistemas frontais que, em geral, atingem a região, são citados a seguir:

Sistemas formados no Pacífico Sul que se deslocam no sentido SW-NE, passando pela Cordilheira dos Andes e pela Argentina até atingir o sudoeste do Brasil;

Sistemas que se desenvolvem no sul e sudoeste do Brasil, associados a vértices ciclônicos ou cavados em altos níveis, chegando pela costa oeste da América do Sul, vindos do Pacífico;

Sistemas que se organizam no sul e sudoeste do Brasil com intensa convecção, associada à instabilidade causada pelo jato subtropical;

Sistemas resultantes de ciclogênese e frontagênese, que se organizam no sul do Brasil e norte da Argentina e Paraguai.

A topografia exerce uma grande influência nos padrões climáticos da região, principalmente no que se refere à precipitação e temperatura. As serras do Mar e da Mantiqueira orientam-se quase transversalmente ao escoamento médio da baixa troposfera. Esta situação, junto às discontinuidades das perturbações extratropicais, provoca um aumento considerável do regime pluviométrico em função da altitude. Nos dois rebaixamentos da serra do Mar, observam-se penetrações maiores de zonas de elevada pluviosidade.

A cada 100 metros de elevação, a temperatura decai aproximadamente de 0,6°C a 1,0°C, situação que depende das posições relativas entre o acidente geográfico e a direção predominante do escoamento do ar na baixa troposfera. Nesse caso, o ar em geral, é mais úmido e frio a barlavento e mais seco e quente a sotavento, considerando sempre o mesmo nível topográfico.

4.2.2.1 *Dados Pluviométricos*

Com a finalidade de subsidiar os estudos hidrometeorológicos e realizar a caracterização pluviométrica da área de abrangência dos estudos, foi selecionada a estação pluviométrica Santo Antônio de Pádua de forma representativa, cujos dados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA). As principais características são apresentadas na Tabela 4.9 a seguir. O critério inicial de escolha desta estação baseou-se na proximidade da mesma com o local do aproveitamento e da boa continuidade dos dados existentes, uma vez que não há nenhuma falha no período disponível. A localização do posto é apresentada na Figura 4..

Tabela 4.9 - Estação Pluviométrica Utilizada.

Código	Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	Período de Dados	Elementos Utilizados
2142058	Sto Antônio de Pádua	21°32'31"	42°10'57"	1966 - 2015	P

Abreviatura: P = Chuva.

4.2.2.2 Dados Climatológicos

Para a determinação climatológica da região da bacia do Rio Paraíba do Sul foi utilizada a estação Cordeiro, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pela Agência Nacional de Águas (ANA). As principais características são apresentadas na Tabela 4.10 abaixo. A estação localiza-se cerca de 40 km do local do aproveitamento, no município de Cordeiro-RJ. Sua localização é apresentada na Figura 4..

Tabela 4.10 - Estações Climatológicas Utilizadas.

Código (ANA)	Adicional (INMET)	Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	Período de Dados	Elementos Utilizados
2242074	83718	Cordeiro	22°02'00"	42°23'00"	1971 - 2015	T; UR ; EV

Abreviatura: T = Temperatura; UR = Umidade Relativa; EV = Evaporação.

4.2.2.3 Localização das Estações

A localização das estações, com referência ao empreendimento e sua respectiva área de drenagem, é apresentada na Figura 4..

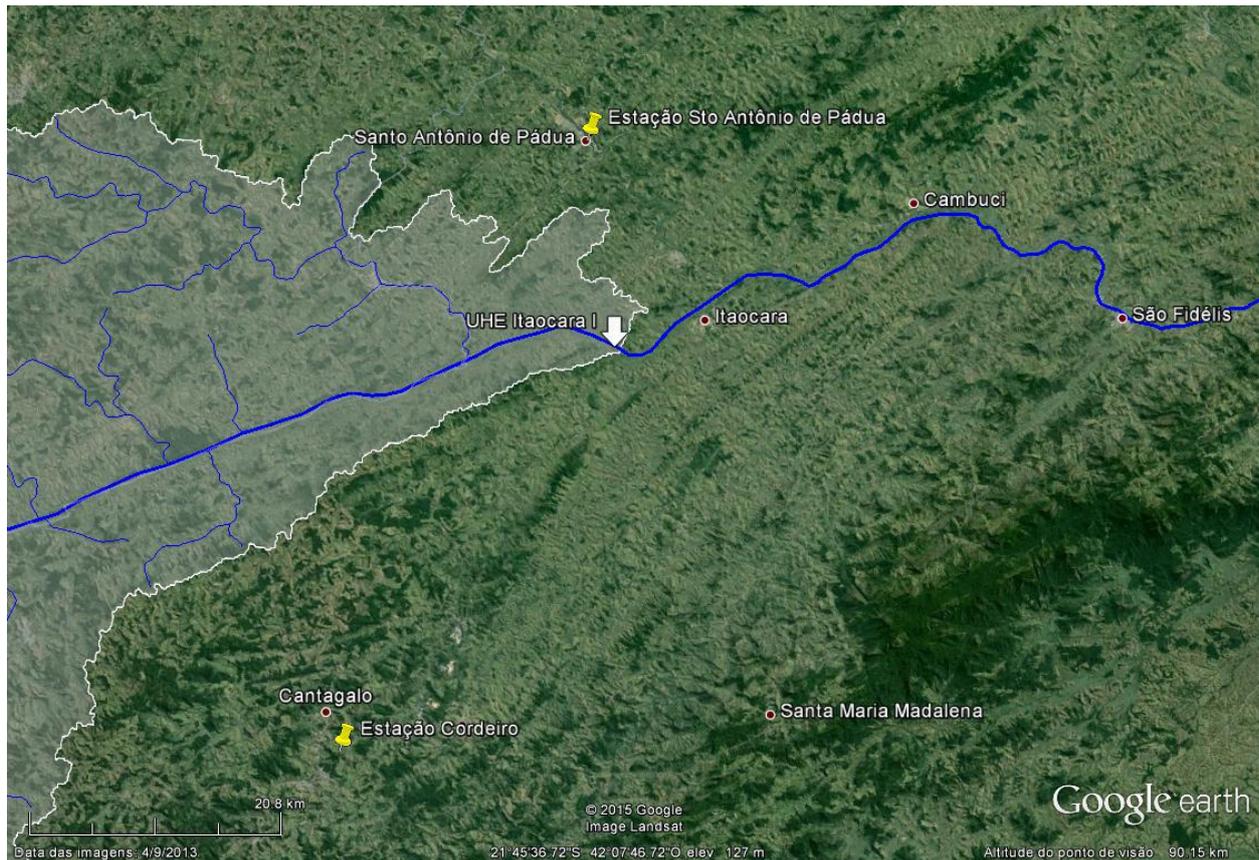


Figura 4.4 - Localização das Estações Pluviométrica e Climatológica.

4.2.2.4 Estudos Pluviométricos

A partir dos dados da ANA, conseguidos pelo Portal HidroWeb, constituiu-se uma série de totais mensais à estação tomada como referência de estudo (Santo Antônio de Pádua – 2142058). Nesta série, têm-se os seguintes valores representativos:

- 48 anos e 5 meses de extensão, iniciando em novembro de 1966 e findando em março de 2015, sem falhas existentes.

A Tabela 4.11 apresenta os totais mensais.

Tabela 4.11 - Precipitação Total Mensal (mm) – Estação Santo Antônio de Pádua.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	185,6	245,9	-
1967	295,4	152,9	169,1	49,4	6,2	2,0	12,8	0,0	5,5	59,7	438,8	32,0	1.223,8
1968	84,8	229,0	37,7	32,0	1,0	7,5	9,5	45,9	93,0	66,6	96,2	193,0	896,2
1969	271,5	43,8	54,3	33,2	2,0	5,2	14,5	27,2	14,2	132,5	220,0	199,8	1.018,2
1970	139,2	74,7	38,7	88,6	11,5	23,0	22,6	51,8	44,2	134,5	180,1	71,9	880,8
1971	39,9	14,3	141,5	54,7	25,4	44,8	14,6	30,4	108,4	171,8	301,2	223,8	1.170,8
1972	145,0	177,3	193,8	117,7	31,3	2,0	97,0	44,7	54,0	132,0	236,8	311,0	1.542,6
1973	266,6	81,3	155,4	11,0	73,6	32,3	4,3	15,9	37,5	164,7	155,9	105,6	1.104,1
1974	129,3	33,0	94,8	97,8	32,2	17,6	0,1	5,0	6,2	173,9	159,6	177,6	927,1



UHE ITAOCARA I

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1975	272,4	163,4	15,6	98,0	65,2	8,0	36,8	5,0	67,4	145,0	327,2	84,6	1.288,6
1976	123,0	100,0	64,2	4,2	42,0	6,8	49,6	103,4	125,2	256,8	181,8	258,8	1.315,8
1977	165,4	1,0	60,6	68,6	17,0	4,8	8,6	22,0	76,8	31,2	265,4	227,4	948,8
1978	139,2	196,8	62,0	96,6	92,0	12,0	33,2	13,2	41,2	107,8	163,8	294,0	1.251,8
1979	271,8	237,8	93,8	48,6	39,8	25,6	15,2	93,4	29,4	47,0	182,8	266,4	1.351,6
1980	324,8	68,8	6,4	59,8	53,4	18,8	0,0	83,8	20,0	66,2	163,8	218,8	1.084,6
1981	102,8	26,2	77,9	50,2	20,6	25,0	0,0	37,4	25,8	102,4	287,4	275,6	1.031,3
1982	117,4	51,4	277,6	38,2	15,1	88,4	34,6	49,2	14,8	65,3	82,8	369,9	1.204,7
1983	291,8	103,2	150,4	154,4	50,0	73,8	32,8	0,4	166,0	196,6	224,4	284,4	1.728,2
1984	80,2	8,0	128,0	33,6	31,6	0,4	7,0	37,6	110,8	29,0	248,6	381,4	1.096,2
1985	431,7	102,6	238,4	17,4	64,4	35,8	3,0	22,4	45,2	66,0	133,6	194,2	1.354,7
1986	143,8	85,2	128,6	53,2	24,8	15,0	25,2	76,6	14,4	18,0	79,4	335,8	1.000,0
1987	246,2	133,6	70,8	129,8	87,4	12,2	17,2	1,2	56,6	102,4	186,2	130,2	1.173,8
1988	92,8	97,2	92,4	106,0	139,0	35,8	3,6	0,0	12,0	79,8	175,6	265,3	1.099,5
1989	128,0	170,9	94,8	101,6	11,5	33,7	31,5	11,9	81,5	144,3	58,2	167,1	1.035,0
1990	26,8	66,5	93,1	8,1	46,2	3,7	22,2	8,8	57,2	46,3	87,6	131,6	598,1
1991	272,4	137,4	114,1	188,5	9,5	15,9	11,3	2,1	77,4	58,3	267,0	157,9	1.311,8
1992	240,0	97,1	48,6	191,3	56,8	2,5	12,6	5,8	212,2	133,3	249,6	131,6	1.381,4
1993	67,6	143,3	127,3	84,9	2,1	6,3	1,8	14,8	54,9	97,1	61,3	152,8	814,2
1994	264,2	28,9	134,7	151,9	46,4	57,3	20,1	13,4	0,0	75,2	57,9	123,2	973,2
1995	149,5	234,4	35,8	52,5	21,6	1,0	19,3	10,9	28,4	144,5	170,3	290,9	1.159,1
1996	228,0	76,0	113,7	50,2	14,6	20,5	0,0	31,2	143,4	94,7	259,8	353,9	1.386,0
1997	221,4	84,3	118,3	119,4	3,3	8,7	1,8	30,0	117,6	89,4	157,1	201,1	1.152,4
1998	137,0	171,1	18,2	19,1	118,1	9,5	4,8	74,4	13,6	108,9	160,0	147,8	982,5
1999	182,4	51,4	94,5	0,9	0,0	13,2	9,4	2,0	11,6	148,0	212,2	180,2	905,8
2000	217,9	170,4	92,7	29,9	0,7	1,1	8,1	27,7	101,5	83,5	155,1	368,0	1.256,6
2001	142,2	41,9	94,4	5,0	49,9	2,9	0,6	0,2	69,2	92,3	231,0	365,7	1.095,3
2002	138,8	118,9	10,3	1,8	20,2	0,3	38,9	16,4	120,0	98,7	214,2	250,3	1.028,8
2003	287,0	38,0	60,3	46,4	13,7	0,0	10,4	82,8	72,9	106,7	205,1	323,5	1.246,8
2004	285,0	136,1	119,6	71,1	27,0	62,2	44,8	1,6	4,0	130,7	136,2	346,6	1.364,9
2005	232,7	216,4	134,5	73,0	61,9	68,4	54,2	2,3	38,1	74,0	197,8	198,0	1.351,3
2006	89,5	201,6	149,7	116,5	50,7	8,1	20,8	11,4	119,1	94,6	245,1	201,8	1.308,9
2007	497,3	55,2	50,5	49,3	20,2	9,0	9,4	1,1	13,0	104,2	157,0	155,0	1.121,2
2008	313,8	145,9	248,1	124,7	7,4	22,0	24,1	7,4	56,6	70,5	227,1	484,7	1.732,3
2009	295,4	134,8	121,2	69,5	15,9	67,5	8,5	23,2	101,3	225,1	133,3	277,2	1.472,9
2010	109,9	19,5	211,8	190,2	24,3	5,0	29,2	15,5	22,6	166,9	284,3	378,5	1.457,7
2011	120,0	61,4	190,1	124,9	69,0	11,7	7,8	21,0	9,1	199,8	188,5	232,1	1.235,4
2012	451,1	18,6	207,3	41,7	104,6	3,9	8,8	65,6	16,7	34,7	205,4	61,4	1.219,8
2013	177,3	40,1	282,3	44,5	38,3	43,9	13,6	25,4	44,2	57,2	219,8	288,7	1.275,3
2014	22,7	0,0	38,4	50,0	11,5	21,0	12,3	28,2	0,0	13,3	292,5	125,1	615,0
2015	27,3	162,9	152,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mín.	22,7	0,0	6,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	57,9	32,0	-
Máx.	497,3	237,8	282,3	191,3	139,0	88,4	97,0	103,4	212,2	256,8	438,8	484,7	-
Média	193,9	104,3	112,4	71,9	37,7	21,2	19,3	28,3	59,9	105,0	194,1	229,4	1.170,3

A 4.5 apresenta o histograma médio mensal obtido para o local da UHE Itaocara I, representado por meio do posto Santo Antônio de Pádua, onde verifica-se a existência de um período seco característico entre os meses de abril e setembro.

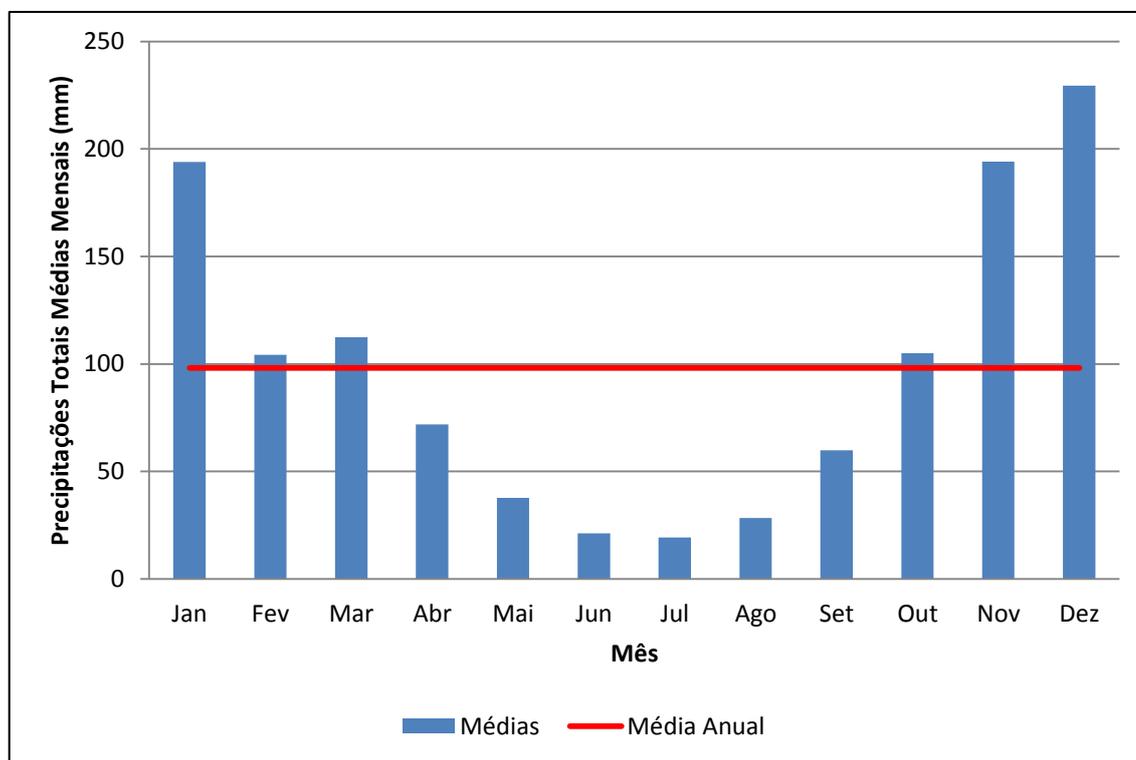


Figura 4.5 - Precipitação Mensal Média - Bacia da UHE Itaocara I.

4.2.2.5 Estudos Climatológicos

Temperatura

Na bacia, a temperatura média anual de longo período está em torno de 20,5°C, apresentando uma distribuição espacial bem regular, com variações de 24,1°C em fevereiro a 17,2°C em julho (médias mensais). A sua distribuição no tempo é típica das zonas temperadas, com máximas no trimestre de janeiro a março e mínimas no trimestre de maio a julho. As temperaturas máximas podem alcançar 30,7°C no verão, enquanto que as mínimas podem atingir 12,3°C durante os meses de inverno.

A Figura 4.6 mostra as temperaturas máximas, médias e mínimas para a estação climatológica Cordeiro. As temperaturas máximas variam entre 30,7°C e 24,3°C, enquanto as mínimas ficam em torno de 12,3°C e 19,0°C, com as estações do ano bem definidas.

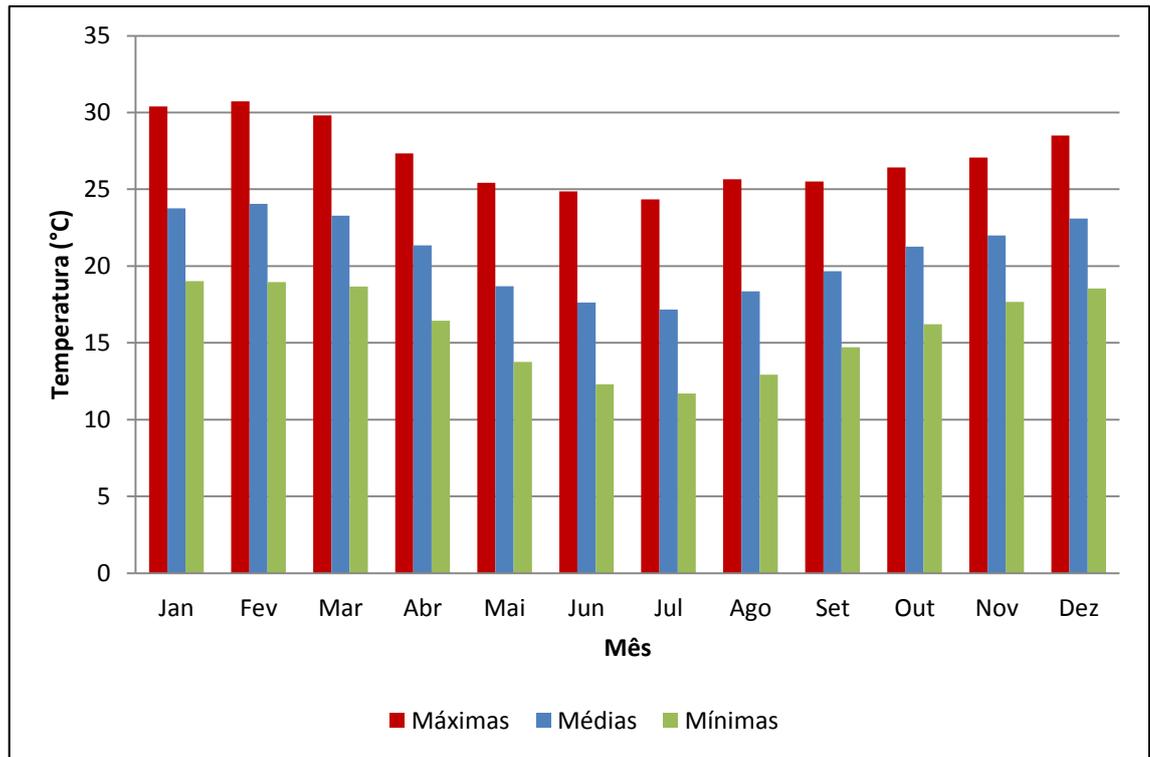


Figura 4.6 - Temperaturas Máximas, Médias e Mínimas - Estação Climatológica Cordeiro.

Evaporação

Na região não foram encontrados dados de medições de evaporação resultantes de um Tanque Classe A. Portanto, para a caracterização da evaporação do reservatório, foram utilizados os dados de evaporação obtidos de um tanque, localizado na estação Cordeiro. A Figura 4.7 apresenta a média dos valores observados.

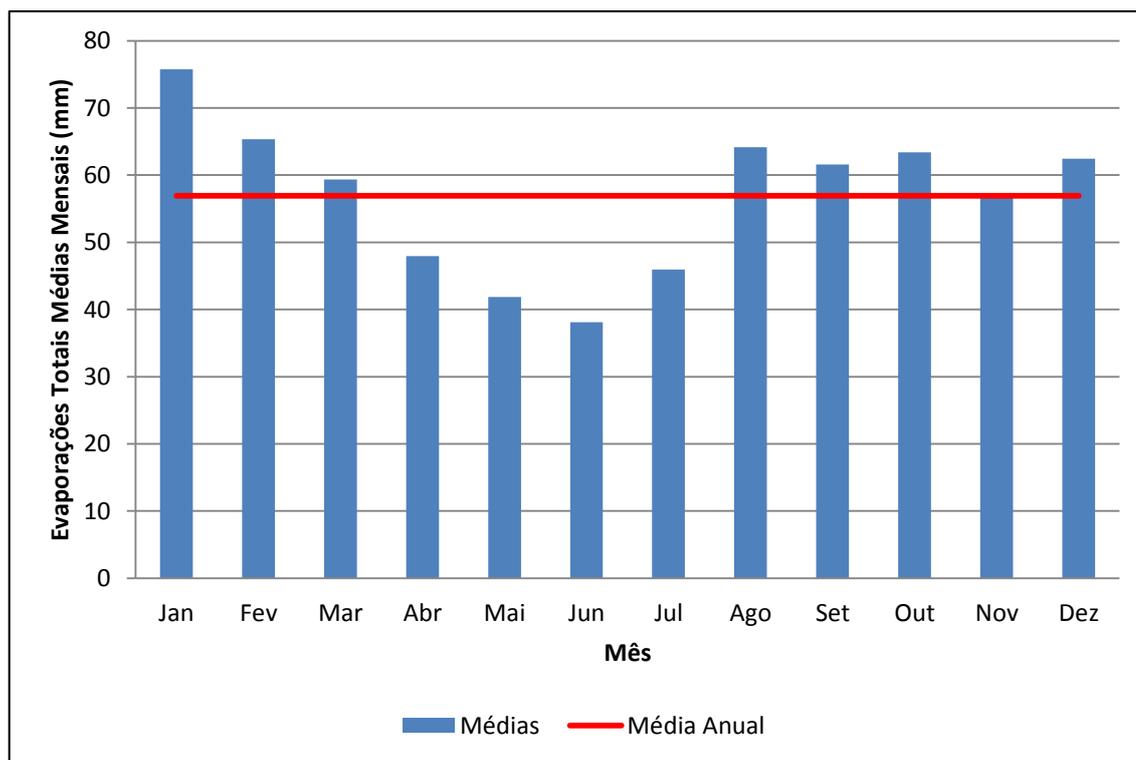


Figura 4.7 - Evaporações Totais Mensais (mm) - Estação Climatológica Cordeiro.

A evaporação média é de cerca de 57,0 mm, com máximo de 75,7 mm em janeiro e mínimo de 38,1 mm em junho, com um comportamento análogo ao das temperaturas.

Umidade Relativa do Ar

Segundo os dados observados na estação climatológica Cordeiro, elaborou-se o gráfico apresentado na Figura 4.8, o qual apresenta a variação da umidade relativa ao longo do ano no local da UHE Itaocara I.

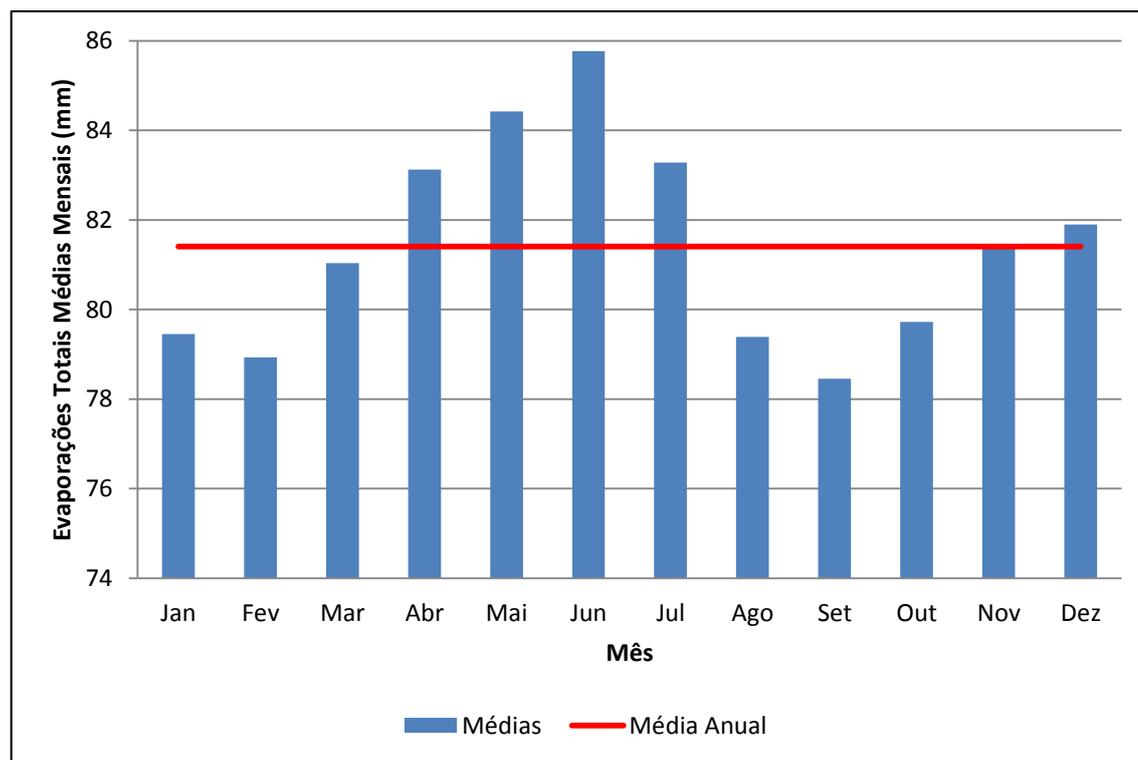


Figura 4.8 - Umidade Relativa - Estação Climatológica Cordeiro.

A bacia se caracteriza como uma região de ambiente sempre úmido, com valores médios anuais em torno de 81,4%, sendo que de agosto a outubro encontram-se os meses com menor umidade relativa, com média de 79,2% nos três meses, enquanto que de abril a julho os meses de maior umidade relativa, com média de 84,1% nos quatro meses.

Classificação

A partir dos valores apresentados, pôde-se classificar a climatologia da bacia hidrográfica da UHE Itaocara I segundo as metodologias de Köppen e Thornthwaite.

O método de Köppen correlaciona as temperaturas, as precipitações e as características sazonais de ambos. Para a região da UHE Itaocara I, o clima é classificado por Awa, isto é, clima tropical chuvoso, com estações secas nos meses de outono e inverno, cuja temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C.

Na classificação de Thornthwaite os limites são estabelecidos quantitativamente, considerando a evapotranspiração potencial, a precipitação e a localização da região em estudo. Para esta metodologia, a classificação resultante é AE'a'r, ou seja, tipo perúmido de umidade climática, com eficiência térmica de geada com baixa concentração no verão e pouco déficit hídrico.

4.2.3 Caracterização do Regime Fluvial

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul apresenta cerca de 800 MW de potência já instalados, distribuídos em 30 usinas hidrelétricas de grande porte e pequenas centrais hidrelétricas.

UHE ITAOCARA I

Além disso, as águas transpostas para a vertente atlântica da serra do Mar, através da Usina Elevatória – UEL Santa Cecília, contribuem para geração de energia elétrica no Complexo Hidrelétrico de Lajes, com mais 850 MW de potência instalada.

Os aproveitamentos hidrelétricos instalados na bacia hidrográfica a montante de Itaocara I alteraram o comportamento fluvial natural no local do empreendimento.

A Usina Hidrelétrica de Ilha dos Pombos, que iniciou operação em 1924, é o mais antigo aproveitamento hidrelétrico localizado no rio Paraíba do Sul, sendo também o mais próximo da UHE Itaocara I. Com uma área de drenagem de aproximadamente 32.265 km², controla 95% da área contribuinte à barragem de Itaocara.

A usina de Ilha dos Pombos opera a fio d'água, isto é, sem realizar regularização de vazões, de modo que as vazões médias diárias e mensais no rio Paraíba do Sul não sofrem alteração significativa, permanecendo bem semelhantes às vazões afluentes.

Posteriormente, em 1952, foi implantada a UEL Santa Cecília, com capacidade de captar e transpor vazões do rio Paraíba do Sul até a vazão máxima bombeada de 160 m³/s.

No eixo da barragem de Santa Cecília, a área de drenagem é 16.609 km², o que equivale a 50% da área total afluente à barragem da UHE Itaocara I. A transposição de vazões para a bacia do rio Guandu resultou em alteração significativa do comportamento das vazões do rio Paraíba do Sul a jusante.

Em 1969, entrou em operação a UHE Funil, situada pouco a montante da UEL Santa Cecília, em local com 13.400 km² de área de drenagem, equivalente a 40% da área afluente a Itaocara.

O reservatório dessa usina tem capacidade para regularizar vazões, de modo que também provocou uma alteração no comportamento fluvial a jusante. Além disso, a capacidade de regularização do reservatório de Funil é ainda potencializada pelos reservatórios de Paraibuna-Paraitinga e Jaguari, situados a montante, nas sub-bacias do Alto Vale e Médio Vale Superior do Paraíba.

As outras usinas hidrelétricas implantadas na bacia do rio Paraíba do Sul não interferem significativamente no comportamento das vazões no trecho fluvial da UHE Itaocara I pelas seguintes razões: por operarem a fio d'água; por controlarem áreas de drenagem relativamente pequenas; ou por estarem localizadas em afluentes com desemboque a jusante de Itaocara, como é o caso das usinas dos rios Pomba e Muriaé.

Os reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos Paraibuna-Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil são operados com a finalidade principal de regularização das vazões afluentes à UEL Santa Cecília, cujas vazões bombeadas suprem as usinas hidrelétricas do Complexo de Lajes (Nilo Peçanha, Fontes Nova, Pereira Passos) e o abastecimento público de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Nesta operação, de acordo com a legislação vigente, precisam ser garantidas vazões mínimas no rio Paraíba do Sul a jusante da UEL Santa Cecília e no Ribeirão das Lajes a jusante da UHE Pereira Passos.

Atualmente, a operação do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul e do Complexo de Lajes é praticada conforme as regras operativas estabelecidas na Resolução ANA nº 211/2003, com ajustes temporários decorrentes de condições hidrológicas críticas desfavoráveis.

A Resolução ANA nº 211/03 estabeleceu uma defluência mínima de 71 m³/s e também um bombeamento mínimo de 119 m³/s, para a UEL Santa Cecília. Na vertente



UHE ITAOCARA I

atlântica, para a UHE Pereira Passos, que faz parte do Complexo de Lajes, a vazão mínima liberada foi definida como 120 m³/s, para atendimento dos requisitos do rio Guandu que abastece a Região Metropolitana.

A Resolução ANA nº 211/03 define também que, quando a vazão incremental entre a UHE Funil e a UEL Santa Cecília for maior que 110 m³/s, a vazão emergencial de 71 m³/s a jusante de Santa Cecília deverá ser gradativamente aumentada, até atingir o limite da vazão mínima normal de 90 m³/s.

A Figura 4.9 apresenta um esquema da bacia de drenagem do Rio Paraíba do Sul contendo os principais aproveitamentos existentes.

Nos itens a seguir serão apresentadas as vazões definidas no Edital de Leilão A-5 de 2015, os estudos hidrológicos apresentados na etapa de Projeto Básico e os estudos elaborados pela VLB Engenharia, com base na atualização das séries hidrológicas disponíveis na bacia hidrográfica.

UHE ITAOCARA I

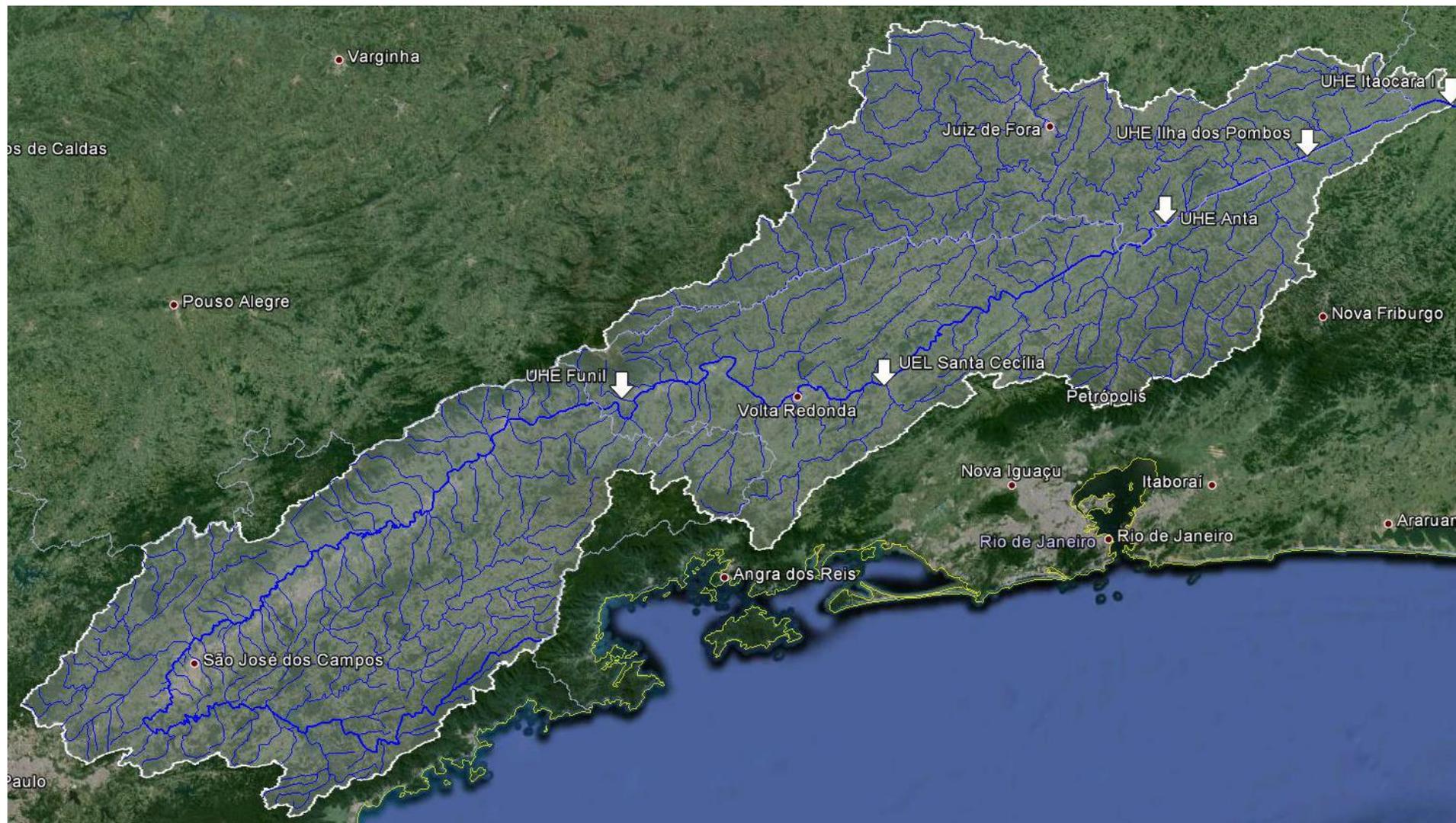


Figura 4.9 - Representação Completa da Bacia do Rio Paraíba do Sul até a UHE Itaocara.

4.2.3.1 Leilão de Energia Nova A-5/2015

Vazões Médias Mensais

As vazões apresentadas a seguir são aquelas definidas de acordo com a Nota Técnica EPE-DEE-RE-062-2015-R0, de 25 de março de 2015, disponibilizada no sítio eletrônico da Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE, que descreve o processo de cálculo de garantia física dos aproveitamentos hidrelétricos cadastrados para participar do Leilão de Energia Nova A-5/2015, com início de entrega em 2020.

Segundo a referida Nota Técnica, o histórico de vazões da usina foi estendido até o ano de 2013 de acordo com o Relatório ONS RE ONS/0193/2014 – Novembro / 2014 - “Atualização de séries históricas de vazões - Período 1931 a 2013”. Adicionalmente, foi atualizada a série de vazões naturais obtida no âmbito do Projeto de Reconstituição de Vazões Naturais das bacias dos rios Araguari, Curuá-Una, Madeira, Uatumã, Itabapoana, Mucuri, Paraguaçu, Paraguai, Ribeira do Iguape, Paraíba do Sul e do Ribeirão das Lajes, conforme Resolução Autorizativa nº 5.011, de 20 de janeiro de 2015.

Dois séries de vazões médias mensais foram definidas:

- Natural, que naturalmente ocorreria no local do aproveitamento, caso nenhuma parcela da vazão fosse retirada ou adicionada, reproduzida na Tabela 4.12;
- Artificial, que considera todas as intervenções a montante, reproduzida na Tabela 4.13, que deverá ser considerada nos estudos energéticos.



UHE ITAOCARA I

Tabela 4.12 - UHE Itaocara I - Vazões Médias Mensais Naturais (Nota Técnica).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	1090	2240	1737	1120	708	552	464	387	400	534	554	936
1932	1466	1277	1158	685	640	593	411	384	368	485	557	1198
1933	1391	816	748	520	469	386	324	273	306	454	514	951
1934	1414	710	767	553	397	316	270	230	251	277	266	896
1935	944	1921	1123	762	542	437	347	309	319	528	413	411
1936	412	589	1542	952	522	378	318	291	359	315	361	758
1937	1348	1397	774	675	648	446	330	264	233	448	623	1491
1938	1364	1208	1099	823	608	498	396	439	385	530	658	915
1939	1136	1094	730	809	519	394	326	277	257	291	388	662
1940	1179	1525	1278	690	498	410	303	255	259	382	706	822
1941	938	666	815	671	428	360	356	238	488	573	605	1026
1942	1000	896	1174	740	589	445	438	298	315	402	585	1009
1943	1886	1495	1195	777	551	457	362	342	328	547	557	937
1944	935	1507	1784	908	622	478	403	315	267	286	376	586
1945	947	1501	930	870	566	483	528	314	286	263	465	858
1946	1783	921	989	807	532	430	354	283	229	383	508	543
1947	1517	1685	2708	1245	821	585	670	537	590	632	752	1255
1948	1218	1534	1707	1075	704	575	452	432	354	429	568	985
1949	1262	1619	1063	761	560	492	394	312	286	375	483	760
1950	1479	1862	1374	1092	792	592	454	351	303	439	719	1124
1951	1197	1390	1626	1153	642	533	487	381	335	353	373	674
1952	1201	1517	1831	1020	569	679	488	432	472	450	659	845
1953	569	736	632	683	500	353	356	313	281	370	606	718
1954	506	660	562	556	509	405	288	232	205	267	317	385
1955	887	507	527	475	334	293	220	183	188	204	350	651
1956	659	490	837	534	437	436	312	374	278	303	385	721
1957	834	886	1245	1187	609	448	380	314	420	315	555	730
1958	541	928	828	684	672	582	432	321	376	426	642	816
1959	1280	764	1019	896	498	377	306	313	249	267	561	560
1960	796	1093	1658	788	577	460	390	354	298	318	463	819
1961	1782	1892	1932	1078	792	567	441	373	305	282	375	578
1962	907	1829	1168	718	533	417	342	318	365	478	714	959
1963	1032	1089	797	515	363	309	271	241	195	226	389	288
1964	604	1284	730	506	415	311	328	252	225	367	412	672
1965	1296	1671	1307	744	770	537	467	377	302	539	684	879
1966	2118	899	1323	911	653	473	398	365	343	444	1067	1127
1967	2161	2396	2123	1235	772	638	529	414	382	401	695	940
1968	1089	745	861	623	437	360	324	321	314	308	275	611
1969	852	767	799	622	375	355	290	287	249	346	677	918
1970	879	861	919	566	412	334	347	296	465	439	512	534
1971	553	314	665	466	355	377	302	249	333	470	607	991
1972	888	1141	1271	743	483	383	371	365	370	536	702	777
1973	1157	1305	805	851	613	439	401	351	319	429	705	919
1974	1214	851	1001	874	521	467	409	311	272	321	332	745
1975	1217	1142	879	609	429	350	321	248	220	365	645	951
1976	862	908	909	773	587	612	621	498	567	638	727	974
1977	1132	903	587	705	459	381	300	254	343	321	527	952
1978	1276	830	854	526	428	425	340	269	240	240	459	583
1979	727	1344	920	587	489	381	354	349	430	344	692	787
1980	1185	977	692	827	457	390	381	327	324	378	523	878
1981	1293	838	780	639	459	401	347	308	252	390	699	1062
1982	1189	837	1460	1106	620	528	462	424	335	452	533	1101
1983	1728	1335	1233	1109	811	1431	785	560	1049	1003	1090	1374
1984	1166	721	650	689	676	430	355	358	345	318	337	522
1985	1449	1749	1705	972	681	512	421	354	384	334	437	629
1986	899	1000	1150	633	496	405	363	403	324	288	337	976
1987	1043	1109	750	973	707	624	437	336	403	366	372	741
1988	908	1819	1283	820	734	658	452	408	372	427	576	584
1989	1146	1250	1256	850	580	547	442	468	411	378	436	648
1990	695	390	673	597	441	359	372	348	400	422	409	393
1991	1040	1165	1048	1267	718	467	455	373	344	559	395	477
1992	1275	776	681	520	489	371	376	322	465	535	782	842
1993	657	924	1012	883	545	533	398	345	388	454	368	468
1994	853	615	930	813	683	442	340	286	235	235	384	722
1995	612	1598	765	563	436	329	331	255	227	504	643	737
1996	1378	1298	1606	931	622	481	402	362	623	451	988	959
1997	1642	1063	970	631	487	504	378	329	293	395	540	689
1998	737	1015	763	560	458	356	299	276	293	526	528	600
1999	1250	1140	1033	629	427	420	375	300	284	280	347	665
2000	1326	970	808	722	406	334	331	309	419	287	430	747
2001	796	867	620	565	368	291	254	234	256	333	386	592
2002	989	1247	744	494	407	303	287	258	274	205	464	847
2003	1172	902	749	514	381	312	280	257	262	367	506	664
2004	939	1096	1093	975	660	615	531	393	303	400	493	934
2005	1261	1348	986	836	626	533	452	359	364	359	546	899
2006	715	1178	792	577	426	348	314	281	291	446	666	1021
2007	1724	999	591	492	419	352	332	287	208	285	562	579
2008	708	1418	1246	1070	641	514	381	371	319	440	758	1182
2009	1413	1805	1115	863	590	510	477	453	455	729	866	1513
2010	1770	987	1318	1068	642	494	493	358	322	407	702	1453
2011	1804	814	1476	1003	624	511	419	360	298	403	501	997
2012	1490	867	646	590	580	545	424	323	272	279	442	570
2013	1351	1183	1087	759	485	450	438	323	300	369	477	907

Tabela 4.13 - UHE Itaocara I - Vazões Médias Mensais Artificiais (Nota Técnica).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	887,6	2016,3	1523,4	897,3	502,3	355,4	327	288	286	372	361	698
1932	1244,5	1081,3	951,4	482,3	434,3	396,4	266	262	276	353	396	970
1933	1152,2	608,9	554,4	379	352	305	257	218	234	355	394	681,5
1934	1101,8	478,5	551,6	361	280	234	206	188	185	204	213	569,6
1935	674,9	1581,3	889,1	538,3	350	307	264	238	225	329	294	287
1936	262	350,7	1165,7	679,5	323	230	200	192	227	226	261	509,2
1937	1106,5	1148,6	562	457,4	424,5	293	240	205	196	314	419	1205,7
1938	1128,9	935,2	859,7	593,1	405	338	289	306	263	314,5	448,7	685
1939	895,9	854,8	510,2	568,2	330	270	234	211	199	237	280	428
1940	899,7	1198,5	1038,4	478	335	309	238	214	221	309	526	647
1941	691,3	473	584	499	353	306	295	216	339	369	401	761,6
1942	742,7	653,8	930,1	507,1	411	342	339	237	270	321	427	711,1
1943	1609,9	1217,5	943,3	570,5	435	371	304	281	274	413	435	664
1944	696,3	1149,1	1436,5	677,1	438	345	301	260	233	260	292	426
1945	669	1169,1	695,8	626,2	400	323	344	249	227	214	346	627,9
1946	1486,8	688,8	764,5	589,7	376	310	273	236	205	287	373	383
1947	1134,2	1383,9	2373,3	984,4	601,5	370	455,7	394	416	440	540,7	1007,4
1948	987,6	1248,8	1413,1	846,7	506,3	382,4	309	303	263	341	405	768,9
1949	998,9	1392,8	865,4	563,3	411	368	297	260	240	304	364	527
1950	1147,8	1499,8	1097,7	877,3	575,3	403	324	271	250	316	532	871
1951	928,8	1169,5	1416,4	943,3	445,3	357	356	282	268	277	283	490
1952	916,2	1185,7	1576,8	817,3	399	487,4	375	346	368	381	492	645
1953	461	537	453	465,5	363	275	309	283	244	318	420	467
1954	346	439,1	347,4	372	294	274	223	203	186	204	247	287
1955	552	362	326	331	257	240	202	181	172	196	272	467
1956	476	303	480,8	343	291	283	249	257	224	219	261	490,1
1957	470,2	597,2	961,5	898,6	418	329	288	253	274	251	337	522
1958	338	666	545,7	436,1	427,3	369	294	242	268	290	359	547,2
1959	1010	514	759,8	629,7	333	276	241	245	212	227	415	389
1960	491,2	771,9	1360,7	573,5	404	347	307	279	257	249	297	489,5
1961	1468,7	1541,8	1589,4	832,8	569	413	345	304	262	242	288	383
1962	576,8	1511,8	898,1	499,4	371	322	274	263	271	289	488,9	676,9
1963	794,6	839	573,2	348	281	258	238	221	197	194	278	227
1964	444	901,1	532,2	366	319	264	272	229	213	286	326	453
1965	812,3	1386,8	1035,2	537	554,6	406	365	321	275	382	473	560,4
1966	1727,7	631,1	1007,3	637,7	447	354	312	279	274	310	754,3	835,4
1967	1671,5	1830,5	1696,5	965,8	552,9	445,4	378	320	294	291	473,2	711,2
1968	851,5	543,7	666,4	422,3	314	278	261	264	267	264	237	427
1969	604	486	569,6	422	296	286	260	252	234	273	411	640,5
1970	592,3	583	669,6	366	298	253	266	234	309	308	351	363
1971	384	225	391,7	286	250	241	227	196	247	276	388	728,8
1972	634,2	828,7	1005,2	507,7	360	306	298	280	321	368	468	558,5
1973	862,2	1017,7	571,1	610,9	426	344	313	289	262	324	519	569,2
1974	821,2	610,6	763,7	651	387	334	316	269	243	275	285	422
1975	878,6	778,2	579,9	400	319	277	268	227	215	291	388	610,2
1976	602,7	637,4	643,6	510,2	352,5	383,9	381,3	270,4	334,1	417,6	516,9	741,1
1977	794,5	663,9	387,6	494,3	308	261	233	206	241	235	341	697,3
1978	988,6	600,2	639	367	310	293	260	234	218	222	323	403
1979	479,7	1116	668,9	430	364	308	279	267	293	232	426,8	539,1
1980	915,6	706,6	464,2	580,7	337	296	293	259	257	281	350	581,4
1981	994,9	615	556,8	404,8	333	295	269	251	222	281	441,3	793,4
1982	927,1	599	1174	866,7	442	353	320	294	259	301	333	858,4
1983	1467,1	1090,5	995,1	850,5	572,1	1152,3	566,8	369,3	849,4	811,5	895,8	1185,2
1984	979,6	543,3	466,4	497,3	483,3	318	277	264	258	245	261	371
1985	1082,1	1415,4	1426,9	769,3	483,3	372	329	290	278	271	312	431
1986	680,4	722,3	863,7	411,8	322	305	256	283	257	225	237	636,9
1987	751,4	839,6	536,5	724,7	505,3	424,4	261	220	254	226	257	546,8
1988	683,6	1557,8	1060,4	611,3	529,3	458,4	307	312	296	286	381	398
1989	898,3	1026	1053,4	645,3	379,3	355	306	296	278	284	307	443
1990	492,8	288	468,2	382	315	296	294	278	300	286	306	316
1991	740,8	916,7	744	1020,2	497,5	314	341	304	285	344	317	350
1992	1004,6	569,1	467	363	333	314	303	280	345	376	511,1	603,5
1993	432,5	665,4	755,7	651,6	389	366	310	285	270	300	306	346
1994	618	388,5	678,6	575,5	494	327	264	246	210	201	282	432,8
1995	370,8	1151,1	515,9	349,3	269	232	225	200	188	285	421,3	516,9
1996	1079,2	862,8	1314,1	723,3	423,3	316	275	256	408,3	293	772,9	764,6
1997	1418,6	868,3	776,4	449	361	345	298	271	233	283	296	478,6
1998	500	747,2	538,9	356	279	271	233	227	201	295	371	396
1999	954,2	876,3	797,9	409,1	289	302	278	241	222	228	271	469
2000	1009,8	710	564,9	492,3	295	259	255	243	292	245	259	462,5
2001	562	626,2	406,9	370	264	231	205	190	198	215	267	316
2002	720,2	994,9	524,3	332	280	236	220	204	214	182	306	530
2003	883,6	673,1	524,8	392	307	274	250	238	241	277	364	490
2004	666,1	721	882,5	763,5	457	405	361	311	260	300	349	674
2005	945,2	1078,2	748,7	564	413	394	347	308	283	260	368	601,9
2006	500,3	886,6	571,5	386	325	286	256	254	249	329	430	655,7
2007	1423,3	773,4	445	383	341	300	253	259	215	197,9705	356	410
2008	459	946,5	954,4	767,8	439	367	315	286	278	326	471	917,5
2009	1126,8	1484,8	854,2	634,7	423	385	345	335	329	466	643,9	1126,7
2010	1310,7	733,9	1003,8	778,6	458	366	354	301	284	342	556	1144,9
2011	1490,7	596,6	1181	748,8	447	380	340	305	270	327	389	772
2012	1226,7	651	485	450	434	373	322	291	265	251	364	378
2013	921,5	920,1	811,6	531,2	362	353	325	282	273	286	328	647

Vazão Máxima de Projeto

O Anexo VIII ao Edital de Leilão nº 03/2015-ANEEL, de processo nº 48500.006535/2014-93, define as “Características Técnicas e Informações Básicas para a Exploração da UHE Itaocara I”.

Como elemento característico é apresentada a “vazão para o projeto do vertedouro” de 9.530 m³/s.

4.2.3.2 Estudos Hidrológicos Projeto Básico (SPEC, 2014)

Vazões Médias Mensais

Os estudos hidrológicos levados a efeito pela SPEC quando da realização do Projeto Básico em 2014, consideraram que a série histórica de Vazões Médias Mensais Naturais no eixo do aproveitamento da UHE Itaocara I é aquela apresentada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) em 2013 no relatório “Atualização de Séries Históricas de Vazões – Período 1931 a 2012”, obtida conforme a metodologia e os modelos desenvolvidos no âmbito do Estudo do ONS até 2012.

Quando os valores são confrontados com aqueles apresentados na série definida pelo ONS em 2015 (Tabela 4.12), percebe-se sensíveis divergências nos valores de vazões médias mensais apresentados no ano de 2012.

Isso se deve, possivelmente, a atualização dos estudos hidrológicos realizados pelo ONS para esta Usina.

A série resultante é reproduzida na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - UHE Itaocara I - Vazões Médias Mensais Naturais PB (SPEC, 2014).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1931	1.090	2.240	1.737	1.120	708	552	464	387	400	534	554	936	894
1932	1.466	1.277	1.158	685	640	593	411	384	368	485	557	1.198	769
1933	1.391	816	748	520	469	386	324	273	306	454	514	951	596
1934	1.414	710	767	553	397	316	270	230	251	277	266	896	529
1935	944	1.921	1.123	762	542	437	347	309	319	528	413	411	671
1936	412	589	1.542	952	522	377	318	291	359	315	361	758	566
1937	1.348	1.397	774	675	648	446	330	264	233	447	622	1.491	723
1938	1.363	1.208	1.099	823	608	498	396	439	385	530	658	915	744
1939	1.136	1.094	730	809	519	394	326	277	257	291	388	662	574
1940	1.179	1.525	1.278	690	498	410	303	255	259	382	706	822	692
1941	938	666	815	671	428	360	356	238	488	573	605	1.026	597
1942	1.000	896	1.174	740	589	445	438	298	315	402	585	1.009	658
1943	1.886	1.495	1.195	777	551	457	362	342	328	547	556	937	786
1944	935	1.507	1.784	908	622	478	403	315	267	286	376	586	706
1945	947	1.501	930	870	566	483	528	314	286	263	465	858	668



UHE ITAOCARA I

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1946	1.783	921	989	807	532	430	354	283	229	383	508	543	647
1947	1.517	1.685	2.708	1.245	821	585	670	537	590	632	752	1.255	1.083
1948	1.218	1.534	1.707	1.075	704	575	452	432	354	429	568	985	836
1949	1.262	1.619	1.062	761	560	492	394	312	286	375	483	760	697
1950	1.479	1.862	1.374	1.092	792	592	454	351	303	439	719	1.124	882
1951	1.197	1.390	1.626	1.153	642	533	487	381	335	353	373	674	762
1952	1.201	1.517	1.831	1.019	569	679	488	432	472	450	659	845	847
1953	569	735	632	683	500	353	356	313	281	370	606	718	510
1954	506	660	562	556	509	405	288	232	205	267	317	385	408
1955	887	507	527	475	334	293	220	183	188	204	350	651	402
1956	659	490	837	534	437	436	312	374	278	303	384	721	480
1957	834	886	1.245	1.187	609	448	380	314	420	315	555	730	660
1958	541	928	828	684	672	582	432	321	376	426	642	816	604
1959	1.280	764	1.019	896	498	377	306	313	249	267	561	560	591
1960	796	1.093	1.658	788	577	460	390	354	298	318	463	819	668
1961	1.782	1.892	1.932	1.078	792	566	441	373	305	282	375	578	866
1962	907	1.829	1.168	718	533	417	342	318	365	477	714	959	729
1963	1.032	1.089	797	515	363	309	271	241	195	226	389	287	476
1964	604	1.284	729	506	415	311	328	252	225	366	412	672	509
1965	1.296	1.671	1.307	744	769	537	467	377	302	539	684	879	798
1966	2.118	898	1.323	910	653	473	398	365	343	444	1.067	1.127	843
1967	2.161	2.396	2.122	1.235	772	638	529	414	382	401	695	940	1.057
1968	1.089	745	861	623	437	360	324	321	314	308	275	611	522
1969	852	767	799	622	375	355	289	287	249	346	677	918	545
1970	879	861	919	566	412	334	347	296	465	439	512	533	547
1971	553	314	665	466	355	377	302	249	333	470	607	991	474
1972	888	1.141	1.271	743	483	383	371	365	370	536	701	777	669
1973	1.157	1.305	805	851	612	439	401	351	319	429	705	919	691
1974	1.213	851	1.001	874	521	467	409	311	272	321	332	745	610
1975	1.217	1.142	879	609	429	350	321	248	220	365	645	951	615
1976	862	908	909	773	587	612	621	498	567	638	727	974	723
1977	1.132	903	587	705	459	381	300	254	343	321	527	952	572
1978	1.276	830	854	526	428	425	339	269	239	240	459	583	539
1979	727	1.344	920	587	489	381	354	349	430	344	692	787	617
1980	1.185	977	692	827	457	390	381	327	324	378	523	878	612
1981	1.293	838	780	639	459	401	347	308	252	390	699	1.062	622
1982	1.189	837	1.460	1.106	620	528	462	424	335	452	533	1.101	754
1983	1.728	1.335	1.233	1.109	811	1.431	785	560	1.049	1.003	1.089	1.374	1.126
1984	1.166	721	650	689	676	430	355	358	345	317	337	522	547
1985	1.449	1.749	1.705	972	681	512	421	354	383	334	437	629	802
1986	899	1.000	1.150	633	496	405	362	403	324	288	337	976	606
1987	1.043	1.109	750	973	707	624	437	336	403	366	372	741	655



UHE ITAOCARA I



ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1988	908	1.819	1.283	820	734	658	452	408	372	427	576	583	753
1989	1.145	1.250	1.256	849	580	547	442	468	411	378	436	648	701
1990	695	390	673	597	441	359	372	348	400	422	409	393	458
1991	1.040	1.165	1.048	1.267	718	467	455	373	344	559	395	477	692
1992	1.275	776	681	520	489	371	376	322	465	535	782	842	620
1993	657	924	1.012	883	545	533	398	345	388	454	368	468	581
1994	853	615	930	813	683	442	340	286	235	235	384	722	545
1995	612	1.598	765	563	436	329	331	255	226	504	643	737	583
1996	1.378	1.298	1.606	931	622	481	402	362	623	451	988	959	842
1997	1.642	1.063	970	631	487	504	378	329	293	395	540	689	660
1998	737	1.015	763	560	458	356	299	276	293	526	528	600	534
1999	1.250	1.140	1.032	629	427	420	375	300	284	280	347	665	596
2000	1.326	970	808	722	406	334	331	309	419	287	430	747	591
2001	796	867	620	565	368	291	254	234	256	333	386	592	464
2002	989	1.247	744	494	407	303	287	258	274	205	464	847	543
2003	1.172	902	749	514	381	311	280	257	262	367	506	664	530
2004	939	1.096	1.093	975	660	615	531	393	303	400	493	934	703
2005	1.261	1.348	986	836	626	533	452	359	364	359	546	899	714
2006	715	1.178	792	577	426	348	314	281	291	446	666	1.021	588
2007	1.724	999	591	492	419	352	332	287	208	285	562	579	569
2008	708	1.418	1.246	1.070	641	514	381	371	319	440	758	1.182	754
2009	1.413	1.805	1.115	863	590	510	477	453	455	729	866	1.513	899
2010	1.770	987	1.318	1.068	642	494	493	358	322	407	702	1.453	835
2011	1.804	814	1.476	1.003	624	511	419	360	298	403	501	997	768
2012	1.480	857	636	576	566	531	409	306	257	268	432	560	573
MIN	412	314	527	466	334	291	220	183	188	204	266	287	402
MED	1.136	1.143	1.072	780	552	461	388	332	338	402	546	820	664
MAX	2.161	2.396	2.708	1.267	821	1.431	785	560	1.049	1.003	1.089	1.513	1.126

Vazões Máximas

Para realização da análise estatística das Vazões Máximas foram observados os dados existentes no posto fluviométrico ANTA (cód. ANA 58630002), que é aquele mais próximo do sítio da UHE Itaocara I e com maior histórico de dados.

Para desconsiderar o efeito do amortecimento de cheias na UHE Funil nos dados do posto ANTA, num critério de segurança, as vazões máximas mensais a partir de dezembro de 1969, início da operação da referida usina, foram obtidas através da correlação com posto QUELUZ (cód. ANA 58235100), localizado a montante da UHE Funil.

Em seguida, para cada ano hidrológico (de setembro a agosto), foi identificada a vazão média diária máxima do posto Anta e estabelecidas as máximas vazões anuais, conforme relacionado na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Vazões Máximas Anuais no Posto Fluviométrico ANTA.

Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)
1931	3.046	1959	1.718	1987	2.124
1932	3.022	1960	2.194	1988	1.865
1933	1.983	1961	2.184	1989	1.748
1934	2.223	1962	2.350	1990	1.239
1935	2.670	1963	1.215	1991	2.508
1936	2.156	1964	2.460	1992	2.643
1937	2.165	1965	2.002	1993	2.034
1938	4.214	1966	4.182	1994	887
1939	2.108	1967	3.226	1995	2.059
1940	2.060	1968	1.104	1996	2.379
1941	2.079	1969	2.204	1997	1.945
1942	1.594	1970	1.598	1998	1.314
1943	4.183	1971	987	1999	1.663
1944	2.460	1972	1.513	2000	4.881
1945	2.530	1973	1.458	2001	1.260
1946	3.382	1974	2.221	2002	1.714
1947	4.672	1975	878	2003	1.295
1948	2.540	1976	1.534	2004	1.895
1949	2.069	1977	1.437	2005	2.298
1950	2.136	1978	1.270	2006	1.783
1951	1.882	1979	932	2007	1.249
1952	2.031	1980	1.384	2008	2.071
1953	1.324	1981	1.644	2009	2.106
1954	889	1982	1.021	2010	2.439
1955	1.311	1983	1.982	2011	2.693
1956	1.566	1984	1.920	2012	1.643
1957	1.882	1985	1.038	-	-
1958	1.298	1986	1.234	-	-

Com base nos dados supracitados foram realizados os estudos estatísticos, cujos parâmetros resultantes são apresentados na Tabela 4.16. A distribuição utilizada para o cálculo foi a de Gumbel, uma vez que o coeficiente de assimetria resultou menor que 1,5.

Tabela 4.16 - Parâmetros Estatísticos da Série de Vazões Máximas Anuais - Posto ANTA.

Parâmetro	Valor
Número de Eventos	82
Máxima (m³/s)	4.881
Média (m³/s)	2.026
Mínima (m³/s)	878

Parâmetro	Valor
Desvio padrão	831
Coeficiente de variação	0,41
Assimetria	1,42

Para a avaliação do grau de aderência obtido entre a distribuição e a amostra, foi calculada a estatística para o teste de Kolmogorov-Smirnov, que reflete o maior desvio observado entre a probabilidade de ocorrência de cada valor amostral, calculada a partir da distribuição ajustada, e a probabilidade empírica do elemento dentro da própria amostra. A aplicação do teste, resumido na Tabela 4.17, indicou que, para a série de vazões analisada, a hipótese de adequação de ajuste ($D_{N\text{CALC}} < D_{N0,05}$) é aceita para um nível de significância de 5%.

Tabela 4.17 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a Série de Vazões Máximas Anuais.

Parâmetro	Valor
Número de Eventos	82
$D_{N0,05}$	0,15
$D_{N\text{CALC}}$	0,0829

A Figura 4.10 permite avaliar visualmente a aderência dos pontos representativos dos dados observados à distribuição de Gumbel.

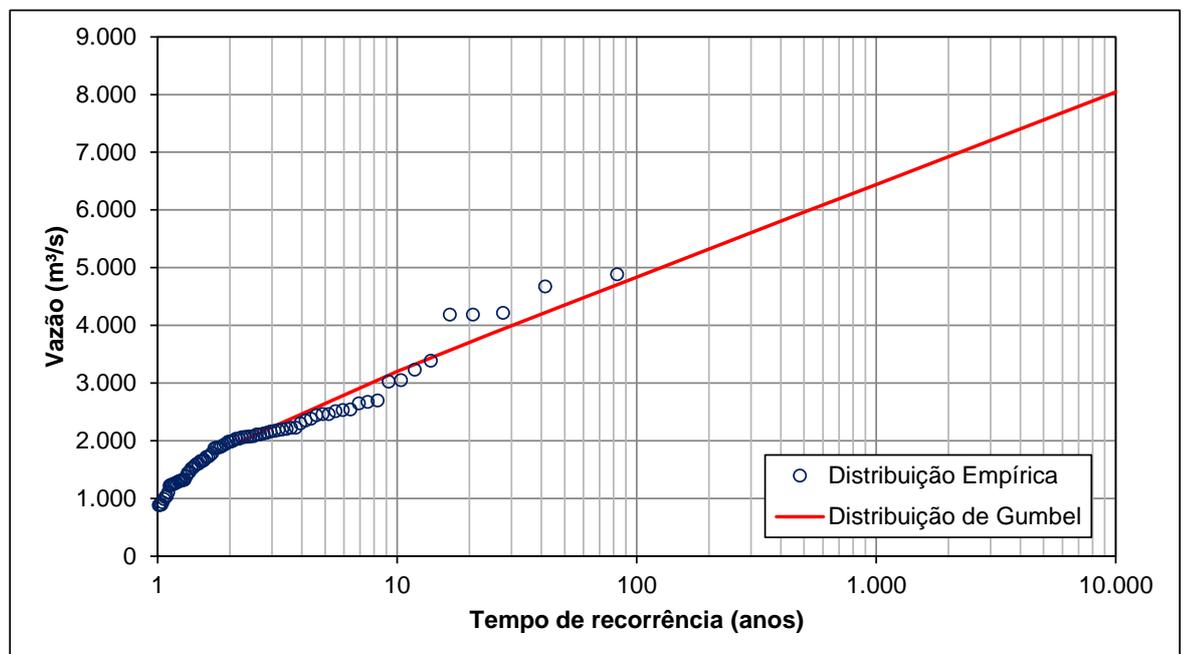


Figura 4.10 - Resultado do Ajuste das Amostras à Distribuição de Gumbel.

A partir da relação entre as áreas de drenagem do posto fluviométrico Anta e do aproveitamento, foram estimadas as vazões de cheias máximas anuais associadas a vários tempos de recorrência para a UHE Itaocara I.

Como o dimensionamento das estruturas da UHE Itaocara I é realizado com vazões máximas instantâneas, faz-se necessário obtê-las a partir das vazões médias diárias máximas, o que pode ser efetuado a partir da equação de Fuller, conforme apresentada a seguir. Os resultados são apresentados na Tabela 4.18.

$$Q_{INST} = Q_{MED} \cdot \left(1 + \frac{2,66}{A^{0,3}} \right)$$

Onde:

Q_{INST} – Vazão máxima instantânea (m³/s);

Q_{MED} – Vazão máxima média diária (m³/s);

A – Área de drenagem da bacia hidrográfica no local do aproveitamento (km²).

Tabela 4.18 - Vazões Máximas no Eixo da UHE Itaocara I.

Tempo de Recorrência (anos)	Posto Anta	UHE Itaocara I	
	Máxima Diária (m ³ /s)	Máxima Diária (m ³ /s)	Instantânea (m ³ /s)
2,2	1.986	2.188	2.443
10	3.203	3.528	3.939
25	3.862	4.254	4.750
50	4.351	4.793	5.352
100	4.837	5.327	5.949
500	5.959	6.563	7.328
1.000	6.441	7.094	7.922
10.000	8.043	8.858	9.891

Embora o estudo da SPEC (2014) tenha realizado a atualização das vazões máximas no local da UHE Itaocara I, o mesmo destaca que a Resolução ANA nº. 1.404 de 26 de novembro de 2013 aprovou os estudos apresentados no EDH para o citado aproveitamento, no qual foi definida a vazão decamilenar de 9.530 m³/s.

Vazões Máximas de Estiagem

Os estudos de Vazões Máximas de Estiagem consideraram as vazões observadas entre os meses de abril a setembro, calculando as vazões máximas instantâneas pelo critério de Fuller.

As vazões máximas diárias ocorridas no período citado estão relacionadas na Tabela 4.19. Como pode ser observado na Tabela 4.20, a série tem assimetria superior a 1,5, tendo sido ajustada a distribuição Exponencial de Dois Parâmetros.

E a Figura 4.11 permite avaliar visualmente a aderência dos pontos representativos dos dados observados à distribuição Exponencial de Dois Parâmetros.

Tabela 4.19 - Vazões Máximas Diárias - Posto Anta – Período de Estiagem.

Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)
1931	1.580	1959	1.209	1987	1.708
1932	824	1960	722	1988	1.179
1933	452	1961	1.120	1989	1.053
1934	624	1962	636	1990	724
1935	965	1963	420	1991	2.363
1936	1.494	1964	418	1992	987
1937	917	1965	1.016	1993	932
1938	790	1966	820	1994	960
1939	1.098	1967	1.473	1995	834
1940	732	1968	511	1996	1.646
1941	786	1969	492	1997	1.189
1942	786	1970	817	1998	1.086
1943	926	1971	783	1999	888
1944	975	1972	611	2000	1.120
1945	1.197	1973	659	2001	791
1946	912	1974	741	2002	760
1947	1.377	1975	448	2003	462
1948	1.065	1976	1.448	2004	762
1949	689	1977	724	2005	937
1950	1.071	1978	596	2006	-
1951	1.197	1979	513	2007	834
1952	903	1980	1.070	2008	828
1953	824	1981	936	2009	933
1954	759	1982	846	2010	1.859
1955	388	1983	2.578	2011	1.260
1956	465	1984	1.134	2012	1.145
1957	1.874	1985	871	-	-
1958	745	1986	826	-	-

Tabela 4.20 - Parâmetros Estatísticos da Série de Vazões Diárias Máximas do Posto Anta – Período de Estiagem.

Parâmetro	Valor
Número de eventos	81
Máxima (m³/s)	2.578
Média (m³/s)	964
Mínima (m³/s)	388
Desvio padrão	405

Parâmetro	Valor
Coeficiente de variação	0,42
Assimetria	1,59

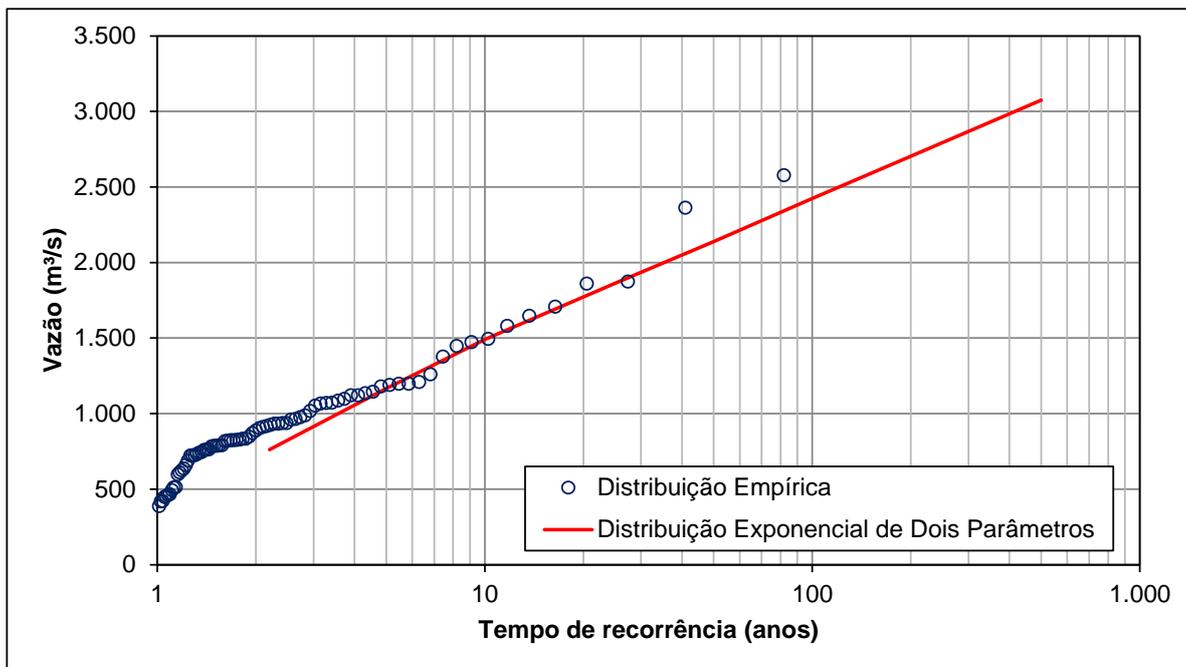


Figura 4.11 - Resultado do Ajuste das Amostras à Distribuição Exponencial de Dois Parâmetros.

A Tabela 4.21 relaciona as vazões máximas de estiagem estimadas para os tempos de recorrência de interesse para o posto e para o aproveitamento.

Tabela 4.21 - Vazões Máximas de Estiagem (Abril a Setembro).

Tempo de Recorrência (anos)	Posto Anta	UHE Itaocara I	
	Máxima Diária (m³/s)	Máxima Diária (m³/s)	Instantânea (m³/s)
2,2	762	839	937
5	1.167	1.285	1.435
10	1.491	1.642	1.834
25	1.862	2.051	2.290
50	2.139	2.356	2.631
100	2.424	2.670	2.981
200	2.703	2.977	3.324
500	3.075	3.387	3.782

Vazões Mínimas

No estudo realizado pela SPEC (2014), a determinação das Vazões Mínimas (Q7,10) do aproveitamento consistiu na coleta e análise dos seguintes estudos sobre o tema:

Estudo de Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58 (Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Junho de 2002);

Balanço entre Disponibilidade e Demandas Futuras dos Recursos Hídricos, em Quantidade e Qualidade, com Indicação de Conflitos Potenciais, do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia COPPE, 2002).

Os estudos desenvolvidos pela CPRM incluíram o ajustamento das distribuições teóricas de Weibull e Gumbel às vazões médias de sete dias consecutivos, mínimas anuais (Q7), de todas as estações pré-selecionadas com mais de cinco anos de dados, sendo que para a grande maioria dessas estações a distribuição que melhor se ajustou foi a de Weibull.

Foram analisadas as regressões das vazões Q7, primeiramente com as áreas de drenagem e em seguida acrescentando-se as precipitações médias. No caso da sub-bacia 58, situada entre Barra do Pirai e a foz do rio Paraíba do Sul, foram determinadas as equações regionais válidas para áreas de drenagem entre 17.645 e 55.450 km².

O valor da área de drenagem da UHE Itaipava ($A = 33.680 \text{ km}^2$) foi aplicado nas equações desenvolvidas, com o objetivo de estimar as vazões mínimas com sete dias de duração (Q7). A Figura 4.12 apresenta o gráfico de distribuição de frequência de Weibull para o local do aproveitamento, transferido pela relação entre áreas de drenagem, o qual apresenta o valor da Q7,10 de 150 m³/s.

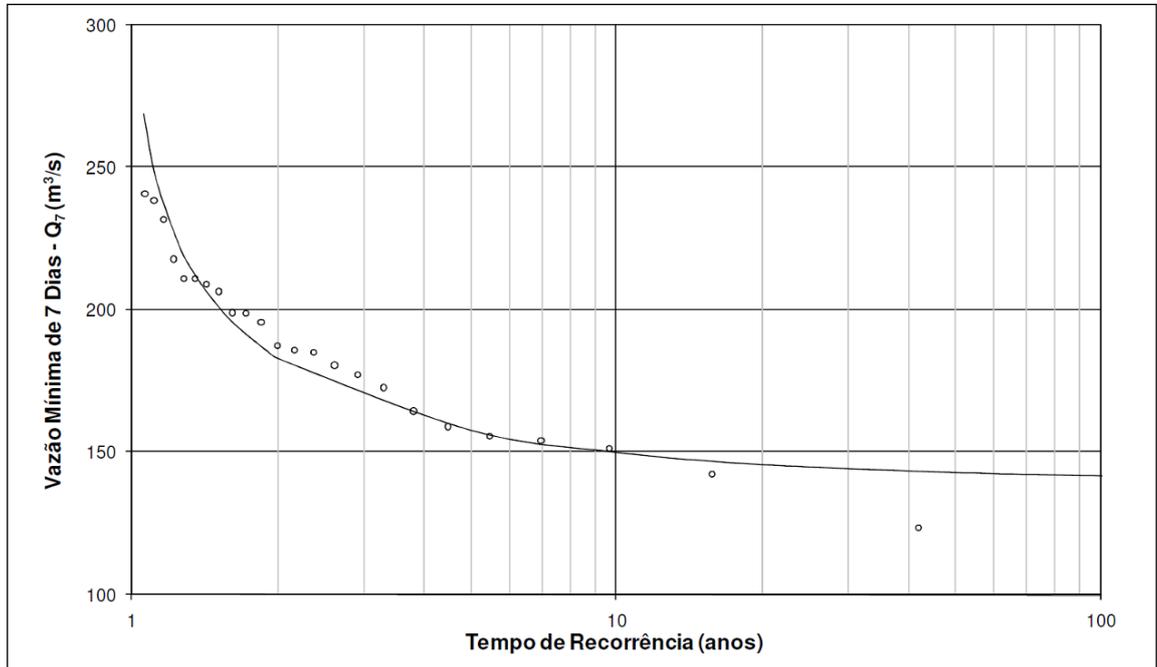


Figura 4.12 - Frequência de Vazões Médias de Sete Dias no Rio Paraíba do Sul no Local da UHE Itaocara I.

4.2.3.3 Estudos Hidrológicos Desenvolvidos pela VLB Engenharia

Vazões Médias Mensais naturais

Conforme realizado anualmente, o Operador Nacional do Sistema Elétrico Brasileiro (ONS), disponibiliza em sua página na internet, as séries de vazões médias mensais das usinas que compõe o Sistema Elétrico Brasileiro.

A reconstituição da série de vazões médias mensais naturais e, no caso da UHE Itaocara, também as artificiais, foram disponibilizadas em março de 2016, com extensão das séries até dezembro de 2014.

Estas séries serão utilizadas na continuidade dos estudos, haja visto a consistência dos estudos contratados pelo ONS, sua representatividade das condições hidrológicas e interferências humanas e sua aceitação pela ANEEL no âmbito da aprovação deste projeto.

As séries de vazões médias mensais naturais e artificiais são apresentadas nas a Tabela 4.21 e na Tabela 4.21 respectivamente.

Tabela 4.22 - UHE Itaocara I - Vazões Médias Mensais Naturais.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1931	1.090	2.240	1.737	1.120	708	552	464	387	400	534	554	936	893
1932	1.466	1.277	1.158	685	640	593	411	384	368	485	557	1.198	769
1933	1.391	816	748	520	469	386	324	273	306	454	514	951	596



UHE ITAOCARA I

1934	1.414	710	767	553	397	316	270	230	251	277	266	896	529
1935	944	1.921	1.123	762	542	437	347	309	319	528	413	411	671
1936	412	589	1.542	952	522	377	318	291	359	315	361	758	566
1937	1.348	1.397	774	675	648	446	330	264	233	447	622	1.491	723
1938	1.363	1.208	1.099	823	608	498	396	439	385	530	658	915	743
1939	1.136	1.094	730	809	519	394	326	277	257	291	388	662	574
1940	1.179	1.525	1.278	690	498	410	303	255	259	382	706	822	692
1941	938	666	815	671	428	360	356	238	488	573	605	1.026	597
1942	1.000	896	1.174	740	589	445	438	298	315	402	585	1.009	658
1943	1.886	1.495	1.195	777	551	457	362	342	328	547	556	937	786
1944	935	1.507	1.784	908	622	478	403	315	267	286	376	586	706
1945	947	1.501	930	870	566	483	528	314	286	263	465	858	667
1946	1.783	921	989	807	532	430	354	283	229	383	508	543	647
1947	1.517	1.685	2.708	1.245	821	585	670	537	590	632	752	1.255	1.083
1948	1.218	1.534	1.707	1.075	704	575	452	432	354	429	568	985	836
1949	1.262	1.619	1.062	761	560	492	394	312	286	375	483	760	697
1950	1.479	1.862	1.374	1.092	792	592	454	351	303	439	719	1.124	882
1951	1.197	1.390	1.626	1.153	642	533	487	381	335	353	373	674	762
1952	1.201	1.517	1.831	1.019	569	679	488	432	472	450	659	845	847
1953	569	735	632	683	500	353	356	313	281	370	606	718	510
1954	506	660	562	556	509	405	288	232	205	267	317	385	408
1955	887	507	527	475	334	293	220	183	188	204	350	651	402
1956	659	490	837	534	437	436	312	374	278	303	384	721	480
1957	834	886	1.245	1.187	609	448	380	314	420	315	555	730	660
1958	541	928	828	684	672	582	432	321	376	426	642	816	604
1959	1.280	764	1.019	896	498	377	306	313	249	267	561	560	591
1960	796	1.093	1.658	788	577	460	390	354	298	318	463	819	668
1961	1.782	1.892	1.932	1.078	792	566	441	373	305	282	375	578	866
1962	907	1.829	1.168	718	533	417	342	318	365	477	714	959	729
1963	1.032	1.089	797	515	363	309	271	241	195	226	389	287	476
1964	604	1.284	729	506	415	311	328	252	225	366	412	672	509
1965	1.296	1.671	1.307	744	769	537	467	377	302	539	684	879	798
1966	2.118	898	1.323	910	653	473	398	365	343	444	1.067	1.127	843
1967	2.161	2.396	2.122	1.235	772	638	529	414	382	401	695	940	1.057
1968	1.089	745	861	623	437	360	324	321	314	308	275	611	522
1969	852	767	799	622	375	355	289	287	249	346	677	918	545
1970	879	861	919	566	412	334	347	296	465	439	512	533	547
1971	553	314	665	466	355	377	302	249	333	470	607	991	473
1972	888	1.141	1.271	743	483	383	371	365	370	536	701	777	669
1973	1.157	1.305	805	851	612	439	401	351	319	429	705	919	691
1974	1.213	851	1.001	874	521	467	409	311	272	321	332	745	610
1975	1.217	1.142	879	609	429	350	321	248	220	365	645	951	615
1976	862	908	909	773	587	612	621	498	567	638	727	974	723



UHE ITAOCARA I

1977	1.132	903	587	705	459	381	300	254	343	321	527	952	572
1978	1.276	830	854	526	428	425	339	269	239	240	459	583	539
1979	727	1.344	920	587	489	381	354	349	430	344	692	787	617
1980	1.185	977	692	827	457	390	381	327	324	378	523	878	612
1981	1.293	838	780	639	459	401	347	308	252	390	699	1.062	622
1982	1.189	837	1.460	1.106	620	528	462	424	335	452	533	1.101	754
1983	1.728	1.335	1.233	1.109	811	1.431	785	560	1.049	1.003	1.089	1.374	1.126
1984	1.166	721	650	689	676	430	355	358	345	317	337	522	547
1985	1.449	1.749	1.705	972	681	512	421	354	383	334	437	629	802
1986	899	1.000	1.150	633	496	405	362	403	324	288	337	976	606
1987	1.043	1.109	750	973	707	624	437	336	403	366	372	741	655
1988	908	1.819	1.283	820	734	658	452	408	372	427	576	583	753
1989	1.145	1.250	1.256	849	580	547	442	468	411	378	436	648	701
1990	695	390	673	597	441	359	372	348	400	422	409	393	458
1991	1.040	1.165	1.048	1.267	718	467	455	373	344	559	395	477	692
1992	1.275	776	681	520	489	371	376	322	465	535	782	842	620
1993	657	924	1.012	883	545	533	398	345	388	454	368	468	581
1994	853	615	930	813	683	442	340	286	235	235	384	722	545
1995	612	1.598	765	563	436	329	331	255	226	504	643	737	583
1996	1.378	1.298	1.606	931	622	481	402	362	623	451	988	959	842
1997	1.642	1.063	970	631	487	504	378	329	293	395	540	689	660
1998	737	1.015	763	560	458	356	299	276	293	526	528	600	534
1999	1.250	1.140	1.032	629	427	420	375	300	284	280	347	665	596
2000	1.326	970	808	722	406	334	331	309	419	287	430	747	591
2001	796	867	620	565	368	291	254	234	256	333	386	592	464
2002	989	1.247	744	494	407	303	287	258	274	205	464	847	543
2003	1.172	902	749	514	381	311	280	257	262	367	506	664	531
2004	939	1.096	1.093	975	660	615	531	393	303	400	493	934	703
2005	1.261	1.348	986	836	626	533	452	359	364	359	546	899	714
2006	715	1.178	792	577	426	348	314	281	291	446	666	1.021	588
2007	1.724	999	591	492	419	352	332	287	208	285	562	579	569
2008	708	1.418	1.246	1.070	641	514	381	371	319	440	758	1.182	754
2009	1.413	1.805	1.115	863	590	510	477	453	455	729	866	1.513	899
2010	1.770	987	1.318	1.068	642	494	493	358	322	407	702	1.453	835
2011	1.804	814	1.476	1.003	624	511	419	360	298	403	501	997	768
2012	1.490	867	646	590	580	545	424	323	272	279	442	570	586
2013	1.351	1.183	1.087	759	485	450	438	323	300	369	477	907	677
2014	493	286	383	415	263	244	221	208	186	167	262	311	287
MIN	412	286	383	415	263	244	220	183	186	167	262	287	287
MED	1.131	1.133	1.064	775	548	459	387	331	336	399	542	816	660
MAX	2.161	2.396	2.708	1.267	821	1.431	785	560	1.049	1.003	1.089	1.513	1.126



UHE ITAOCARA I

Tabela 4.23 - UHE Itaocara I - Vazões Médias Mensais Artificiais.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
1931	890	2.025	1.529	910	517	372	327	264	267	372	366	738	715
1932	1.265	1.085	957	495	449	413	266	251	250	351	396	1.005	599
1933	1.183	630	560	379	334	274	222	178	200	329	375	760	452
1934	1.209	521	582	375	263	203	169	144	148	171	173	712	389
1935	755	1.711	928	575	363	304	234	204	197	349	277	268	514
1936	262	394	1.327	738	334	230	184	168	226	198	237	580	407
1937	1.149	1.189	592	494	461	293	212	167	150	314	446	1.290	563
1938	1.168	996	902	634	427	338	267	302	250	346	471	718	568
1939	938	899	544	622	336	259	207	175	160	196	258	466	422
1940	965	1.310	1.072	505	335	286	202	170	175	275	528	647	539
1941	756	488	629	499	319	265	257	165	339	397	424	819	446
1942	793	704	970	541	411	319	314	199	227	289	427	803	500
1943	1.678	1.283	1.003	589	416	342	265	242	233	406	418	737	634
1944	746	1.292	1.582	722	442	345	278	221	187	211	263	426	560
1945	755	1.309	741	678	400	323	354	214	189	173	333	671	512
1946	1.578	733	795	622	376	298	244	195	155	261	367	383	501
1947	1.306	1.478	2.493	1.038	633	408	493	394	416	453	569	1.053	895
1948	1.028	1.325	1.492	883	521	399	309	301	236	314	405	798	668
1949	1.062	1.419	871	576	411	356	272	219	197	269	345	575	548
1950	1.264	1.647	1.171	890	590	412	322	241	210	309	539	930	710
1951	999	1.189	1.422	956	460	357	356	259	234	246	256	490	602
1952	997	1.302	1.616	830	399	504	358	317	346	346	492	663	681
1953	440	556	453	499	363	243	267	234	198	277	420	531	373
1954	346	483	387	372	320	270	186	154	133	167	212	260	274
1955	685	362	341	331	224	199	149	123	119	140	239	470	282
1956	476	303	642	349	291	283	212	242	184	190	240	538	329
1957	640	689	1.037	972	425	314	261	216	274	214	377	545	497
1958	361	749	620	487	484	400	294	211	247	290	433	615	433
1959	1.082	575	815	703	333	252	205	210	166	182	415	389	444
1960	600	896	1.459	604	404	327	276	245	212	214	297	633	514
1961	1.567	1.677	1.717	874	605	413	319	269	219	198	260	398	710
1962	694	1.614	977	537	371	297	239	224	245	304	534	760	566
1963	841	895	609	348	250	217	190	169	138	147	262	190	355
1964	444	1.075	550	366	294	222	233	179	158	256	296	482	380
1965	1.097	1.461	1.106	557	587	403	342	282	226	382	503	673	635
1966	1.903	712	1.116	696	467	338	283	250	239	307	873	917	675
1967	1.946	2.181	1.908	1.030	587	462	378	295	267	272	519	751	883
1968	897	558	672	435	301	247	223	225	225	221	191	431	386
1969	667	577	614	437	264	251	212	205	181	238	493	720	405
1970	689	677	738	390	282	224	237	197	309	307	351	363	397
1971	384	190	473	286	224	241	195	154	218	288	405	795	321



UHE ITAOCARA I

1972	700	930	1.059	552	345	274	265	251	280	368	526	591	512
1973	942	1.090	613	662	427	318	285	252	222	302	519	704	528
1974	999	659	811	687	387	332	291	225	195	231	243	530	466
1975	1.002	927	664	406	297	243	228	176	158	258	460	757	465
1976	669	718	710	579	403	435	443	322	390	458	547	783	538
1977	917	700	406	507	308	252	199	165	218	207	352	750	415
1978	1.067	636	665	367	291	293	231	188	168	170	323	409	401
1979	546	1.154	734	430	357	274	245	236	293	214	506	599	466
1980	980	775	503	633	321	270	265	222	221	255	350	682	456
1981	1.082	646	591	447	321	273	237	212	174	261	517	856	468
1982	981	644	1.252	908	442	353	320	289	226	301	360	902	582
1983	1.518	1.146	1.035	918	625	1.244	607	387	863	818	899	1.187	937
1984	982	547	472	510	498	301	246	239	232	212	229	371	403
1985	1.238	1.534	1.490	782	498	372	303	255	257	235	305	449	643
1986	707	789	947	449	322	282	234	274	222	189	213	764	449
1987	838	910	567	762	520	441	262	206	254	226	238	559	482
1988	717	1.604	1.068	624	544	475	307	287	264	286	390	406	581
1989	951	1.049	1.059	658	394	365	305	297	278	259	292	463	531
1990	515	266	498	407	305	259	263	243	276	286	284	283	324
1991	855	981	842	1.069	532	314	322	269	246	383	286	339	537
1992	1.060	592	493	363	333	275	270	236	332	376	587	651	464
1993	472	731	813	692	389	366	282	248	258	300	269	329	429
1994	666	439	728	618	501	307	232	200	159	153	259	530	399
1995	424	1.383	578	386	269	208	205	161	142	328	461	557	425
1996	1.187	1.083	1.391	736	438	316	270	235	444	293	798	773	664
1997	1.427	872	782	453	352	345	268	232	195	264	363	511	505
1998	546	805	576	378	284	242	198	186	175	349	371	417	377
1999	1.048	941	834	442	289	285	253	203	184	187	236	482	449
2000	1.111	765	611	536	274	226	222	207	287	201	259	559	438
2001	608	677	437	385	241	193	163	146	159	203	255	400	322
2002	797	1.047	554	332	267	199	182	164	176	131	306	638	399
2003	968	717	559	377	272	228	201	185	189	248	359	490	399
2004	745	886	901	778	476	434	361	279	216	277	349	745	537
2005	1.065	1.151	796	651	439	394	324	267	252	237	368	699	554
2006	533	984	605	389	298	246	216	203	203	309	468	806	438
2007	1.509	799	445	358	306	257	221	209	153	194	385	410	437
2008	513	1.203	1.035	855	447	367	278	257	233	306	569	981	587
2009	1.202	1.599	916	668	423	370	340	318	319	525	670	1.298	721
2010	1.559	799	1.103	853	459	359	354	261	238	305	556	1.238	674
2011	1.594	636	1.278	813	447	379	310	266	222	296	373	820	620
2012	1.296	690	485	450	434	373	301	245	209	203	334	403	452
2013	1.136	982	874	573	348	328	306	238	224	258	328	728	527
2014	353	202	255	282	178	163	147	141	120	107	178	206	194

MIN	262	190	255	282	178	163	147	123	119	107	173	190	194
MED	935	939	870	590	388	323	269	228	232	275	388	632	506
MAX	1.946	2.181	2.493	1.069	633	1.244	607	394	863	818	899	1.298	937

Vazões Máximas

Foi realizada a análise estatística das vazões máximas do posto fluviométrico Anta (58630002), que é aquele mais próximo do sítio da UHE Itaocara I e com maior histórico de dados, seguindo a metodologia proposta pela ANA.

Devido à implantação da UHE Funil a montante do posto Anta no final do ano de 1969, procurou-se analisar o comportamento de vazões máximas em diferentes períodos no referido posto, de modo a avaliar o efeito do amortecimento das cheias no reservatório da UHE Funil.

Em uma segunda análise foi também utilizado o posto Queluz (58235100), localizado a montante da UHE Funil, para, através de correlação direta de vazões, transferir os valores posteriores a 1969 ao posto Anta, de maneira a desconsiderar os efeitos de amortecimento de cheias causados pela UHE Funil, permanecendo inalteradas as vazões de 1969 e anteriores.

Seguindo o exposto, os Estudos de Máximas então realizados tomaram como base as seguintes premissas:

Somente posto Anta

Alternativa 1 - Dados de 1931 a 2014;

Alternativa 2 - Dados de 1931 a 1969;

Alternativa 3 - Dados de 1970 a 2014.

Posto Anta e correlação com posto Queluz a partir de 1970

Alternativa 4 - Dados de 1931 a 2014;

A série de vazões máximas anuais obtida foi analisada tomando como base o ano hidrológico da região (setembro a agosto).

As vazões máximas anuais observadas são relacionadas na Tabela 4.24 (para dados somente do posto Anta) e na Tabela 4.25 (para dados do posto Anta e correlação com posto Queluz a partir de 1970).

Tabela 4.24 - Vazões Máximas Ano Hidrológico – Estação Anta (m³/s).

Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)
1931	3.046	1959	1.718	1987	1.616
1932	3.022	1960	2.194	1988	2.231
1933	1.983	1961	2.184	1989	1.268
1934	2.223	1962	2.350	1990	981
1935	2.670	1963	1.215	1991	1.688

Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)
1936	2.156	1964	2.460	1992	2.488
1937	2.165	1965	2.002	1993	915
1938	4.214	1966	4.182	1994	1.889
1939	2.108	1967	3.226	1995	1.820
1940	2.060	1968	1.104	1996	1.709
1941	2.079	1969	2.204	1997	2.047
1942	1.594	1970	1.126	1998	1.159
1943	4.182	1971	557	1999	1.122
1944	2.460	1972	1.652	2000	1.984
1945	2.530	1973	1.799	2001	1.173
1946	3.382	1974	1.689	2002	1.085
1947	4.672	1975	1.350	2003	1.868
1948	2.540	1976	1.587	2004	1.903
1949	2.069	1977	1.311	2005	1.639
1950	2.136	1978	2.119	2006	1.162
1951	1.882	1979	1.741	2007	1.849
1952	2.031	1980	1.076	2008	1.534
1953	1.324	1981	-	2009	1.889
1954	889	1982	-	2010	1.973
1955	1.311	1983	1.954	2011	1.873
1956	1.566	1984	1.509	2012	1.863
1957	1.882	1985	2.396	2013	1.560
1958	1.298	1986	1.259	2014	-

Tabela 4.25 - Vazões Máximas Ano Hidrológico – Estação Anta com Correlação Posto Queluz (m³/s).

Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)
1931	3.046	1959	1.718	1987	1.816
1932	3.022	1960	2.194	1988	1.987
1933	1.983	1961	2.184	1989	1.513
1934	2.223	1962	2.350	1990	1.067
1935	2.670	1963	1.215	1991	2.191
1936	2.156	1964	2.460	1992	2.312
1937	2.165	1965	2.002	1993	1.767
1938	4.214	1966	4.182	1994	825
1939	2.108	1967	3.226	1995	1.789
1940	2.060	1968	1.104	1996	2.215
1941	2.079	1969	2.204	1997	2.138
1942	1.594	1970	1.579	1998	1.178
1943	4.182	1971	959	1999	2.183
1944	2.460	1972	1.521	2000	4.782
1945	2.530	1973	1.463	2001	1.133

Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)	Ano	Máxima (m³/s)
1946	3.382	1974	2.331	2002	1.569
1947	4.672	1975	852	2003	1.167
1948	2.540	1976	1.544	2004	1.745
1949	2.069	1977	1.440	2005	2.130
1950	2.136	1978	1.259	2006	1.544
1951	1.882	1979	904	2007	1.075
1952	2.031	1980	1.383	2008	1.964
1953	1.324	1981	1.500	2009	2.005
1954	889	1982	1.509	2010	2.219
1955	1.311	1983	2.368	2011	2.028
1956	1.566	1984	1.755	2012	1.230
1957	1.882	1985	1.427	2013	2.182
1958	1.298	1986	1.152	2014	849

Obs.: valores em negrito representam dados resultantes da correlação com o posto Queluz.

As séries de vazões máximas anuais foram submetidas a estudos estatísticos, sendo ajustadas à distribuição de Gumbel para coeficientes de assimetria abaixo de 1,5 e à distribuição Exponencial II Parâmetros nos demais casos, conforme recomendação da ELETROBRÁS.

Adicionalmente as vazões máximas diárias obtidas foram transformadas em vazões máximas instantâneas por meio da equação de Fuller, que segue descrita abaixo:

$$Q_{INST} = Q_{MÁX} \cdot \left(1 + \frac{2,66}{A^{0,3}} \right)$$

Onde:

Q_{INST} – Vazão máxima instantânea (m³/s);

$Q_{MÁX}$ – Vazão máxima diária (m³/s);

A – Área de drenagem da bacia hidrográfica no local do aproveitamento (km²).

A Tabela 4.26 relaciona as vazões máximas estimadas para os tempos de recorrência de interesse no posto Anta e no eixo do aproveitamento.

Tabela 4.26 - Vazões Máximas Obtidas.

Tempo de Recorrência (anos)	Máxima Instantânea (m³/s)			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
2	2.094	2.495	1.766	2.113

Tempo de Recorrência (anos)	Máxima Instantânea (m³/s)			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
5	2.873	3.392	2.194	2.956
10	3.389	3.986	2.477	3.514
15	3.681	4.321	2.637	3.829
20	3.884	4.556	2.749	4.049
25	4.042	4.736	2.835	4.219
50	4.525	5.293	3.100	4.742
100	5.006	5.846	3.364	5.261
1.000	6.592	7.671	4.235	6.976
10.000	8.176	9.493	5.104	8.688

Dos resultados apresentados na Tabela 4.25, fica claro que a utilização dos valores de vazão medidos na estação fluviométrica Anta, a partir do ano de 1970 tende a subestimar as cheias naturais, pois estas tiveram o efeito do amortecimento dos reservatórios a montante.

O preenchimento de vazões máximas a partir do posto Queluz (Alternativas 4) resulta em valores próximos aos calculados para o período completo do posto Anta (Alternativa 1).

Após avaliação dos estudos estatísticos desenvolvidos, adotou-se os valores de vazões máximas estimadas para o período de dados exclusivamente do posto Anta entre os anos de 1931 a 1969 (Alternativa 2), por representarem as condições naturais do rio no trecho, sem a operação de reservatórios a montante.

Os resultados são apresentados na Tabela 4.24.

Tabela 4.24 - Vazões Máximas – UHE Itaocara I.

Tempo de Recorrência (anos)	Instantânea (m³/s)
2	2.495
5	3.392
10	3.986
25	4.736
50	5.293
100	5.846
1.000	7.671
10.000	9.493

O resultado da vazão de projeto do vertedouro foi muito próximo daquele apresentado no Edital do Leilão da UHE Itacara I ($Q=9.530 \text{ m}^3/\text{s}$), o qual foi aprovado pela Resolução ANA nº 1404 de 26 de novembro de 2013.

Desta forma será mantida a vazão de projeto de $9.530 \text{ m}^3/\text{s}$, conforme definição da ANEEL.

Vazões Máximas De Estiagem

Os estudos de Vazões Máximas de Estiagem consideraram as vazões observadas entre os meses de maio a outubro, calculando as vazões máximas instantâneas pelo critério de Fuller.

De acordo com o conceito adotado nos estudos para o período completo, foram utilizados os dados do posto fluviométrico Anta para o período entre 1931 e 1969.

As vazões máximas diárias ocorridas no período citado estão relacionadas na Tabela 4.25.

A amostra tem assimetria de 0,14, inferior a 1,5, tendo sido ajustada a distribuição de Gumbel.

A Figura 4.13 permite avaliar visualmente a aderência dos pontos representativos dos dados observados à distribuição.

Tabela 4.25 - Vazões Máximas Diárias - Posto Anta – Período de Estiagem.

Ano	Máxima (m^3/s)	Ano	Máxima (m^3/s)
1931	990	1951	633
1932	862	1952	580
1933	611	1953	438
1934	431	1954	394
1935	712	1955	204
1936	563	1956	342
1937	917	1957	477
1938	820	1958	689
1939	524	1959	346
1940	538	1960	403
1941	680	1961	689
1942	592	1962	636
1943	783	1963	184
1944	595	1964	290
1945	560	1965	1.016
1946	549	1966	608
1947	912	1967	671
1948	664	1968	327
1949	455	1969	315
1950	871	-	-

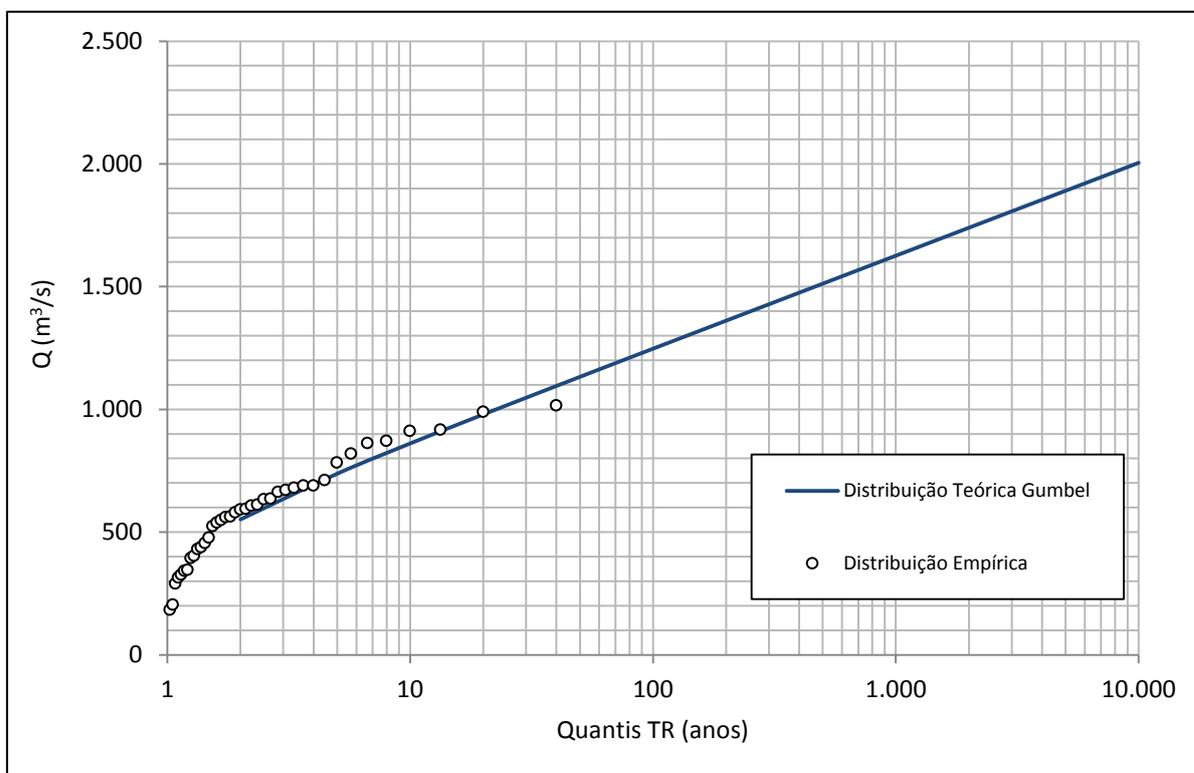


Figura 4.13 - Resultado do Ajuste das Amostras à Distribuição de Gumbel.

A Tabela 4.28 relaciona as vazões máximas de estiagem estimadas para os tempos de recorrência de interesse para o posto e para o aproveitamento.

Tabela 4.268 - Vazões Máximas de Estiagem.

Tempo de Recorrência (anos)	Posto Anta	UHE Itaocara I	
	Máxima Diária (m³/s)	Máxima Diária (m³/s)	Instantânea (m³/s)
2	552	568	634
5	738	760	849
10	861	887	990
15	931	959	1.070
20	979	1.009	1.126
25	1.017	1.047	1.169
50	1.132	1.166	1.302
100	1.247	1.284	1.434

Vazões Mínimas

Este estudo apresenta aquilo que foi exposto no Projeto Básico (SPEC, 2014), o qual sintetizou os estudos realizados no Projeto Básico (PCE, 2009) e reapresentados no Estudo de Disponibilidade Hídrica da UHE Itaocara I (Hicon, 2013) para a definição das vazões mínimas, especialmente aquelas correspondentes a média de sete dias consecutivos e 10 anos de retorno ($Q_{7,10}$) do aproveitamento. Esses procedimentos consistiram na coleta e análise dos seguintes estudos sobre o tema consistiu na coleta e análise dos seguintes estudos sobre o tema:

- Estudo de Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58 (Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Junho de 2002);
- Balanço entre Disponibilidade e Demandas Futuras dos Recursos Hídricos, em Quantidade e Qualidade, com Indicação de Conflitos Potenciais, do Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia COPPE, 2002).

Os estudos desenvolvidos pela CPRM incluíram o ajustamento das distribuições teóricas de Weibull e Gumbel às vazões médias de sete dias consecutivos, mínimas anuais (Q_7), de todas as estações pré-selecionadas com mais de cinco anos de dados, sendo que para a grande maioria dessas estações a distribuição que melhor se ajustou foi a de Weibull.

Foram analisadas as regressões das vazões Q_7 , primeiramente com as áreas de drenagem e em seguida acrescentando-se as precipitações médias. No caso da sub-bacia 58, situada entre Barra do Piraí e a foz do rio Paraíba do Sul, foram determinadas as equações regionais válidas para áreas de drenagem entre 17.645 e 55.450 km².

O valor da área de drenagem da UHE Itaocara ($A = 33.680$ km²) foi aplicado nas equações desenvolvidas, com o objetivo de estimar as vazões mínimas com sete dias de duração (Q_7).

A Figura 4. apresenta o gráfico de distribuição de frequência de Weibull para o local do aproveitamento, transferido pela relação entre áreas de drenagem, o qual apresenta o valor da $Q_{7,10}$ de 150 m³/s.

4.2.3.4 Conclusão

Os estudos hidrológicos realizados pela VLB Engenharia têm o objetivo principal de analisar as premissas hidrológicas apresentadas nos estudos disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Após atualização das séries hidrológicas e aferição dos estudos estatísticos, conclui-se que:

- A série de vazões médias mensais utilizada para continuidade deste estudo, será aquela disponibilizada pelo ONS em sua página na internet, em março de 2016.

- A vazão de projeto de vertedouro utilizada será de $9.530 \text{ m}^3/\text{s}$, apresentada no Edital do Leilão, Anexo VIII - Características Técnicas e Informações Básicas para a Exploração da UHE Itaipava.
- As vazões máximas utilizadas para o dimensionamento das demais estruturas, serão aquelas calculadas pela VLB, apresentadas no Item 4.2.3.3.

4.2.4 Estudos de Curva-Chave

As curvas-chave apresentadas neste capítulo foram estudadas e apresentadas no Projeto Básico (SPEC, 2014).

No traçado dessas curvas foram utilizados os dados disponíveis de descarga líquida dos postos fluviométricos locais, inclusive aqueles medidos especificamente para esta fase dos estudos.

Além disso, foram empregados, sempre que disponíveis, dados topobatimétricos visando sua extrapolação.

Para a definição da curva-chave no canal de fuga foi utilizado um modelo matemático unidimensional.

A Figura 4.14 apresenta a localização das réguas disponibilizadas pelo Consórcio Itaipava à época do projeto.

Os dados em questão, assim como os dados de nível d'água observados no âmbito deste trabalho, foram objeto de análise de consistência, utilizando-se técnicas de correlação e traçados de fluviogramas.

Nos itens seguintes é explicado o procedimento adotado para cada posto de interesse aos estudos



Figura 4.14 - Localização das Régua Consórcio Itaocara.

4.2.4.1 Curva-Chave Braço Esquerdo

Esse posto está localizado no sítio da futura UHE Itaocara I, onde a Ilha Serena divide o fluxo do rio Paraíba do Sul em dois canais principais.

No canal esquerdo, onde o escoamento também é eventualmente dividido, a medição de vazão é realizada em dois pequenos canais para níveis d'água variando entre 15,0 e 17,1 m.

Quando o nível d'água está abaixo de 15,0 m, o canal menor fica seco, e quando o nível está acima de 17,1 m, o divisor dos canais é afogado, tornando-se um único canal.

Encontra-se na Tabela 4.29 a soma das medições de vazão e das áreas, além da média das leituras de nível d'água dos dois pequenos canais.

Tabela 4.29 - Resumo de Medições de Vazão do Posto Itaocara I Canal Esquerdo.

Nº	Data	Área (m ²)	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m ³ /s)
1	16/1/2.009	436	1,46	16,5	635

Nº	Data	Área (m ²)	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m ³ /s)
2	7/2/2.009	501	1,48	16,9	739
3	19/2/2.009	482	1,43	16,8	691
4	20/2/2.009	466	1,29	16,7	600
5	27/2/2.009	504	1,48	16,9	746
6	28/2/2.009	529	1,74	17,1	923
7	6/3/2.009	408	1,11	16,2	454
8	27/3/2.009	398	1,07	16,0	425
9	1/4/2.009	456	1,24	16,5	568
10	6/4/2.009	378	0,955	15,7	361
11	7/4/2.009	373	0,851	15,6	317
12	9/4/2.009	465	1,27	16,6	590
13	7/5/2.009	296	0,877	15,0	260
14	15/5/2.009	295	0,871	14,9	257
15	23/5/2.009	304	0,955	15,2	291
16	30/5/2.009	313	0,980	15,3	307
17	7/6/2.009	290	0,851	14,9	247
18	29/6/2.009	303	0,931	15,1	282

Utilizando as vazões e os níveis d'água acima, interpolou-se uma curva-chave para esse posto, apresentada na Figura 4.15.

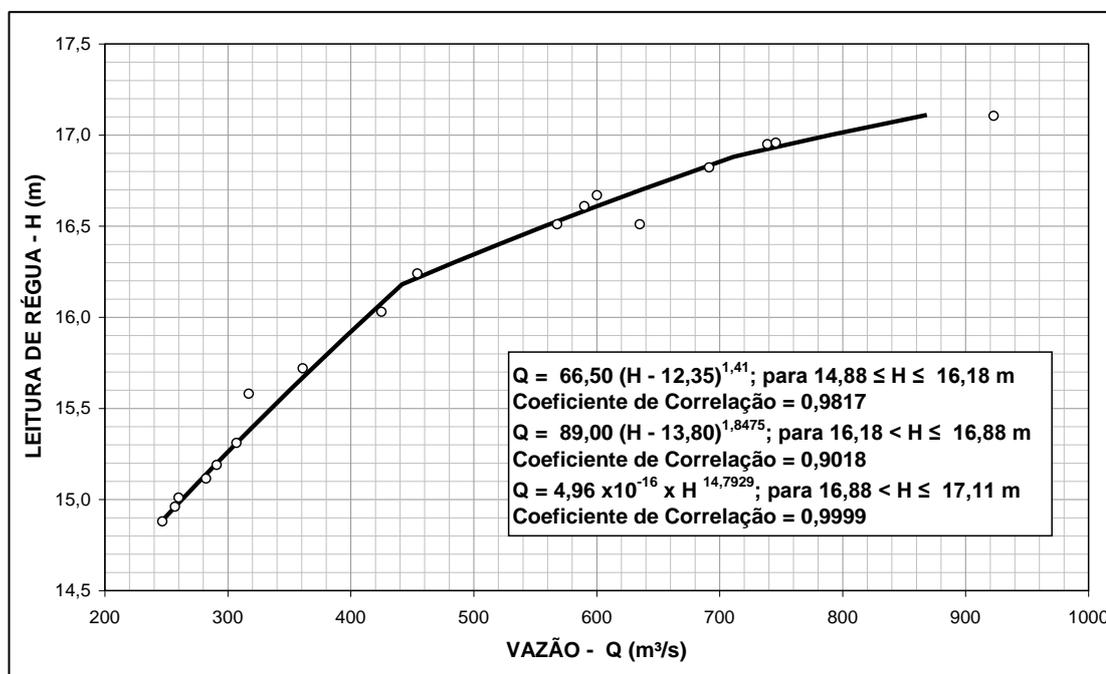


Figura 4.15 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itaocara I Braço Esquerdo

Período: 16/01/2009 a 29/06/2009.

Na extrapolação dessa curva foi utilizado o Método da Área x Velocidade, baseado no gráfico apresentado na Figura 4.16 que contemplou apenas as maiores áreas medidas, em virtude da finalidade dessa correlação.

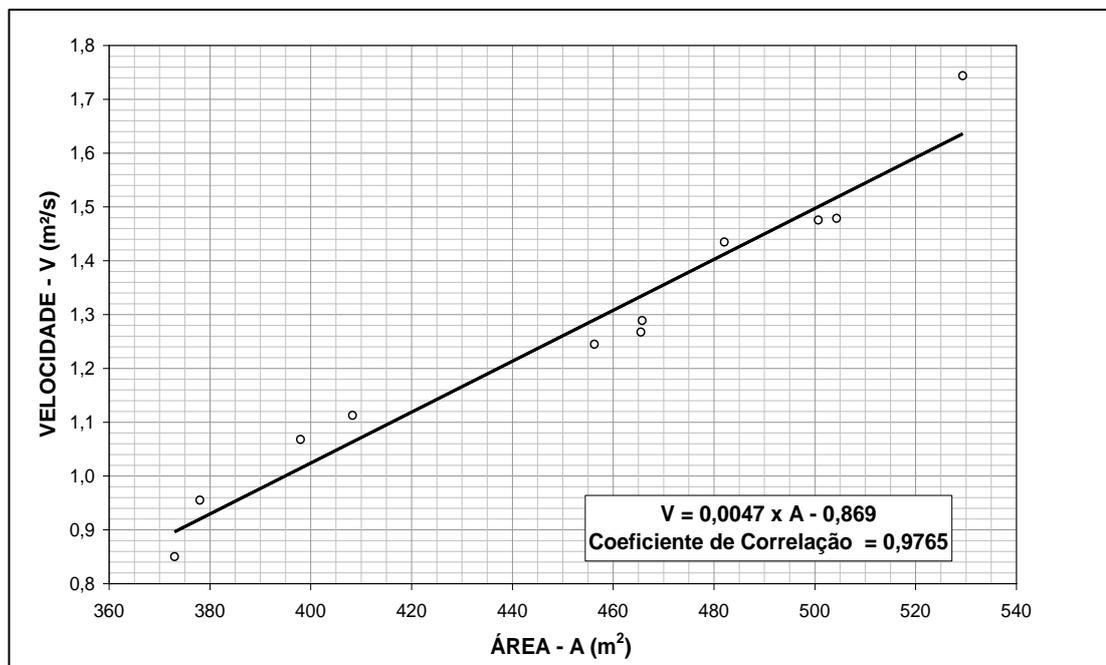


Figura 4.16 - Correlação entre Área e Velocidade do Posto Itaipava I Braço Esquerdo.

A seção utilizada para a extrapolação da curva S-21,5 foi obtida em escritório. As batimetrias dos pequenos canais foram levantadas a partir do resumo de descarga líquida dos dias 06/04 e 01/04/2009, com níveis d'água iguais a 15,7 e 16,5 m, respectivamente.

A partir desses níveis, a topografia foi obtida utilizando-se como referência a planta do levantamento planialtimétrico realizado pela empresa LSF Andrade Computação e Serviços LTDA.

A Figura 4.17 apresenta a curva definida para esse posto e a configuração da seção topobatimétrica utilizada para a extrapolação S-21,5, localizada aproximadamente, 8,0 m a montante da seção de réguas.

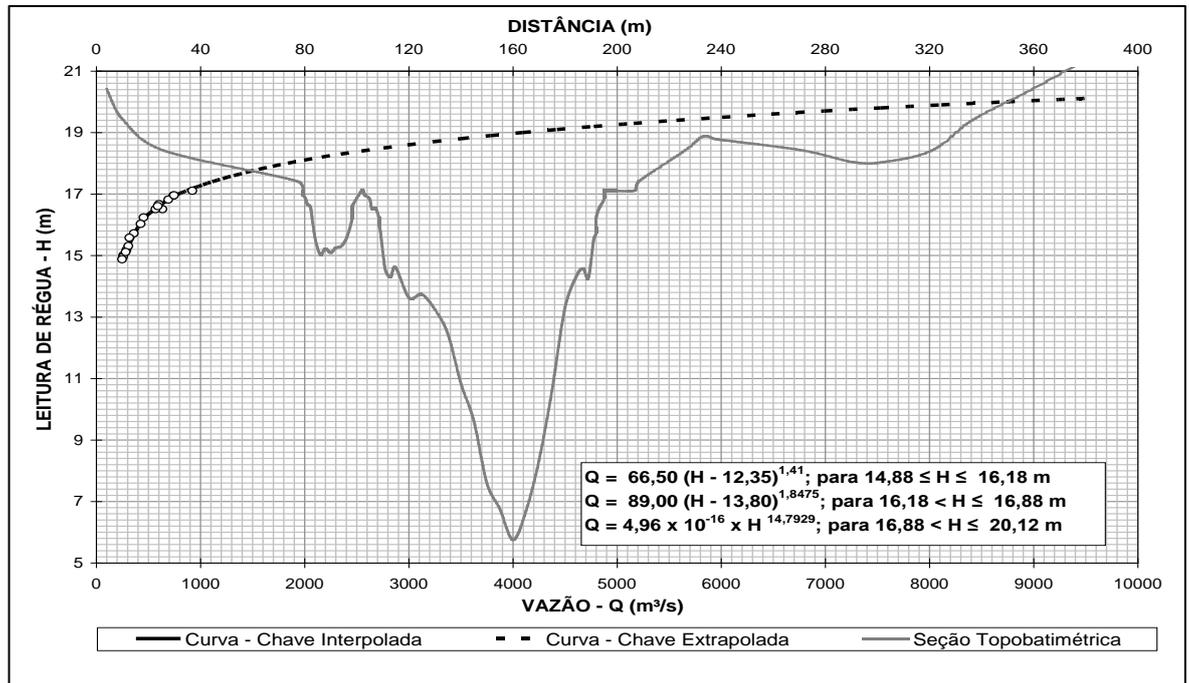


Figura 4.17 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itaocara I Braço Esquerdo.

Nota: Cota do zero da régua equivalente a 46,587 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

4.2.4.2 Curva-Chave Braço Direito

Esse posto limnimétrico está situado no canal direito do rio Paraíba do Sul, no sítio da futura Barragem de Terra Margem Direita da UHE Itaocara I.

No traçado da curva-chave desse posto utilizou-se a diferença entre as vazões dos postos Itaocara ANA e Itaocara I Canal Esquerdo e as leituras de régua diárias obtidas no próprio posto Itaocara I Canal Direito.

Ressalta-se que tais vazões foram obtidas das curvas-chave definidas para aqueles postos.

A curva-chave interpolada para esse posto encontra-se na Figura 4.18.

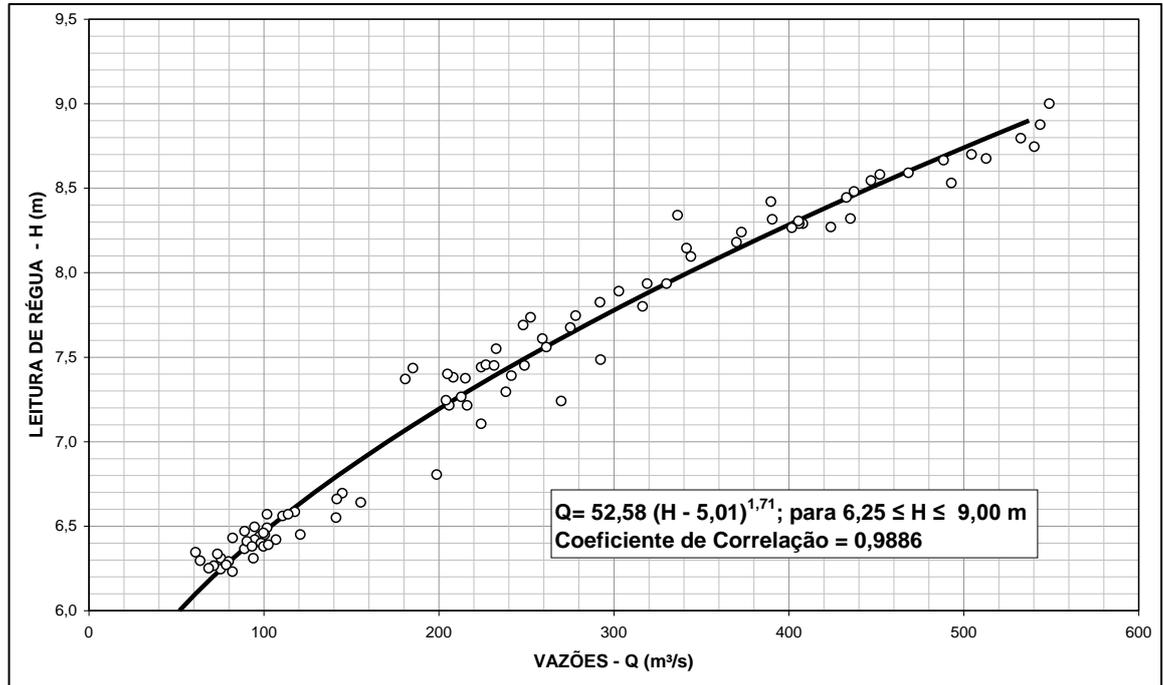


Figura 4.18 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itaipava I Braço Direito

Período: 30/01/2009 a 17/06/2009.

Para a extrapolação da curva utilizou-se o método de Stevens. O gráfico Q x AR^{2/3} ajustado, encontra-se na Figura 4.19.

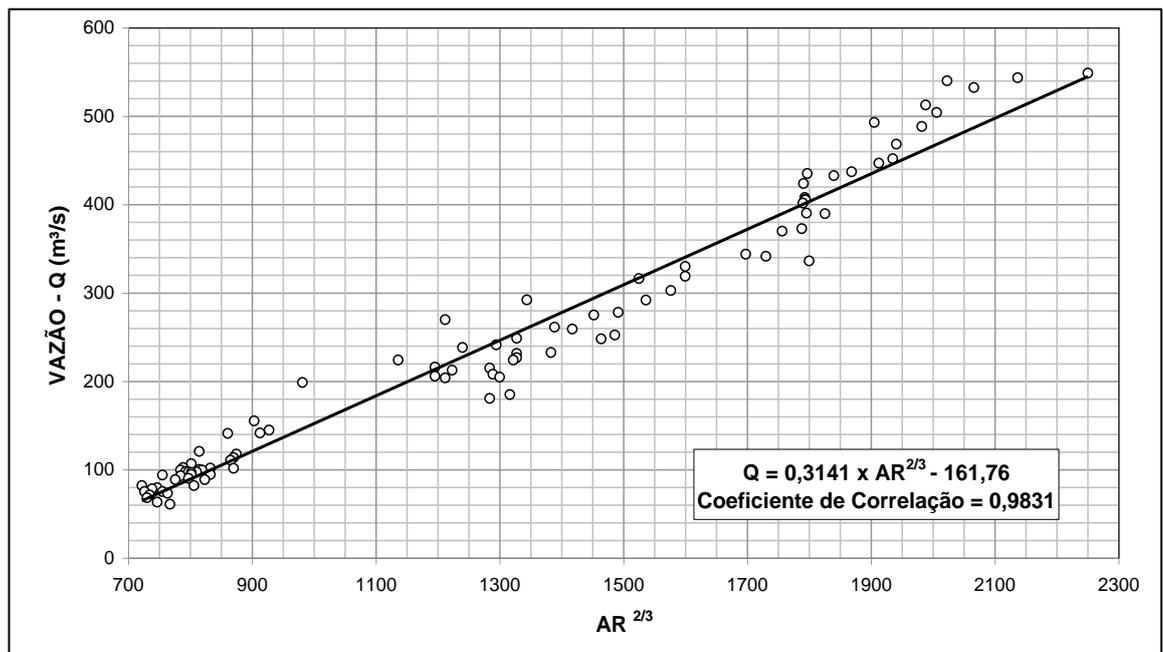


Figura 4.19 - Correlação entre Vazões e AR^{2/3} do Posto Itaipava I Braço Direito.

A seção topobatimétrica utilizada na extrapolação, S-24, foi levantada pela Hidrotécnica no âmbito dos Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara e está localizada cerca de 70,0 m à jusante do posto.

A curva-chave extrapolada determinada para esse posto e a configuração da seção topobatimétrica do canal direito encontra-se na Figura 4.20.

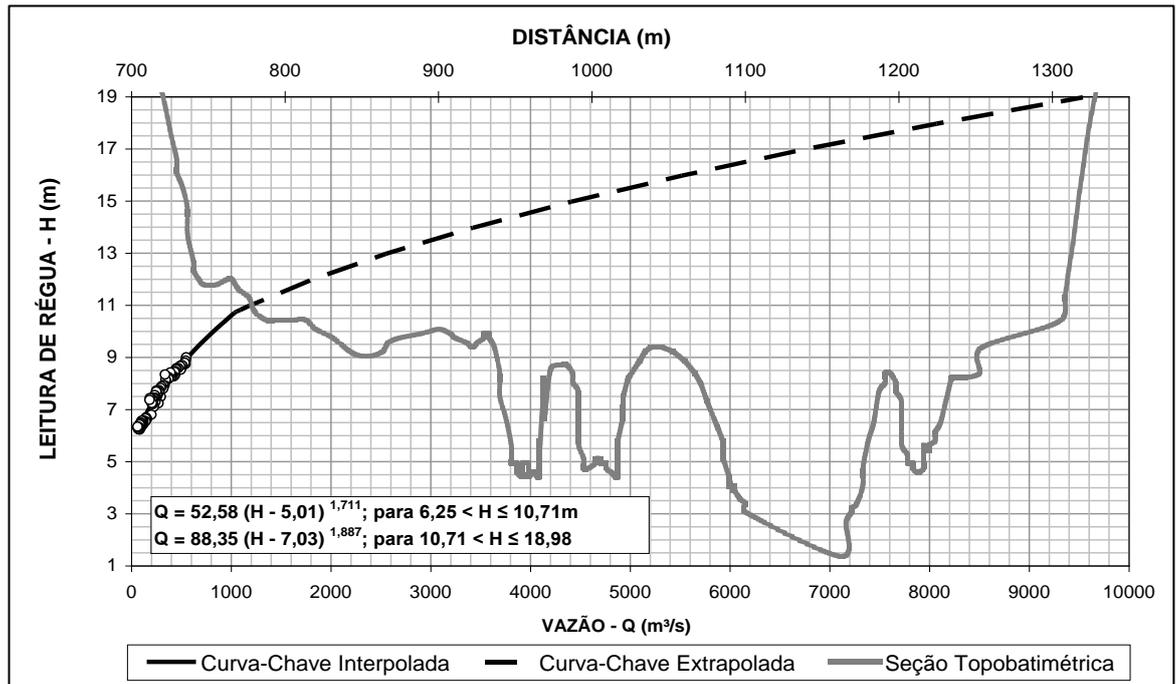


Figura 4.20 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itaocara I Braço Direito.

Nota: Cota do zero da régua, equivalente a 54,629 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

4.2.4.3 Curva-Chave Itaocara Jusante

Esse posto, instalado pela Hidrotécnica para os Estudos de Viabilidade da UHE Itaocara e que se encontra desativado, situa-se na margem esquerda do rio Paraíba do Sul cerca de 6,0 km à jusante do eixo da UHE Itaocara I, onde também existe uma ilha, dividindo o rio em dois canais. Neles foram realizadas medições de nível d'água, de vazões líquidas e de descargas sólidas pela Hidrotécnica e pela LIGHT entre 1.998 e 2.001.

Na Tabela 4.30 encontra-se o resumo de medições desse posto e na Figura 4.21, a curva-chave interpolada.

Tabela 4.30 - Resumo de Medições de Vazão do Posto Itaoacara Jusante.

Nº	Data	Área (m ²)	Largura (m)	Profundidade Média (m)	Velocidade (m/s)	Nível d'Água (m)	Vazão (m ³ /s)
1	30/12/98	704	227	3,09	0,778	2,42	547
2	14/1/99	707	226	3,13	0,641	2,14	454
3	18/1/99	836	230	3,63	0,843	2,67	705
4	25/1/99	777	232	3,35	0,750	2,40	583
5	19/2/99	723	228	3,17	0,783	2,41	566
6	27/2/99	793	232	3,42	0,961	2,80	762
7	2/3/99	974	331	2,94	1,06	3,36	1034
8	6/4/99	619	222	2,79	0,562	1,92	348
9	9/4/99	622	221	2,81	0,552	1,88	344
10	5/5/99	569	219	2,60	0,453	1,69	258
11	9/6/99	598	222	2,69	0,509	1,82	304
12	2/8/99	559	219	2,55	0,445	1,64	249
13	10/8/99	536	215	2,48	0,390	1,62	209
14	14/9/99	505	204	2,48	0,405	1,55	205
15	14/10/99	493	205	2,40	0,446	1,61	220
16	30/11/99	576	203	2,83	0,542	1,82	312
17	21/12/99	599	201	2,98	0,525	1,88	314
18	25/1/00	702	203	3,45	0,592	2,16	416
19	14/3/00	740	206	3,60	0,779	2,46	576
20	25/4/00	712	204	3,50	0,746	2,40	531
21	30/5/00	566	199	2,85	0,417	1,66	236
22	4/7/00	535	198	2,70	0,408	1,60	218
23	10/8/00	545	201	2,71	0,458	1,65	250
24	12/9/00	535	199	2,69	0,397	1,59	213
25	3/10/00	526	199	2,64	0,441	1,61	232
26	8/11/00	545	202	2,69	0,431	1,61	235
27	12/12/00	592	200	2,95	0,521	1,88	308
28	6/2/01	688	209	3,30	0,723	2,34	498
29	27/3/01	568	199	2,85	0,449	1,65	255
30	17/4/01	573	198	2,90	0,571	1,84	327

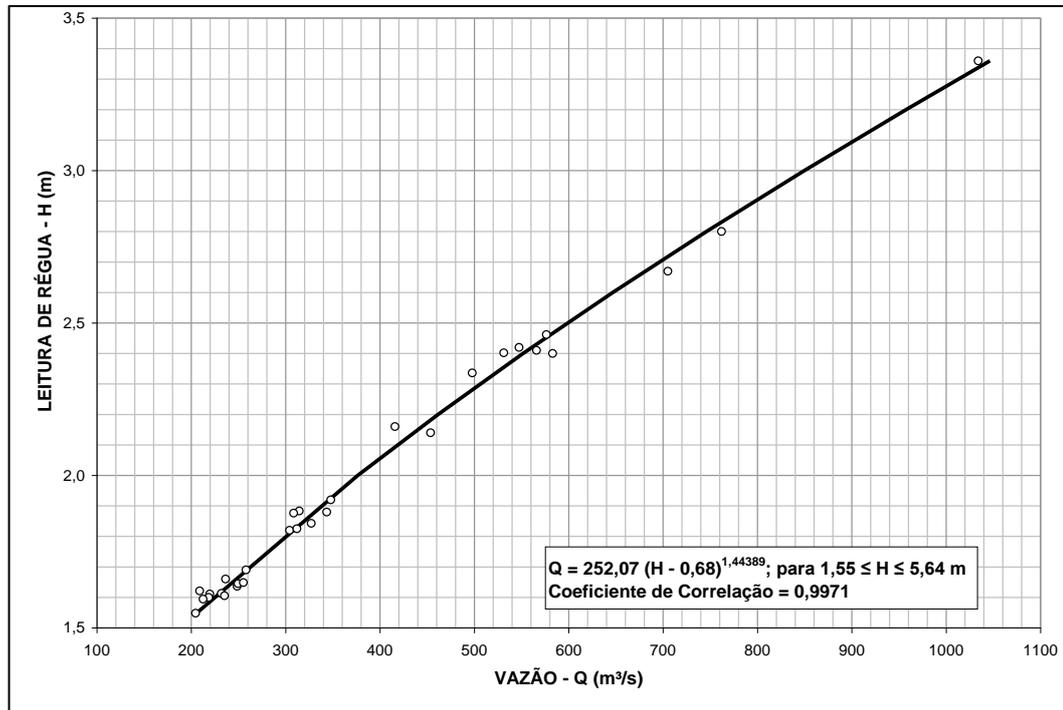


Figura 4.21 - Curva-Chave Interpolada do Posto Itacara Jusante.

Período: 30/12/1998 a 17/04/2001.

Para a extrapolação da curva interpolada utilizou-se o método de Stevens. O gráfico $Q \times AR^{2/3}$, encontra-se na Figura 4.22.

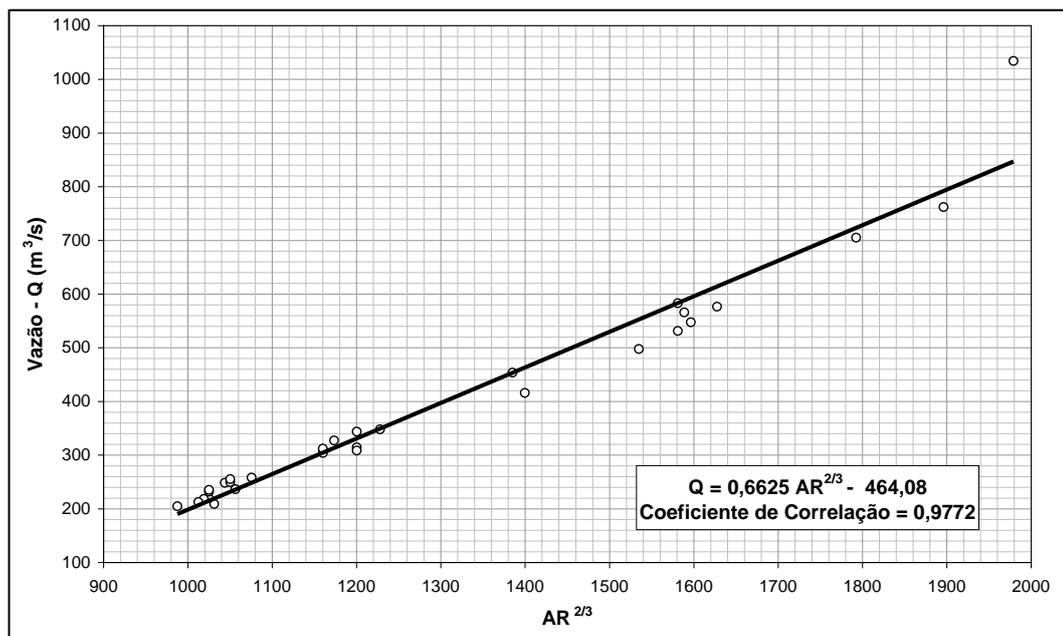


Figura 4.22 - Correlação entre Vazões e $AR^{2/3}$ do Posto Itacara Jusante.

A seção topográfica no local do posto, utilizada para a extrapolação da curva-chave, foi obtida, parcialmente, do aerolevanteamento. Assumiu-se que o trecho submerso é representado pela batimetria realizada em 02/03/1.999, durante a medição de vazão a qual corresponde o maior nível d'água.

A curva-chave extrapolada determinada para esse posto e a seção topobatimétrica acima descrita encontra-se na Figura 4.23.

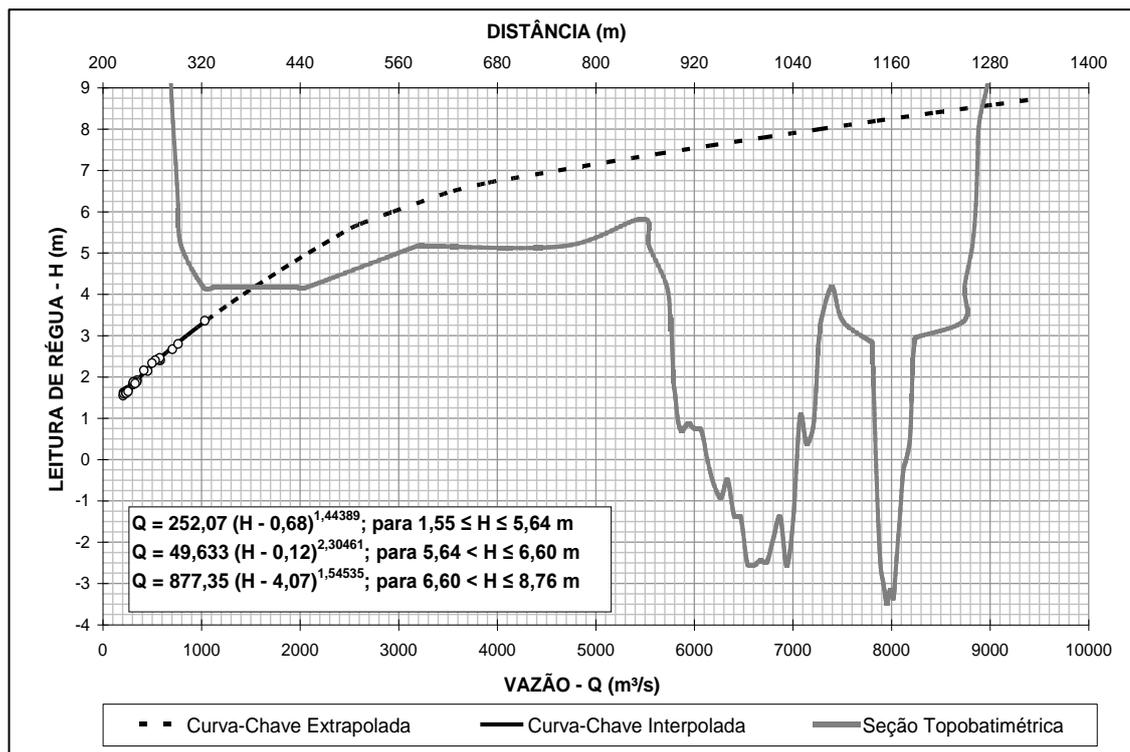


Figura 4.23 - Curva-Chave e Seção Transversal do Rio Paraíba do Sul no Posto Itaocara Jusante.

Nota: Cota do zero da régua, equivalente a 57,833 m, obtida a partir da cota de RN do posto, determinada pela empresa LSF Andrade e do nivelamento geométrico constante da sua ficha descritiva.

4.2.4.4 Curva-Chave Canal de Fuga

A curva chave para o local do canal de fuga da casa de força, utilizada como referência nos estudos energéticos que subsidiaram o Edital do Leilão, foi apresentada no Estudo do Projeto Básico (SPEC 2014).

Esta curva-chave foi obtida através de modelagem matemática, que objetivou reproduzir os níveis naturais no braço esquerdo do rio Paraíba do Sul, utilizando como referência a curva chave ajustada para estação Itaocara Jusante (Roda d'Água), instalada a jusante da Ilha Serena, quando ocorre a unificação dos fluxos dos braços esquerdo e direito.

A Figura 4.24 apresenta a curva chave definida no local do canal de fuga da casa de força, utilizada nos estudos energéticos.

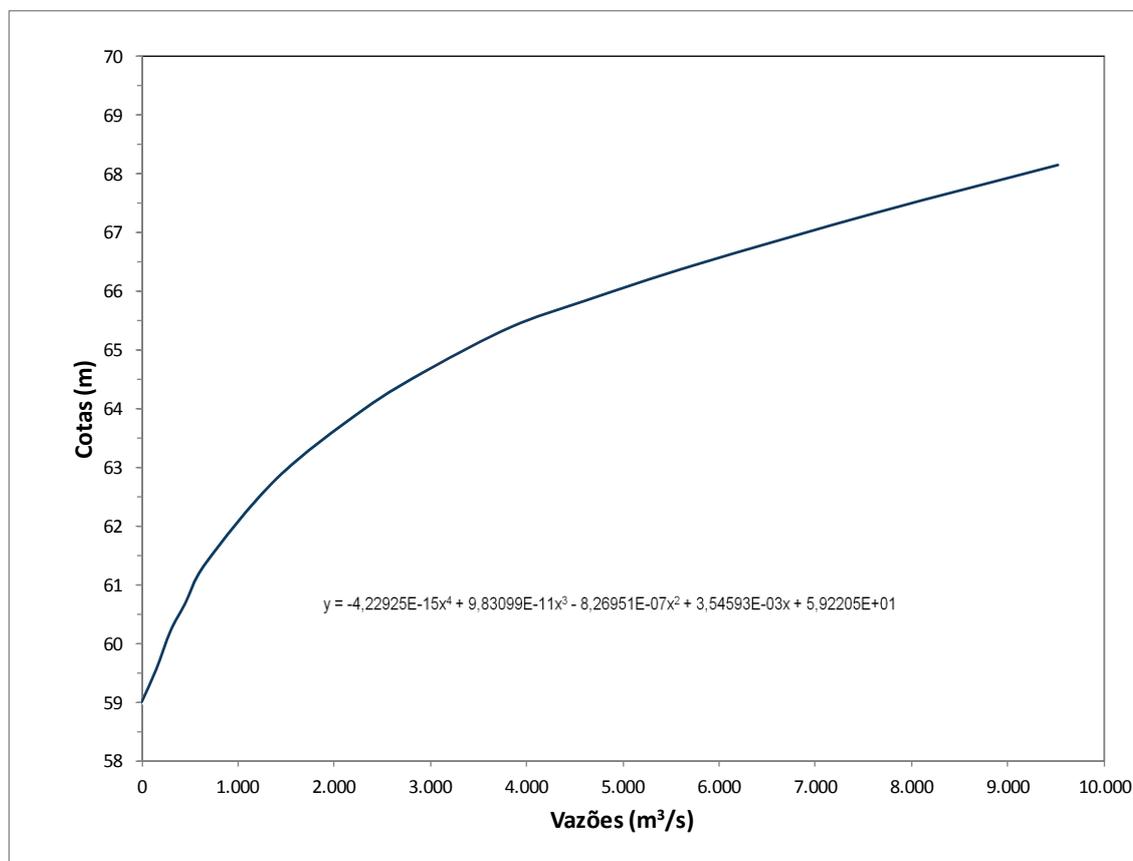


Figura 4.24 – Curva-Chave no Canal de Fuga da UHE Itacara I.

Os coeficientes do polinômio de quarto grau definido são reproduzidos na Tabela 4.31

Tabela 4.31 – Equação da Curva-Chave no Canal de Fuga da UHE Itacara I.

Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
5,9220500E+01	3,5459300E-03	-8,2695100E-07	9,8309900E-11	-4,2292500E-15

Esta curva chave definida no Projeto Básico (SPEC 2014) e utilizada pela EPE em sua avaliação energética, será adotada na continuidade dos estudos.

De acordo com o ajuste supracitado, o nível normal de água a jusante da Casa de Força considerado nos estudos energéticos, para a vazão máxima turbinada de 626 m³/s está definido na El 61,14m.

4.2.5 Estudos do Reservatório

4.2.5.1 Estudo de Remanso

Diferentemente dos estudos de remanso usualmente desenvolvidos na fase de Projeto Básico, nos quais se realizam simulações de escoamento em um reservatório com nível d'água conhecido, a UHE Itacara I foi contemplado com análises específicas de diferentes cenários, em consequência das seguintes peculiaridades:

- Existência do povoado de São Sebastião do Paraíba no extremo de montante do reservatório da UHE Itacara I;
- Necessidade de se considerar a formação de depósitos de sedimentos no reservatório, na medida em que esse fenômeno tem influência no remanso.

Em face do acima exposto, fez-se mister uma otimização do “Nível d'Água Máximo Normal” estabelecido no “Relatório de Validação de Alternativa Para Viabilização Ambiental” (PCE Engenharia, Maio/2.009), partindo-se da premissa de que com a implantação do reservatório da UHE Itacara I não deve provocar o recrudescimento das inundações que assolam periodicamente o povoado de São Sebastião do Paraíba, mesmo após 30 (trinta) anos de assoreamento. Nesse estudo foi utilizado o Modelo HEC-RAS, devidamente calibrado com base em resultados de levantamentos de campo. Uma vez definido o nível d'água máximo normal do reservatório em questão, outras simulações de remanso foram efetuadas, incluindo o “braço”/remanso do reservatório a ser formado no vale do rio Pirapetinga, principal afluente local do rio Paraíba do Sul, conforme detalha-se em seguida.

Dados Básicos

Foram utilizados os seguintes dados:

- Curvas-chave naturais apresentadas no item 4.2.4;
- Seções topobatimétricas transversais ao rio Paraíba do Sul, resultantes de levantamentos de campo (12 seções em 2.009 e 14 seções em 1.995) e de análises de escritório fundamentadas em aerolevanteamento realizada em 2.009 na escala 1:5.000 (06 seções). A Figura 4.25 ilustra, como exemplo, a seção S-14.5, obtida em escritório, utilizada para caracterizar o controle fluvial identificado nesse trecho do rio. A apresenta a localização dessas seções, enquanto a Tabela 4.32 apresenta as distâncias entre elas.
- Seções topobatimétricas transversais ao rio Pirapetinga, resultantes de levantamentos de campo realizados em 2.009 (05 seções) e baseadas na restituição supracitada (07 seções).
- A Tabela 4.33 relaciona essas seções e as distâncias entre elas (ver Figura 4.26 também).

Quando necessário, as seções transversais levantadas em campo foram complementadas a partir do aerolevanteamento supracitado.

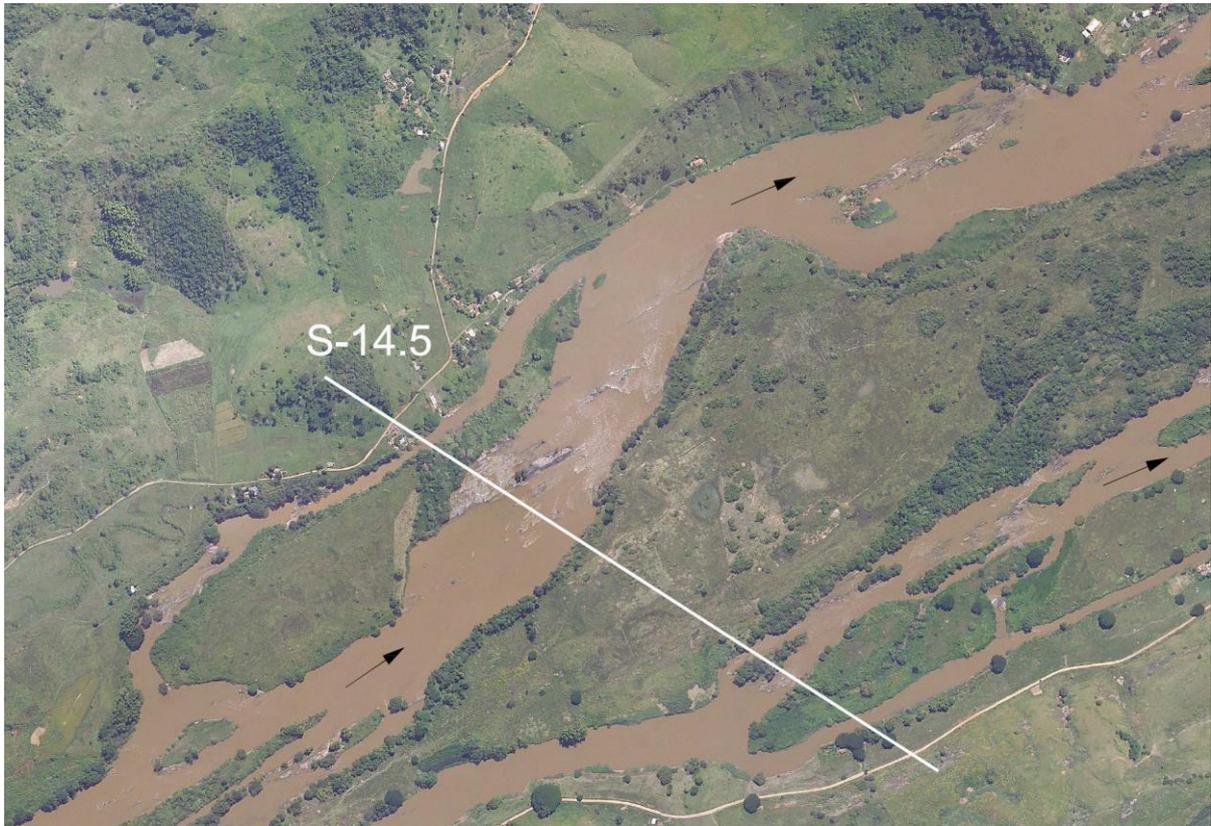


Figura 4.1 - Seção Topobatimétrica S-14.5.

UHE ITAOCARA I

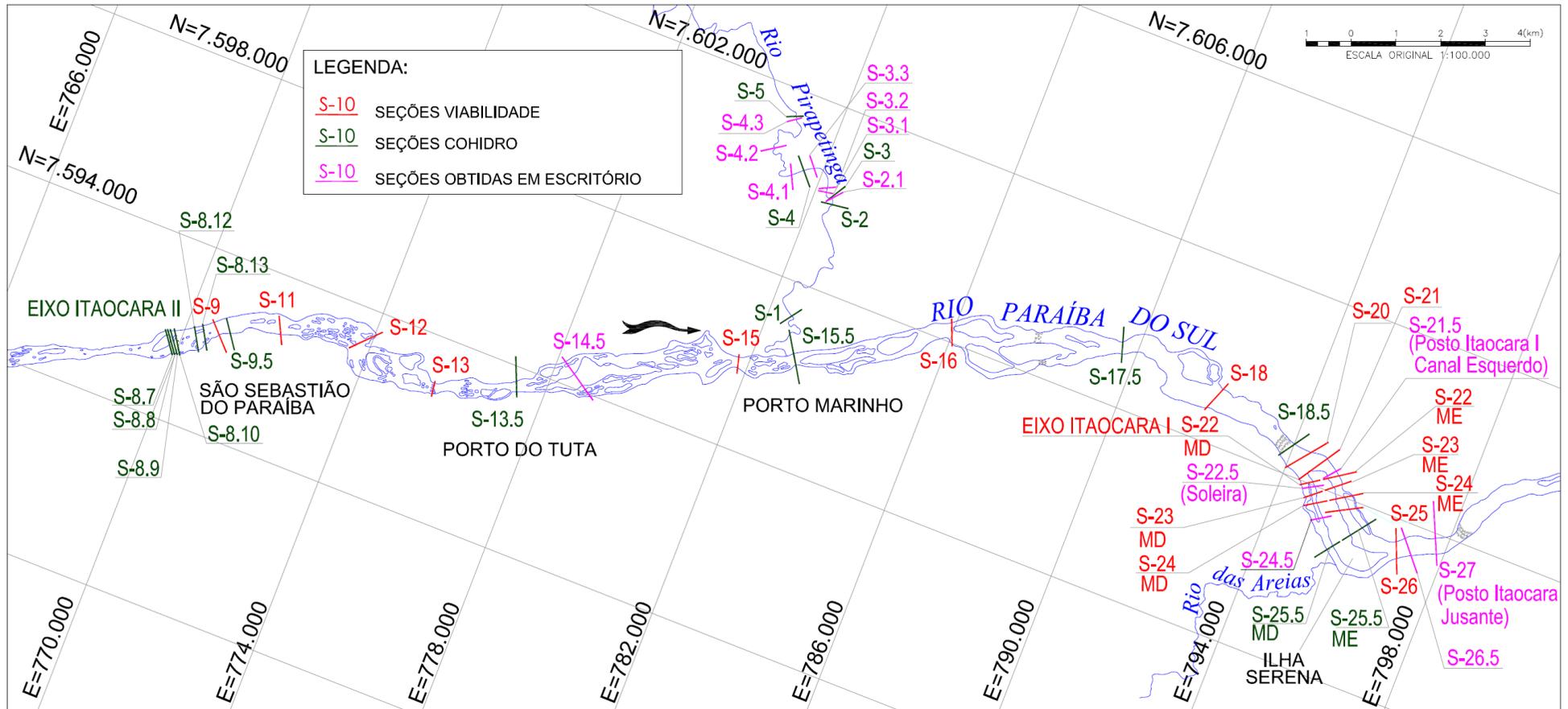


Figura 4.26 - Localização das Seções Topobatimétricas.

Tabela 4.32 - Distâncias das Seções Topobatimétricas do Rio Paraíba do Sul.

Trecho	Seção	Local	Distâncias entre as seções (m)			
			ME	Centro	MD	
Superior	S-8.7		50	50	68	
	S-8.8		59	56	59	
	S-8,9	Eixo Itaocara II	89	76	69	
	S-8.10		458	444	491	
	S-8.12		203	203	212	
	S-8.13	Montante São Sebastião do Paraíba	247	332	440	
Médio	S-09	São Sebastião do Paraíba	309	277	281	
	S-9.5	Posto São Sebastião do Paraíba	1.293	1.162	1.278	
	S-11		2.473	2.083	1.867	
	S-12		2.475	1.962	2.552	
	S-13		857	835	994	
	S-13.5	Porto do Tuta	1.400	1.324	1.731	
	S-14.5		4.524	3.747	4.024	
	S-15		1.342	1.294	1.539	
	S-15.5	Porto Marinho	3.857	3.635	4.055	
	S-16		4.551	3.930	4.808	
	S-17.5	Porto das Cruzes	3.441	2.529	3.036	
	S-18		2.305	2.025	2.208	
	S-18.5		396	346	348	
	S-20		479	368	401	
S-21	Montante da Ilha Serena	113	113	113		
Inferior	Canal Direito Ilha Serena	S-22MD	Eixo Itaocara I	149	107	106
		S-22.5 MD	Barragem Abandonada	136	168	221
		S-23 MD		227	202	192
		S-24 MD		402	357	450
		S-24.5 MD		754	684	780
		S-25.5 MD		1.966	1.945	2.156
	Canal Esquerdo Ilha Serena	S-21.5 ME	Posto Itaocara I Canal Esquerdo	143	106	88
		S-22 ME	Eixo Itaocara I	224	211	248
		S-23 ME		320	286	318
		S-24 ME		309	382	455
		S-25 ME		499	497	554
		S-25.5 ME		1.062	1057	1.340
	Jusante Ilha Serena	S-26	Jusante Ilha Serena	268	290	376
		S-26.5		688	613	579
		S-27	Posto Itaocara Jusante	0	0	0

Tabela 4.33 - Distâncias das Seções Topobatimétricas do Rio Pirapetinga.

Seções	Distâncias entre as seções (m)		
	ME	Centro	MD
S-5	55	61	74
S-4.3	1.344	1.333	1.389
S-4.2	1.378	1.230	1.339
S-4.1	300	310	341
S-4	244	241	252
S-3.3	676	665	648
S-3.2	134	118	126
S-3.1	145	152	169
S-3	18	16	15
S-2.1	278	163	132
S-2	3.804	3.780	3.839
S-1	2.170	2.102	2.432
Confluência	0	0	0

Níveis d'água (NAs) referentes a três (03) perfis de superfície líquida do rio Paraíba do Sul e três (03) perfis do rio Pirapetinga, relacionados nas Tabela 4.34 e Tabela 4.35, respectivamente.

Tabela 4.34 - Níveis D'Água do Rio Paraíba do Sul (m).

Seção	Local	Data		
		30/01/2.009	14/02/2.009	06/03/2.009
S-9,5	São Sebastião do Paraíba	92,00	92,99	91,11
S-13,5	Porto do Tuta	85,69	86,57	84,92
S-15,5	Porto Marinho	77,82	78,85	76,74
S-17,5	Porto das Cruzes	70,54	71,43	69,62
S-18,5	Montante da Ilha Serena	64,46	65,44	63,65
S-22 MD	Eixo Itaocara I	63,96	64,94	63,39
S-23 MD	Jusante Barragem Abandonada	63,47	64,70	62,09
S-24 MD	Posto Itaocara I Canal Direito	63,43	64,64	62,02
S-21.5	Seção de Medição ME	63,64	64,57	62,83
S-27	Seção de Medição	61,68	63,24	60,57

Tabela 4.35 - Níveis D'Água do Rio Pirapetinga (m).

Seção	Data		
	14/02/2.009	06/03/2.009	19/08/2.009
S-1	79,11	79,11	78,89
S-2	84,43	84,32	84,19

Seção	Data		
	14/02/2.009	06/03/2.009	19/08/2.009
S-3	85,72	85,61	85,54
S-4	-	87,67	87,56
S-5	111,80	111,74	111,66

- Vazões do rio Paraíba do Sul correspondentes aos perfis de superfície líquida, determinadas utilizando-se a curva-chave do posto Itaocara Jusante e os níveis d'água nele observados nos mesmos dias do levantamento dos perfis. Na Tabela 4.36 são relacionadas essas vazões.

Tabela 4.36 - Vazões do Rio Paraíba do Sul.

Data	Vazão (m ³ /s)
30/01/2.009	1.332
14/02/2.009	2.374
06/03/2.009	714

- Vazões do rio Pirapetinga transferidas do posto Fazenda da Barra (A= 531 km²) para a foz do rio Pirapetinga (A= 633 km²) pela relação entre as áreas de drenagem. As vazões desse posto foram calculadas de forma análoga à descrita acima. A Tabela 4.37 relaciona as vazões assim obtidas.

Tabela 4.37 - Vazões do Rio Pirapetinga Correspondentes aos Perfis de Linha D'Água.

Data	Vazão (m ³ /s)
14/02/2.009	12,8
06/03/2.009	8,91
19/08/2.009	5,29

Método do Modelo HEC-RAS

Nos estudos em questão utilizou-se o programa "HEC-RAS" versão 4.0, desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers (1.997), que permite calcular perfis de linhas d'água e respectivas linhas de energia numa abordagem permanente, unidimensional e gradualmente variada. O procedimento de cálculo baseia-se na aplicação das equações de conservação de massa e de energia entre as seções de cálculo.

A técnica de aferição do modelo consiste em tornar compatíveis os valores dos níveis d'água obtidos por simulação com os relativos aos perfis instantâneos

observados ao longo do trecho de rio em estudo, considerando-se as respectivas descargas.

Os cálculos são iniciados em uma seção de controle do rio, com propagação para montante, se o regime de escoamento for subcrítico, ou em sentido oposto se for supercrítico. O nível d'água para a primeira seção de cálculo deve corresponder a uma elevação conhecida ou ao nível d'água referente à profundidade crítica para uma certa descarga.

Para determinação das perdas de carga por atrito entre as seções de cálculo é utilizada a fórmula de Manning, na qual o coeficiente de rugosidade é função de diversos fatores, tais como vegetação, material do leito, configuração e nível d'água no canal. Normalmente três valores para o coeficiente de rugosidade são suficientes para a caracterização de uma seção; são eles os referentes à calha principal do rio e às duas margens.

As perdas de carga devido à variação da área de escoamento, por expansão ou contração, são calculadas através da aplicação de coeficientes de perda de carga, que devem ser informados ao modelo para cada seção. Esses coeficientes multiplicam a diferença absoluta das cargas cinéticas entre as seções transversais para obtenção da perda de energia causada pela transição.

Calibração do Modelo HEC-RAS

A etapa de calibração do modelo consiste no estabelecimento de coeficientes de rugosidade em cada seção e de coeficientes de perdas de carga localizadas, devidas às transições em cada trecho, de forma a obter níveis d'água simulados aproximadamente iguais aos observados. Essa etapa tem fundamental importância para assegurar um prognóstico realista das condições hidráulicas de escoamento para outras vazões, em condições naturais sem Barramento e com reservatório formado devido à implantação do Barramento.

Foi considerado no processo o estirão fluvial compreendido pelo posto Itaipava Jusante e pelo sítio da UHE Itaipava II, onde foi instalado o posto Itaipava II Canal Esquerdo. Para sistematizar a análise em questão e considerando os principais objetivos do estudo que inclui a obtenção de curvas-chaves em condições de operação do empreendimento para três seções estratégicas, esse estirão foi dividido em três, conforme explicado a seguir.

a) Trecho Inferior (Posto Itaipava Jusante – Ilha Serena)

O estudo desse trecho permitiu caracterizar o efeito da implantação da UHE Itaipava I na curva-chave do posto Itaipava I Canal Esquerdo, futuro local do canal de fuga da UHE Itaipava I. A Figura 4.27 permite vislumbrar a complexidade do escoamento local, o qual, além de se repartir em vários canais, sofre a influência de controles naturais e de uma estrutura hidráulica abandonada no canal direito a montante do posto supracitado.



Figura 4.27 - Foto Aérea do Sítio do Aproveitamento.

Durante a etapa de calibração, a partição de vazões entre as margens esquerda e direita da Ilha Serena foi realizada utilizando-se a correlação apresentada na Figura 4.28.

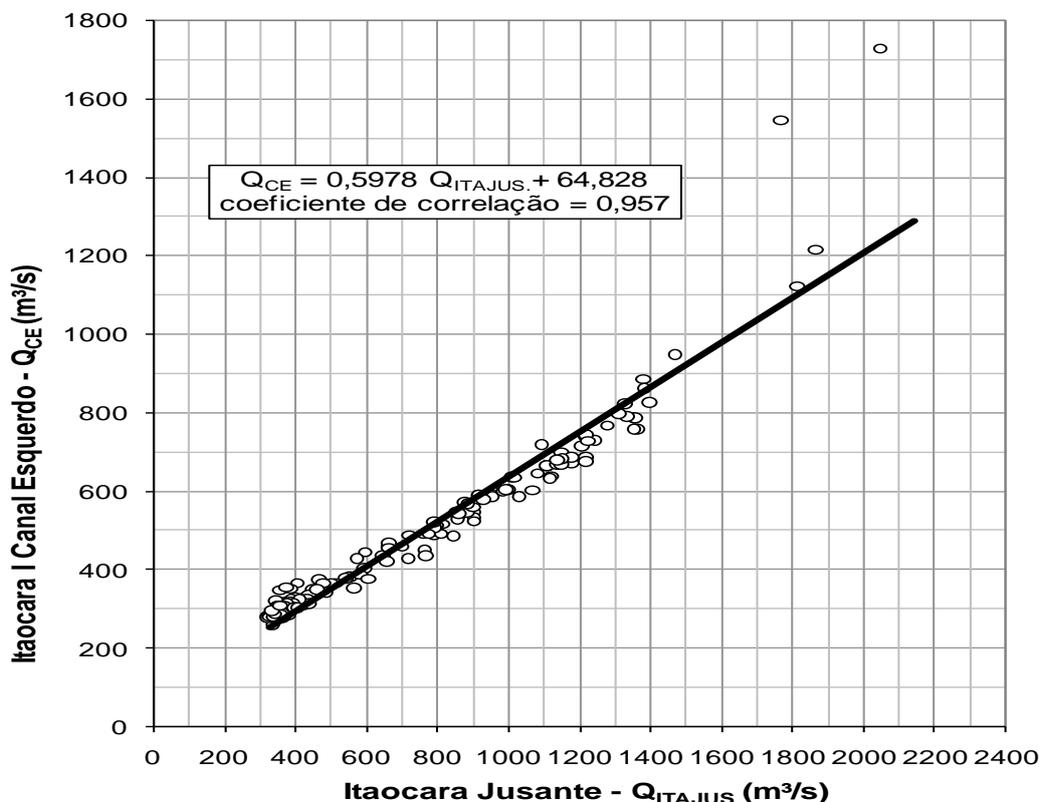


Figura 4.28 - Correlação de Vazões Médias Diárias entre Itaocara Jusante e Itaocara I Canal Esquerdo.

Para esse trecho utilizou-se como condição de contorno a curva-chave do posto Itaocara Jusante.

Os coeficientes de Manning resultantes da calibração desse trecho que contempla os dois principais canais formados pela Ilha Serena, estão apresentados na Tabela 4.38.

Tabela 4.38 - Coeficientes de Manning do Rio Paraíba do Sul no Trecho Inferior.

i. Canal Direito da Ilha Serena

Seções	Local	Faixa de Vazões (m³/s)			
		≤ 100	225	480	≥ 890
S-22MD	Eixo Itaocara I	0,085	0,085	0,085	0,065
S-22,5 MD	Barragem Abandonada	0,085	0,085	0,085	0,065
S-23 MD		0,013	0,065	0,085	0,045
S-24 MD		0,013	0,055	0,085	0,025
S-24,5 MD		0,013	*	0,065	0,055
S-25,5 MD		0,013	*	0,085	0,085

Notas:

1 - *Valores interpolados.

2 - Valores interpolados para vazões intermediárias.

ii. Canal Esquerdo da Ilha Serena

Seções	Local	Faixa de Vazões (m³/s)	
		≤ 860	≥ 1485
S-21.5 ME	Posto Itaocara I Canal Esquerdo	0,085	0,035
S-22 ME	Eixo Itaocara I	0,085	0,035
S-23 ME		0,055	0,035
S-24 ME		0,035	0,035
S-25 ME		0,035	0,035
S-25,5 ME		0,035	0,035

Nota: Valores interpolados para vazões intermediárias

iii. Jusante Ilha Serena

Seções	Local	Faixa de Vazões (m³/s)
		Todas as vazões
S-26	Jusante Ilha Serena	0,035
S-26.5		0,035
S-27	Posto Itaocara Jusante	0,035

A comparação entre os perfis de linha d'água simulados e os níveis d'água medidos no campo é mostrada na Tabela 4.39 e nas figuras a seguir.

Tabela 4.39 - Níveis d'Água Observados e Simulados - Calibração do Modelo (m).

Trecho	Seção	Data								
		30/01/2.009			14/02/2.009			06/03/2.009		
		Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.
Canal Direito da Ilha Serena	S-22 MD	63,96	63,81	0,15	64,94	64,88	0,06	63,39	63,18	0,21
	S-23 MD	63,47	63,46	0,01	64,70	64,72	-0,02	62,09	62,02	0,07
	S-24 MD	63,43	63,38	0,05	64,64	64,69	-0,05	62,02	62,00	0,02
Canal Esquerdo da Ilha Serena	S-21.5 ME	63,64	63,75	-0,11	64,57	64,59	-0,02	62,83	62,61	0,22

Notas:

1. Obs = Observado; Sim = Simulado; e Dif = Diferença;
2. As diferenças obtidas para a seção S-22 MD, relativas às menores vazões, são consequência da existência de barragem abandonada à jusante;
3. As diferenças relativas a seção S-21,5 ME, para as menores vazões, se devem a existência de corredeira à jusante.

Como é demonstrado no próximo subitem (b), as diferenças entre NA observados e simulados não tem repercussão na calibração do trecho a montante (trecho médio).

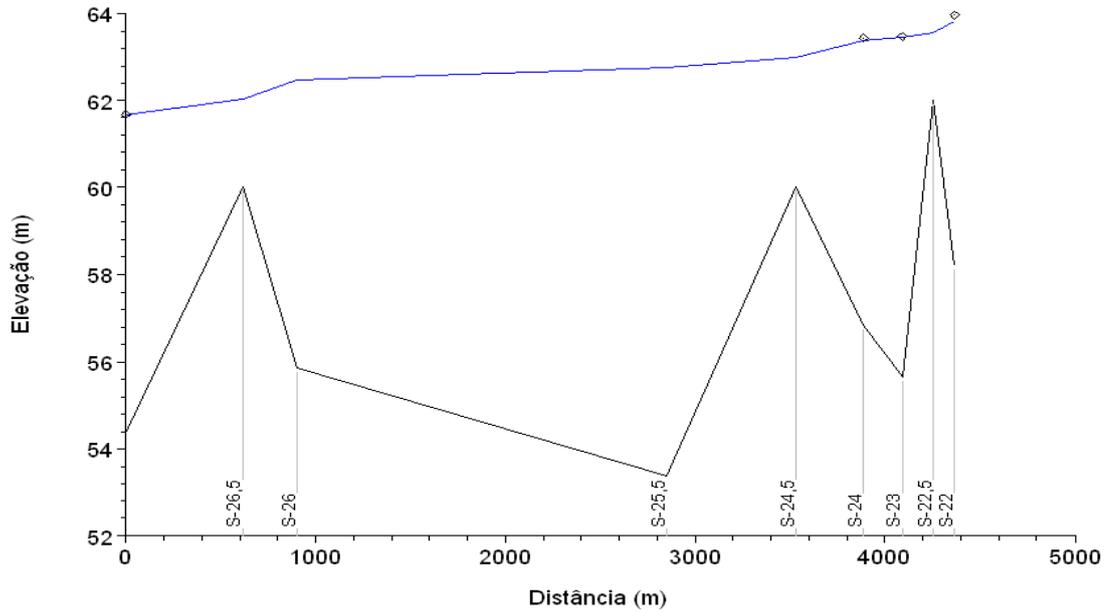


Figura 4.29 - Perfis de Linha D'Água Observado em 30/01/2009 e Simulado.

- Vazões Observadas
- Vazões Simuladas
- Fundo

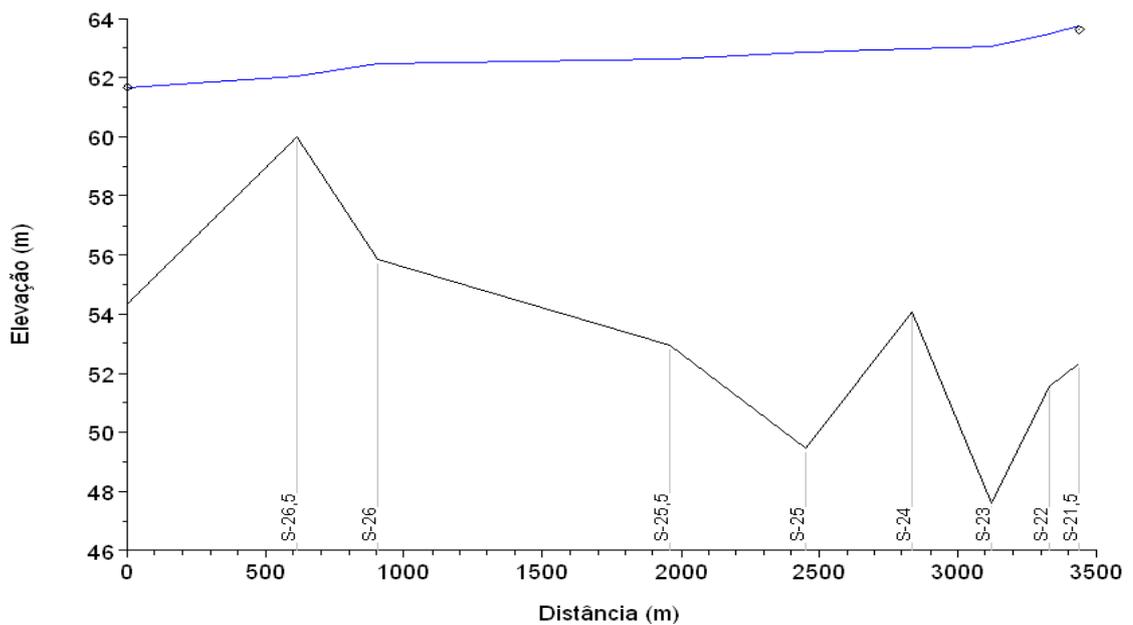


Figura 4.30 - Perfis de Linha d'Água Observado em 30/01/2009 e Simulado Canal Esquerdo da Ilha Serena.

UHE ITAOCARA I

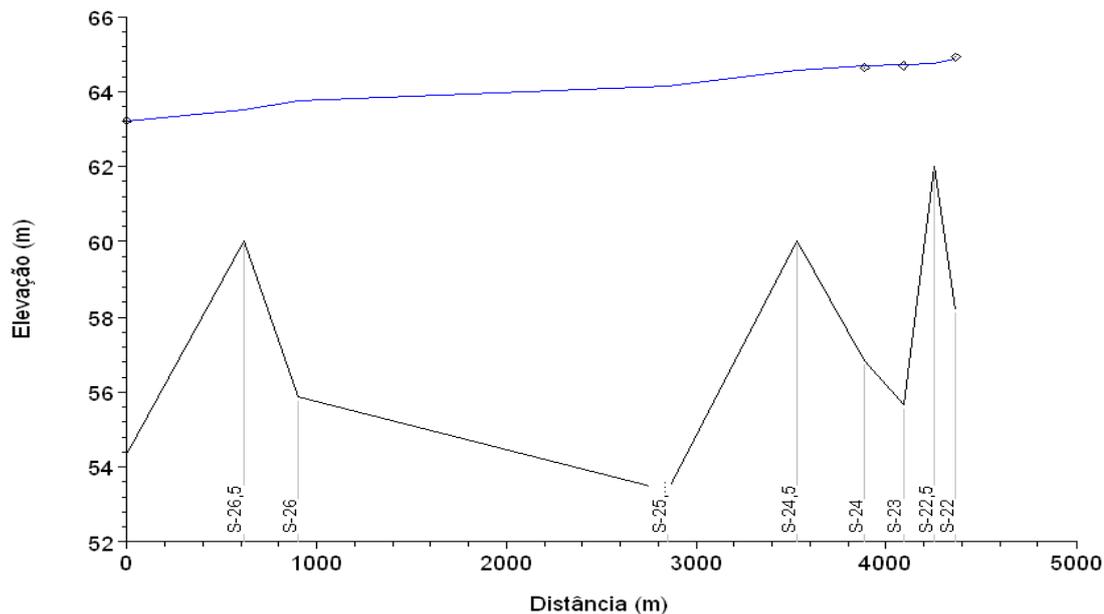


Figura 4.31 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2009 e Simulado Canal Direito da Ilha Serena.

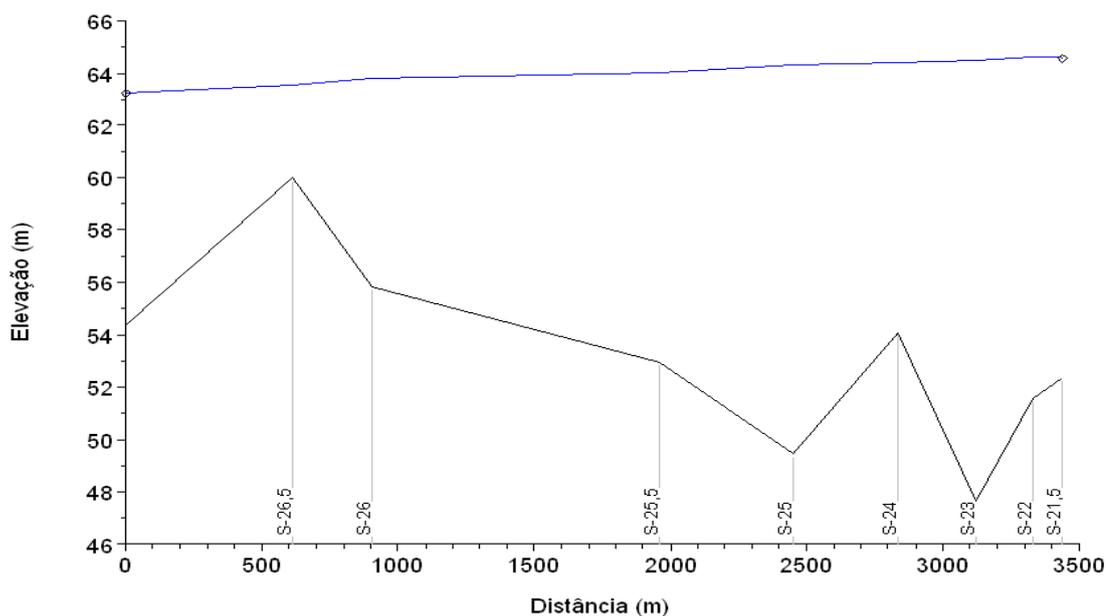


Figura 4.32 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2009 e Simulado Canal Esquerdo da Ilha Serena.

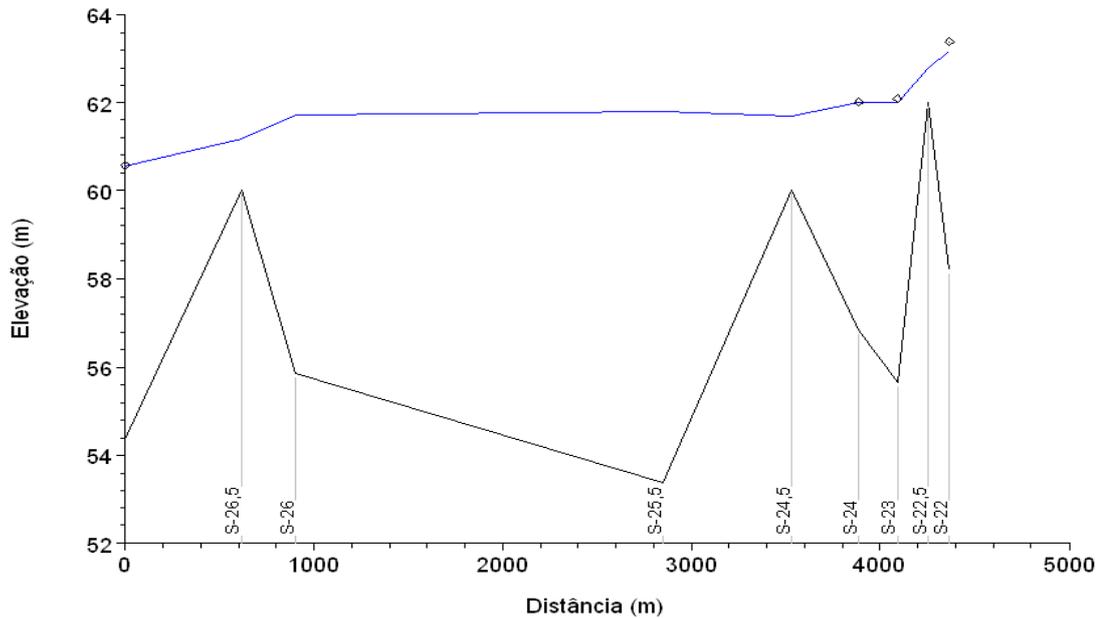


Figura 4.33 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2009 e Simulado Canal Direito da Ilha Serena.

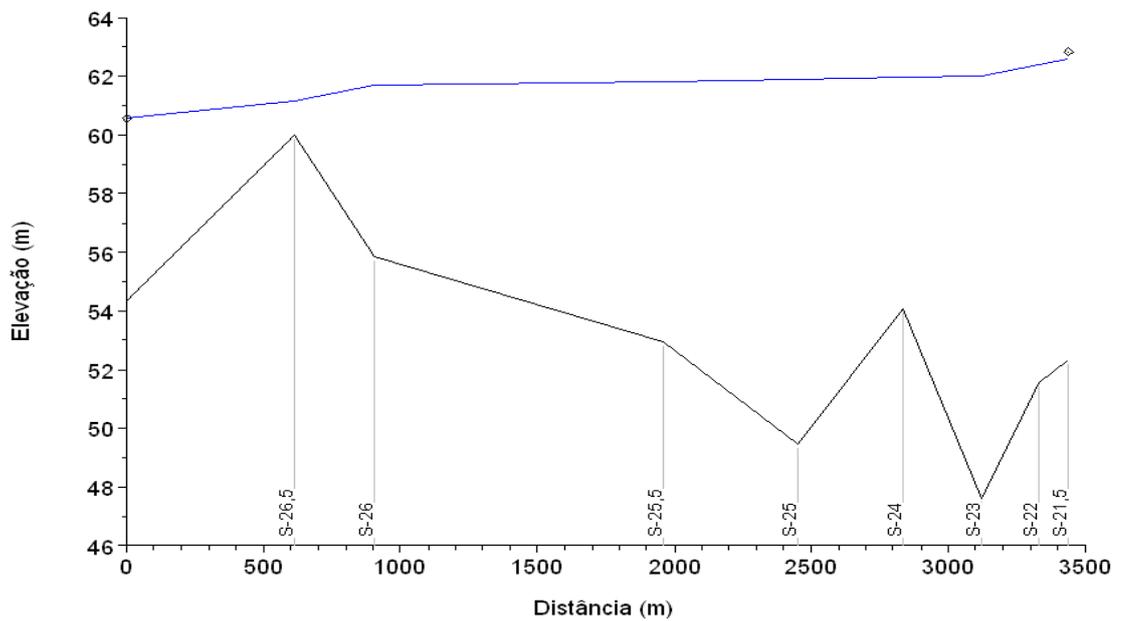


Figura 4.34 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2009 e Simulado Canal Esquerdo da Ilha Serena.

b) Trecho Médio (Ilha Serena – Posto São Sebastião do Paraíba)

Para esse trecho, manteve-se como condição de contorno o posto Itaocara Jusante, obtendo-se os coeficientes de Manning relacionados na Tabela 4.40.

Tabela 4.40 - Coeficientes de Manning do Rio Paraíba do Sul no Trecho Médio.

Seções	Local	Faixa de Vazões (m ³ /s)		
		≤ 715	1330	≥ 2380
S-9,5	Posto São Sebastião do Paraíba	0,028	0,032	0,028
S-11		0,035	0,035	0,035
S-12		0,035	0,035	0,035
S-13		0,035	0,035	0,035
S-13,5	Porto do Tuta	0,068	0,045	0,028
S-14,5		0,080	0,080	0,055
S-15		0,080	0,080	0,055
S-15,5	Porto Marinho	0,065	0,055	0,05
S-16		0,068	0,068	0,04
S-17,5	Porto das Cruzes	0,045	0,055	0,075
S-18		0,035	0,035	0,035
S-18,5		0,085	0,062	0,067
S-20		0,085	0,085	0,07
S-21	Montante da Ilha Serena	0,085	0,065	0,045

Nota: Valores interpolados para vazões intermediárias.

A comparação entre os perfis de linha d'água simulados e os níveis d'água medidos no campo é mostrada na Tabela 4.41 e nas figuras a seguir.

Tabela 4.41 - Níveis d'Água Observados e Simulados na Calibração do Modelo HEC-RAS (m).

Seção	Data								
	30/01/2.009			14/02/2.009			06/03/2.009		
	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.	Obs.	Sim.	Dif.
S-9,5	92,00	91,97	0,03	92,99	92,96	0,03	91,11	91,12	-0,01
S-13,5	85,69	85,67	0,02	86,57	86,73	-0,16	84,92	84,92	0,00
S-15,5	77,82	77,91	-0,09	78,85	78,89	-0,04	76,74	76,71	0,03
S-17,5	70,54	70,52	0,02	71,43	71,47	-0,04	69,62	69,62	0,00
S-18,5	64,46	64,48	-0,02	65,44	65,39	0,05	63,42	63,32	0,10

Notas: 1 - Obs = Observado; Sim = Simulado; e Dif = Diferença.

2 - Dado de NA em negrito ajustado em face de medição inconsistente.

UHE ITAOCARA I

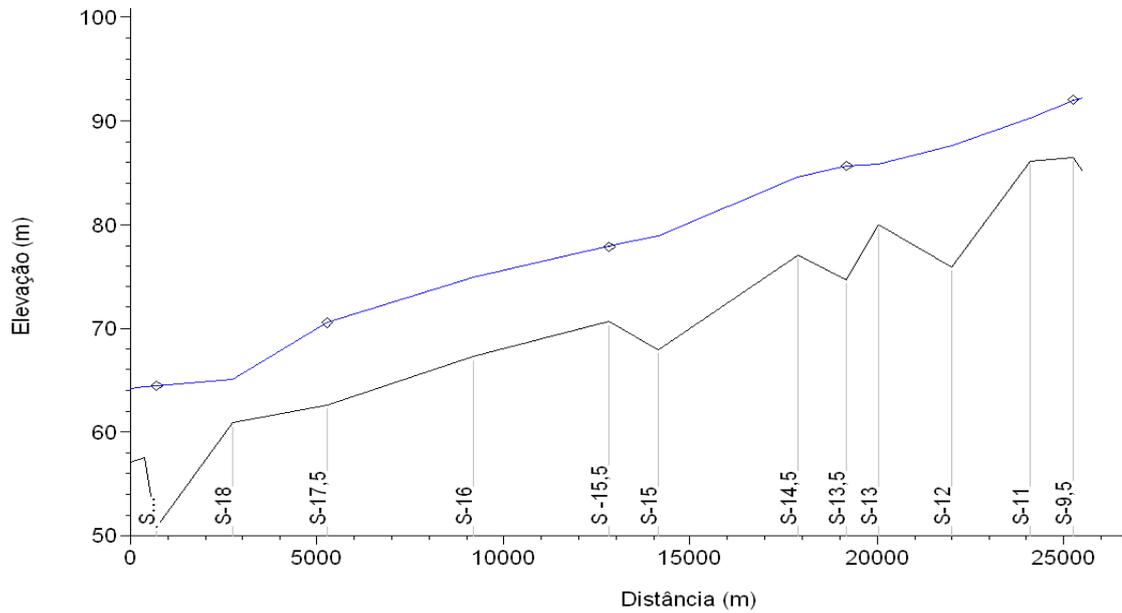


Figura 4.35 - Perfis de Linha d'Água Observado em 30/01/2009 e Simulado Trecho Médio.

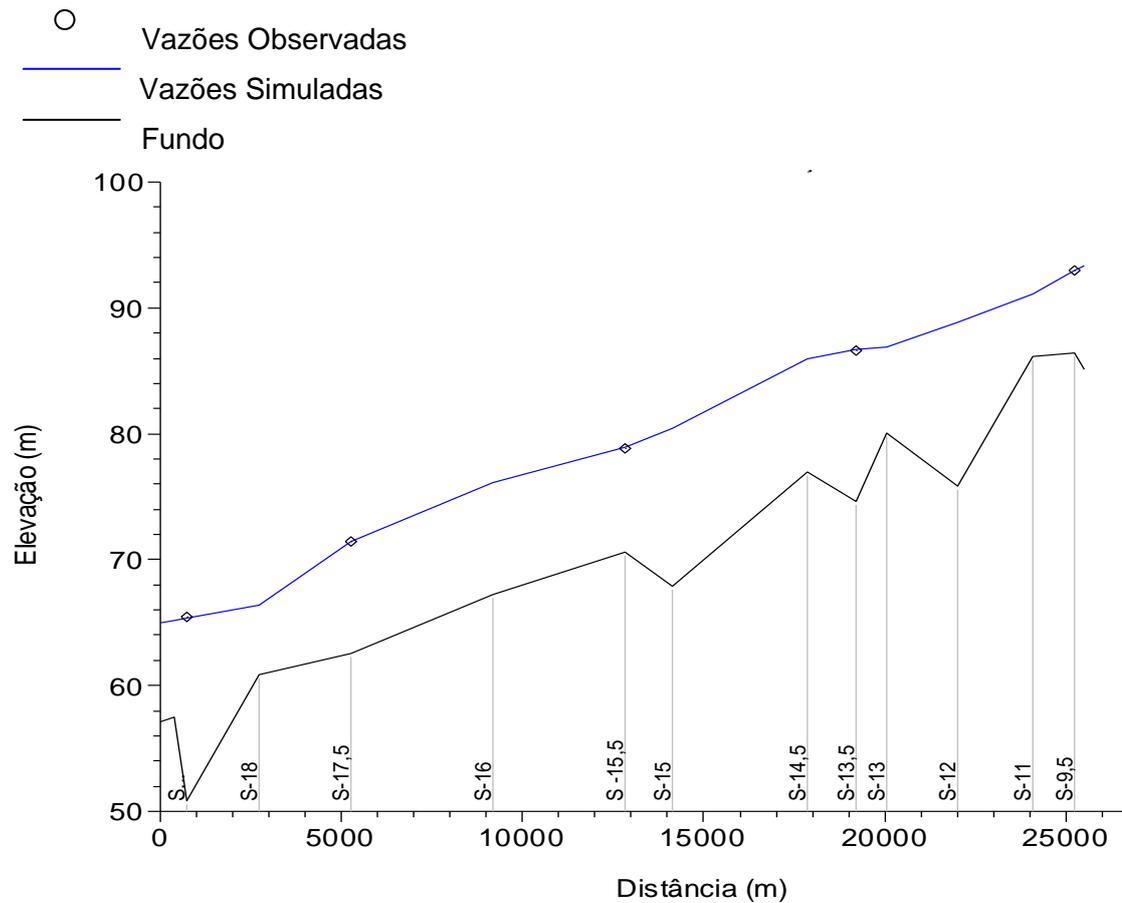


Figura 4.36 - Perfis de Linha d'Água Observado em 14/02/2009 e Simulado Trecho Médio.

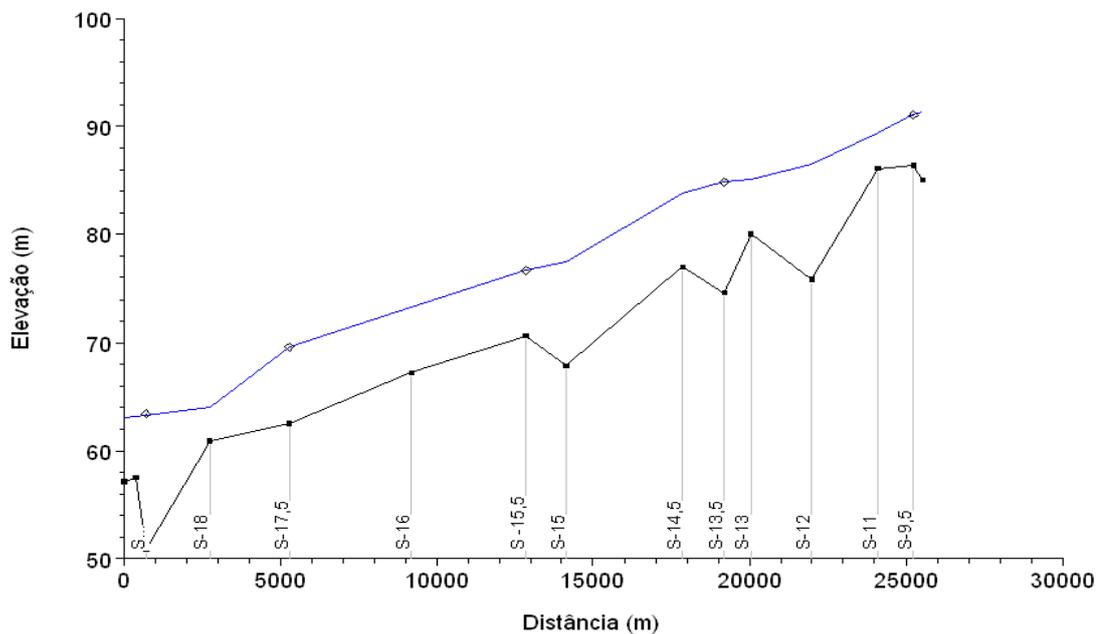


Figura 4.37 - Perfis de Linha d'Água Observado em 06/03/2.009 e Simulado Trecho Médio.

c) Trecho Superior (Posto São Sebastião do Paraíba - Itaocara II)

Admite-se como condição de contorno para este trecho a curva-chave natural de São Sebastião do Paraíba e para a calibração do mesmo, a curva-chave natural de Itaocara II Canal Esquerdo.

O estudo desse trecho teve como finalidade a caracterização do efeito do remanso na curva-chave do posto Itaocara II Canal Esquerdo, localizado nas proximidades do canal de fuga e do canal de restituição de vazões vertidas da UHE Itaocara II. A Figura 4.38 permite uma análise visual do trecho em questão.



Figura 4.38 - Foto Aérea do Trecho Superior do Futuro Reservatório da UHE Itacara II.

A geomorfologia local confere significativa complexidade ao escoamento no trecho, apresentando as seguintes características predominantes:

- A existência de uma ilha no eixo da UHE Itacara II divide o escoamento em dois canais principais;
- O lineamento gnáissico NE, caracterizado na foto por corredeiras, direciona a maior parte da vazão do rio Paraíba do Sul para o canal esquerdo, como se pode observar na Figura 4.39.

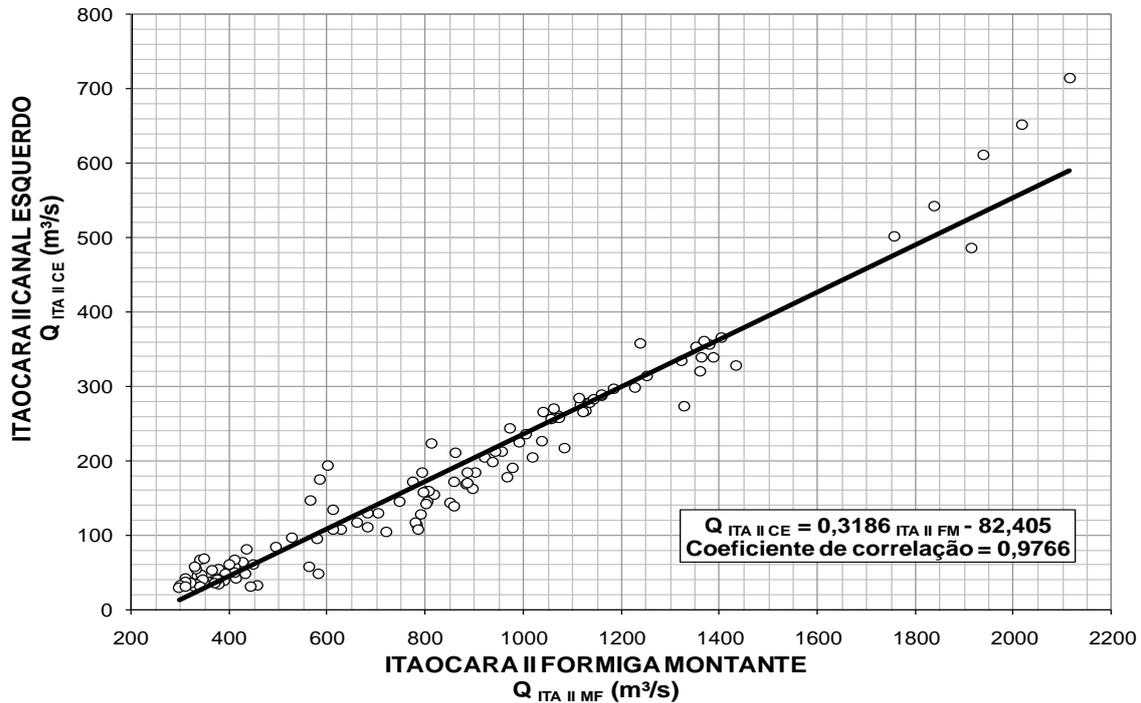


Figura 4.39 - Correlação de Vazões Médias Diárias dos Postos Itaocara II Canal Esquerdo e Itaocara II Montante Formiga.

- O fluxo no canal direito é controlado pela referida formação geológica que funciona como se fosse um vertedouro lateral, restituindo as vazões para o canal esquerdo. Adotando-se a hipótese simplificadora de que essa restituição ocorre uniformemente ao longo desse controle fluvial, elaborou-se a Tabela 4.42 que apresenta uma estimativa das vazões supracitadas, entre as seções topobatimétricas disponíveis.

Tabela 4.42 - Partição de Vazões Defluentes do Canal Direito.

Trecho		Vazão Defluente (%)
Seção Montante	Seção Jusante	
S-8,10	S-8,12	0,73
S-8,12	S-8,13	0,27

- A seção transversal S-8.7 que pode ser considerada típica do estirão fluvial em questão, mostrada na Figura 4.40, sugere que o escoamento no canal direito apresenta uma significativa zona morta na parte inferior da calha do canal direito, em virtude do lineamento gnáissico que controla o fluxo nesse canal.

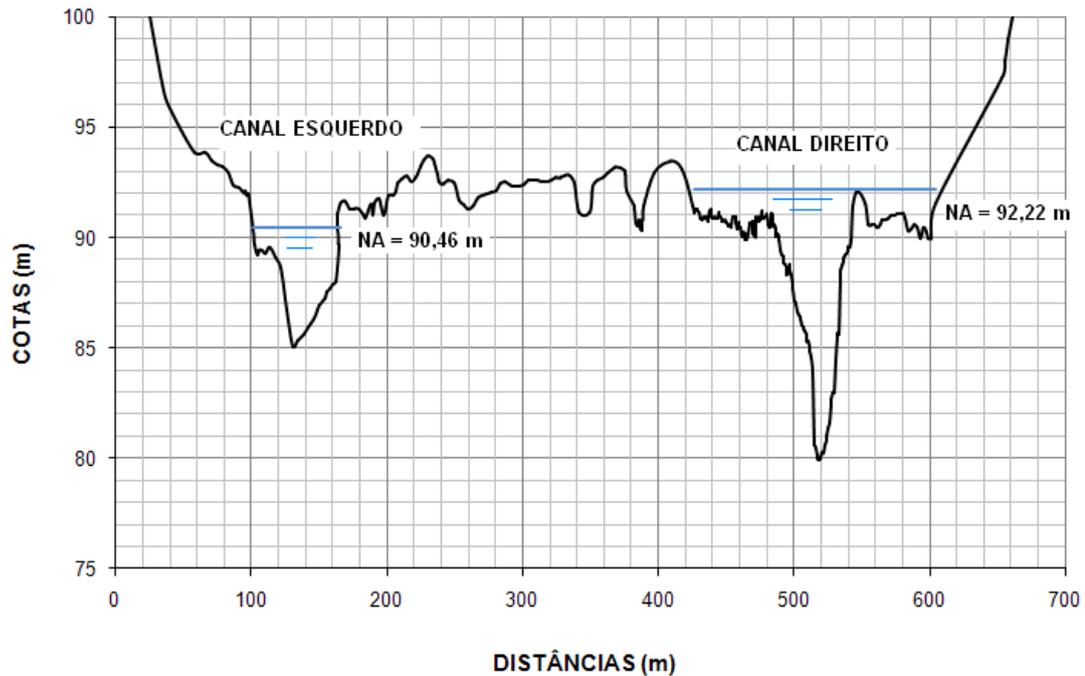


Figura 4.40 - Seção Transversal S-8.7.

Nota: Níveis d'água observados no dia 10/07/09

- Essa mesma seção indica que acima de uma cota em torno da EL. 93,00 m, na qual se situa o coroamento do citado lineamento, não mais haveria a divisão do fluxo à jusante da ilha onde se situa o eixo da barragem.

Considerando-se essas inferências e premissas, foi realizada a calibração do modelo HEC-RAS, resultando nos coeficientes de Manning relacionados na Tabela 4.43. A calibração desse trecho que envolve a ilha local, contempla apenas o canal esquerdo em virtude da sua importância para o estudo.

Tabela 4.43 - Coeficientes de Manning do Rio Paraíba no Trecho Superior Inferior.

Seções	Faixa de Vazões (m³/s)	
	≤ 71	≥ 1000
S-8.7	0,015	0,030
S-8.8	0,015	0,030
S-8.9 (Eixo Itaocara II)	0,015	0,030
S-8.10	0,015	0,030
S-8.12	0,015	0,030
S-8.13	0,015	0,030
S-9	0,015	0,030
S-9,5 (São Sebastião do Paraíba)	0,015	0,030

Nota: Valores interpolados para vazões intermediárias.

As diferenças entre os níveis d'água simulados e observados na curva-chave de Itaocara II Canal Esquerdo estão apresentadas na Tabela 4.44.

Tabela 4.44 - Níveis d'Água Observados no Posto Itaocara II Canal Esquerdo e Simulados na Calibração do HEC-RAS (m).

Vazão (m³/s)	NA		
	Obs.	Sim.	Dif.
45,04	90,58	90,66	-0,08
108,76	91,16	91,13	0,03
172,48	91,60	91,53	0,07
236,20	91,97	91,91	0,06
395,50	92,73	92,68	0,05
554,80	93,26	93,42	-0,16

d) Rio Pirapetinga

Admite-se como condição de contorno para este trecho a curva-chave natural de Itaocara Jusante.

Para cada seção do rio Pirapetinga foram obtidos os coeficientes de Manning apresentados na Tabela 4.45.

Tabela 4.45 - Coeficientes de Manning do Rio Pirapetinga.

Seções	Margem Esquerda	Canal	Margem Direita
S-5	0,040	0,035	0,040
S-4.3	0,040	0,035	0,040
S-4.2	0,040	0,035	0,040
S-4.1	0,040	0,035	0,040
S-4	0,040	0,035	0,040
S-3.3	0,040	0,035	0,040
S-3.2	0,040	0,035	0,040
S-3.1	0,040	0,035	0,040
S-3	0,040	0,035	0,040
S-2.1	0,040	0,035	0,040
S-2	0,055	0,045	0,055
S-1	0,055	0,045	0,055

A comparação entre os perfis de linha d'água simulados e os níveis d'água medidos no campo é mostrada na Tabela 4.46 e nas figuras a seguir.

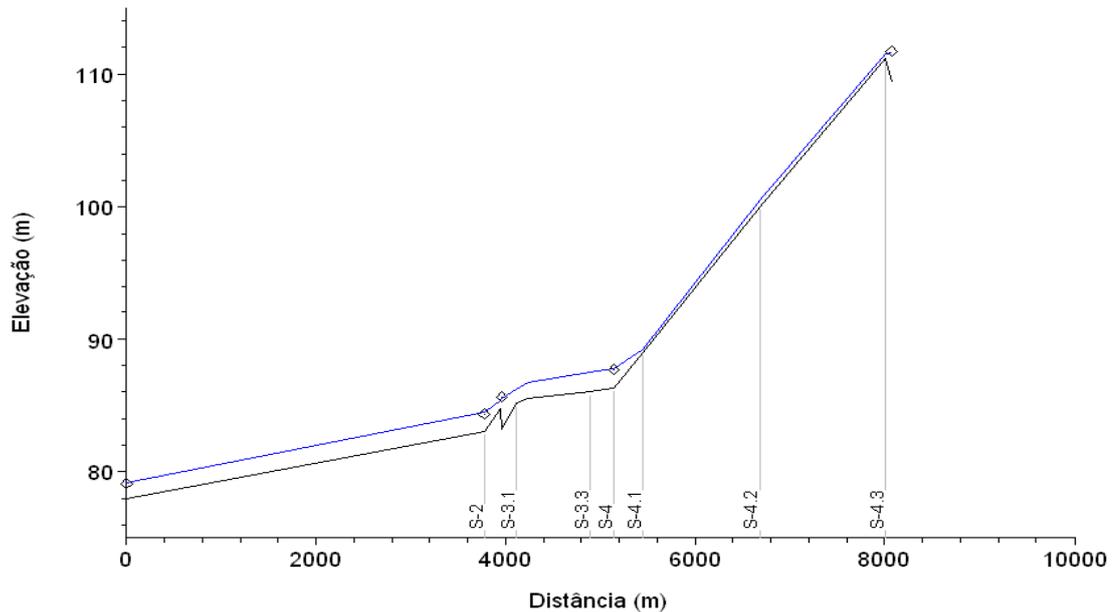


Figura 4.42 - Perfis de Linha D'Água Observado em 06/03/2009 no Rio Pirapetinga e Simulado.

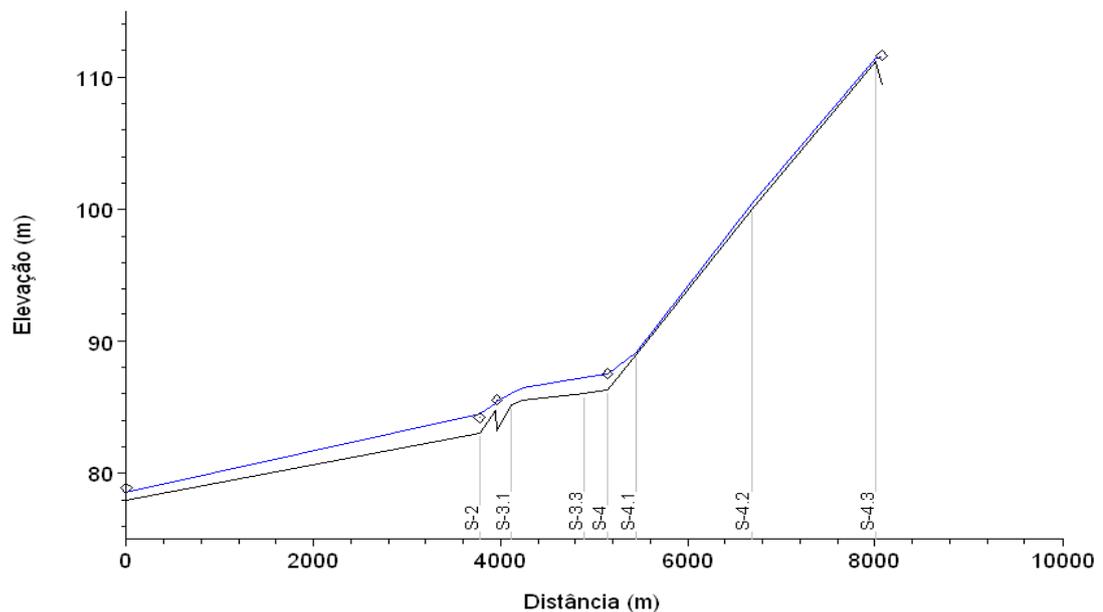


Figura 4.43 - Perfis de Linha D'Água Observado em 19/08/2009 no Rio Pirapetinga e Simulado.

Simulações em Condições Naturais

Utilizando-se os coeficientes de Manning obtidos no processo de calibração, foram realizadas simulações considerando 07 (sete) diferentes vazões: a média de longo termo (Q_{MLT}) e as vazões instantâneas associadas às recorrências (T) de 2 anos, 10 anos, 25 anos, 100 anos, 1.000 anos e 10.000 anos.

a) Trecho Inferior (Posto Itacacara Jusante – Ilha Serena)

A Tabela 4.47 relaciona os respectivos níveis d'água obtidos considerando como condição de contorno de jusante a curva-chave do posto Itacacara Jusante.

Tabela 4.47 - Níveis D'Água Simulados para Condições Naturais no Trecho Inferior (m).

Trecho	Seção	Vazões						
		QMLT	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
Canal Direito da Ilha Serena	S-22 MD	62,82	64,80	66,01	66,45	67,03	67,86	68,59
	S-22.5 MD	62,53						
	S-23 MD	61,50	64,66	65,88	66,33	66,90	67,73	68,46
	S-24 MD	61,50	64,63	65,85	66,30	66,88	67,70	68,43
	S-24.5 MD	61,25						
	S-25.5 MD	61,38	64,41	65,64	66,08	66,65	67,47	68,20
Canal Esquerdo da Ilha Serena	S-21.5 ME	62,03						
	S-22 ME	61,86	64,80	66,01	66,45	67,03	67,86	68,59
	S-23 ME	61,55	64,66	65,88	66,33	66,90	67,73	68,46
	S-24 ME	61,54	64,63	65,85	66,30	66,88	67,70	68,43
	S-25 ME	61,49						
	S-25.5 ME	61,40	64,41	65,64	66,08	66,65	67,47	68,20
Jusante Ilha Serena	S-26	61,36	63,81	64,96	65,34	65,82	66,53	67,17
	S-26.5	60,95	63,59	64,74	65,08	65,54	66,23	66,85
	S-27	60,00	63,14	64,50	64,83	65,28	65,96	66,58

Nota: Os valores dos canais direito e esquerdo se igualam quando a Ilha Serena fica submersa pelos altos níveis d'água.

b) Trecho Médio (Ilha Serena – Posto São Sebastião do Paraíba)

As linhas d'água em condições naturais, para as diferentes vazões analisadas, foram obtidas conforme Tabela 4.48 relaciona os referidos níveis.

Tabela 4.48 - Níveis D'Água Simulados para Condições Naturais no Trecho Médio (m).

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-9,5	90,56	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	88,85	91,08	92,11	92,60	93,19	93,98	94,70
S-12	85,81	88,76	90,12	90,68	91,36	92,33	93,14
S-13	84,26	86,89	88,10	88,68	89,30	90,17	90,88
S-13,5	84,16	86,73	87,84	88,41	89,03	89,90	90,64
S-14.5	83,02	85,94	86,80	87,47	88,14	89,03	89,80
S-15	76,49	80,42	82,45	82,88	83,43	84,23	84,94
S-15,5	75,92	78,90	81,06	81,46	81,95	82,72	83,46

UHE ITAOCARA I

S-16	72,40	76,14	77,63	78,18	78,86	79,89	80,75
S-17,5	68,80	71,41	72,09	72,10	72,14	72,32	73,04
S-18	63,38	66,28	67,91	68,39	68,96	69,80	70,54
S-18,5	62,59	65,28	66,54	67,01	67,60	68,45	69,20
S-20	62,51	65,06	66,25	66,70	67,29	68,14	68,89
S-21	62,34	64,88	66,09	66,55	67,13	67,98	68,72

c) Trecho Superior (Posto São Sebastião do Paraíba - Itaocara II)

Considerando-se como condição de contorno a curva-chave do posto São Sebastião do Paraíba foram calculados os níveis d'água apresentados na Tabela 4.49.

Tabela 4.49 - Níveis D'Água Simulados para Condições Naturais entre São Sebastião do Paraíba e Itaocara II (m).

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-8,7	90,79	93,84	95,07	95,51	96,08	96,89	97,60
S-8,8	90,79	93,85	95,08	95,51	96,09	96,89	97,60
S-8,9	90,79	93,85	95,08	95,52	96,10	96,91	97,61
S-8,10	90,79	93,83	95,06	95,49	96,07	96,87	97,58
S-8,12	90,78	93,79	94,98	95,41	95,97	96,76	97,44
S-8,13	90,71	93,71	94,89	95,30	95,84	96,61	97,28
S-9	90,67	93,59	94,78	95,19	95,73	96,50	97,16
S-9,5	90,56	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94

d) Rio Pirapetinga

No caso desse afluente do rio Paraíba do Sul, as vazões no aproveitamento foram transferidas para a foz do rio Pirapetinga pela relação entre as respectivas áreas de drenagem.

As simulações realizadas resultaram nos níveis d'água apresentados na Tabela 4.50.

Tabela 4.50 - Níveis D'Água Simulados - Condições Naturais no Rio Pirapetinga (m).

Seção	Vazões						
	QMLT	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-5	111,56	112,00	112,24	112,33	112,43	112,58	112,71
S-4.3	111,49	111,80	112,09	112,16	112,25	112,38	112,50
S-4.2	100,43	100,89	100,91	101,00	101,12	101,30	101,44
S-4.1	89,22	89,60	90,09	90,27	90,52	90,90	91,30

S-4	87,65	88,87	89,41	89,59	89,82	90,17	90,46
S-3.3	87,39	88,57	89,05	89,21	89,42	89,72	89,99
S-3.2	86,61	87,54	87,94	88,08	88,27	88,55	88,79
S-3.1	86,12	86,83	87,13	87,25	87,41	87,65	87,86
S-3	85,48	86,34	86,63	86,79	86,99	87,29	87,52
S-2.1	85,30	86,18	86,23	86,43	86,59	86,89	87,29
S-2	84,61	84,47	85,68	86,01	86,33	86,79	87,20
S-1	78,62	82,49	85,53	85,82	86,07	86,44	86,81

Simulações com o Reservatório Assoreado

Essas simulações foram elaboradas com a finalidade de se obter o maior Nível d'Água Máximo Normal do reservatório de UHE Itaocara I que não piorasse as inundações que assolam periodicamente a localidade de São Sebastião do Paraíba, mesmo após 30 (trinta) anos de operação do empreendimento. Cabe salientar que a área onde se encontra esse povoado é naturalmente inundável, já que faz parte da calha superior do rio Paraíba do Sul, conforme ilustrado pela Figura 4.44.



Figura 4.44 - Foto Aérea de São Sebastião do Paraíba.

Nesse local foi instalado o posto limnimétrico São Sebastião do Paraíba, equipado com referência de nível que apresenta cota 93,46 m. Esse marco pode ser vislumbrado na fotografia mostrada na Figura 4.45, obtida em 23/01/2.009, quando o rio se encontrava em águas altas.



Figura 4.45 - Rio Paraíba do Sul em São Sebastião do Paraíba.

A partir da análise dessas fotografias, conjugada às observações realizadas em visita de campo, deduziu-se que São Sebastião do Paraíba começa a ser inundada quando o NA local atinge a cota 93,53 m que corresponde a uma vazão de 2.436 m³/s, em condições naturais, na ocasião dos levantamentos.

Foram então realizadas simulações de remanso, considerando-se diversos níveis d'água para o reservatório, a cada qual correspondendo uma distribuição específica dos depósitos de sedimentos em sua bacia hidráulica no horizonte de 30 (trinta) anos. Verificou-se que para o NA de 89,60 m, a vazão citada no parágrafo anterior corresponde à cota fluviométrica de 93,56 m. Observa-se, nesse caso, uma sobre-elevação de 3,00 cm que pode ser considerada desprezível. Consequentemente, para atendimento dos critérios acima considerados, o NA Máximo Normal do Reservatório da UHE Itaocara I deverá situar-se na EL. 89,60 m, o que é considerado no restante deste relatório. A seguir, é descrito o processo de cálculo que conduziu a esse resultado.

Substituindo-se no modelo HEC-RAS as seções topobatimétricas levantadas no campo pelas seções assoreadas após 10 e 30 anos de operação do reservatório,

foram simulados os níveis d'água para essas futuras condições. A condição de contorno para as simulações de reservatório é definida na seção do eixo da UHE Itaocara I (S-22), na cota 89,60 m.

As Tabelas 4.51 e 4.52 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 4.51 - Níveis d'Água do Reservatório Assoreado após 10 Anos de Operação (m).

Seção	Vazões						
	QMLT	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-9,5	90,67	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	90,21	92,58	93,56	93,97	94,52	95,31	96,04
S-12	89,72	91,26	92,25	92,68	93,24	94,06	94,87
S-13	89,62	90,03	90,55	90,80	91,16	91,68	92,50
S-13,5	89,61	89,88	90,28	90,49	90,81	91,31	92,30
S-14,5	89,60	89,67	89,80	89,89	90,05	90,36	91,67
S-15	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,94	91,26
S-15,5	89,60	89,63	89,67	89,70	89,76	89,88	91,20
S-16	89,60	89,61	89,64	89,65	89,68	89,74	91,06
S-17,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-20	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-21	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-22	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90

Tabela 4.52 - Níveis D'Água - Reservatório Assoreado Após 30 Anos de Operação (m).

Seção	Vazões						
	QMLT	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-9,5	90,86	93,43	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	90,63	92,94	94,00	94,45	95,04	95,88	96,64
S-12	90,10	92,25	93,26	93,68	94,25	95,09	95,84
S-13	89,63	91,06	91,77	92,07	92,46	93,01	93,57
S-13,5	89,62	90,54	91,17	91,45	91,82	92,37	93,07
S-14,5	89,60	89,71	89,91	90,05	90,30	90,77	92,01
S-15	89,60	89,64	89,71	89,76	89,85	90,03	91,34
S-15,5	89,60	89,63	89,69	89,72	89,79	89,93	91,25
S-16	89,60	89,61	89,64	89,66	89,69	89,76	91,08
S-17,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	89,61	90,91
S-18,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-20	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-21	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-22	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90

Simulação com o Reservatório em Início de Operação

a) Trecho Médio (Ilha Serena – Posto São Sebastião do Paraíba)

As linhas d'água considerando o início de operação do reservatório, para as diferentes vazões analisadas, estão apresentadas na Tabela 4.53.

Tabela 4.53 - Níveis D'Água do Reservatório no Trecho Médio (m).

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-9,5	90,57	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94
S-11	89,67	90,98	92,19	92,64	93,23	94,05	94,89
S-12	89,63	90,19	90,93	91,30	91,83	92,66	93,71
S-13	89,61	89,79	90,10	90,29	90,58	91,11	92,30
S-13,5	89,61	89,77	90,04	90,21	90,49	91,00	92,25
S-14,5	89,60	89,71	89,89	90,00	90,21	90,62	91,94
S-15	89,60	89,63	89,67	89,70	89,75	89,87	91,20
S-15,5	89,60	89,62	89,65	89,67	89,71	89,80	91,13
S-16	89,60	89,61	89,63	89,64	89,66	89,71	91,03
S-17,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,61	90,91
S-18,5	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-20	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-21	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90
S-22	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	89,60	90,90

b) Trecho Superior (Posto São Sebastião do Paraíba - Itacara II)

Para o trecho entre São Sebastião do Paraíba e Itacara II, os níveis d'água simulados considerando o reservatório de Itacara I estão apresentados na Tabela 4.54.

Tabela 4.54 - Níveis D'Água do Reservatório no Trecho Superior (m).

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-8,7	90,65	93,59	95,51	95,90	96,43	97,19	97,86

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-8,8	90,73	93,76	95,45	95,85	96,38	97,13	97,79
S-8,9	90,77	93,76	95,36	95,76	96,30	97,06	97,72
S-8,10	90,77	93,72	95,25	95,67	96,22	96,99	97,66
S-8,12	90,79	93,75	94,95	95,37	95,92	96,69	97,36
S-8,13	90,71	93,71	94,88	95,30	95,84	96,61	97,28
S-9	90,67	93,59	94,77	95,19	95,73	96,50	97,16
S-9,5	90,57	93,36	94,58	94,99	95,52	96,28	96,94

c) Rio Pirapetinga

Os níveis d'água simulados para o rio Pirapetinga, considerando o reservatório da UHE Itaocara I, estão apresentados na Tabela 4.55.

Tabela 4.55 - Níveis D'água Simulados do Reservatório no Rio Pirapetinga (m).

Seção	Vazões						
	Q _{MLT}	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 100 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
S-5	111,60	112,04	112,24	112,33	112,43	112,58	112,71
S-4.3	111,57	111,93	112,09	112,16	112,25	112,39	112,50
S-4.2	100,32	100,71	100,91	101,00	101,12	101,29	101,44
S-4.1	89,61	89,91	90,26	90,42	90,65	91,01	91,82
S-4	89,60	89,72	89,91	90,01	90,18	90,46	91,45
S-3.3	89,60	89,67	89,79	89,87	89,99	90,23	91,36
S-3.2	89,60	89,64	89,70	89,75	89,83	89,98	91,28
S-3.1	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,95	91,27
S-3	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,94	91,27
S-2.1	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,95	91,27
S-2	89,60	89,63	89,69	89,73	89,80	89,95	91,27
S-1	89,60	89,63	89,68	89,72	89,78	89,91	91,25

Conclui-se que para as condições iniciais de implantação do reservatório, não há alteração dos níveis d'água na região de São Sebastião do Paraíba.

4.2.5.2 *Borda Livre*

De acordo com a publicação da Eletrobrás, Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas, tem-se que em barragens de terra ou enrocamento, a borda livre normal deverá ser igual ou superior a 3,00 m e, se tratando do nível máximo de enchente do reservatório, igual ou superior a 1,00 m.

Em barragens de concreto, a borda livre mínima deverá ser de 1,50 m em relação ao nível normal, e 0,50 m acima do nível máximo maximum.

a) Verificação I – Nível máximo normal

Considerando o nível máximo normal do reservatório na El. 89,60 m, as cotas de coroamento das barragens resultam em:

- 92,60 m para barragem de terra ou enrocamento;
- 91,10 m para barragem de concreto.

b) Verificação II – Nível máximo maximorum

Considerando o nível máximo maximorum na El. 90,90 m, as cotas das cristas das barragens resultam em:

- 91,90 m para a barragem de terra ou enrocamento;
- 91,40 m para barragem de concreto.

Portanto, o nível mínimo de coroamento para barragem de terra ou enrocamento é de 92,60 m e para barragem de concreto de 91,40 m.

4.2.5.3 Curva Cota x Área x Volume

As curvas cota x área x volume do reservatório da UHE Itaocara I foram obtidas a partir de plantas, em escala 1:5.000, com curvas de nível a cada 1,0 m, resultantes de levantamento aerofotogramétrico realizado pela empresa LACTEC em junho de 2.009. As áreas foram extraídas com o auxílio do programa AutoCAD e o cálculo dos volumes entre curvas de nível adjacentes, foi efetuado associando-os a “truncos de cone”. A Tabela 4.56 apresenta os dados assim determinados.

Tabela 4.56 - Relação Cota x Área x Volume.

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
60	0,0	0,00
65	1,5	2,46
66	2,1	4,23
67	2,6	6,54
68	3,2	9,41
69	3,7	12,85
70	4,6	16,98
71	5,6	22,07
72	6,6	28,19
73	7,8	35,41
74	9,2	43,89
75	10,8	53,88
76	12,9	65,72
77	14,7	79,50
78	16,6	95,12
79	18,2	112,47
72	6,6	28,19

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
73	7,8	35,41
80	19,9	131,50
81	21,5	152,20
82	23,2	174,55
83	24,9	198,63
84	27,1	224,65
85	29,3	252,83
86	31,6	283,25
87	33,8	315,95
88	36,2	350,98
89	39,0	388,60
90	41,5	428,87
91	44,7	471,96
92	47,0	517,77
93	50,7	566,58
94	51,4	617,65
95	53,2	669,96

A Figura 4.46 apresenta as Curvas Volume x Cota e Área x Cota.

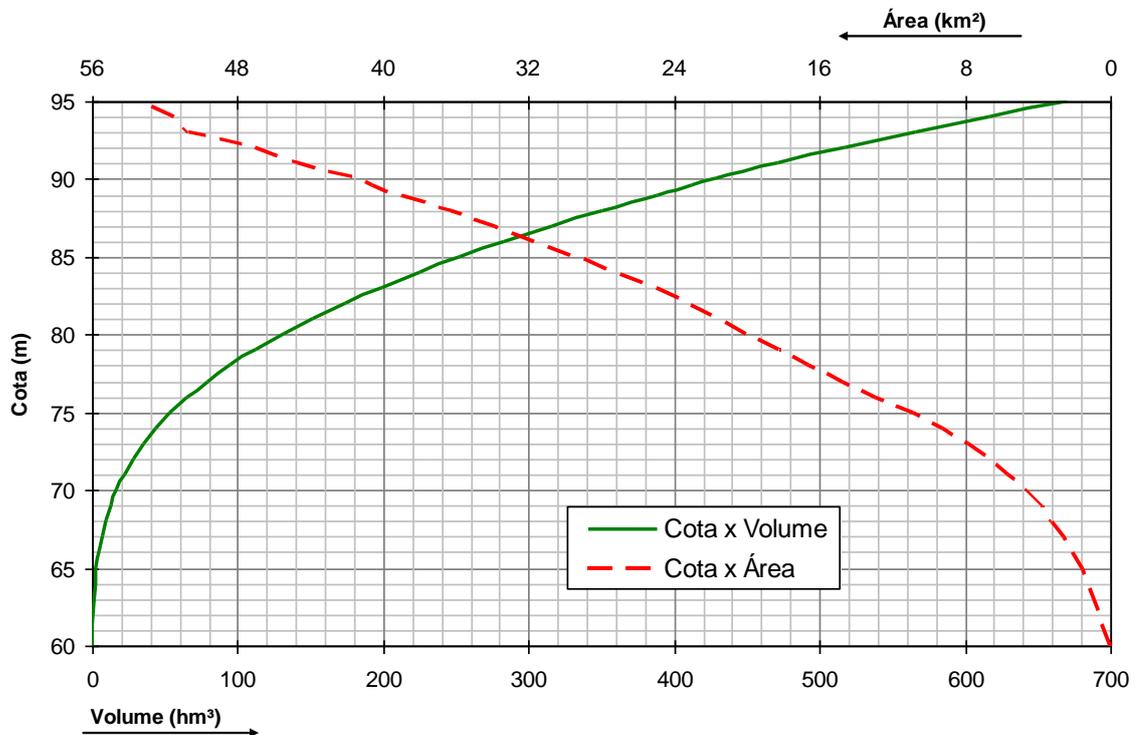


Figura 4.46 - Curva Cota x Área x Volume do Reservatório.

Essas curvas podem ser expressas pelas equações seguintes:

$$A = 9,5451335 \times 10^{-5} H_4 - 3,0332551 \times 10^{-2} H_3 + 3,6389389 H_2 - 1,9350569 \times 10^2 H + 3,8314418 \times 10^3$$

$$H = -2,2447236 \times 10^{-10} V_4 + 4,1348927 \times 10^{-7} V_3 - 2,9049205 \times 10^{-4} V_2 + 1,1524476 \times 10^{-1} V + 6,8940421 \times 10^1$$

4.2.5.4 Hidrossedimentologia

Para o estudo hidrossedimentológico, foram utilizadas as medições disponibilizadas pela ANA para o posto fluviométrico Anta. Os dados utilizados são apresentados na Tabela 4.57.

Tabela 4.57 – Medições Posto Fluviométrico Anta.

Data	Cota (m)	Vazão (m³/s)	Área Molhada (m²)	Largura (m)	Velocidade Média (m/s)	Concentração Material em Suspensão
10/09/1982	203,00	362,00	736,00	130,00	0,49	581,58
21/01/1987	225,00	678,00	837,00	130,30	0,81	249,80
22/01/1987	287,00	552,00	779,10	134,30	0,71	143,33
30/01/1987	455,00	1248,00	983,70	139,10	1,26	395,20
04/02/1987	245,00	683,00	807,70	130,10	0,85	251,40
05/02/1987	338,00	674,00	765,00	131,00	0,88	228,00
11/03/1987	250,00	792,00	882,20	129,40	0,90	314,40
12/03/1987	243,00	675,00	827,10	129,20	0,82	228,00
13/03/1987	328,00	631,00	717,70	135,20	0,87	239,20
18/03/1987	225,00	766,00	797,80	129,10	0,96	123,20
21/03/1987	239,00	394,00	394,20	83,34	0,64	99,80
02/04/1987	177,00	280,00	280,30	77,43	0,59	46,20
03/04/1987	102,00	325,00	660,60	127,30	0,49	32,20
04/04/1987	126,00	538,00	832,40	127,50	0,65	58,80
06/04/1987	455,00	1341,00	1129,00	133,90	1,19	534,80
06/04/1987	431,00	1288,00	1093,00	133,70	1,18	602,40
07/04/1987	433,00	1374,00	1089,00	133,50	1,26	303,20
08/04/1987	367,00	1170,00	983,50	131,80	1,19	221,00
08/04/1987	429,00	1065,00	885,30	138,50	1,20	205,40
08/04/1987	426,00	1001,00	896,70	138,60	1,11	192,80
05/03/1988	526,00	1569,00	1061,00	144,00	1,48	385,60
11/01/1989	355,00	788,00	866,90	138,00	0,91	601,50
19/01/1989	376,00	896,00	947,50	139,00	0,95	336,50
02/02/1989	200,00	442,00	625,80	129,80	0,71	137,50
09/02/1989	309,00	683,00	733,60	136,00	0,93	331,50
02/03/1989	321,00	667,00	787,10	134,60	0,85	242,50
26/03/1989	455,00	1224,00	930,40	142,50	1,32	797,00
30/03/1989	280,00	501,00	645,20	133,40	0,78	178,50



UHE ITAOCARA I



Data	Cota (m)	Vazão (m³/s)	Área Molhada (m²)	Largura (m)	Velocidade Média (m/s)	Concentração Material em Suspensão
07/04/1989	243,00	417,00	545,00	130,80	0,76	269,00
07/04/1989	243,00	417,00	545,00	130,80	0,76	449,35
11/05/1989	193,00	330,00	487,00	129,10	0,68	54,00
09/06/1989	145,00	262,00	457,00	128,00	0,57	239,06
09/06/1989	145,00	262,00	457,00	128,00	0,57	506,01
11/07/1989	177,00	319,00	468,00	130,60	0,68	60,00
20/07/1989	147,00	283,00	430,90	129,60	0,66	96,00
26/07/1989	125,00	231,00	399,60	127,30	0,58	27,00
02/08/1989	189,00	314,00	504,20	131,70	0,62	78,00
09/08/1989	165,00	284,00	454,90	130,50	0,62	50,00
29/12/1989	194,00	350,00	576,90	130,00	0,61	183,00
30/08/1990	99,00	243,00	481,00	125,00	0,51	3,86
30/08/1990	99,00	243,00	481,00	125,00	0,51	16,31
16/05/1991	207,00	360,00	537,00	131,00	0,67	37,67
11/02/1992	239,00	441,00	776,00	132,30	0,57	359,28
11/02/1992	239,00	441,00	776,00	132,30	0,57	552,06
10/09/1992	200,00	362,00	736,00	130,00	0,49	462,27
18/02/1993	321,00	671,00	858,00	137,00	0,78	280,12
18/02/1993	321,00	671,00	858,00	137,00	0,78	280,41
09/06/1993	197,00	349,00	541,00	131,00	0,65	81,28
13/10/1993	86,00	178,00	381,00	125,00	0,47	95,59
23/02/1994	148,00	272,00	457,00	129,00	0,59	339,94
26/05/1994	169,00	331,00	571,00	126,00	0,58	23,97
13/06/1994	148,00	233,00	449,00	128,00	0,52	179,92
13/06/1994	142,00	233,00	449,00	128,00	0,52	179,92
11/08/1994	96,00	231,00	450,00	126,00	0,52	10,74
13/09/1994	87,00	188,00	389,00	126,00	0,48	77,45
21/10/1994	79,00	184,00	414,00	128,00	0,44	13,78
17/12/1994	155,00	239,00	537,00	129,00	0,45	8,66
17/12/1994	152,00	239,00	537,00	129,00	0,45	138,29
08/05/1995	111,00	222,00	409,00	127,00	0,54	191,95
09/05/1995	118,00	255,00	490,00	126,00	0,52	11,03
01/08/1995	79,00	201,00	437,00	125,00	0,46	17,38
01/08/1995	78,00	201,00	437,00	125,00	0,46	17,38
12/09/1995	51,00	160,00	389,00	124,00	0,41	11,92
02/11/1995	322,00	588,00	753,00	138,50	0,78	78,51
13/12/1995	114,00	272,00	482,00	128,00	0,56	22,30
04/03/1996	400,00	850,00	882,00	141,00	0,96	165,78
04/03/1996	404,00	850,00	882,00	141,00	0,96	165,78
08/05/1996	228,00	416,00	628,00	135,00	0,66	67,04
17/07/1996	129,00	266,00	576,00	124,40	0,46	51,32

Data	Cota (m)	Vazão (m³/s)	Área Molhada (m²)	Largura (m)	Velocidade Média (m/s)	Concentração Material em Suspensão
17/07/1996	129,00	266,00	576,00	124,40	0,46	51,32
31/10/1996	157,00	296,00	573,00	126,00	0,52	31,34
06/02/1997	363,00	746,00	831,00	140,00	0,90	89,80
26/05/1997	184,00	390,00	643,00	127,00	0,61	81,91
26/05/1997	184,00	390,00	643,00	127,00	0,61	81,91
06/08/1997	117,00	223,00	593,70	124,00	0,38	21,21
06/08/1997	117,00	223,00	593,70	124,00	0,38	21,21
17/08/1998	109,00	209,00	546,30	123,00	0,38	19,36
14/11/1998	227,00	415,00	708,40	128,00	0,59	75,99
14/04/1999	150,00	269,00	499,00	128,00	0,54	34,88
21/07/1999	110,00	225,00	478,70	126,00	0,47	21,34
25/05/2007	163,00	344,33	623,50	125,00	0,55	814,13
20/09/2007	36,00	169,34	481,60	122,00	0,37	7,67
13/04/2008	294,00	620,98	830,67	128,00	0,75	87,58
22/06/2008	134,00	325,96	634,95	124,00	0,51	15,56
12/07/2009	148,00	338,10	649,81	123,90	0,52	11,57
23/06/2011	127,00	282,00	631,00	122,00	0,45	10,88
29/10/2011	107,00	271,35	573,53	120,00	0,47	33,27
16/02/2012	245,00	468,41	784,22	122,00	0,60	52,90
13/04/2012	236,00	401,00	763,00	123,00	0,53	51,90
04/07/2012	159,00	342,00	703,00	120,00	0,49	15,80
29/09/2012	119,00	274,00	624,00	119,00	0,44	20,40
16/05/2013	110,00	252,00	632,00	120,00	0,40	3,73
17/08/2013	15,00	158,00	532,00	113,00	0,30	3,14
01/11/2013	97,00	180,00	577,00	114,00	0,31	4,29
14/05/2014	16,00	76,00	256,00	114,00	0,30	3,60
01/08/2014	120,00	159,00	575,00	114,00	0,28	2,90
19/03/2015	89,00	135,00	545,00	113,00	0,25	36,10
26/06/2015	86,00	186,00	554,00	114,00	0,34	3,70

Descarga Sólida em Suspensão (Qss)

De posse dos resultados dessas medições, foram calculadas as respectivas descargas sólidas em suspensão pela expressão:

$$Q_{ss} = 0,0864 * Q_L * C$$

Onde:

QSS – Descarga sólida em suspensão (t/dia);

QL – Vazão líquida (m³/s);

C – Concentração de sedimento em suspensão (mg/l ou ppm);

0,0864 – Coeficiente de homogeneização de unidades.

Descarga Sólida de Arrasto (Q_{nm})

Determinaram-se, também, as correspondentes descargas sólidas de arrasto e totais (QST em t/dia), pelo método simplificado de Colby (1957). Neste método utilizam-se, basicamente, três ábacos e dados de descarga líquida, velocidade média, profundidade média, largura da seção e concentração medida de sedimentos em suspensão.

A descarga sólida de arrasto é calculada conforme a seguinte expressão:

$$Q_{nm} = q'_{nm} * K * L$$

Sendo:

Q_{nm} – Descarga sólida não medida - descarga sólida de arrasto (t/dia);

q'nm – Descarga sólida não medida aproximada (t/dia/m);

L – Largura do canal na seção de medição (m);

K – Fator de correção.

Descarga Sólida Total (QST)

A descarga sólida total é calculada somando-se a descarga sólida em suspensão e a descarga sólida de arrasto, conforme a seguinte expressão:

$$Q_{ST} = Q_{ss} + Q_{nm}$$

Sendo:

QST – Descarga sólida total (t/dia);

QSS – Descarga sólida medida - descarga sólida em suspensão (t/dia);

Q_{nm} – Descarga sólida não medida - descarga sólida de arrasto (t/dia).

Curva-Chave de Sedimentos

A curva chave de sedimentos foi obtida usando a relação das áreas de drenagem e a descarga sólida total dos três locais de medição, representando, dessa forma, o comportamento da bacia, conforme apresentado na Figura 4.47.

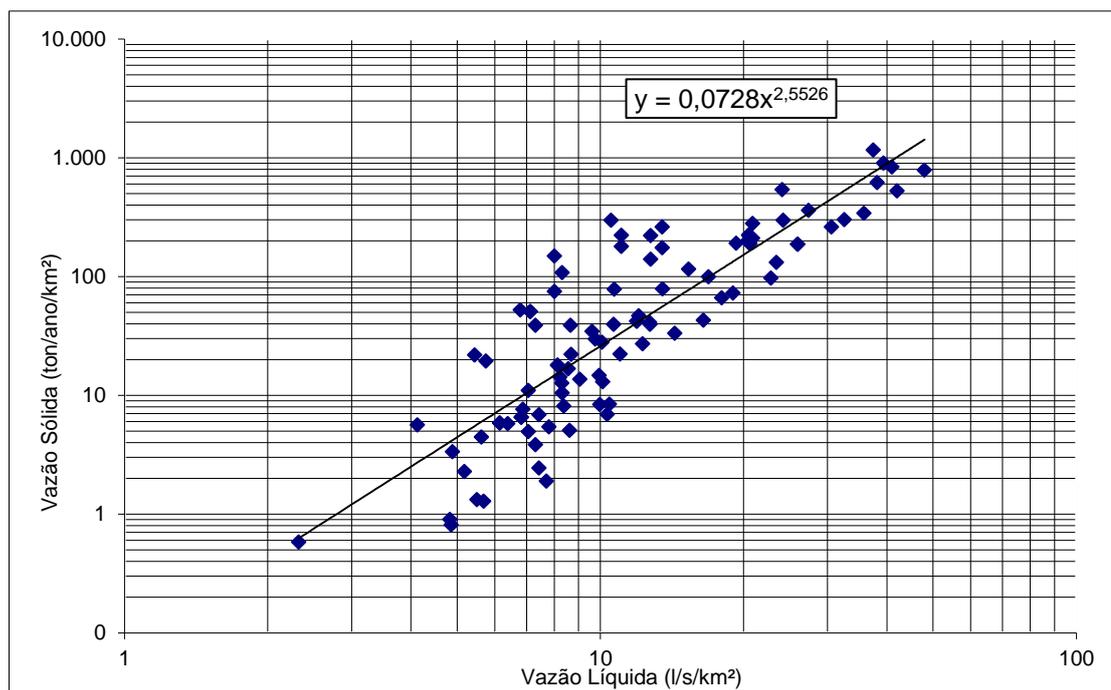


Figura 4.47 - Curva Chave de Sedimentos Totais.

Série de Descargas Sólidas Totais Médias Mensais

De posse da curva-chave, foi calculada a série de descargas sólidas totais médias mensais na UHE Itaocara I, conforme apresentado na Tabela 4.58.

A descarga sólida média foi calculada através da Curva-Chave de sedimentos, sendo que a equação encontra-se explicitada abaixo. Com este procedimento obteve-se um valor de descarga sólida média de 6.408 ton/dia e, por conseguinte, uma descarga específica de 69,44 ton/ano/km², conforme a fórmula:

$$Q_{\text{sólida}} = 0,0728 * Q_{\text{líquida}}^{2,5526}$$

Onde:

$Q_{\text{sólida}}$ – Descarga sólida (ton/ano/km²);

$Q_{\text{líquida}}$ – Descarga líquida (l/s/km²).

Tabela 4.58 - Descarga Sólida Média Mensal.

Parâmetros	Posto 1	UHE Itaocara I
Área de Drenagem (km ²)	32.700	33.680
Q_{MLT} (m ³ /s)	481	506
Q_{MLT} (l/s/km ²)	14,7	14,7
QS (ton/ano/km ²)	69,44	69,44
QS (ton/dia)	6.221	6.408
DST (ton/ano)	2.270.693	2.338.744

Eficiência de Retenção

Um reservatório, devido à queda de velocidade da corrente de água, constitui-se em um eficiente elemento de retenção de sedimentos transportados pelo curso d'água, sendo que a capacidade de retenção deste reservatório pode ser determinada, conforme metodologia abaixo indicada.

Nesse estudo foi utilizada a Curva de Brune (Figura 4.48) para determinação da eficiência de retenção. Esta curva apresenta no eixo das ordenadas a Capacidade de Afluência (razão entre a Capacidade do Reservatório e a Vazão Média Anual) e, no eixo das abscissas, apresenta o Sedimento Retido no reservatório.

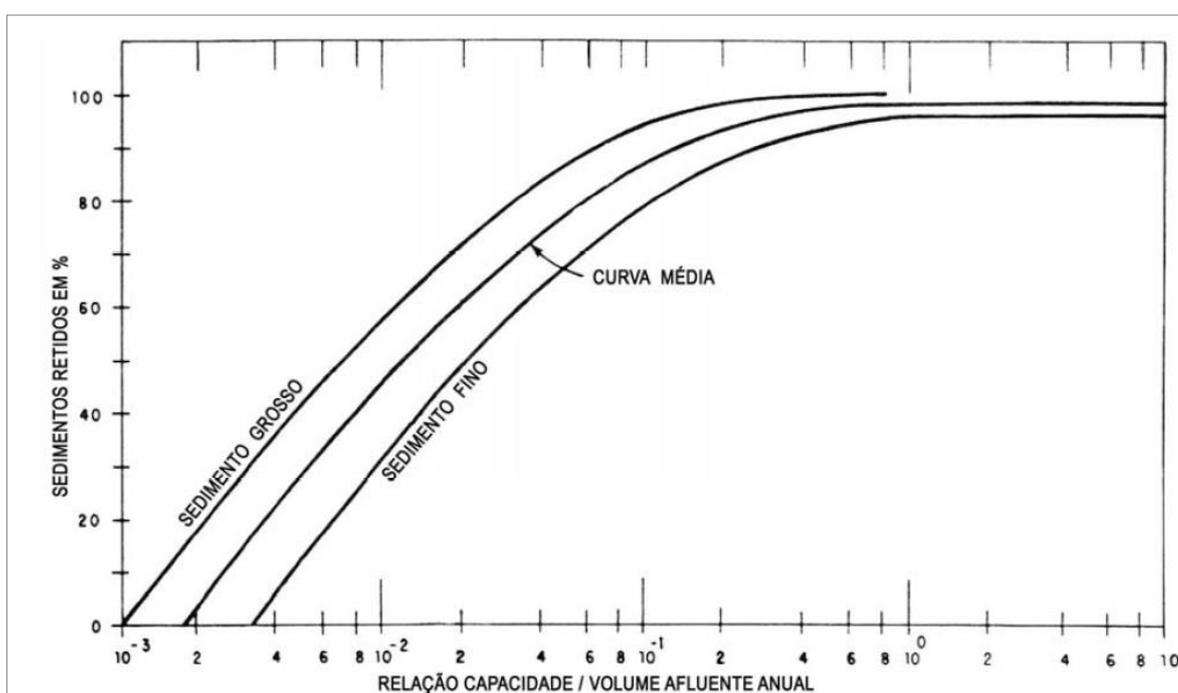


Figura 4.48 - Curva de Brune.

Para o estudo em questão, seguindo-se a metodologia supracitada, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 4.59.

Tabela 4.59 - Eficiência de Retenção.

Parâmetro	Valor
Volume do Reservatório (m ³)	4,13E+08
Vazão Média Diária (m ³ /s)	506
Volume Afluente Médio Anual (m ³ /ano)	1,56E+10
Capacidade de Afluência	2,64E-02
E _r (%)	60

Cálculo do Tempo de Assoreamento de Volumes Característicos

Para cada ano espera-se um determinado depósito de sedimento no reservatório, sendo que este parâmetro pode ser calculado segundo a seguinte expressão:

$$T = \frac{V}{S} = \frac{V * \gamma_{ap}}{Dst * Er}$$

Onde:

V – Volume do reservatório (m³);

S – Volume anual de sedimento retido (m³/ano);

γ_{ap} – Peso específico aparente (t/m³);

Dst – Deflúvio sólido médio (ton/ano);

Er – Eficiência de retenção.

A Tabela 4.60 apresenta os parâmetros fixos e a Tabela 4.61 o cálculo do tempo de assoreamento do reservatório.

Tabela 4.60 - Parâmetros Fixos.

Parâmetros Fixos	Valor
Dst (ton/ano)	2.338.744
Eficiência de Retenção (%)	0,6
Volume Anual de Sedimento Retido (m ³ /ano)	1.403.246

Tabela 4.61 - Tempo de Assoreamento.

Cota	Volume do Reservatório (m ³)	γ_{ap} Médio (t/m ³)	Tempo de Assoreamento (anos)
60,0	0	1,3	0
65,0	2.460.000	1,3	2
70,0	16.980.000	1,3	16
75,0	62.864.286	1,3	58
80,0	131.500.000	1,3	122
85,0	252.830.000	1,3	234
89,6	412.762.000	1,3	382
90,9	467.651.000	1,3	433

Assim, conclui-se que o tempo necessário para o assoreamento total do reservatório, na elevação referente ao nível máximo normal (El. 89,60 m), é de 382 anos.

4.2.5.5 Tempo de Residência

O tempo de residência é um parâmetro importante em estudos de qualidade de água, definido como o intervalo de tempo que uma determinada massa de água permanece no reservatório desde a sua chegada até a sua saída. Pode ser entendido como o tempo necessário para esvaziar um reservatório, cessando-se todas as vazões de entrada e cuja vazão defluente é igual à vazão afluyente suprimida (Nogueira, 1991), ou simplesmente a razão do volume do reservatório pela vazão média afluyente.

O tempo de residência foi obtido pela relação entre o volume para o N.A. normal e a vazão média de longo período. Para a UHE Itaocara I, o volume para o N.A. normal é de 412,76 hm³ e a vazão média de longo período artificial de 506 m³/s. O tempo de residência resultante é de aproximadamente 10 dias.

4.2.5.6 Tempo de Enchimento

Neste estudo considerou-se uma vazão remanescente no rio, a jusante do barramento, igual a 75 m³/s (50 % da Q_{7,10}).

A partir do volume conhecido, obtido em função do nível máximo normal (cota 89,6 m) e de valores de vazões afluentes artificiais, foram calculados os tempos necessários para encher este volume.

Os valores calculados, em dias, para enchimento do reservatório em função da curva de permanência são apresentados na Figura 4.49.

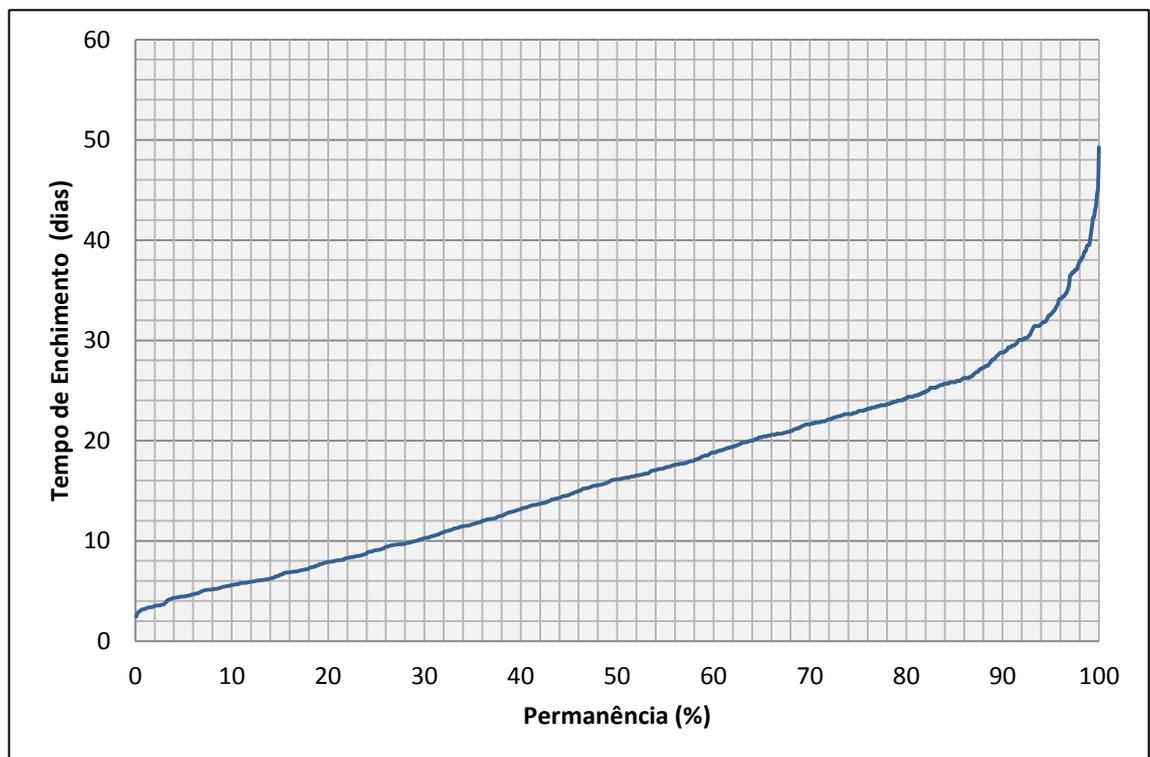


Figura 4.49 - Tempo de Enchimento do Reservatório em Função da Permanência de Vazões.

Um segundo estudo considera a sazonalidade das vazões em diversas hipóteses críticas. O mesmo valor de vazão remanescente no rio a jusante do barramento supracitado foi utilizado. Considerou-se o enchimento até a cota correspondente ao nível máximo normal.

Considerou-se, em uma primeira hipótese, que a vazão afluente no reservatório é igual à vazão média mensal de cada mês, considerando o período de dados de janeiro de 1931 a dezembro de 2014. Os resultados são mostrados na Tabela 4.62.

Tabela 4.62 – Tempo de Enchimento para Vazão Média Mensal.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tempo de Enchimento (dias)	6,1	6,0	6,4	9,8	15,2	18,3	21,9	25,5	25,1	21,7	15,4	9,3

Em uma segunda hipótese, considerando o mesmo período, obteve-se o tempo de enchimento para vazão com 95% de permanência mensal, que são apresentados na tabela 4.63.

Tabela 4.63 – Tempo de Enchimento para Vazão com 95% de Permanência.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tempo de Enchimento (dias)	15,2	16,5	14,2	17,5	23,4	29,6	32,9	39,4	39,4	37,8	26,2	19,6

Foram calculados os tempos de enchimento de todos os anos no período de dados e geradas as envoltórias de mínimo, médio e máximo tempo de enchimento, como apresentado na Figura 4.50.

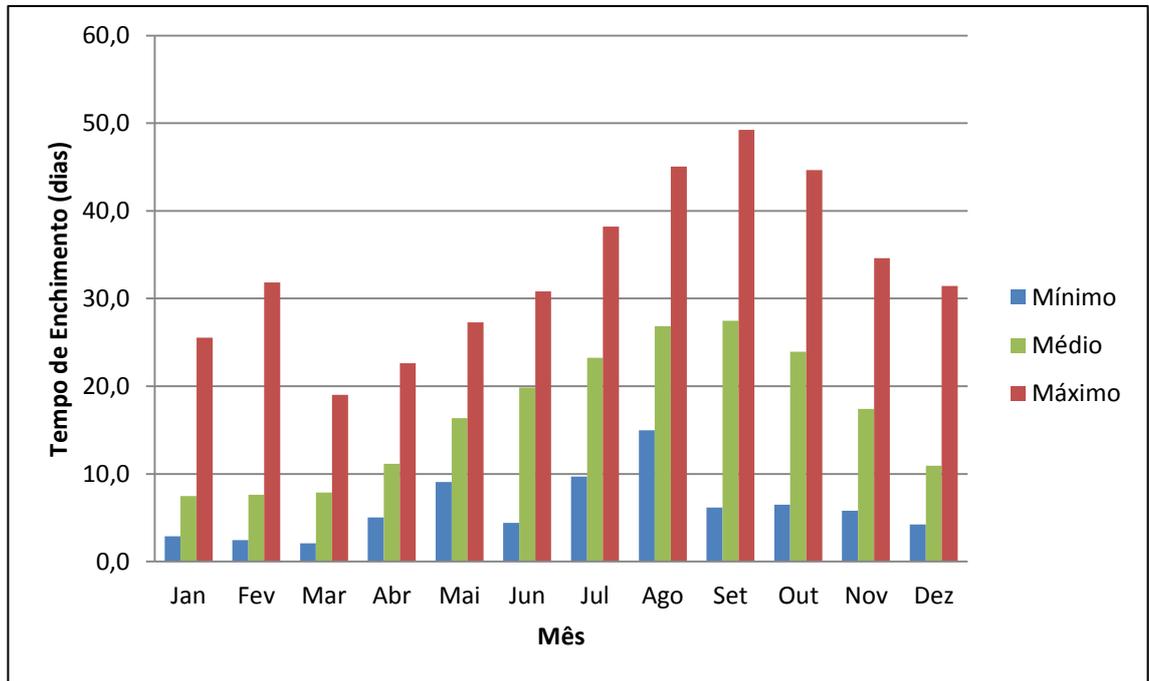


Figura 4.50 - Envoltória Máxima, Média e Mínima de Tempo de Enchimento.

4.3 GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Neste capítulo serão apresentadas as características de natureza geológica e geotécnica compiladas durante a fase de estudos do Projeto Básico da UHE Itaocara I, prevista para ser implantada no rio Paraíba do Sul, município de Itaocara, nordeste do estado do Rio de Janeiro.

Compreende os serviços de escritório, como compilação bibliográfica e análise de fotografias, e trabalhos de campo, dentre os quais se inserem o mapeamento e levantamento das características geológicas e geotécnicas dos materiais rochosos, do manto de cobertura e dos possíveis materiais naturais de construção.

Os estudos geológicos nesta etapa abrangeram, ainda, a interpretação da campanha de investigações geológico-geotécnicas através de sondagens mecânicas, cujos resultados são apresentados no item 4.3.2.2 e nas seções geológicas, documentos 1530-IT-B-DE-G28-0005 a 0013.

Inicialmente, apresentam-se as características geomorfológicas e geológicas de âmbito regional, seguidas pelas descrições de mesma natureza pertinentes aos locais de implantação das estruturas que compõem o aproveitamento.

As informações básicas de geologia disponíveis no início deste estudo provêm dos trabalhos de cunho regional realizados principalmente pelos órgãos federais de pesquisa, contidos nas Referências Bibliográficas.



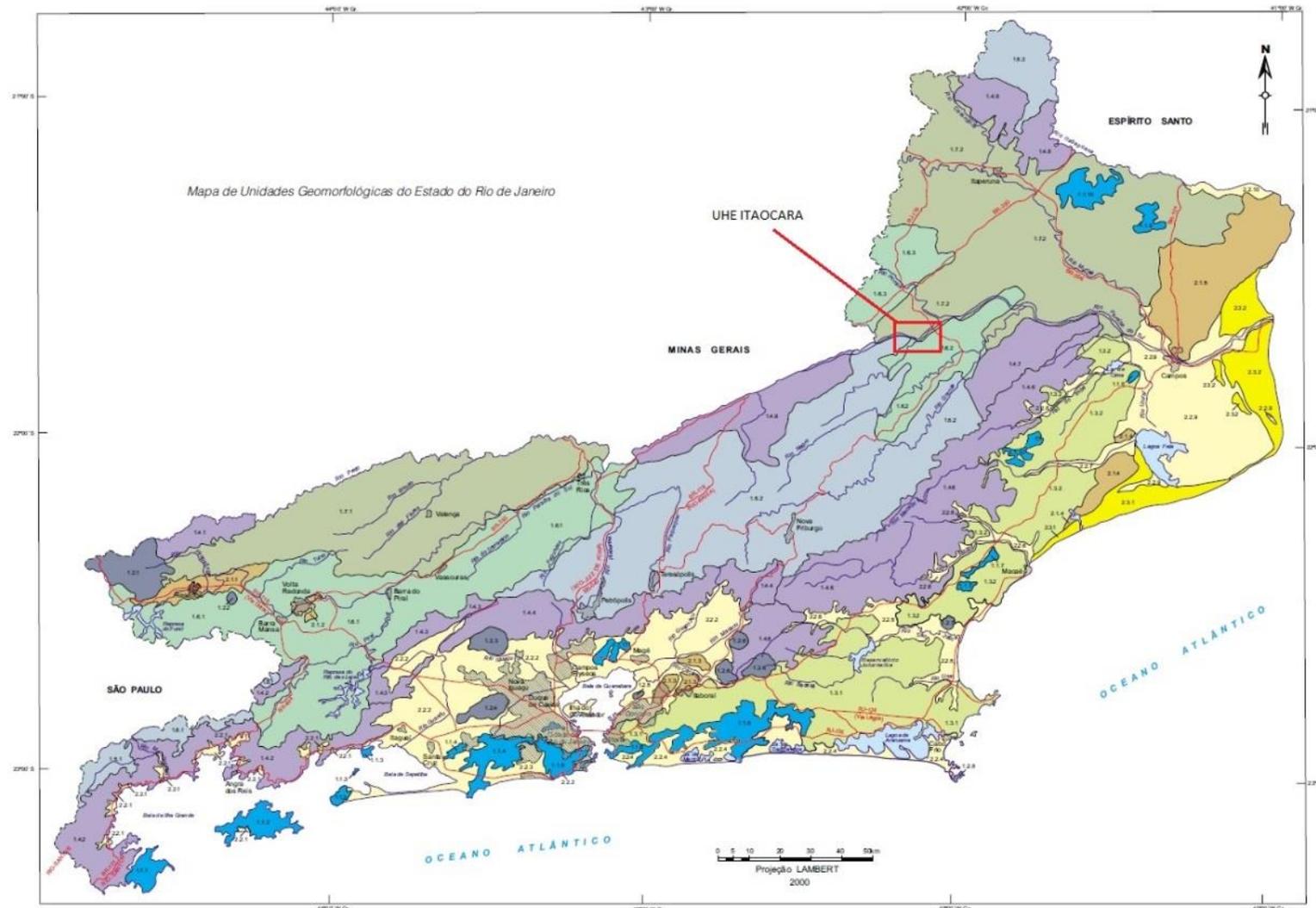
UHE ITAOCARA I

4.3.1 Aspectos Geomorfológicos e Geológicos Regionais

4.3.1.1 Geomorfologia Regional

A base do estudo geomorfológico foi feita a partir do Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2000), mostrado na Figura 4.50.

UHE ITAOCARA I



LEGENDA

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS

1- CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO

DOMÍNIOS MORFOESCULTURAIS

- 1.1 - MACIÇOS COSTEIROS E INTERIORES
 - 1.1.1 - Maciço da Juatinga
 - 1.1.2 - Maciço da Ilha Grande
 - 1.1.3 - Maciços das ilhas da Marambaia, Jaguanum e Itacuruçá
 - 1.1.4 - Maciço da Pedra Branca
 - 1.1.5 - Maciço da Tijuca
 - 1.1.6 - Maciços da Região dos Lagos
 - 1.1.7 - Maciços de Macaé
 - 1.1.8 - Maciço de Itaoca
 - 1.1.9 - Maciços do Morro do Coco
 - 1.1.10 - Maciço de Bom Jesus de Itabapoana
- 1.2 - MACIÇOS ALCALINOS INTRUSIVOS
 - 1.2.1 - Maciço de Itatiaia
 - 1.2.2 - Morro Redondo
 - 1.2.3 - Maciço do Tinguá
 - 1.2.4 - Maciço do Mendanha
 - 1.2.5 - Maciço de Itaúna
 - 1.2.6 - Maciços de Tanguá e Rio Bonito
 - 1.2.7 - Morro de São João
 - 1.2.8 - Ilha de Cabo Frio
- 1.3 - SUPERFÍCIES APLAINADAS NAS BAIXADAS LITORÂNEAS
 - 1.3.1 - Superfície Aplainada da Região dos Lagos
 - 1.3.2 - Superfície Aplainada do Litoral Leste Fluminense
- 1.4 - ESCARPAS SERRANAS
 - 1.4.1 - Escarpa da Serra da Mantiqueira
 - 1.4.2 - Escarpa das serras da Bocaina, Mangaratiba e Mazomba
 - 1.4.3 - Escarpa das serras das Araras e Paracambi
 - 1.4.4 - Escarpa das serras do Couto e dos Órgãos
 - 1.4.5 - Espigão das serras de Santana e Botija
 - 1.4.6 - Escarpa das serras de Macaé, Macabu e Imbé
 - 1.4.7 - Escarpa Reserva da Serra do Desengano
 - 1.4.8 - Escarpa do Planalto de Varre-Sai
 - 1.4.9 - Escarpa Reserva do Planalto da Região Serrana

- 1.5 - PLANALTOS RESIDUAIS
 - 1.5.1 - Planalto da Bocaina
 - 1.5.2 - Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos
 - 1.5.3 - Planalto de Varre-Sai
- 1.6 - DEPRESSÕES INTERPLANÁLTICAS
 - 1.6.1 - Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul
 - 1.6.2 - Depressão do Vale do Rio Negro
 - 1.6.3 - Depressão do Vale do Rio Pomba
- 1.7 - DEPRESSÕES INTERPLANÁLTICAS COM ALINHAMENTOS SERRANOS ESCALONADOS
 - 1.7.1 - Depressão com Serras Alinhadas do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul
 - 1.7.2 - Depressão com Serras Alinhadas do Norte-Noroeste Fluminense

2- BACIAS SEDIMENTARES CENOZÓICAS

DOMÍNIOS MORFOESCULTURAIS

- 2.3 - TABULEIROS DE BACIAS SEDIMENTARES EO-CENOZÓICAS
 - 2.1.1 - Bacia de Resende
 - 2.1.2 - Bacia de Volta Redonda
 - 2.1.3 - Bacia de Macacu
 - 2.1.4 - Tabuleiros de Quissamã
 - 2.1.5 - Tabuleiros de São Francisco de Itabapoana
- 2.2 - PLANÍCIES FLÚVIO-MARINHAS (BAIXADAS)
 - 2.2.1 - Baixadas da Baía da Ilha Grande
 - 2.2.2 - Baixadas da Baía de Guanabara, Sepetiba e Restinga da Marambaia
 - 2.2.3 - Baixada de Jacarepaguá
 - 2.2.4 - Baixadas da Região dos Lagos
 - 2.2.5 - Baixada do Rio São João
 - 2.2.6 - Baixada do Rio Macaé
 - 2.2.7 - Baixada do Rio Macabu
 - 2.2.8 - Baixada do Rio Imbé
 - 2.2.9 - Baixada Campista
 - 2.2.10 - Baixada do Rio Itabapoana
- 2.3 - PLANÍCIES COSTEIRAS
 - 2.3.1 - Feixes de Cordões Arenosos de Jurubatiba
 - 2.3.2 - Feixes de Cordões Arenosos do Rio Paraíba do Sul

Figura 4.50 - Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro (CPRM - 2000).

A área de implantação da UHE Itaocara I está situada em um limite entre três unidades geomorfológicas: Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos, a Oeste, Depressão do Vale do Rio Negro, a Sul e Leste, e Depressão com Serras Alinhadas do Norte-Noroeste Fluminense, a Norte do local de implantação do empreendimento. O núcleo urbano de Itaocara situa-se na Unidade Depressão do Vale do Rio Negro.

O Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos é uma das unidades mais importantes do Estado do Rio de Janeiro e abrange extensa área do estado. Situa-se no reverso da Serra do Mar, entre as serras de Miguel Pereira e do Couto, a Oeste, e a serra do Desengano, a Leste. Prolonga-se, a Norte, até a escarpa reversa do planalto da Região Serrana. Do Sul para o Norte observa-se uma gradativa redução das amplitudes de relevo, subdividindo-se em três unidades, em direção ao Vale do Paraíba: uma escarpa reversa logo após a linha de cumeada da escarpa da Serra do Mar; um domínio montanhoso que se estende a Norte por uma vasta área do planalto e um domínio de morros elevados, que, gradualmente, substitui o relevo acidentado de vertentes íngremes e rochosas do domínio montanhoso por um relevo de amplitudes de relevo menores e vertentes menos declivosas.

A Depressão do Vale do Rio Negro consiste em uma zona de transição entre os terrenos de morros elevados e montanhosos do planalto reverso da Região Serrana e as colinas baixas junto à calha do rio Paraíba do Sul. Trata-se de uma faixa alongada colinosa, com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude de relevo, em cotas decrescentes que variam de 350 m para 150 m de altitude em direção ao rio Paraíba do Sul, próximo à localidade de Cambuci, junto à foz do rio Dois Rios. Nesse relevo, o rio Paraíba do Sul ocorre encaixado num vale estrutural, marcado por corredeiras e afloramentos rochosos no seu leito, seguindo uma direção WSW-ENE, desviado por cotovelos de 90°.

Destaca-se um conjunto alinhado de elevações modestas, que se estende por mais de 20 km numa nítida direção estrutural SW-NE, caracterizado por morrotes e morros baixos. Esse alinhamento, denominado Serra Vermelha ou do Portela, apresenta vertentes mais declivosas e topos arredondados a aguçados, situando-se entre as localidades de Estrada Nova e Cambuci. Sustenta altitudes entre 250 m e 350 m, elevando-se a mais de 100 m do relevo colinoso circundante. Está condicionado, aparentemente, por rochas subverticalizadas de zona de cisalhamento, mais resistentes à erosão.

Por fim, a Depressão com Serras Alinhadas do Norte-Noroeste Fluminense consiste numa extensa zona colinosa intercalada com alinhamentos serranos escalonados de direção predominante WSW-ENE. Essas serras mantêm semelhança morfológica e estrutural com os alinhamentos de cristas identificados no médio vale do rio Paraíba do Sul. Nessa unidade o relevo homogêneo de colinas, morrotes e morros baixos alterna-se bruscamente com alinhamentos serranos bastante elevados. É marcante o controle dos lineamentos de direção WSW-ENE, tanto sobre a rede de drenagem tributária aos canais principais, quanto no alinhamento das cristas serranas.

4.3.1.2 Geologia Regional

A - Contexto Geotectônico

O Estado do Rio de Janeiro pode ser compartimentado em duas unidades morforestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares

Cenozóicas. A UHE Itaocara I se encontra no contexto do Cinturão Orogênico, o qual compreende um conjunto diversificado de rochas metamórficas e ígneas de idade pré-cambriana a eopaleozóica, que foram submetidas a diferentes ciclos orogênicos (Heilbron et al., 1995).

Após um longo período de estabilidade tectônica no Paleozóico e início do Mesozóico, esses terrenos sofreram uma tectônica extensional, que prolongou-se pelo Terciário, gerando falhamentos normais, produzindo os maciços costeiros e escarpas serranas, tais como as serra do Mar e da Mantiqueira.

Zonas planálticas foram sustentadas a partir do soerguimento de blocos, consequência dessa tectônica, tais como os planaltos da Bocaina e de Varre-Sai. Depressões interplanálticas também se destacam, tal como o médio vale do rio Paraíba do Sul, sendo zonas com áreas deprimidas apresentando uma série de alinhamentos serranos, comportando como degraus escalonados por condicionantes litológicos e estruturais (Coelho Netto et al., 1997).

Um evento de magmatismo alcalino, associado a abertura do Atlântico, culminou na geração de maciços intrusivos com estruturas dômicas, os quais ocorrem ao longo do Estado do Rio de Janeiro, em um alinhamento que se estende da ilha de Cabo Frio a Poços de Caldas (Almeida, 1992).

B - Geologia Estrutural

A principal feição estrutural observada na região são lineamentos de direção

NE-SW, onde estão encaixadas as drenagens mais importantes, tal como a do rio Paraíba do Sul.

Essa feição está conectada a uma importante estrutura conhecida como Lineamento de Além Paraíba (Almeida, Hasui e Carneiro, 1975), ou ainda, Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Dayan e Keller, 1990). Trata-se de um lineamento estrutural que se destaca na paisagem da depressão topográfica do rio Paraíba do Sul, entre Volta Redonda e Itaocara. Possui cerca de 260 km de extensão e até 10 km de largura, com gnaiesses milonitizados e extremamente recristalizados, com direção principal ENE.

É ainda interpretada como uma megazona de cisalhamento, com movimentação transcorrente dextral de rejeito desconhecido, com existência de esforços compressivos para a deformação (Campanha, 1981).

Considerando-a como uma zona de cisalhamento, é possível reconhecer que, na medida em que se aproxima da zona de cisalhamento central, a foliação gnáissica torna-se mais finamente espaçada e é acompanhada por uma progressiva verticalização da atitude do bandamento metamórfico (Dayan e Keller, 1990).

Há ainda a existência de rochas de diferentes graus de deformação, onde a foliação milonítica bordeja lentes de rochas relativamente menos deformadas, formando um padrão anastomótico, com eixos maiores em extremo paralelismo com o rio Paraíba do Sul (Correa Neto et al., 1993).

C - Litoestratigrafia

A caracterização litoestratigráfica regional foi feita a partir do Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, escala 1:500.000, elaborado pelo Departamento de Geologia da CPRM.

A região de implantação do empreendimento é constituída por depósitos cenozoicos colúvio-aluvionares e rochas cristalinas de idade proterozóica, principalmente gnaisses, granitos e granitóides. A distribuição litológica se dá em camadas com contatos aproximadamente paralelos ao curso do rio Paraíba do Sul, principalmente em falhas de empurrão, normais e transcorrentes, comuns à região.

O detalhamento litoestratigráfico contempla rochas do meso ao neoproterozóico, cujas unidades são descritas a seguir da base para o topo. O documento

1530-IT-B-DE-G28-0003 apresenta a geologia regional citada.

- Unidade Itaperuna Paragranulitos (MNpit)

Esta Unidade está em contato, tanto a NW como para SE com as rochas do Complexo Paraíba do Sul e é a Unidade em que está inserida a área de implantação do empreendimento. É caracterizada por gnaiss quartzo-feldspático alumino a granada-biotita-silimanita com e sem ortopiroxênio e eventualmente com intercalações de gnaiss calcissilicático. Apresenta ainda frequente fusão parcial in situ com neossoma a granada e ortopiroxênio.

- Unidade Italva (MNpi)

Aflora a SE do local de implantação do empreendimento sendo caracterizada por metacalcários dolomíticos e calcíticos, maciços a sacaroidais, mármores de granulação grossa, intercalado com granada-biotita-silimanita gnaiss quartzo-feldspático e quartzo-anfibólio-clinopiroxênio gnaisses.

- Complexo Paraíba do Sul (MNps)

Ocorre, longitudinalmente, em contato com a Unidade Itaperuna a NW e SE e é representada pela Unidade São Fidélis com granada-biotita-silimanita gnaiss quartzo-feldspático (metagrauvaca), com bolsões e veios anatéticos in situ ou injetados de composição granítica. Intercalações de gnaiss calcissilicático e quartzito são frequentes, assim como horizontes de xistos grafitosos. Variedades com cordierita e silimanita (kinzigito) com contatos transicionais como granada-biotita gnaiss também estão presentes. Rocha calcissilicática, metacarbonática e quartzito podem ocorrer em forma de lentes neste Complexo.

- Granitóides Pré a Sincolisionais Precoces

Aflorantes apenas na porção SW e pontualmente em relação a locação da futura barragem, representadas pela Unidade Duas Barras e Leucogranito gnaiss da Serra do Paquequer.

- Unidade Duas Barras (Ny1rd)

Caracterizada por uma fácies homogênea, foliada de composição tonalítica, intrudida por veios e bolsões de leucogranito tipo-S.

- Leucogranito gnaiss da Serra do Paquequer (Ny1p)

Ocorre como muscovita-biotita leucogranito, silimanita-granada-biotita granito tipo-S de granulação grossa, com forte foliação tangencial e rico em restos de paragneiss.

- Granitóides Tardi-colisionais (Transcorrentes)

Compõe o restante e maior parte das rochas presentes regionalmente, estão por vezes dispersas por toda área ou seguido a tendência de camadas alinhadas para NE, tanto a NW como a SE do local do empreendimento.

- Suíte Desengano (Ny2d)

Granito tipo-S com granada, muscovita e biotita de granulação grossa, textura granoblástica e porfirítica com forte foliação transcorrente. Localmente ocorrem domínios e “manchas” charnockíticas portadoras de granada e ortopiroxênio. É frequente a ocorrência de migmatitos de injeção.

- Suíte Rio de Janeiro (Ny2rd)

Dividido em Granito Corcovado, Granito Pão de Açúcar e Leucogranito gnáissico Cosme Velho. O Granito Corcovado do tipo-S com granada muscovita e biotita de textura megaporfirítica. O Granito Pão de Açúcar é de fácies metaluminosa do Granito Corcovado com hornblenda e biotita como minerais acessórios. Por fim, o Leucogranito gnáissico Cosme Velho é do tipo-S com muscovita, granada e biotita, de granulação média, textura granoblástica e forte foliação tangencial, comumente com xenólitos e restos de paragneisses.

- Suíte Bela Joana (Ny2b)

Granito do tipo-C, granada-hornblenda-clinopiroxênio-ortopiroxênio charnockito de granulação grossa, textura magmática equigranular a porfirítica preservada.

- Suíte Angelim (Ny2a)

Granada-hornblenda-biotita tonalito a granito com textura porfirítica e forte foliação transcorrente.

- Suíte Serra das Araras (Ny3a)

Caracterizada por granada granito a duas micas tipo-S com granulação grossa, equigranular a porfirítico, com foliação transcorrente, rico em enclaves de paragneisse.

- Suíte Santo Antônio de Pádua (Ny3sa)

Sienogranito tipo-I, extremamente deformado em zona de cisalhamento transcorrente de alto strain, com textura ultramilonítica.

- Depósito Colúvio-Aluvionar

Depósitos fluviais e flúvio-marinhos areno-siltico-argilosos com camadas de cascalheiras associados a depósito de tálus, e sedimentos lacustrinos e de manguezais retrabalhado.

4.3.1.3 *Análise de Riscos de Sismos*

O Brasil, por estar situado em uma região estável no interior de uma placa tectônica, apresenta uma sismicidade bem inferior à observada na borda das placas, com presença de tremores menos intensos e relativamente mais suaves.

Eventos sísmicos no país estão relacionados a descontinuidades ou falhas geológicas, bem como reflexos de sismos com epicentro em outros países da América Latina.

Além dos sismos naturais de origem tectônica, existem também abalos associados à atividade antrópica que podem culminar em acomodações de camadas em subsuperfície, geralmente localizados e de pequena intensidade, conhecidos como sismos induzidos.

Sabe-se que o enchimento de grandes reservatórios pode desencadear estes abalos. Entretanto, deve-se destacar que não há registro de sismo induzido com intensidade maior que grau IV (segundo a Escala de Mercalli) em reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras. Assim, assume-se que é baixo o risco de ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento do reservatório do empreendimento em questão.

4.3.1.4 Recursos Minerais

Na região de implantação do empreendimento são encontrados diversos requerimentos e autorização de pesquisa além de licenciamentos e requerimentos de lavra, de acordo com acesso ao SIGMINE do DNPM em 13 de Outubro de 2015, Figura 4.51.

Os principais materiais de interesse são areia e argila para construção civil e uso industrial, gnaiss, granito, mármore e calcário para revestimentos e uso industrial. Há autorização de pesquisa em área a sudoeste do eixo da barragem para saibro para uso na construção civil.

Ocorre também, ao longo do rio Paraíba do Sul área em fase de disponibilidade para minério de ouro.

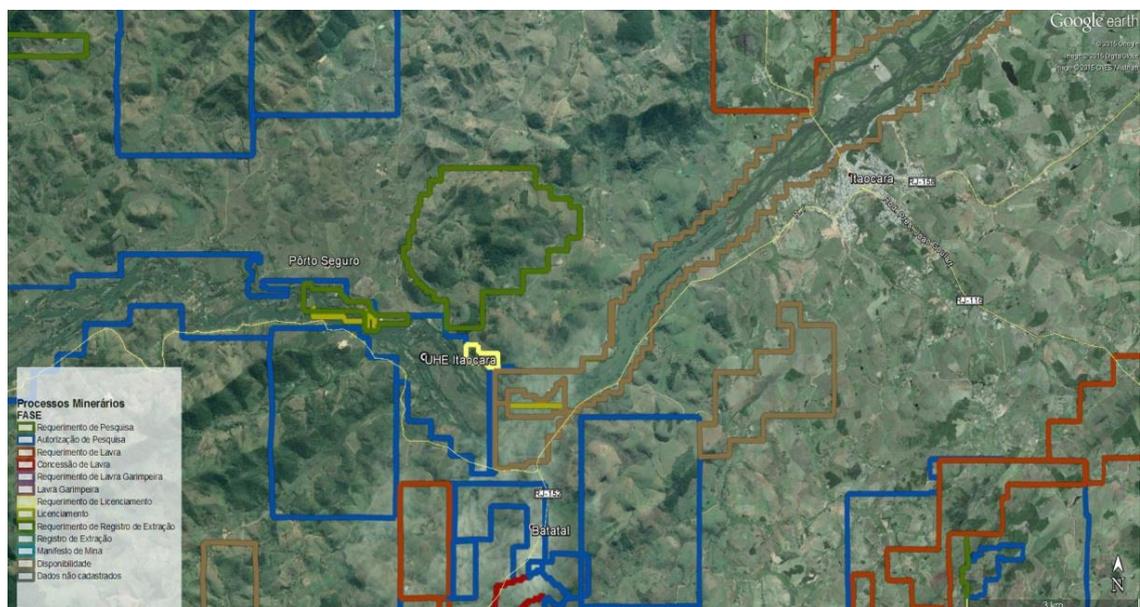


Figura 4.51 – Processos Minerários da Região Próxima a UHE Itaocara (SIGMINE, DNPM – 13 de Outubro de 2015).

4.3.2 Aspectos Geológico-Geotécnicos do Local do Aproveitamento

Nesse item apresentam-se os dados obtidos nos levantamentos geológico-geotécnicos na etapa do Projeto Básico da UHE Itacara I.

As características geológicas e condicionantes geotécnicos aqui apresentados foram fundamentadas em mapeamento de superfície e nos resultados de investigações de subsuperfície.

4.3.2.1 Mapeamento Geológico-Geotécnico de Superfície

Realizou-se o mapeamento geológico-geotécnico de superfície abrangendo o entorno da área de implantação das estruturas da UHE Itacara I.

Junto ao levantamento local foram compilados e correlacionados os aspectos da geologia e geomorfologia regional. No documento 1530-IT-B-DE-G28-0004, exibe-se o mapa geológico local, com os principais dados litológicos e estruturais observados.

O mapeamento geológico-geotécnico foi realizado durante visita ao local do empreendimento. A visita objetivou o reconhecimento da área de implantação da usina, bem como a análise dos testemunhos das sondagens realizadas.

A rocha predominante na região de instalação da UHE Itacara I faz parte da Unidade Itaperuna Paragranulitos, conforme descrito no item de geologia regional. Trata-se de um gnaiss migmatítico, de coloração cinza claro a cinza escuro, de granulação fina a média (Figura 4.52).



Figura 4.52 - Aspecto Geral do Gnaiss Aflorante no Leito do Rio na Área de Implantação do Empreendimento.

Os afloramentos rochosos ocorrem próximo às margens e ao longo do rio Paraíba do Sul, formando travessões, ilhotas e escarpas no alto das encostas (Figura 4.53).



Figura 4.53 - Afloramentos de Gnaisse e Blocos Residuais no Leito e Margens do Rio Paraíba do Sul, Próximo à Região de Implantação das Estruturas de Concreto da UHE Itaocara I.

Horizontes de solo residual do gnaisse, solo coluvionar e aluvião sobrepõem a rocha gnáissica.

As coberturas de solo residual e coluvionar aparecem recobrando o maciço rochoso nas margens direita e esquerda do empreendimento e na ilha Serena. Já os depósitos aluviais, ocorrem ao longo do leito e planícies do rio Paraíba do Sul. Um horizonte de saprolito, embora não aflorante, ocorre também na margem esquerda, conforme demonstrado pelas investigações realizadas (SM-116, por exemplo).

No eixo do barramento, a maior cobertura de solos ocorre nas ombreiras, na região de coroamento da barragem, sendo que a margem esquerda apresenta a maior espessura.

4.3.2.2 Investigações Geológico-Geotécnicas

4.3.2.2.1 Sondagens

Foram realizadas três campanhas de sondagens, abrangendo a execução de sondagens rotativas, a percussão, mistas, atrado e poços de inspeção. Aliado a essas investigações, foram realizados ensaios de resistência à penetração (SPT), ensaios de infiltração em solos (EI) e ensaios de perda d'água sob pressão em rocha (EPA).

As sondagens foram programadas de modo a orientar os diferentes arranjos gerais estudados para o aproveitamento. Para isso, foram locadas ao longo dos eixos principais de forma a permitir a orientação e posicionamento das estruturas da usina, além de auxiliar no conhecimento das características geológicas e condicionantes geotécnicas de suas fundações.

Primeira campanha de sondagens (2001)

A primeira campanha de sondagens foi executada em 2001 e suas caixas de testemunhos foram adequadamente armazenadas, permitindo que fosse elaborada uma nova descrição em abril de 2010 com elaboração de novos perfis individuais de sondagens, a partir da recuperação das informações e registros das caixas de testemunhos armazenadas.

Nessa campanha foram executadas 15 sondagens rotativas, 5 sondagens mistas e 2 poços de inspeção.

Foram realizados ensaios de infiltração, perda d'água sob pressão e de resistência à penetração. Ressalta-se, entretanto, que não foi possível resgatar as informações desses ensaios nessa etapa de projeto.

A Tabela 4.64 apresenta o resumo do quantitativo por furo das sondagens executadas:

Tabela 4.64 - Quadro Resumo da Primeira Campanha de Investigações (2001).

Sondagens	Local	Coordenadas UTM (m)		Cota de Topo (m)	Profundidade Perfurada (m)		
		N	E		Solo	Rocha	Total
SM-01	Barragem M.E	7.598.496,00	795.400,00	66,22	4,06	3,94	8,00
SM-02	Barragem M.E	7.598.612,98	795.410,86	80,38	12,88	4,12	17,00
SM-03	Barragem M.E	7.598.540,07	795.462,05	78,33	12,92	4,20	17,12
SM-04	Acesso	7.598.460,00	795.520,00	87,92	11,07	5,47	16,54
SM-05	Ombreira M.E	7.598.568,00	795.527,00	114,63	22,59	5,56	28,15
SR-01	Ombreira DIR.	7.597.930,31	794.324,88	89,10	20,14	11,26	31,40
SR-02	Ombreira DIR.	7.597.804,59	794.377,24	137,02	12,48	6,20	18,68
SR-03	Ombreira DIR.	7.597.758,05	794.491,81	107,40	0,46	7,07	7,53
SR-04	Ombreira M.D	7.597.733,95	794.574,76	75,74	8,14	6,86	15,00
SR-05	Ombreira M.D	7.597.821,90	794.471,05	120,93	2,34	10,66	13,00
SR-06	Barragem Leito	7.597.867,98	794.529,06	79,56	0,70	10,40	11,10
SR-07	Barragem Leito	7.597.888,07	794.599,69	63,83	0,00	7,05	7,05
SR-08	Ombreira M.D	7.597.796,10	794.532,64	91,56	1,33	6,72	8,05
SR-09	Barragem Leito	7.597.860,00	794.603,00	63,50	0,00	6,38	6,38
SR-10	Barragem Leito	7.598.089,98	794.840,02	66,77	3,37	7,13	10,50
SR-11	Barragem Leito	7.598.240,83	794.910,40	71,85	6,45	7,10	13,55
SR-12	Barragem Leito	7.598.175,00	794.956,02	76,27	6,00	7,04	13,04
SR-13	Barragem Jusante	7.598.114,97	795.000,04	67,05	7,78	7,06	14,84
SR-14	Barragem Leito	7.598.279,98	795.104,01	63,08	2,30	7,00	9,30
SR-15	Canal de Fuga	7.598.418,04	795.297,96	66,39	3,55	7,35	10,90
PI-1	Barragem de Terra - Ilha	7.598.180,00	794.966,00	73,20	3,40	0,00	3,40
PI-2	Eixo - Margem Esquerda	7.598.646,00	795.496,00	97,00	2,50	0,00	2,50
				TOTAL	144,46	138,57	283,03

Segunda campanha de sondagens (2011)

A segunda campanha sondagens foi realizada em novembro de 2011. Ao todo foram executadas 8 furos, sendo 5 sondagens rotativas e 3 sondagens mistas. Foram realizados ensaios de infiltração em solo e de perda d'água sob pressão em rocha.

A Tabela 4.65 apresenta o resumo do quantitativo por furo das sondagens executadas:

Tabela 4.65 - Quadro Resumo da Segunda Campanha de Investigações (2011).

Sondagens	Local	Coordenadas UTM (m)		Cota de Topo (m)	Profundidade Perfurada (m)			Ensaio de Permeabilidade	
		N	E		Solo	Rocha	Total	INF	EPA
SR-20	Barragem de Enrocamento	7.598.372,67	795.116,73	62,36	-	24,9	24,9	-	8
SR-21	Descarr. Fundo	7.598.434,85	795.189,87	62,69	-	29,5	29,5	-	9
SM-22	Casa de Força	7.598.484,10	795.247,99	64,19	3,9	21,6	25,5	4	7
SR-23	Descarr. Fundo	7.598.365,65	795.185,71	61,97	-	25,4	25,4	-	-
SR-24	Casa de Força	7.598.420,16	795.241,42	63,62	0,3	34,2	34,5	-	-
SR-25	Leito do Rio	7.598.448,04	795.088,45	63,42	-	14,7	14,7	-	-
SM-26	Leito do Rio M.E	7.598.497,57	795.129,57	64,24	1,1	13,9	15	1	-
SR-27	Leito do Rio Jus.	7.598.299,78	795.249,71	61,58	-	15,2	15,2	-	-
				TOTAL	5,3	179,4	184,7	5	24

Terceira campanha de sondagens (2015)

A terceira campanha de sondagens foi executada entre os meses de setembro e outubro de 2015. Foram executadas 27 sondagens a percussão, 6 poços de inspeção, 10 sondagens mistas e 14 sondagens rotativas, com a realização de 148 ensaios de infiltração, 100 ensaios de perda d'água e 207 ensaios de resistência à penetração, além de 26 ensaios de lavagem por tempo nas sondagens a percussão.

A Tabela 4.66 apresenta o resumo do quantitativo por furo das sondagens executadas:

Tabela 4.66 - Quadro Resumo das Sondagens da Terceira Campanha de Investigações (2015).

Sondagens	Local	Coordenadas UTM (m)		Cota do Topo (m)	Profundidade Perfurada (m)			Ensaios			
		N	E		Solo	Rocha	Total	E.I	E.P.A	SPT (unid.)	LVT
PI-101	Barragem M.D.	-	-	-	1,20	0,00	1,20	-	-	-	-
PI-101A	Barragem M.D.	-	-	-	1,00	0,00	1,00	-	-	-	-
PI-102	Barragem M.D.	-	-	-	5,00	0,00	5,00	-	-	-	-
PI-103	Barragem M.E.	-	-	-	4,50	0,00	4,50	-	-	-	-
PI-104	Dique	-	-	-	1,80	0,00	1,80	-	-	-	-
PI-104A	Dique	-	-	-	1,50	0,00	1,50	-	-	-	-
SM-101	Barragem M.D.	7.597.865,36	794.519,59	80,65	2,45	7,58	10,03	1	2	2	-
SM-104	Barragem M.D.	7.598.029,39	794.712,43	64,08	0,97	9,28	10,25	-	3	-	-
SM-105	Barragem M.D.	7.598.188,19	794.899,92	76,01	7,04	10,08	17,12	6	3	6	-
SM-106	Barragem M.D.	7.598.253,27	794.976,11	64,68	2,63	14,91	17,54	2	4	2	-
SM-111	Casa de Força	7.598.458,52	795.217,26	63,88	3,50	30,50	34,00	4	10	3	-
SM-114	Muro M.E.	7.598.516,13	795.285,02	65,34	3,53	13,65	17,18	3	4	4	-
SM-115	Barragem M.E.	7.598.545,49	795.335,38	64,23	6,09	11,18	17,27	6	3	6	-
SM-116	Barragem M.E.	7.598.582,95	795.440,61	87,56	16,15	10,11	26,26	2	3	16	-
SM-126	Ensecadeira Montante	7.598.517,93	794.859,58	64,00	2,63	17,67	20,30	2	0	2	-
SM-127	Ensecadeira Jusante	7.597.983,61	795.177,25	68,00	3,50	16,69	20,19	3	0	3	-
SP-101	Barragem M.D.	7.597.848,32	794.556,78	75,00	2,54	0,00	2,54	1	-	3	1
SP-102	Barragem M.D.	7.597.906,40	794.512,17	70,39	5,45	0,00	5,45	5	-	6	-
SP-103	Barragem M.D.	7.598.108,29	794.805,94	67,36	1,73	0,00	1,73	1	-	2	1
SP-104	Barragem M.D.	7.598.118,10	794.894,02	69,10	4,62	0,00	4,62	4	-	5	1
SP-105	Canal de Fuga	7.598.403,85	795.320,20	64,52	4,40	0,00	4,40	3	-	5	1
SP-106	Barragem M.E.	7.598.500,00	795.351,51	64,10	2,54	0,00	8,00	2	-	3	1
SP-107	Barragem M.E.	7.598.607,20	795.471,50	95,76	10,09	0,00	10,09	9	-	11	1
SP-108	Subestação	7.598.334,58	795.492,51	64,25	6,58	0,00	6,58	5	-	6	1
SP-109	Subestação	7.598.284,21	795.489,77	64,26	11,10	0,00	11,10	10	-	12	1
SP-110	Subestação	7.598.300,76	795.537,52	64,09	3,11	0,00	3,11	2	-	4	1
SP-111	Dique	7.599.170,67	795.626,39	95,00	12,20	0,00	12,20	11	-	13	1
SP-112	Dique	7.599.213,61	795.851,65	85,00	11,11	0,00	11,11	10	-	12	1
SP-113	Dique	7.599.256,56	795.876,91	95,00	9,18	0,00	9,18	8	-	10	1
SP-114	Ensecadeira Incorp.	7.598.071,26	794.667,03	64,12	7,05	0,00	7,05	6	-	8	1
SP-115	Ensecadeira Jusante	7.597.814,82	794.691,44	60,00	2,77	0,00	2,77	2	-	3	1
SP-116	Ensecadeira Jusante	7.597.900,87	794.805,23	60,00	3,57	0,00	3,57	2	-	4	1
SP-117	Ilha Montante	7.598.367,99	794.890,31	63,49	0,93	0,00	0,93	1	-	1	1
SP-118	Ensecadeira Montante	7.598.690,20	795.295,51	65,00	7,54	0,00	7,54	6	-	8	1
SP-119	Ensecadeira	7.598.208,80	795.210,59	62,89	2,26	0,00	2,26	2	-	3	1
SP-120	Ensecadeira Jusante	7.598.284,46	795.318,32	63,00	1,18	0,00	1,18	0	-	2	1
SP-121	Ombreira M.E.	7.598.540,32	795.092,61	65,00	3,66	0,00	3,66	2	-	4	1
SP-122	Ensecadeira Montante	7.598.638,00	795.043,00	65,44	4,24	0,00	4,24	3	-	5	1
SP-123	Ensecadeira Montante	7.598.302,00	794.756,00	69,00	5,56	0,00	5,56	4	-	6	1
SP-124	Ensecadeira Montante	7.598.214,06	794.794,28	67,18	8,52	0,00	8,52	7	-	9	1
SP-125	Ensecadeira Jusante	7.598.008,98	794.926,17	64,00	3,52	0,00	3,52	2	-	4	1
SP-126	Ensecadeira Jusante	7.597.847,80	795.082,86	65,47	7,61	0,00	7,61	6	-	8	1
SP-127	Ensecadeira Jusante	7.598.147,91	795.219,65	63,53	5,13	0,00	5,13	4	-	6	1
SR-102	Barragem M.D.	7.597.953,83	794.562,29	63,99	3,33	6,76	10,09	-	2	-	-
SR-103	Barragem M.D.	7.597.979,85	794.654,15	62,42	0,00	10,03	10,03	-	3	-	-
SR-107	Barragem M.D.	7.598.351,71	795.043,05	61,75	0,00	17,48	17,48	-	6	-	-
SR-108	Vertedouro	7.598.398,51	795.142,04	62,30	0,00	29,03	29,03	-	10	-	-
SR-109	Vertedouro	7.598.419,59	795.169,11	62,00	0,00	29,07	29,07	-	10	-	-
SR-109A	Vertedouro	7.598.398,51	795.142,04	62,30	0,00	29,05	29,05	-	10	-	-
SR-110	Canal Adução	7.598.490,11	795.198,88	65,71	3,70	20,64	24,34	1	7	-	-
SR-112	Casa de Força	7.598.436,39	795.234,90	63,55	2,46	36,80	39,26	-	12	-	-
SR-113	Canal de Fuga	7.598.366,31	795.307,31	61,76	0,00	24,52	24,52	-	8	-	-
SR-121	Ensecadeira Incorp.	7.598.115,54	794.725,32	64,51	3,00	6,14	9,14	-	0	-	-
SR-122	Ensecadeira Jusante	7.598.332,77	795.388,78	60,00	3,13	6,06	9,19	-	0	-	-
SR-123	Pedreira 01 M.E.	7.598.550,12	795.180,94	65,00	2,92	17,74	20,66	-	0	-	-
SR-124	Ilha Montante	7.598.305,80	794.818,66	70,60	8,50	11,64	20,14	-	0	-	-
SR-125	Ilha Jusante	7.598.179,72	795.076,27	65,00	3,50	16,85	20,35	-	0	-	-
TOTAL					242,22	403,46	651,14	148	100	207	26



UHE ITAOCARA I

Sondagens executadas – áreas de empréstimo (2001, 2011)

Para investigação das áreas potenciais para empréstimo de solo, foram executados 19 poços de inspeção e 24 sondagens a trado. Foram 17 poços de inspeção executados na fase de viabilidade, em 2001 e 2 poços de inspeção (PEB-4 e PEB-5) e todas as sondagens a trado executados na fase de projeto básico, em 2011.

A Tabela 4.67 a seguir, apresenta o resumo do quantitativo por furo das investigações executadas:

Tabela 4.67 - Quadro Resumo das Investigações para Áreas Potenciais de Empréstimo.

Sondagens	Coordenadas UTM (m)		Profundidade Perfurada (m)
	N	E	Solo
PEA-1	7.599.188,00	795.146,00	5,00
PEA-2	7.599.419,00	795.326,00	5,00
PEB-1	7.599.136,00	795.423,00	5,00
PEB-2	7.598.977,00	795.621,00	5,00
PEB-3	7.598.798,00	795.846,00	5,00
PEC-1	7.598.515,00	796.074,00	5,00
PEC-2	7.598.371,00	796.254,00	5,00
PEC-3	7.598.231,00	796.429,00	5,00
PEC-4	7.598.034,00	796.675,00	5,00
PED-1	7.598.896,00	796.968,00	5,00
PED-2	7.598.575,00	796.738,00	5,00
PEE-1	7.598.147,00	793.719,00	5,00
PEF-1	7.597.582,00	793.817,00	5,00
PEF-2	7.597.818,00	793.921,00	5,00
PEF-3	7.598.026,00	794.003,00	5,00
PEG-1	7.597.231,00	794.683,00	5,00
PEG-2	7.597.002,00	794.739,00	5,00
PEB-4	7.598.776,00	795.644,00	5,00
PEC-5	7.598.287,00	796.040,00	5,00
STA-1	7.599.338,00	795.169,00	4,00
STA-2	7.599.232,00	795.301,00	5,50
STB-1	7.598.981,00	795.462,00	5,00
STB-2	7.599.131,00	795.582,00	5,00
STB-3	7.598.962,00	795.793,00	5,00
STC-1	7.598.599,00	796.290,00	5,00
STC-2	7.598.145,00	796.217,00	4,50
STC-3	7.598.458,00	796.467,00	5,00
STC-4	7.597.883,00	796.384,00	5,00
STC-5	7.598.289,00	796.677,00	5,00
STC-6	7.598.105,00	796.907,00	5,00
STE-1	7.598.035,00	793.623,00	5,00
STF-1	7.597.769,00	793.714,00	5,00
STF-2	7.597.648,00	793.989,00	5,00
STF-3	7.597.948,00	794.100,00	5,00
STG-1	7.596.850,00	794.550,00	5,00
STG-2	7.597.050,00	794.900,00	3,00
STH-1	7.599.024,00	794.770,00	5,00
STH-2	7.599.170,00	794.847,00	5,50
STH-3	7.598.938,00	794.954,00	5,00
STH-4	7.599.024,00	795.090,00	5,00
STI-1	7.599.179,00	795.825,00	5,00
STI-2	7.599.215,00	795.850,00	5,00
STI-3	7.599.255,00	795.875,00	6,70
			214,20

Sondagens executadas – áreas de empréstimo - 2015

Conjuntamente com a terceira campanha de sondagens, em 2015, foram executadas 70 sondagens a trado, para complementação dos estudos das áreas de empréstimo.

O resumo quantitativo dessas investigações é apresentado na tabela 4.68 abaixo.

Tabela 4.68 - Quadro Resumo das Sondagens a Trado.

Sondagens	Local	Profundidade Perfurada (m)	Sondagens	Local	Profundidade Perfurada (m)
		Solo			Solo
ST-101	AE-ME-01	5,02	ST-130	AE-MD-02	1,30
ST-102	AE-ME-01	0,20	ST-130A	AE-MD-02	1,20
ST-102A	AE-ME-01	0,40	ST-130B	AE-MD-02	0,80
ST-102B	AE-ME-01	0,80	ST-131	AE-MD-02	5,02
ST-103	AE-ME-01	5,05	ST-132	AE-MD-02	0,87
ST-104	AE-ME-01	0,68	ST-132A	AE-MD-02	0,87
ST-104A	AE-ME-01	0,47	ST-132B	AE-MD-02	0,87
ST-104B	AE-ME-01	0,48	ST-133	AE-MD-02	0,47
ST-105	AE-ME-01	5,02	ST-133A	AE-MD-02	1,10
ST-106	AE-ME-01	5,04	ST-133B	AE-MD-02	1,20
ST-107	AE-ME-02	5,00	ST-134	AE-MD-03	5,01
ST-108	AE-ME-02	5,01	ST-135	AE-MD-03	5,00
ST-109	AE-ME-02	5,03	ST-136	AE-MD-03	5,01
ST-110	AE-ME-02	1,35	ST-137	AE-MD-03	5,00
ST-110A	AE-ME-03	5,00	ST-138	AE-MD-03	5,00
ST-111	AE-ME-03	5,01	ST-139	AE-MD-03	2,80
ST-112	AE-ME-03	5,02	ST-140	AE-MD-03	3,27
ST-113	AE-ME-03	2,10	ST-141	AE-IM-01	2,40
ST-114	AE-ME-03	5,00	ST-142	AE-IM-01	1,58
ST-115	AE-ME-03	5,03	ST-143	AE-IM-01	5,06
ST-116	AE-ME-03	5,03	ST-144	AE-IM-01	2,03
ST-117	AE-ME-04	5,00	ST-145	AE-IM-01	4,13
ST-118	AE-ME-04	5,03	ST-146	AE-U-01	5,03
ST-119	AE-ME-04	4,10	ST-147	AE-U-01	3,72
ST-120	AE-ME-04	5,02	ST-148	AE-U-01	5,01
ST-121	AE-ME-04	5,00	ST-149	AE-U-01	3,91
ST-122	AE-ME-04	5,02	ST-150	AE-U-01	3,83
ST-123	AE-ME-04	5,00	ST-151	AE-U-01	2,97
ST-124	AE-ME-04	5,00	ST-152	AE-U-01	5,02
ST-125	AE-ME-04	5,00	ST-153	AE-U-01	5,00
ST-127	AE-MD-01	5,02	ST-154	AE-U-01	4,83
ST-128	AE-MD-01	5,00	ST-155	AE-U-01	3,10
ST-129	AE-MD-02	1,13	ST-156	AE-U-01	5,00
ST-129A	AE-MD-02	0,85	ST-156A	AE-U-01	5,00
ST-129B	AE-MD-02	0,60	ST-157	AE-U-01	5,00
TOTAL					245,92

4.3.2.2.2 Geofísica

As investigações geofísicas foram executadas entre os dias 16 e 27 de setembro de 2015. Os métodos utilizados foram o de sísmica de refração e caminhamento elétrico, realizados em conjunto. Ao todo foram executados 4.840 m de linha geofísica para o método de sísmica e 4.750 m para o método elétrico.

A tabela 4.69 a seguir, apresenta o resumo do quantitativo para as investigações geofísicas executadas.

Tabela 4.69 - Quadro Resumo das Investigações Geofísicas Executadas na Área de Implantação da UHE Itaocara I.

CAMINHAMENTO ELÉTRICO E SÍSMICA DE REFRAÇÃO				
Nº da Linha	Coordenadas UTM (m)		Comprimento (m)	
	N	E	Sísmica	Elétrica
CE/LS-01	7.598.444	795.228	500	470
	7.598.656	795.616		
CE/LS-02	7.598.414	795.371	480	470
	7.598.771	795.065		
CE/LS-03	7.598.482	795.484	240	230
	7.598.686	795.402		
CE/LS-04	7.598.371	795.341	480	470
	7.598.704	795.018		
CE/LS-05	7.598.346	794.760	720	710
	7.597.826	795.204		
CE/LS-06	7.597.945	794.510	170	170
	7.597.812	794.594		
CE/LS-07	7.598.077	794.769	480	440
	7.598.336	795.093		
CE/LS-08	7.598.444	795.228	360	390
	7.598.729	794.975		
CE/LS-09	7.598.567	795.046	240	230
	7.598.729	795.198		
CE/LS-10	7.598.160	794.644	350	350
	7.598.373	794.909		
CE/LS-11	7.597.932	794.946	350	350
	7.598.159	795.203		
CE/LS-12	7.597.798	794.998	470	470
	7.598.086	795.357		
TOTAL			4.840	4.750

4.3.2.2.3 Televisamento – Perfilagem Geofísica Ótica

Para obter maior nível de detalhes das principais descontinuidades observadas nas sondagens executadas, foi executado serviço de perfilagem geofísica ótica ou televisamento. Para este serviço, foram pré-selecionadas, ao longo do barramento, 5 sondagens do tipo mista, perfazendo um total de 96,05m de trechos analisadas pelo método.

A tabela 4.70 a seguir, apresenta o resumo do quantitativo por furo onde foram executados o televisamento.

Tabela 4.70 - Quadro Resumo das Sondagens com Ensaio de Televisamento.

Sondagens	Local	Coordenadas UTM (m)		Cota do Topo (m)	Profundidade Perfilada (m)
		N	E		
SM-101	Barragem M.D.	7.597.865,36	794.519,59	80,65	10,00
SM-104	Barragem M.D.	7.598.029,39	794.712,43	64,08	10,00
SM-105	Barragem M.D.	7.598.188,19	794.899,92	76,01	17,06
SM-111	Casa de Força	7.598.458,52	795.217,26	63,88	32,87
SM-116	Barragem M.E.	7.598.582,95	795.440,61	87,56	26,12
TOTAL					96,05

4.3.3 Aspectos Geológico-Geotécnicos

São descritos, neste tópico, os principais aspectos morfológicos, litológicos, estruturais e geotécnicos dos locais onde serão implantadas as estruturas que compõem o empreendimento.

4.3.3.1 Morfologia Local

O rio Paraíba do Sul possui, na maior parte do seu curso, direção de fluxo para NE, porém no local de implantação do empreendimento o mesmo se curva fortemente para SE. Esta curvatura em torno de 90° é típica dos cursos d'água da região que reflete a importância da componente estrutural no modelo de relevo.

As elevações das ombreiras vão de 160,00 m para a margem esquerda e 140,00 m para a margem direita. A declividade da ombreira esquerda é menor à da direita, e possui ainda uma planície de inundação no pé da encosta.

Ocorrem ilhas ao longo do leito do rio, sendo uma de grande representatividade e dimensões, denominada ilha Serena.

Localmente, os materiais encontrados na região dividem-se em 6 classes: rocha gnáissica sã, rocha gnáissica alterada, solo coluvionar, solo residual de gnaíse, saprolito e aluvião.

4.3.3.2 Caracterização Geológico-Geotécnica dos Materiais

4.3.3.2.1 Maciço Rochoso

O substrato rochoso da área do empreendimento é composto por rocha gnáissica migmatítica, de coloração cinza clara a escuro, granulação fina a média e textura granoblástica a granolepidoblástica.

Essa rocha é composta de quartzo, feldspato/plagioclásio, moscovita, biotita e por vezes piroxênios e anfibólios. Comumente encontram-se cristais milimétricos a centimétricos de granada. Apresenta-se foliada, com veios e neossomas graníticos de coloração branca com minerais centimétricos.

Em termos estruturais, as discontinuidades principais do maciço rochoso são representadas, principalmente, pelos planos do bandamento gnáissico (foliação gnáissica) e, secundariamente, mas não menos importante, pelas discontinuidades relacionadas ao sistema regional de deformação e fraturamento da rocha.

As fraturas e juntas geralmente encontram-se abertas e com oxidação das superfícies, especialmente nos trechos superiores do maciço, onde notam-se abertura e oxidação das superfícies (Figura 4.54).



Figura 4.54 – Detalhe de Fratura Aberta e Oxidada no Maciço Rochoso.

Geotecnicamente, de maneira geral, a rocha gnáissica apresenta-se como um maciço de boa a excelente qualidade geomecânica (>R5, ISRM). Sua caracterização varia entre sã (A1) e pouco alterada (A2) já próximo à superfície. Além desse parâmetro,

observa-se que a consistência/coerência do maciço é alta, variando entre resistente (C1) a medianamente resistente (C2).

O fraturamento ocorre de maneira homogênea, sendo ocasionalmente fraturado (F1) na maior parte do maciço, com trechos pouco fraturados (F2) e com algumas poucas passagens localizadas de maior grau de fraturamento (F4/F5).

Apresentam altos valores de RQD e recuperação, confirmando dessa forma, a qualidade geomecânica do maciço.

Ressalta-se, no entanto, que o maciço pode apresentar um horizonte superior de gnaiss alterado de pequena espessura, sobretudo ao longo das ombreiras. Esse horizonte é caracterizado por rocha medianamente a muito alterada (A3/A4), medianamente a extremamente fraturada (F3/F5) e medianamente resistente a branda (C3/C4).

Em relação à permeabilidade, os ensaios de condutividade hidráulica detectaram, em geral, valores baixos para permeabilidade (H1), com exceção de alguns reduzidos trechos, onde notam-se juntas de alívio, que exibiram permeabilidade elevada, chegando inclusive a muito alta (H5) em alguns locais.

4.3.3.2.2 Materiais de Cobertura

4.3.3.2.2.1 Solo residual do gnaiss e saprolito

O solo residual de gnaiss é constituído de argila-siltosa a arenosa de coloração variegada, marrom-avermelhado a amarelo, com presença de minerais micáceos, por vezes sericita.

De maneira geral, possui consistência média a rija, com valores SPT maiores que 15 golpes na grande maioria dos trechos ensaiados. Os ensaios de infiltração executados no material detectaram uma permeabilidade da ordem 10^{-5} cm/s, ou seja, condutividade hidráulica muito baixa.

Em sua maior parte, ocorre sobreposto ao maciço rochoso, mas há trechos em que está acima do saprolito, como na margem esquerda. Apresenta espessura variável, de delgada (0,85 m) a espessa (7,00 m).

O horizonte saprolítico caracteriza-se como sendo um solo de coloração cinza-esbranquiçado, com areia fina a média, pouco a medianamente argiloso, com presença de quartzo e micas, por vezes sericita, e de consistência dura, SPT > 35 golpes/30 cm finais. Os ensaios de infiltração executados no material constataram também baixa permeabilidade ($K < 10^{-5}$ cm/s).

Esse horizonte ocorre na margem esquerda e está bem caracterizado na sondagem SM-116 que amostrou um material proveniente de rocha gnáissica altamente alterada, com presença de quartzo e sericita, além de argila. Sua espessura é de em torno 8,00 m e está em contato brusco com a rocha gnáissica sã.

4.3.3.2.2 Solo coluvionar

O horizonte coluvionar é predominantemente argilo-siltoso, com pouca areia, coloração marrom-avermelhada, com pedregulhos milimétricos de quartzo e raízes, apresentando consistência média (Figura 4.55).

A espessura dessa camada vai de centímetros a alguns metros, predominando camadas mais finas. A maior espessura foi detectada na margem esquerda, onde atingiu 4,00 m.

Geotecnicamente, o solo coluvionar é caracterizado como rijo, uma vez que os ensaios SPT executados no material detectaram valores maiores de 10 golpes/30 cm finais. Já os ensaios de infiltração, também exibiram valores muito baixos para permeabilidade ($K < [10]^{-5} \text{cm/s}$).



Figura 4.55 - Perfil de Material Coluvionar em Corte na Estrada da Margem Esquerda a Montante do Eixo do Barramento.

4.3.3.2.3 Aluvião

A sequência aluvionar exibe granulometria de areia fina a média e silto-argilosa, cor marrom clara, com grânulos de quartzo e opacos, alguma matéria orgânica, compactidade fofa a pouco compacta. Esses depósitos possuem uma espessura reduzida e podem ser observados junto às margens e leito do rio Paraíba do Sul.

Os ensaios de resistência à penetração executados no material o caracterizaram como de compactidade variando entre fofa a medianamente compacta, ensaios SPT realizados variando entre 3 a 10 golpes/30 cm finais.

4.3.3.3 Aspectos Geológico-Geotécnicos das Estruturas e Tratamentos Previstos

Nesse tópico são apresentadas descrições das características geológicas da área de instalação das estruturas e descritos os tratamentos previstos em função dessas características e das condicionantes geológicas das fundações.

Para melhor compreensão das descrições que se seguem, é aconselhável a visualização dos perfis geológicos das seções pelas estruturas e dos logs individuais de sondagens executadas.

4.3.3.3.1 Barramento

4.3.3.3.1.1 Barragem margem direita

A região da Barragem Margem Direita é composta por uma sucessão geológica representada pelo solo coluvionar, aluvião, solo residual e rocha gnáissica, conforme amostrado pelos furos de sondagem e poços de inspeção executados na região: SM-101, SR-06, SR-103, SM-104, SP-103, PI-101, PI-101A, SM-105, PI-102, SM-106 e SR-20.

Os materiais da região do Barramento possuem diferentes distribuições e suas geometrias são apresentadas nas seções geológicas elaboradas para o local, documentos 1530-IT-B-DE-G28-0006, 0007, 0008, 0010 e 0011.

Na região da margem direita do rio e ilha Serena, a sequência pedológica é definida pelo solo coluvionar seguido de solo residual, enquanto nas imediações do rio Paraíba do Sul há alguns depósitos de aluvião. O maciço rochoso apresenta-se sotoposto a esses materiais, sendo aflorante ao longo do leito do rio.

As sondagens executadas nesses locais detectaram que os horizontes de colúvio, aluvião e solo residual apresentam-se, em geral, delgados. As maiores espessuras dos materiais ocorrem na ilha Serena, onde o conjunto solo coluvionar e residual pode ultrapassar 6,00 m de espessura.

A Barragem será posicionada diretamente sobre o topo de gnaisses são ou pouco alterado entre as estacas 1 e 20+2,52, assim os horizontes de colúvio, solo residual e aluvião deverão ser escavados e removidos para assentamento da estrutura.

Já para a região da Ilha Serena, entre as estacas 20+2,52 e 31, a Barragem se posicionará no horizonte coluvionar, que deve ser escavado até a profundidade de 1,00 m para fixação do futuro Barramento. Nesse trecho, considera-se também a instalação de um cut-off, que deverá ser escavado até o topo da rocha.

Ainda na Ilha Serena, entre as estacas 31 e 37+10,00, o assentamento será diretamente em solo residual, também com escavação de 1,00 m do mesmo e cut-off até a rocha gnáissica.

Finalmente, entre as estacas 37+10,00 e 43, o horizonte de aluvião deverá ser totalmente removido e o assentamento da Barragem Margem Direita será realizado no topo de rocha. Os ensaios de perda d'água sobre pressão na rocha apontaram, em geral, baixos valores de permeabilidade (H1/H2), conforme resultados dos ensaios

executados nas sondagens SM-101, SM-104 e SR-103. Ressalta-se, entretanto, que para alguns trechos superficiais, a permeabilidade hidráulica constatada foi alta, como levantado pela investigação SR-103, cujo ensaio realizado no primeiro trecho (0,50 a 3,50 m) apresentou permeabilidade muito alta (H5), associada à presença de juntas e fraturas de alívio.

Os tratamentos superficiais esperados para essa estrutura são os usuais empregados para tratamentos das fundações de barragem, como a remoção de todo material inadequado para a fundação, tais como blocos, fragmentos de rocha solta e decomposta, além de aplicação de concretos dental e de enchimento. Como tratamentos profundos, prevê-se a execução de uma cortina de injeções de calda de cimento de modo a homogeneizar a fundação mediante o critério de permeabilidade hidráulica. Estima-se que a cortina de injeções terá profundidade de 9,00 m.

4.3.3.3.1.2 Estruturas de concreto

Na região de posicionamento do Descarregador de Fundo a rocha gnáissica encontra-se aflorante, enquanto que na Tomada de Água e Casa de Força há uma sequência de solo coluvionar e pequenas ocorrências de lentes de aluvião e solo residual, sobrepostos ao maciço rochoso.

Esses materiais estão representados nas seções geológicas produzidas para o local, desenhos 1530-IT-B-DE-G28-0007 a 0009.

A fundação do Descarregador de Fundo foi investigada pelas sondagem SR-21 e SR-23, que exibiu um substrato rochoso de boa a excelente qualidade geomecânica: pouco a ocasionalmente fraturado (F1/F2), são a pouco alterado (A1/A2), medianamente a muito resistente (C1/C2) e de permeabilidade muito baixa (H1). Os valores de RQD e recuperação também são bem consistentes, configurando a boa qualidade do maciço como fundação da estrutura de concreto.

Os furos de sondagens SM-22, SR-110, SM-111, SR-24, SR-112, SR-113,

SM-22 e SR-115 foram executados nos locais previstos para instalação da Tomada de Água e Casa de Força. Essas investigações interceptaram os trechos de solo coluvionar, solo residual e rocha subjacente que servirá de apoio para assentamento das estruturas.

Em semelhança à região do Descarregador de Fundo, o maciço rochoso da região da Tomada de Água e Casa de Força também apresenta excelente competência geomecânica: fraturamento baixo (F1/F2), material são a pouco alterado (A1/A2), muito resistente (C1/C2) e condutividade hidráulica baixa (H1) na maior parte dos trechos ensaiados. Exceção a esse contexto ocorre na sondagem SM-113, localizada no Canal de Fuga, que interceptou algumas passagens de maior grau de fraturamento (F3/F5), alteração (A3/A2), permeabilidade (H4/H5) e de menor consistência (C3), conforme pode ser observado na Figura 4.56.



Figura 4.56 - SR-113 – Passagens de Maior Grau de Fraturamento e Alteração.

As escavações das estruturas de concreto deverão ser executadas interceptando os horizontes de solos, que passará seguidamente para o gnaiss são, sem que haja um horizonte expressivo de transição ou de rochas alteradas, configurando uma transição brusca entre o horizonte solo - rocha.

Após remoção dos materiais até as cotas de assentamento das estruturas de concreto, as superfícies das fundações deverão ser regularizadas e limpas, não sendo previsto tratamentos adicionais de superfície além daqueles usualmente empregados neste tipo de estrutura. Essa normalização abrange tanto o corte e remoção de

irregularidades quanto o preenchimento com concreto de irregularidades bruscas nas superfícies.

Inicialmente executa-se uma limpeza fina da superfície com o uso de jato de ar e água. No caso de juntas de alteração aberta com preenchimento terroso deve-se escavar e remover o material terroso. Rochas alteradas de baixa resistência devem ser exumadas até que se alcance nível de rocha competente. Além disso, está prevista a execução de injeções de impermeabilização das fundações, de modo a eliminar eventuais trechos de maior permeabilidade do maciço rochoso abaixo das fundações. Estas injeções deverão ser tomadas como de caráter exploratório e poderão ser ainda otimizadas durante a etapa de projeto executivo do empreendimento.

4.3.3.3.1.3 Barragem margem esquerda

A região da Barragem da Margem Esquerda é composta pela seguinte sucessão geológica: solo coluvionar, solo residual, saprolito e rocha gnáissica. A estrutura do Barramento será assentada sobre o horizonte de solo residual, com escavação de 1,00 m deste solo entre as estacas 53+10,00 e 57+13,50. Já no trecho entre as estacas 57+13,50 e 63 deve-se proceder com a escavação total do colúvio e posicionamento da Barragem diretamente sobre o solo residual. Prevê-se também a execução de um cut-off, que deverá prosseguir até o topo do horizonte de saprolito, conforme ilustrado nas seções geológicas 1530-IT-B-DE-G28-0007 e 0012.

Essa aptidão do solo residual – em assentar a estrutura em questão foi conferida através dos ensaios de SPT, permeabilidade e de perda d'água sob pressão aos quais esses materiais foram submetidos. Foram analisados os furos de sondagem SM-114, SM-115, SM-116, SP-107, bem como o Poço de Inspeção 103, que detectaram um material geotecnicamente competente para posicionamento da estrutura. Além disso, foi avaliada também a permeabilidade através de ensaios de infiltração executados especialmente no contato entre solo – rocha.

Caso necessário, a superfície de assentamento do futuro Barramento deverá ser regularizada, utilizando-se concreto ou argila compactada. São previstos os mesmos tratamentos discriminados para a Barragem Margem Direita, inclusive uma cortina de injeções com profundidade estimada de 9 m.

4.3.3.3.1.4 Dique

A região do Dique é composta por uma sucessão geológica representada por solo coluvionar, solo residual, saprolito e horizonte gnáissico, conforme ilustrado no desenho 1530-IT-B-DE-G28-0013.

As investigações executadas no local, SP-111, ST-1, SP-112, ST-2, PI-104A, PI-104, ST-3 e SP-113 mostraram, em geral, material resistente. Os valores dos ensaios de resistência à penetração executados, apontaram SPT >15 golpes/30 cm finais, com alguns poucos trechos com valores menores, como apresentado na sondagem SP-113, e ensaios de infiltração na ordem de $K=[10]^{(-6)}\text{cm/s}$. Mesmo tratando-se de horizontes de cobertura, estes apresentam boa resistência a penetração e boa consistência e compacidade, variando de rija a dura e medianamente compacta a compacta. Deste modo, foi considerada a remoção de 1,0m do colúvio para assentamento do Dique.

4.3.3.4 *Materiais Naturais de Construção*

O presente tópico diz respeito à identificação de áreas com potencial exploratório para materiais naturais de construção de forma a viabilizar a implantação do empreendimento. Ressalta-se que esse material natural será utilizado em adição àquele, proveniente das escavações obrigatórias, passível de ser utilizado como agregado para os concretos ou como enrocamento nas estruturas de terra/enrocamento.

Os critérios de escolha para essas áreas foram a qualidade dos materiais e a proximidade em relação à área do empreendimento, de forma a diminuir os custos de transporte. Aliado a isso, que o local tenha o volume necessário para atender à demanda da obra e, caso possível, se localize abaixo da linha d'água do futuro reservatório, de modo a eliminar a necessidade de recomposição ambiental das áreas exploradas.

O documento 1530-IT-B-DE-G28-0022 apresenta as regiões especificadas para uso como áreas de empréstimos, jazidas de areia e pedreiras. São previstas 9 áreas para empréstimo de material terroso, 2 areais e 6 locais de exploração de pedreiras destinadas ao empréstimo de material rochoso, localizada a montante do futuro Barramento.

4.3.3.4.1 *Materiais terrosos argilosos*

Na região de implantação do aproveitamento é comum a ocorrência de materiais terrosos argilosos, devido ao tipo de alteração proveniente da litologia predominante, os gnaisses. Os solos coluvionares e residuais possuem, geralmente, características plásticas, pois são constituídos predominantemente de argila, com presença de silte e areia.

Foram pesquisadas 3 áreas de empréstimo na margem direita, 4 na margem esquerda e 2 na região da Ilha Serena. O volume de material útil ultrapassa 4,5 milhões de metros cúbicos, o que demonstra franca aptidão e volumes suficientes para serem utilizados no aterro da Barragem de Terra.

4.3.3.4.2 *Areia para filtros e agregado miúdo*

Depósitos aluvionares arenosos ocorrem no leito, ilhas e nas margens do rio Paraíba do Sul. São previstos dois locais para dragagem de areais naturais, sendo um a montante e outro a jusante do eixo do barramento. O areal 01 localiza-se a montante do eixo, enquanto o areal 02, posiciona-se a jusante.



Figura 4.57 - Areal Existente na Margem Esquerda a Jusante do Barramento.

4.3.3.4.3 *Material pétreo*

Existem na região do aproveitamento algumas opções para exploração de materiais rochosos, sendo possível abrir pedreiras associadas à exposições rochosas na média a alta encosta ou nas regiões baixas, associadas à ocorrência e exposições rochosas do leito e margens do rio.

Serão priorizadas para exploração de materiais pétreos as áreas situadas a montante da região do barramento e estruturas de concreto, junto à margem esquerda do rio Paraíba do Sul e na região da ilha Serena, também a montante da estrutura da Barragem.

Em ambas as regiões espera-se a ocorrência de rocha gnáissica de excelente qualidade geomecânica e bastante adequada para a produção de agregados e de enrocamento, com volume suficiente para atendimento à demanda do empreendimento.



Figura 4.58 - Afloramentos de Rocha na Região da Pedreira 03.

4.3.4 Referências Bibliográficas

- Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro – Escala 1:500.000. CPRM, 2000.
- Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro – CPRM, Programa Informações para Gestão Territorial, 2000.
- Caracterização e Descrição Analítica do Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro – CPRM, Programa Informações para Gestão Territorial, 2000.
- Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro – CPRM, Programa Informações para Gestão Territorial, 2000
- Silva T.P., Mello C.L. 2011. Reativações Neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). Rev. do Instituto de Geociências – USP., 11: 95-111.
- SIGMINE – DNPM – Acesso em 13 de outubro de 2015.

4.4 ESTUDOS ENERGÉTICOS

4.4.1 Estudos Realizados pela SPEC

Neste item são apresentados em detalhe os dados, critérios e resultados dos estudos energético-econômicos conduzidos, visando dimensionar a motorização da casa de força e as quedas de referência do AHE Itaocara I.

- Níveis de Água do Reservatório;
- O nível d'água máximo do reservatório definido para o AHE Itaocara I é de 89,6m;
- Série de Vazões.

Seguindo recomendações da Aneel, recebidas através do Ofício 535/2014-SGH/ANEEL, de 28 de março de 2014 (ANEXO 1), foram utilizadas as séries de vazões médias mensais da bacia do rio Paraíba do Sul, constantes da Resolução ANA nº 1404, de 26 de novembro de 2013 (ANEXO 2), que contém a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos da bacia.

Na DRDH constam os valores das retiradas e bombeamentos de água existentes nos rios da bacia e que devem ser considerados nas simulações das usinas da bacia.

Obedecendo as orientações da Aneel, foram produzidas as séries de vazões médias mensais artificiais para as usinas de Simplício, Ilha dos Pombos e Itaocara. Estas séries estão apresentadas nas Tabelas 4.71, 4.72 e 4.73.



UHE ITAOCARA I

Tabela 4.74 - Série De Vazões Artificiais Médias Mensais da UHE Simplício
UHE SIMPLICIO - Vazões artificiais médias mensais (m³/s)

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	704,1	1645,0	1200,7	698,8	385,4	268,0	244,0	220,7	216,8	280,9	270,8	545,3
1932	1006,5	869,5	738,7	368,0	331,7	301,3	193,4	195,8	211,8	268,4	307,9	774,3
1933	907,9	481,9	422,7	289,1	269,0	237,2	232,2	200,4	218,5	277,5	305,8	457,0
1934	972,0	375,3	442,7	283,7	230,8	196,8	191,0	171,9	171,3	185,4	193,7	431,0
1935	536,8	1355,0	653,8	436,0	277,5	245,9	229,6	203,8	197,1	278,0	256,8	256,9
1936	229,7	321,9	1017,2	540,6	249,9	187,3	176,4	165,5	181,9	202,5	226,4	448,1
1937	918,6	949,9	434,5	374,8	346,9	240,0	208,3	185,0	179,6	260,3	346,6	1062,6
1938	922,5	774,6	693,5	478,5	332,1	288,4	245,4	266,2	234,9	290,6	388,9	634,6
1939	779,2	692,9	444,2	515,7	270,4	224,6	203,8	185,1	180,7	186,6	254,8	334,9
1940	663,8	934,0	800,5	364,5	258,9	227,5	204,1	182,7	186,1	226,4	386,1	502,9
1941	546,4	366,6	463,7	381,8	269,0	241,2	234,8	197,1	265,1	266,5	319,4	549,5
1942	538,2	512,0	713,8	405,0	319,5	268,1	265,7	209,9	199,6	252,1	328,4	540,9
1943	1235,8	899,9	728,1	443,4	317,0	297,9	241,4	238,9	229,4	316,2	319,9	530,4
1944	547,5	848,6	1152,5	507,1	330,0	269,2	242,0	216,0	200,9	208,1	232,0	330,3
1945	502,5	920,4	569,1	459,3	261,8	251,5	241,7	213,9	210,4	194,8	268,9	489,7
1946	1237,2	580,9	695,3	472,5	266,0	241,2	225,9	200,8	183,1	226,0	287,8	305,9
1947	907,2	1093,3	1902,0	779,0	454,8	269,1	322,8	280,7	285,1	299,5	407,0	783,0
1948	764,1	930,3	1092,6	655,3	410,8	292,0	241,9	223,1	206,9	213,5	254,8	468,8
1949	723,7	960,4	559,1	369,5	256,7	259,2	236,7	218,4	186,7	210,2	241,5	353,3
1950	796,4	1099,4	749,0	633,0	401,1	288,5	242,8	218,1	207,9	235,4	357,9	614,6
1951	713,3	859,3	997,3	677,2	339,3	280,8	264,7	251,1	218,8	212,9	200,6	322,0
1952	655,3	872,3	1142,0	555,4	303,2	301,5	262,4	235,9	233,7	253,3	373,0	406,9
1953	303,3	362,3	339,6	384,9	284,8	244,3	219,7	200,1	205,0	192,6	294,7	375,4
1954	266,0	361,6	273,3	287,5	233,9	218,8	186,9	171,2	161,4	176,1	207,5	244,2
1955	453,4	278,3	258,6	268,7	216,1	203,4	173,7	159,2	150,9	172,8	232,4	390,3
1956	366,1	252,7	357,1	268,6	239,8	225,6	210,2	207,9	189,5	186,0	221,0	402,4
1957	387,8	525,2	780,7	691,0	321,9	269,5	239,0	210,3	220,7	209,1	262,8	409,8
1958	278,1	543,3	455,5	354,0	338,9	294,4	235,3	199,1	220,3	243,1	297,3	427,3
1959	811,8	393,4	614,3	499,9	262,3	226,2	202,2	208,1	180,4	194,1	343,9	314,4
1960	414,4	653,6	1092,1	463,5	324,4	284,6	253,7	232,9	214,2	211,4	246,2	403,0
1961	1222,6	1273,1	1287,1	659,5	446,3	333,7	286,0	251,6	219,3	204,9	243,3	311,9
1962	519,3	1235,6	725,7	398,4	293,3	266,7	231,2	222,0	221,8	228,9	402,4	571,0
1963	639,7	692,7	449,9	274,9	236,8	220,6	205,4	192,7	173,0	171,8	230,6	194,4
1964	375,5	759,1	413,1	304,4	265,6	225,9	231,7	197,7	185,5	244,4	275,0	370,6
1965	717,9	1136,4	831,6	431,6	448,6	332,1	298,9	268,9	235,0	313,0	376,4	465,5
1966	1412,4	526,2	804,0	480,0	350,6	290,0	259,2	232,7	224,3	255,9	609,8	726,6
1967	1366,3	1429,9	1328,8	739,6	452,0	364,0	302,9	262,1	244,8	245,2	392,7	585,8
1968	682,2	453,2	541,5	340,1	256,0	230,8	218,1	219,1	221,5	222,9	200,8	345,9
1969	496,9	417,5	461,4	333,5	248,5	241,7	219,8	215,2	201,2	236,7	335,6	525,8
1970	495,0	460,8	536,2	289,8	245,9	211,8	220,5	200,1	248,7	256,2	282,5	293,6
1971	309,9	188,3	323,0	230,1	205,1	201,5	186,4	166,7	205,8	224,8	325,1	617,5
1972	527,7	703,9	792,4	415,6	295,3	252,3	248,6	231,9	268,9	294,5	376,9	452,1
1973	730,8	820,2	483,6	520,3	340,4	282,4	258,3	239,6	219,3	270,4	419,9	518,5
1974	688,6	490,6	664,4	518,4	315,1	276,7	257,4	224,4	202,0	235,8	234,4	350,4
1975	738,4	648,5	464,8	319,4	263,3	231,4	223,4	190,9	184,7	242,8	335,1	506,7
1976	490,2	521,9	530,8	420,8	288,8	321,7	325,0	231,1	294,5	353,9	427,2	611,4
1977	706,5	535,4	335,7	415,0	243,0	213,3	188,2	169,7	194,3	184,7	280,1	570,0
1978	806,3	473,5	506,4	286,0	255,6	239,9	214,2	194,8	180,9	187,0	272,2	324,5
1979	378,5	926,7	554,8	346,0	297,7	254,9	231,5	223,2	239,3	189,7	359,9	473,8
1980	748,8	588,3	383,2	490,6	268,9	240,0	233,5	210,9	205,7	224,5	280,2	521,1
1981	837,2	495,7	463,2	319,3	264,7	232,8	215,4	201,3	180,3	227,9	367,6	660,5
1982	777,2	492,4	1005,4	687,8	351,6	282,7	251,7	231,8	203,1	243,7	260,2	721,4
1983	1121,7	851,9	868,2	771,9	513,0	994,4	500,6	321,1	721,9	635,2	677,5	905,1
1984	765,2	441,1	393,9	435,8	412,0	263,0	236,6	223,5	219,4	210,7	228,9	313,7
1985	897,3	1073,9	1175,2	684,0	417,5	315,9	269,0	237,3	235,1	239,8	287,2	364,0
1986	558,9	613,5	735,1	389,1	289,9	244,3	234,3	228,1	205,2	182,0	191,7	560,5
1987	643,2	733,3	494,7	627,8	444,9	385,4	225,3	195,4	202,5	205,3	220,2	430,9
1988	623,7	1289,3	898,6	561,1	468,3	400,6	267,5	250,4	237,7	260,0	328,7	324,9
1989	778,9	912,3	877,5	571,2	326,0	303,4	263,8	255,4	248,3	254,0	269,0	374,5
1990	412,7	260,5	405,7	316,0	275,6	241,1	238,7	226,7	243,3	227,2	249,6	256,2
1991	625,1	745,1	684,5	853,9	422,6	288,1	270,6	241,6	233,8	270,6	257,0	316,0
1992	854,8	466,1	403,3	328,4	301,5	254,2	246,9	228,5	286,5	329,6	437,7	497,2
1993	390,5	590,3	652,6	562,1	307,8	292,4	248,9	229,4	221,5	260,1	243,7	280,5
1994	501,5	341,0	570,4	483,4	431,0	299,5	239,3	211,5	189,7	190,5	247,3	380,8
1995	324,6	1029,1	456,4	312,7	236,7	206,8	193,5	172,0	170,6	235,3	370,4	439,2
1996	926,5	853,4	1230,8	623,1	364,7	266,0	235,4	222,4	331,8	247,7	669,1	677,4
1997	1195,0	739,8	650,4	372,4	298,3	282,3	238,1	217,2	210,1	233,9	268,2	408,3
1998	453,3	663,8	452,9	298,5	243,5	235,7	203,1	197,5	181,0	247,0	301,8	325,0
1999	848,8	745,5	691,8	365,9	240,4	247,1	222,0	195,1	180,4	185,1	223,3	377,1
2000	839,2	581,8	461,6	403,3	235,7	208,5	207,3	196,6	233,7	197,5	217,7	386,2
2001	460,2	514,4	323,8	284,9	213,6	187,9	169,4	157,1	160,7	174,2	217,3	268,0
2002	603,2	795,8	421,0	258,2	226,8	192,0	179,2	166,7	177,5	149,9	251,8	426,2
2003	769,0	526,9	435,1	310,7	251,0	224,0	206,4	199,5	201,2	232,6	298,8	401,7
2004	533,1	652,0	668,5	610,3	362,0	322,3	293,1	251,5	212,3	246,1	284,3	555,8
2005	813,2	871,1	624,8	487,4	330,6	311,7	280,3	247,9	233,2	211,9	298,1	540,9
2006	443,3	796,9	489,4	327,9	281,1	250,2	226,3	225,7	221,1	284,7	364,4	619,1
2007	1257,5	682,5	383,6	333,9	297,7	264,6	224,6	230,9	195,4	213,0	306,8	353,2
2008	386,2	949,9	833,0	682,0	371,3	313,4	275,1	250,1	244,8	282,6	417,1	810,4
2009	988,9	1321,9	739,9	543,3	359,1	328,9	297,2	288,0	282,0	404,2	540,2	998,0
2010	1200,0	656,8	967,1	743,2	388,2	312,8	302,4	262,4	248,8	295,3	469,2	986,4
2011	1306,0	525,6	1122,9	713,0	379,0	325,9	294,2	267,0	237,6	282,3	332,0	647,0
Minimas	229,7	188,3	258,6	230,1	205,1	187,3	169,4	157,1	150,9	149,9	191,7	194,4
Médias	707,2	718,6	676,3	461,5	313,9	273,3	240,3	217,8	220,6	241,7	313,5	482,1
Máximas	1412,4	1645,0	1902,0	853,9	513,0	994,4	500,6	321,1	721,9	635,2	677,5	1062,6

JOSÉ HENRIQUE RODRIGUES LOPES
 Resp. Técnico MG-12545/D

Tabela 4.72 – Série de Vazões Artificiais Médias Mensais da UHE Ilha dos Pombos.

UHE ILHA DOS POMBOS - Vazões artificiais médias mensais (m ³ /s)												
Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	843,4	1931,7	1419,3	839,4	474,7	337,3	301,7	269,0	266,7	348,4	341,5	664,0
1932	1193,2	1033,2	883,6	454,5	412,3	375,7	245,0	243,6	257,8	329,1	378,3	927,8
1933	1083,4	585,1	516,9	354,2	327,6	285,2	240,2	204,3	220,2	334,3	370,4	668,8
1934	1054,6	444,8	511,8	333,7	258,5	218,2	192,1	176,0	175,1	190,0	203,2	558,0
1935	664,9	1500,6	803,8	515,0	320,0	284,3	247,2	221,4	211,3	307,0	269,6	266,4
1936	240,5	361,9	1106,1	632,2	293,1	211,5	183,7	179,4	208,5	210,1	245,3	528,6
1937	1047,7	1085,8	533,5	444,6	407,0	269,8	222,1	192,0	182,7	294,5	396,6	1162,2
1938	1046,1	891,4	804,4	561,4	377,3	311,2	268,8	284,2	244,7	304,8	417,1	661,1
1939	848,6	801,8	508,8	569,8	302,7	250,3	218,1	196,5	188,0	223,1	266,1	400,5
1940	859,9	1129,7	969,3	447,4	309,5	287,0	222,6	201,5	211,0	293,3	496,7	607,1
1941	661,2	443,6	553,0	460,6	332,5	287,9	276,6	203,0	323,6	336,4	378,5	718,2
1942	697,1	616,1	878,7	475,3	380,2	318,7	316,1	221,1	255,9	305,1	399,8	689,3
1943	1535,3	1160,3	905,2	538,7	405,5	347,6	285,9	265,2	260,3	391,8	402,0	657,8
1944	663,7	1083,0	1377,7	636,3	405,3	319,3	281,1	244,6	220,4	249,8	274,2	399,8
1945	637,0	1109,2	652,4	585,0	370,7	302,6	316,3	233,5	212,1	200,6	328,7	623,2
1946	1399,6	651,0	719,0	554,1	348,3	288,2	255,1	221,6	194,4	269,1	350,5	363,8
1947	1098,7	1304,4	2243,2	932,4	563,7	342,1	443,0	369,0	385,8	411,3	513,7	968,3
1948	915,6	1193,7	1385,9	814,5	479,4	363,6	286,0	280,3	244,9	320,2	383,9	734,4
1949	970,8	1322,9	803,7	530,3	381,4	344,9	276,0	244,0	224,8	290,4	338,0	497,3
1950	1110,4	1417,0	1053,2	831,1	536,9	375,5	300,7	253,1	234,7	295,6	506,3	822,1
1951	899,8	1125,8	1337,5	882,3	422,0	327,8	331,6	263,4	250,8	260,6	268,7	457,5
1952	888,5	1128,2	1498,9	765,1	368,7	466,9	348,3	324,2	344,9	360,5	460,1	604,5
1953	429,6	506,8	425,7	436,2	338,4	256,3	290,7	267,6	229,1	304,8	390,0	452,9
1954	318,0	426,4	332,4	343,1	273,0	251,2	208,5	190,2	176,6	192,2	231,2	273,2
1955	536,7	329,3	301,3	307,5	240,0	224,5	190,1	173,0	163,4	187,5	257,4	447,3
1956	432,9	287,1	441,6	314,8	270,9	259,7	232,5	238,0	209,5	208,8	248,0	468,2
1957	464,3	620,5	912,4	837,4	384,2	305,4	269,2	236,0	256,0	235,5	312,9	486,4
1958	320,7	649,7	536,1	428,2	408,4	351,1	271,0	224,7	251,4	276,5	352,5	513,3
1959	953,8	470,4	722,6	601,3	306,8	255,4	226,5	230,5	199,0	214,4	393,5	361,0
1960	480,0	746,5	1287,4	545,0	375,1	323,7	286,7	262,1	240,9	236,5	277,2	474,9
1961	1416,6	1482,8	1513,4	782,4	530,8	383,8	323,6	284,1	246,7	229,4	271,7	358,5
1962	592,4	1437,8	850,5	472,1	341,8	299,6	257,6	248,0	253,4	271,4	474,7	656,3
1963	749,1	797,7	534,2	318,5	262,1	242,1	224,5	209,5	187,0	184,4	258,8	211,8
1964	424,3	881,3	486,6	341,2	297,0	248,4	256,3	215,6	201,6	269,9	305,9	427,5
1965	846,0	1321,6	974,7	501,8	526,6	378,4	339,9	301,5	261,0	360,8	443,3	540,9
1966	1648,2	615,3	939,9	576,5	413,0	329,6	291,7	262,5	255,8	294,8	721,4	825,0
1967	1609,8	1717,6	1593,1	897,2	537,2	423,7	350,6	297,8	276,3	276,4	459,7	678,3
1968	796,8	522,8	622,1	396,9	291,3	259,3	245,3	247,7	249,9	249,1	223,2	401,5
1969	575,0	479,4	537,5	386,6	277,3	268,8	243,9	238,3	222,1	260,8	382,9	606,1
1970	552,9	530,9	623,5	336,2	276,4	237,2	248,1	223,3	283,4	289,8	325,4	336,2
1971	355,6	212,7	360,8	260,3	230,7	224,7	209,9	184,8	231,2	254,9	368,6	700,8
1972	611,4	801,5	929,6	484,1	335,0	285,8	280,2	262,3	303,9	342,6	440,2	526,2
1973	834,7	951,9	551,8	595,7	393,4	320,7	292,0	270,9	247,5	307,1	483,7	586,1
1974	789,8	570,7	745,5	609,8	359,0	313,5	292,2	252,8	228,9	266,1	264,4	397,2
1975	834,1	725,5	538,4	366,1	297,7	259,7	251,7	214,1	205,8	272,6	380,3	571,4
1976	562,2	597,7	605,1	481,4	328,0	368,0	369,6	272,2	335,8	406,9	489,3	697,3
1977	782,8	632,5	378,1	467,0	281,7	241,8	216,6	193,5	225,9	217,7	329,8	649,3
1978	927,3	562,3	597,1	339,2	290,1	271,2	242,8	220,2	205,3	211,7	307,9	373,7
1979	431,6	1056,9	640,5	396,7	339,2	288,5	261,4	251,4	270,9	214,4	409,2	533,1
1980	864,6	670,8	437,7	559,5	312,8	278,4	272,0	244,6	239,9	261,8	326,7	593,1
1981	940,6	572,5	525,7	374,8	308,9	273,5	252,8	235,3	210,8	264,4	425,5	755,0
1982	877,1	567,7	1129,6	803,5	408,9	327,4	294,6	272,5	241,0	284,7	306,2	814,7
1983	1374,3	1030,0	973,6	858,0	582,3	1165,1	560,9	353,4	823,6	763,6	842,2	1133,2
1984	918,3	498,9	439,3	474,5	455,4	294,7	260,1	248,2	240,3	227,1	249,0	346,9
1985	1077,6	1306,5	1372,6	724,3	456,8	344,1	307,5	272,1	260,3	254,1	294,3	411,3
1986	629,1	678,2	817,5	401,9	296,1	283,8	238,7	265,4	241,0	210,7	222,8	615,7
1987	697,9	806,2	523,8	711,3	481,2	403,3	237,4	202,7	235,3	210,1	237,5	515,1
1988	667,2	1488,2	993,1	580,1	500,1	433,6	282,3	292,0	278,0	270,0	349,8	377,0
1989	854,3	996,3	990,1	607,4	357,5	333,1	283,8	272,1	259,9	263,1	287,6	414,0
1990	459,9	272,0	439,6	355,4	291,0	279,0	276,6	261,4	280,9	265,1	288,4	296,3
1991	728,3	859,6	730,5	950,7	462,6	291,1	317,3	284,4	270,9	314,4	297,6	338,0
1992	963,8	522,9	435,3	337,5	307,5	294,7	285,1	263,9	329,1	345,5	480,0	553,3
1993	415,1	625,8	708,8	614,5	360,3	339,4	289,3	266,8	255,3	277,9	286,4	326,1
1994	587,3	351,9	648,5	535,3	459,9	303,3	246,2	230,3	196,6	193,2	263,2	424,9
1995	353,6	1122,6	496,6	332,5	247,3	215,1	208,3	186,5	179,2	264,3	408,2	502,7
1996	1024,7	887,5	1300,5	677,2	399,5	290,9	253,9	237,4	389,9	273,0	757,3	727,4
1997	1351,6	809,8	722,6	416,7	338,4	318,4	277,5	254,9	220,2	264,8	282,2	449,4
1998	463,9	710,3	497,5	329,9	258,8	250,8	218,0	213,5	188,0	273,5	347,1	368,6
1999	913,9	821,6	770,1	401,9	266,7	282,9	258,5	226,0	208,6	213,7	256,2	439,2
2000	953,1	662,0	531,4	464,3	274,1	242,0	240,2	228,0	270,5	230,1	246,2	438,0
2001	528,7	583,9	378,6	334,5	245,9	216,2	193,7	179,7	185,0	199,7	249,3	302,9
2002	676,9	914,6	486,2	299,4	260,2	220,7	205,2	190,6	202,3	172,0	286,4	493,0
2003	857,9	623,5	499,7	363,7	288,0	256,9	236,2	226,4	227,3	262,6	349,2	453,6
2004	618,4	735,0	783,8	695,3	420,6	373,3	336,4	289,9	243,5	282,7	329,5	635,4
2005	913,1	1013,0	713,1	557,3	381,7	363,4	324,8	287,9	268,5	242,0	343,6	614,4
2006	485,5	856,0	538,5	364,6	309,9	274,0	246,1	245,8	240,0	312,2	403,5	683,2
2007	1369,1	742,5	418,8	364,1	323,7	286,0	240,4	248,5	207,6	226,0	332,0	384,1
2008	426,6	1028,5	905,5	747,9	412,4	345,2	301,2	272,9	266,1	308,5	457,3	890,8
2009	1083,1	1430,3	808,7	601,7	398,0	363,4	326,2	317,5	309,8	448,8	601,9	1088,1
2010	1293,2	714,4	1046,0	808,2	434,1	346,5	334,7	288,9	272,8	326,3	525,7	1084,6
2011	1428,2	577,9	1214,1	773,0	422,0	360,2	323,9	292,9	259,1	310,4	367,0	727,7
Mínimas	240,5	212,7	301,3	260,3	230,7	211,5	183,7	173,0	163,4	172,0	203,2	211,8
Médias	820,2	836,3	786,7	535,8	363,0	314,0	273,6	245,9	249,9	278,7	364,1	564,6
Máximas	1648,2	1931,7	2243,2	950,7	582,3	1165,1	560,9	369,0	823,6	763,6	842,2	1162,2



UHE ITAOCARA I

Tabela 4.73 – Série de Vazões Artificiais Médias Mensais da UHE Itaocara I.

UHE ITAOCARA I - Vazões artificiais médias mensais (m ³ /s)												
Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	888,9	2018,2	1525,7	905,3	511,1	366,3	326,7	288,6	285,4	371,9	361,1	709,7
1932	1264,7	1082,7	953,6	491,0	443,9	407,4	266,0	261,6	276,0	352,0	395,6	976,7
1933	1162,3	627,6	557,3	379,4	351,8	305,0	257,1	218,2	234,6	354,7	393,7	697,4
1934	1134,8	479,0	554,1	361,9	280,6	234,0	205,9	187,6	185,5	205,0	214,0	589,6
1935	701,5	1598,2	869,7	553,0	350,2	306,7	264,3	237,9	224,1	329,3	294,2	286,9
1936	261,4	367,1	1177,8	698,0	323,0	230,2	200,9	191,5	227,2	226,3	261,0	548,1
1937	1117,9	1159,2	575,3	476,5	441,9	293,0	239,3	205,5	194,8	312,8	418,4	1223,1
1938	1126,0	942,8	864,0	604,2	409,0	337,3	289,1	306,1	262,8	325,8	450,3	691,2
1939	902,7	867,8	540,8	617,2	330,2	270,7	234,0	211,4	200,3	237,6	279,6	427,0
1940	908,5	1205,3	1039,3	486,4	335,4	308,8	238,0	214,2	221,2	309,3	526,1	647,3
1941	708,7	473,2	594,0	499,3	353,6	306,2	295,2	215,6	338,9	368,9	401,0	764,0
1942	751,2	655,2	939,8	512,6	411,7	341,7	338,6	236,7	269,5	321,6	427,0	728,9
1943	1622,1	1237,7	967,9	582,7	434,6	370,7	305,0	281,9	274,9	413,1	434,1	693,5
1944	708,0	1147,3	1472,4	687,2	438,2	344,8	301,7	261,0	234,1	259,9	292,4	426,3
1945	672,1	1189,0	698,3	630,8	400,9	323,4	346,7	249,6	226,6	213,2	345,5	366,2
1946	1509,7	696,4	768,0	597,4	376,9	310,5	272,6	236,6	205,0	286,0	372,5	382,1
1947	1159,4	1390,4	2372,3	1006,9	608,3	371,1	476,2	393,9	416,4	440,3	545,7	1009,1
1948	992,9	1253,9	1476,2	878,4	515,3	393,5	308,6	302,7	263,3	341,1	404,7	783,3
1949	1010,1	1408,7	867,2	571,7	411,6	368,7	296,4	259,6	240,2	303,2	364,3	527,1
1950	1161,9	1517,2	1127,0	885,3	584,0	405,9	323,8	270,6	249,7	316,0	532,4	882,5
1951	947,5	1187,1	1418,7	950,9	454,3	356,3	356,4	282,0	268,0	276,2	282,3	490,9
1952	938,0	1193,8	1593,3	824,6	399,3	498,7	375,1	345,2	367,4	380,1	492,2	645,0
1953	460,1	536,1	453,2	478,0	364,2	274,2	308,5	283,5	243,5	318,6	419,9	486,1
1954	346,2	452,8	362,2	372,7	295,2	274,1	223,4	202,1	186,2	204,8	247,1	286,9
1955	575,6	361,7	326,7	330,8	257,4	239,8	201,5	182,0	173,0	196,5	272,4	467,4
1956	476,5	303,0	485,5	343,8	291,1	282,8	248,9	256,6	223,2	219,5	261,1	500,3
1957	504,0	665,2	966,2	904,4	417,6	328,8	288,2	252,3	274,2	251,9	337,3	522,3
1958	338,2	703,2	574,1	463,4	441,3	380,4	294,4	241,7	268,8	290,0	382,1	554,5
1959	1014,7	507,9	766,9	654,1	333,6	275,6	242,0	246,0	211,8	226,9	415,3	388,9
1960	511,3	791,3	1373,8	592,4	403,9	347,6	307,2	279,5	255,9	249,3	297,5	503,9
1961	1489,0	1580,7	1614,6	840,3	576,6	413,0	345,8	304,0	262,6	242,7	288,2	383,1
1962	623,8	1526,7	915,3	512,1	370,2	321,5	274,9	263,2	270,7	288,5	513,0	688,1
1963	811,4	845,7	578,5	347,5	280,7	257,9	238,2	221,5	197,3	193,0	277,5	226,1
1964	443,8	935,4	536,9	366,6	318,9	264,1	272,7	228,5	212,9	285,3	325,5	453,4
1965	897,1	1394,8	1053,7	541,4	567,8	406,3	364,2	321,0	274,2	382,4	473,4	581,9
1966	1749,4	662,2	1002,4	626,4	447,3	354,6	312,0	279,4	274,1	310,1	772,4	854,3
1967	1716,9	1843,2	1693,6	973,3	579,2	455,7	377,9	317,9	294,3	290,6	489,8	718,6
1968	857,1	555,4	669,2	430,6	313,8	277,8	261,2	263,6	266,1	263,4	237,3	427,5
1969	607,0	518,5	579,3	422,3	297,1	286,3	259,4	252,5	234,5	273,5	411,4	652,3
1970	590,2	570,5	676,0	366,0	298,9	252,8	265,6	234,3	309,2	309,0	350,8	362,6
1971	384,5	221,3	395,8	285,0	249,0	242,1	226,9	195,5	246,9	276,4	389,0	747,1
1972	655,7	846,9	1003,4	525,8	360,0	306,2	298,4	280,2	320,9	368,0	468,8	560,5
1973	882,8	1027,3	591,2	639,3	425,6	343,2	312,4	289,1	262,5	323,4	518,7	620,4
1974	848,3	622,6	785,0	661,9	387,5	334,5	315,4	268,9	242,8	275,4	285,0	422,6
1975	895,8	775,6	589,2	400,1	319,1	277,2	268,3	227,0	214,9	291,1	388,7	626,9
1976	609,8	637,4	648,0	527,1	354,4	402,6	399,6	296,2	359,1	438,4	522,7	738,0
1977	829,7	698,2	403,6	501,8	308,0	261,1	232,3	206,0	240,5	234,8	342,0	700,7
1978	989,7	601,8	641,3	367,9	310,9	293,1	259,6	234,8	217,6	222,6	323,4	403,0
1979	462,0	1120,8	689,4	428,9	364,0	308,7	279,0	266,8	292,5	232,1	436,5	564,9
1980	921,8	721,5	478,0	599,6	337,0	296,0	293,1	259,3	256,6	280,9	349,2	626,1
1981	1003,4	622,9	559,8	408,6	333,7	294,5	269,7	251,4	223,0	281,3	457,9	803,3
1982	928,7	606,8	1193,1	872,8	441,9	351,9	320,1	293,8	258,8	300,6	333,1	848,4
1983	1466,4	1101,6	1031,7	913,3	619,7	1237,8	603,3	384,2	861,3	817,1	898,8	1186,4
1984	982,0	544,9	468,9	505,7	492,6	317,4	278,2	264,4	257,9	243,8	262,2	370,0
1985	1112,6	1411,2	1465,3	777,3	492,1	371,6	329,2	289,7	278,1	271,7	311,5	431,9
1986	681,3	720,7	875,2	438,3	322,1	305,0	256,2	283,4	257,9	226,4	237,1	640,0
1987	754,4	873,1	564,0	757,3	514,3	435,8	261,3	220,1	253,3	226,3	256,9	546,4
1988	709,3	1568,2	1063,2	619,4	537,8	469,3	306,4	312,4	296,2	286,0	381,2	397,7
1989	914,5	1047,6	1056,0	653,2	388,0	359,4	305,0	295,9	278,3	284,7	306,5	443,5
1990	496,5	288,0	472,1	386,1	315,0	296,8	294,3	278,1	299,8	285,8	305,9	316,6
1991	765,5	926,1	760,3	1027,4	507,9	313,7	341,0	303,6	285,8	343,7	317,3	351,4
1992	1019,1	571,9	470,1	363,1	333,3	313,5	303,3	280,0	345,1	376,7	510,3	600,1
1993	445,2	659,2	758,6	667,3	389,3	365,9	309,6	284,2	270,2	300,3	306,3	346,0
1994	626,0	387,9	680,2	586,2	494,0	327,1	263,8	245,2	209,0	200,6	281,5	453,2
1995	381,9	1198,0	540,4	364,6	268,9	232,1	224,9	200,1	187,4	285,5	440,5	522,7
1996	1103,3	943,3	1378,6	731,1	432,1	315,9	274,9	255,6	419,4	292,7	798,9	772,2
1997	1420,8	869,5	779,1	448,8	361,9	345,4	297,1	271,4	232,8	283,4	301,8	486,8
1998	501,0	748,4	541,0	363,1	279,3	271,5	232,9	227,4	200,7	297,0	371,6	393,6
1999	967,6	875,4	829,7	437,2	288,9	302,7	277,8	241,7	222,4	227,3	271,6	468,7
2000	1011,7	710,5	568,8	507,4	295,1	259,2	255,8	242,8	291,5	244,9	259,3	469,2
2001	573,1	629,3	400,8	373,2	263,6	231,7	205,9	190,0	199,1	215,5	267,1	321,2
2002	720,0	980,8	523,9	331,7	280,2	236,5	219,7	203,7	214,3	181,8	306,7	531,5
2003	888,6	698,2	534,8	392,1	307,4	273,1	250,0	238,0	241,4	277,8	364,6	491,0
2004	665,0	760,4	858,9	742,4	456,6	405,5	361,4	311,6	259,5	300,1	349,4	677,0
2005	962,5	1091,7	760,0	600,5	412,7	394,2	347,1	307,3	283,4	259,8	367,7	657,2
2006	508,3	899,0	566,1	378,0	317,8	278,1	247,4	244,4	240,9	323,7	424,7	719,1
2007	1442,3	781,6	440,1	375,8	333,3	291,8	244,4	248,6	206,5	231,3	350,9	403,9
2008	452,6	1087,1	957,1	787,2	431,9	358,3	306,6	276,8	269,7	320,8	485,3	938,8
2009	1141,2	1506,8	853,8	630,7	415,2	376,2	336,4	324,9	319,9	475,1	635,2	1151,2
2010	1367,5	752,1	1099,9	846,2	452,8	357,5	345,1	291,3	275,7	337,0	551,0	1144,4
2011	1503,4	608,0	1275,4	807,8	439,7	371,8	330,8	294,8	261,3	321,1	383,2	765,9
Mínimas	261,4	221,3	326,7	285,0	249,0	230,2	200,9	182,0	173,0	181,8	214,0	226,1
Médias	872,3	891,3	841,1	577,8	390,8	336,7	292,4	261,4	264,9	296,3	387,4	598,6
Máximas	1749,4	2018,2	2372,3	1027,4	619,7	1237,8	603,3	393,9	861,3	817,1	898,8	1223,1

JOSÉ HENRIQUE RODRIGUES LOPES
Resp. Técnico MG-12545/D

UHE ITAOCARA I

- Vazão Sanitária

A vazão sanitária foi considerada nula, já que a Casa de Força é localizada no pé da barragem, não havendo, portanto, derivação de vazão.

- Evaporação Líquida

Foram consideradas as alturas de evaporação líquida média de cada mês do ano no reservatório, isto é, o saldo entre a evaporação de superfície líquida e a evapotranspiração na sua bacia hidráulica. Sua estimativa, foi realizada com o emprego do programa SisEvapo, adotado pelo ONS, considerando-se as seguintes estações: Itaperuna - RJ (2141045), Vassouras - RJ (2243151), Cordeiro - RJ (2242074), Cataguases- MG (2142050).

Tabela 4.74 – Alturas de Evaporação Líquida no Reservatório.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Evap. (mm)	-15	0	47	75	77	58	35	-5	-6	-7	-16	-15

- Curva-Chave do Canal de Fuga

A curva-chave definida no Projeto Básico (SPEC, 2014) e utilizada como premissa para os estudos energéticos, para o canal de fuga da UHE Itaipocara I esta apresentada na Figura 4.53.

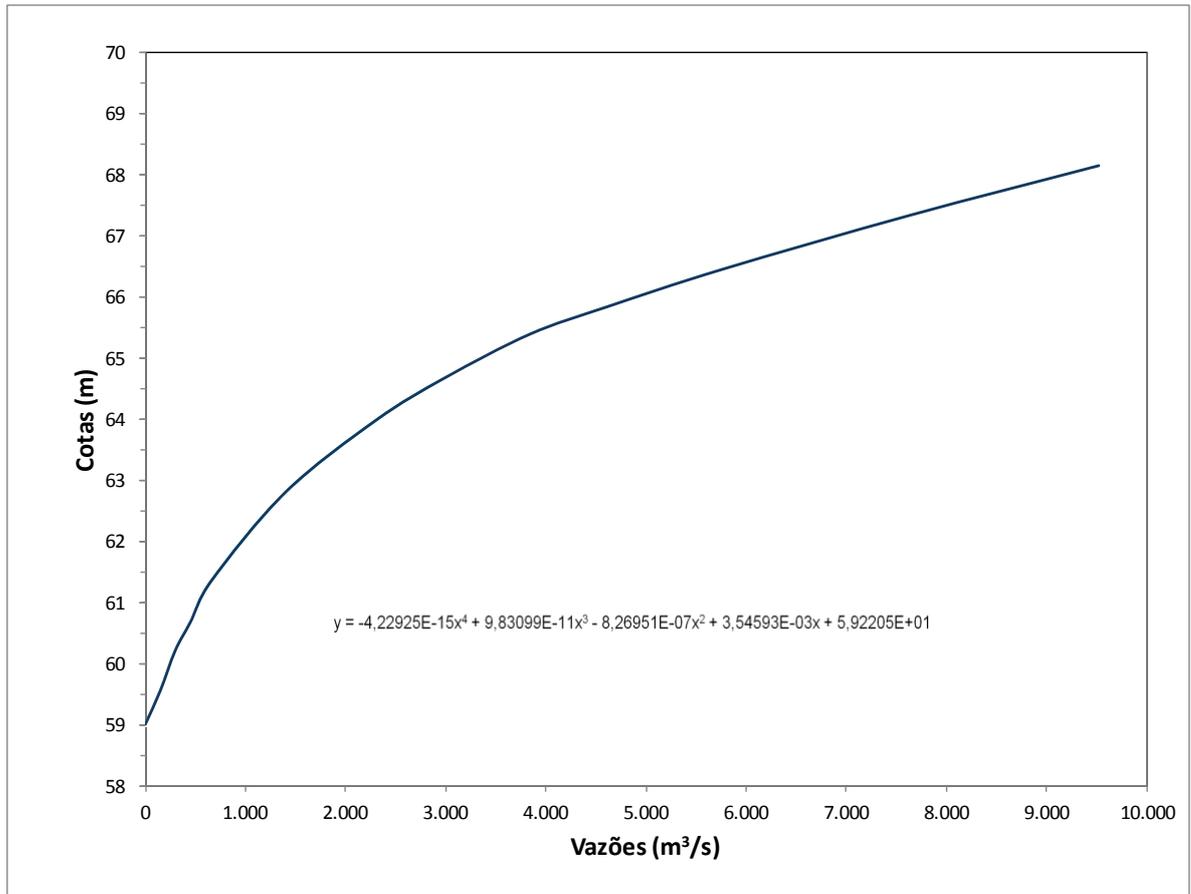


Figura 4.59 – Curva-Chave do Canal de Fuga da UHE Itaipava I.

Os coeficientes da respectiva equação, utilizados no desenvolvimento dos estudos energéticos estão apresentados na Tabela 4..

Tabela 4.78 - Coeficientes do Polinômio da Curva-Chave do Canal de Fuga.

Coeficiente	Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
Valor	5.9220500E+01	3.5459300E-03	-8.2695100E-07	9.8309900E-11	-4.2292500E-15

Nota: Nível d'água (m) em função da vazão (m³/s).

- Representação do Reservatório

O reservatório do AHE Itaipava I foi representado nos estudos energéticos pelos polinômios Volume x Cota (PVC) e Cota x Área (PCA), obtidos a partir das respectivas curvas Cota x Área x Volume. Os coeficientes dos polinômios Volume x Cota e Cota x Área estão, respectivamente, nas Tabela 4.79 e Tabela 4.80.

Tabela 4.79 - Coeficientes do Polinômio da Volume x Cota.

Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
$6,8940421 \cdot 10^{+01}$	$1,1524476 \cdot 10^{-01}$	$-2,9049205 \cdot 10^{-04}$	$4,1348927 \cdot 10^{-07}$	$-2,2447236 \cdot 10^{-10}$

Tabela 4.80 - Coeficientes do Polinômio da Cota x Área.

Independente	1º Grau	2º Grau	3º Grau	4º Grau
$3,8314418 \cdot 10^{+03}$	$-1,9350569 \cdot 10^{+02}$	$3,6389389 \cdot 10^{+00}$	$-3,0332551 \cdot 10^{-02}$	$9,5451335 \cdot 10^{-05}$

- Tipo de Turbina

Em face da queda disponível e da potência unitária prevista para o AHE Itaipava I, considerou-se a utilização de turbinas do tipo Kaplan com uma vazão turbinada mínima equivalente a 30% da vazão plena na queda considerada. Foram definidas 2 unidades geradoras para o aproveitamento.

- Rendimento do Conjunto Turbina-Gerador

Adotou-se um rendimento para o conjunto turbina-gerador de 91%, valor esse resultante da estimativa de 98,5% de rendimento médio do gerador e de 93,33% para o rendimento médio da turbina, ambos trabalhando de modo ponderado na faixa prevista de operação, embora se espere para o ponto nominal de operação, ou seja, para potência e queda de referência, um rendimento turbina-gerador superior, da ordem de 92%, compatível com a utilização de turbinas do tipo Kaplan com regulação dupla.

- Perda Hidráulica

A perda hidráulica total máxima calculada e adotada nas simulações de operação da usina foi de 0,35 m.

Como a nova versão do modelo de simulação MSUI 3.3, permite o uso de curvas de perdas, elas foram utilizadas para a UHE Itaipava, em todas as alternativas analisadas.

- Taxas de Indisponibilidade

Os valores de taxa de indisponibilidade forçada e programada (TEIF e IP) são aqueles recomendados pelo Comitê Brasileiro da CIER – BRACIER e utilizados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE nos cálculos da garantia física de usinas hidrelétricas. A Tabela 4.81 reproduz essas taxas adotadas tanto para as alternativas de potência unitária do empreendimento em estudo como para as potências unitárias das usinas que compõem o sistema de referência. Para o AHE Itaipava I, as taxas de indisponibilidade forçada e programada são respectivamente, 2,533% e 8,091%.

Tabela 4.81 –Taxas de Indisponibilidade.

Pot. Unitária (MW)	TEIF (%)	IP (%)
até 29	2,333	6,861
30 – 59	1,672	5,403
60 – 199	2,533	8,091
200 – 500	2,917	12,122
501 – 699	6,000	8,000
700 – 1300	0,210	10,000

- Período Crítico

O período crítico conforme critério em vigor, situa-se entre junho de 1949 e novembro de 1956, abrangendo, portanto, um total de 90 meses.

- Sistema de Referência

Por recomendação da Aneel, contida no Ofício nº 535, de 28/03/2014, depois de produzidas as séries de vazões artificiais, as usinas de Simplício, Ilha dos Pombos e Itaipocara, foram simuladas isoladas e inseridas no sistema de referência utilizado pela EPE para o cálculo das garantias físicas para o 2º leilão de energia A-5 de 2013.

- Data de Referência dos Investimentos

As estimativas de custos de investimentos incrementais com juros durante a construção, empregadas nos estudos de dimensionamento do AHE Itaipocara I, têm como data de referência maio de 2014, também por recomendação da Aneel.

- Custo de Operação e Manutenção (O&M)

Para a estimativa do CO&M foi utilizada a curva apresentada no Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas – edição 2007 do Ministério de Minas e Energia (MME), com data de referência em dezembro de 2006, atualizado pela variação do IGP-DI para a data de referência dos orçamentos. A equação adotada é apresentada a seguir:

$$CO\&M = 143,615 * Potência^{-0,3716} \quad (R\$/kW/ano)$$

- Custo Marginal de Expansão

Nas análises energético-econômicas, a energia firme foi valorada pelo Custo Marginal de Expansão informado no Ofício 535 da Aneel, no valor de 145 R\$/MWh.

- Taxa de Desconto e Vida Útil

Adotou-se uma taxa de desconto de 10% ao ano e uma vida útil de 50 anos.

- Simulações Energéticas

As avaliações energéticas foram efetuadas com base no informado no item □ e utilizando-se o Modelo de Simulação de Usinas Individualizadas – MSUI (versão 3.3), desenvolvido pela Eletrobrás.

- Determinação da Motorização

O estudo de motorização consiste em analisar os incrementos de energia firme decorrentes do aumento da potência instalada do aproveitamento, para diferentes alternativas de motorização, os quais foram calibrados com o MSUI.

Na Tabela 4.82 é apresentada a análise energético-econômica para a determinação da potência instalada do AHE Itaipava I.

Tabela 4.82 – Análise Energético-Econômica para Determinação da Potência Instalada.

Potência instalada (MW)	Energia firme (MW-médios)	Energia firme incremental (MW-médios)	Custo total c/ JDC (10 ⁶ R\$/ano)	Custo anual c/ JDC (10 ⁶ R\$/ano)	Custo anual de O&M (10 ⁶ R\$/ano)	Custo anual c/JDC + Custo de O&M (10 ⁶ R\$/ano)	Custo anual incremental (10 ⁶ R\$/ano)	Benefício anual incremental (10 ⁶ R\$/ano)	Relação Custo / Benefício
135	86,76	-	1.027,38	103,62	3,133	106,75	-	-	-
140	87,71	0,95	1.037,26	104,62	3,205	107,82	1,07	1,21	0,885
145	88,64	0,93	1.046,42	105,54	3,276	108,82	1,00	1,18	0,843
150	89,44	0,80	1.055,76	106,48	3,347	109,83	1,01	1,02	0,997
155	90,22	0,78	1.065,29	107,44	3,417	110,86	1,03	0,99	1,040
160	90,93	0,71	1.074,99	108,42	3,486	111,91	1,05	0,90	1,162
165	91,59	0,66	1.083,88	109,32	3,554	112,87	0,96	0,84	1,151
170	92,28	0,69	1.092,92	110,23	3,621	113,85	0,98	0,88	1,117
175	92,95	0,67	1.103,14	111,26	3,687	114,95	1,10	0,85	1,289
180	93,58	0,63	1.112,49	112,21	3,753	115,96	1,01	0,80	1,262

Como pode ser observado, a potência ótima a ser instalada é de 150 MW, uma vez que o custo incremental ao se passar para uma alternativa de maior potência, é superior ao benefício incremental.

A usina foi contemplada com duas unidades geradoras, pois o uso de três unidades não conduziria a qualquer ganho energético, em face do fato da bacia do rio Paraíba do Sul ser bem regularizada pelos reservatórios existentes.

- Determinação das Quedas Características

Foram determinadas as quedas líquidas referentes ao período da série de vazões médias mensais empregada.

A Tabela 4.83 e a Figura 4.60 apresentam a permanência das quedas líquidas obtidas para o aproveitamento em estudo.

Tabela 4.83 – Permanências das Quedas Líquidas Médias Mensais.

Permanência (%)	Queda Líquida (m)	Permanência (%)	Queda Líquida (m)
5	29,53	55	28,69
10	29,51	60	28,51
15	29,44	65	28,29
20	29,39	70	28,04
25	29,33	75	27,97
30	29,27	80	27,97
35	29,1	85	27,65
40	29,01	90	27,38
45	29,01	95	26,92
50	28,87	100	25,11

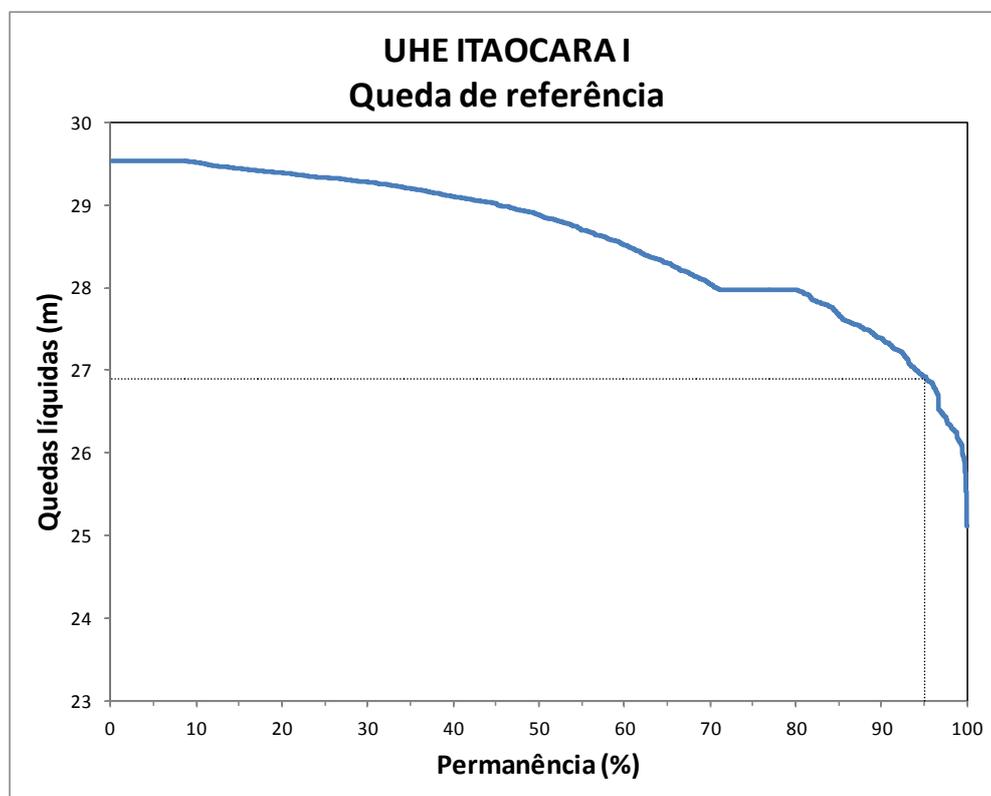


Figura 4.60 - Curva de Permanência de Quedas Líquidas Médias Mensais.

A queda de referência, que é definida como a queda para a qual a turbina, com abertura máxima do distribuidor, faz com que o gerador forneça a sua máxima potência, pode ser considerada como sendo a queda líquida com 95% de permanência. Assim sendo, para o AHE Itaocara I, essa queda é de 26,9 m.

4.4.2 Estudos Realizados Pela VLB

4.4.2.1 Introdução

A exploração da UHE Itaocara I, conforme o EDITAL DE LEILÃO Nº. 03/2015-ANEEL, deverá ser realizada de acordo com as características técnicas e operacionais da usina definidas no Projeto Básico da usina, aprovadas por meio do Despacho ANEEL nº 3.629, 04 de setembro de 2014. Qualquer alteração no projeto será por conta e risco da concessionária.

O presente estudo teve como objetivo verificar a energia firme apresentada no edital de licitação da usina, estabelecendo a base de dados da usina a serem utilizadas nas futuras simulações energéticas para eventuais refinamentos no desenvolvimento do Projeto Básico Consolidado.

4.4.2.2 Base de Dados e Configuração de Referência

A base de dados a serem utilizados devem ser aquelas definidas nos estudos do Projeto Básico referido anteriormente. Verifica-se entretanto que, na ocasião do leilão a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (Relatório No EPE-DEE-RE-062/2015-r0, de 25 de março de 2015) utilizaram novas taxas de Indisponibilidade Forçada e Programada das usinas hidrelétricas, em relação àquelas utilizadas no Projeto Básico.

Tabela 4.84 – Valores de TEIF e IP Utilizados no Projeto Básico.

Potência Unitária (MW)	TEIF (%)	IP (%)
até 29	2,333	6,861
30 – 59	1,672	5,403
60 – 199	2,533	8,091
200 – 500	2,917	12,122
501 – 699	6,000	8,000
700 – 1300	0,210	10,000

Tabela 4.85 – Valores de TEIF e IP Estabelecidos na Portaria nº 484/2014.

Limites (MW)	TEIF (%)	IP (%)
Potência Unitária <= 29 MW	2,068	4,660
29 < Potência Unitária <= 59 MW	1,982	5,292
59 < Potência Unitária <= 199 MW	1,638	6,141
199 < Potência Unitária <= 499 MW	2,196	3,840
499 < Potência Unitária <= 699 MW	1,251	1,556
699 < Potência Unitária <= 1300 MW	3,115	8,263

Para o desenvolvimento do presente estudo foi considerado a mesma base de dados utilizados pela EPE.

Embora não seja relevante neste trabalho, é interessante alertar que o ONS – Operador Nacional do Sistema Interligado publicou uma nova série de vazões para essa usina, recomenda-se que continue utilizando a mesma série fornecida pela EPE.

4.4.2.3 Resultados e Conclusão

Para a potência de 150 MW, considerando duas unidades geradoras, resultou em um valor de energia firme de 91,23 MWmédio contra 89,44 MWmédio e 90,44 MWmédio apresentados respectivamente no Projeto Básico e pela EPE.

A diferença na energia firme entre os valores apresentados no Projeto Básico e pela EPE deve ser devido às taxas de indisponibilidade utilizadas, conforme se observa nas tabelas 2.1 e 2.2 e, também, pode ser atribuída às configurações do sistema interligado utilizadas nas simulações energéticas.

A diferença na energia firme do presente estudo e do Projeto Básico pode ser decorrente, além das taxas de indisponibilidade e da configuração do sistema interligado, da versão do Modelo MSUI utilizada em cada estudo. No presente estudo foi utilizada a versão 3.0 que considera uma perda hidráulica constante (valor médio) e nos estudos do Projeto Básico foi utilizada a versão 3.3 que permite considerar uma curva para perdas hidráulicas.

A diferença nos valores de energia firme do presente estudo e da EPE, sendo a mesma configuração e as mesmas taxas de indisponibilidade, pode ser atribuída às considerações de perdas hidráulicas.

Como conclusão, considerando que diferença nos resultados é menor que 1%, entre os dois últimos resultados analisados, e que as duas abordagens nas perdas hidráulicas são aproximações do despacho que ocorrerá na operação real da usina, podemos considerar que os resultados são perfeitamente válidos.

4.5 INTEGRAÇÃO DA USINA AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Uma linha de transmissão curta será construída para interligar os Transformadores Elevadores da Casa de Força da UHE Itaipava I às respectivas entradas na Subestação Seccionadora. Esta linha terá cerca de 200,00 m de extensão, será trifásica e irá operar na tensão de 138 kV.

Também será construída uma linha de transmissão para interligar a Subestação da UHE Itaipava I à Subestação da UHE Ilha dos Pombos, usina já em fase de operação. A linha de transmissão terá cerca de 46,0 km de extensão, será trifásica e irá operar na tensão de 138 kV.

A subestação será do tipo convencional, externa, localizada próxima do Canal de Fuga e à jusante da Barragem de Terra Margem esquerda.

O arranjo da subestação será do tipo barra principal e barra de transferência, com disjuntor "by-pass" na tensão de 138 kV.

A subestação será constituída por: dois vãos/bays de geradores, dois vãos de saída de linha de transmissão para SE UHE Ilha dos Pombos, um vão de interligação de barras e possuirá uma Casa de Controle.

5. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS DO APROVEITAMENTO

5.1 CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO

O Arranjo Geral do Projeto de Referência da UHE Itaocara I preparado pelo Consórcio, e visualizado no desenho DE-G11-001 consiste na implantação das estruturas do Barramento, Vertedouro e Circuito Geração alinhadas ao longo do eixo situado na extremidade montante da ilha Serena, com extensão total de cerca de 1.225,00 m.

O Barramento do rio Paraíba do Sul, no sítio do Aproveitamento, forma um reservatório com área de 40,40 km² na El. 89,60 m, correspondente ao NA Máximo Normal (NAMN), estabelecido nos Estudos do Projeto Básico (SPEC).

Essa elevação estabelecida para o NAMN elimina a necessidade de realocação dos núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e de Formiga, sem que haja perda energética para o Complexo das UHEs Itaocara I e II, em relação à energia que foi objeto de concessão para o aproveitamento único da UHE Itaocara.

As estruturas de concreto Vertedouro e Tomada de Água/Casa de Força, separadas por Muro de Estocagem/Divisor, estão posicionadas no Canal Esquerdo da Ilha Serena e situam-se no alinhamento do eixo. A Barragem de Terra Margem Esquerda, com o eixo ligeiramente defletido para jusante, está posicionada adjacente à Casa de Força que serve de encosto no primeiro trecho que é constituída de Terra/Enrocamento que se transiciona em Barragem de Terra Homogênea fechando a ombreira esquerda. A Barragem de Terra do Leito do Rio/Fechamento na Ombreira Direita tem início no pilar da extremidade direita hidráulica do Vertedouro, que serve de encosto para o primeiro trecho da Barragem que é constituída de Terra/Enrocamento que se transiciona em Barragem de Terra Homogênea que se desenvolve no trecho Leito do Rio e Margem Direita até o fechamento da sua ombreira. A partir do Pilar Direito do Vertedouro, a Barragem se desenvolve numa extensão total de 839,00 m até o encontro com a Ombreira Direita.

Na margem esquerda, a aproximadamente 270 m a montante do eixo, está um Dique que possibilitará o fechamento do reservatório.

A crista das Barragens de Terra e do Dique está na elevação 91,10 m, e a partir desta elevação será construída uma Mureta de Concreto Armado com topo na El. 92,60 m, ou seja, apresenta uma borda livre de 3,00 m em relação ao NA Normal do Reservatório que está estabelecido na El.89,60 m.

5.2 DESVIO DO RIO

O Desvio do Rio Paraíba do Sul será executado em duas fases distintas, como descrito a seguir e apresentado nos desenhos D20-0001 a 0006.

Na Primeira Fase, o rio permanecerá escoando pelo seu leito natural no Canal Direito da Ilha Serena, fechado por um anel de ensecadeiras de Primeira Fase que permitirá a vedação do Canal Esquerdo da Ilha e da Ombreira Esquerda para construção do Descarregador de Fundo, Canais de Adução e Restituição, Muros de Concreto, escavações dos Canais de Fuga e Adução e ainda obras da Tomada de Água, Casa de Força e Barragem de Terra Margem Esquerda.

Na Segunda Fase o rio será desviado através dos vãos do Descarregador de Fundo e o canal direito da Ilha Serena será fechado através das Ensecadeiras de 2ª Fase, permitindo a construção da Barragem de Terra Margem Direita e Leito do Rio.

- Ensecadeiras de 1ª Fase

A montante do eixo do Barramento, antes da construção das Ensecadeiras de 1ª Fase, será construída uma pré-ensecadeira com material lançado, a fim de permitir a

remoção da camada de aluvião para construção da ensecadeira com material compactado.

A Pré-Ensecadeira de Montante de 1ª Fase foi calculada para a QMLT (vazão média de longo termo), com nível d'água de 63,43m e crista na elevação 64,40m. A velocidade de fluxo ao lado da ensecadeira longitudinal foi obtida pela aplicação do nível e vazão na seção topobatimétrica do braço direito, resultando em 0,75 m/s. De acordo com o critério Eletrobrás, apresentado a seguir, o diâmetro de bloco necessário é menor do que 0,1 m.

$$V = 6,8\sqrt{D}$$

A construção da Pré-Ensecadeira de Montante se iniciará pela dragagem da camada de aluvião (estimada em 2,0m de profundidade). Em seguida, será realizado o lançamento dos cordões de enrocamento com taludes de 1V:1,5H até a El. 64,40m. Nas faces externas, serão lançadas as camadas de transição única com taludes com inclinação de 1V:1,6H e solo com taludes com inclinação de 1V:3H. Posteriormente, a pré-ensecadeira será alteada com solo compactado até a elevação 71,50m.

As Ensecadeiras de 1ª Fase foram dimensionadas para a vazão de projeto de 5.293 m³/s correspondente a TR= 50 anos período completo, resultando em níveis d'água nas elevações 70,32m a montante e 66,03m a jusante e cristas nas elevações 71,50m e 67,30m, respectivamente. A velocidade média estimada na ensecadeira longitudinal é de 2,25 m/s, o que resulta em um bloco de 0,1 m de diâmetro.

A Ensecadeira de Jusante, no trecho sobre o leito do rio, será construída de forma semelhante à Pré-Ensecadeira de Montante, exceto pela restrição da dragagem do aluvião à região sob a transição e solo lançados. Nos trechos a serem construídos a seco, a seção será de solo compactado, com taludes com inclinação 1V:1,8H a jusante e 1V:2,0H a montante, sobre o qual haverá proteção com uma camada de transição e enrocamento.

As seções das Ensecadeiras de Montante e Jusante de 1ª Fase estão apresentadas no desenho DE-D20-0002.

- Ensecadeiras de 2ª Fase

As Ensecadeiras de 2ª Fase foram dimensionadas para a vazão de projeto de 5.293 m³/s, TR= 50 anos e período hidrológico anual. Para esta condição, os níveis de água de montante e jusante são, respectivamente, 77,12 m e 66,03 m. Desta forma, as ensecadeiras transversais ao Canal Direito da Ilha foram definidas com cristas na El. 78,10 m a montante e 67,00 m a jusante, ambas com borda livre.

Para realização do desvio do rio Paraíba do Sul através dos vãos do Descarregador de Fundo, serão removidas as ensecadeiras de montante e jusante do braço esquerdo da Ilha e, em seguida, serão executadas 02 (duas) ensecadeiras transversais no braço direito da Ilha Serena, a montante e a jusante da Barragem do Leito do Rio e Margem Direita, ressaltando que a Ensecadeira de Montante será incorporada ao aterro compactado da Barragem de Terra Margem Direita.

Para a construção da Pré-Ensecadeira de Montante, será lançado sobre o leito do rio, após a remoção do aluvião e blocos de rocha soltos, um cordão de enrocamento com taludes de 1V:1,5H até a El. 64,70 m. Na Ensecadeira de Jusante, cuja crista estará na EL. 67,00 m, o cordão de enrocamento será lançado diretamente sobre o terreno natural. Após a dragagem do aluvião, será feita a cobertura do enrocamento com

material de transição única, com taludes de 1V:1,6H e será lançado, sobre esta camada, solo argiloso com talude final aproximado de 1V:3H.

A Pré-Ensecadeira de Montante será alteada até a El.78,10m para complementação da Ensecadeira de Montante, que será incorporada à Barragem de Terra.

O desenho D20-DE-0004 apresenta as seções das Ensecadeiras de Montante e Jusante do braço direito da Ilha Serena.

- Ensecadeiras da Casa de Força

No caso das obras civis da Casa de Força não estarem concluídas à época do desvio do rio, a fim de não atrasar o cronograma da obra, foi prevista uma ensecadeira a jusante da mesma. O dimensionamento foi realizado para a TR = 200 anos, com nível de água na El. 66,70 m e crista na El. 67,70 m.

A Ensecadeira de Jusante da Casa de Força, no trecho sobre o canal de fuga, será construída em solo compactado com proteção de enrocamento a montante. Os taludes terão inclinação de 1V:1,8H a jusante (solo compactado) e 1V:2,0H a montante (proteção de enrocamento).

No trecho paralelo ao eixo, será feito o alteamento, em material compactado, do trecho remanescente da Ensecadeira de 1ª Fase de Jusante até a El.67,70 m.

5.3 BARRAGEM

A Barragem da UHE Itaipava I é composta por três partes: Barragem Margem Direita (Leito do Rio e Ilha) e Barragem Margem Esquerda, além de contemplar o Dique.

- Barragem de Terra Margem Direita e Margem Esquerda

A Barragem de Terra possui seção homogênea de solo compactado proveniente das áreas de empréstimo e escavação obrigatória.

Os espaldares de montante possuem inclinação de 1V:1,5H da crista na El. 91,10 até o nível do rip-rap, El.86,60. Nesse ponto há uma berma de 1,0m de largura e a inclinação do talude passa a ser de 1V:2H até a fundação. Entre as Estacas 3 a 20+2,52, localizados no leito do rio, a Ensecadeira de 2ª Fase Montante será incorporada à Barragem.

Os espaldares de jusante possuem inclinação de 1V:1,5H da crista na El. 91,10 até a elevação 86,60. Desse ponto até a cota de fundação a inclinação passa a ser de 1V:2H com bermas de 3m de largura nas elevações 81,10m e 71,10m.

A Barragem será assentada sobre o topo de gnaisses são ou pouco alterado entre as estacas 1 e 20+2,52. Na região da Ilha Serena, entre as estacas 20+2,52 e 31, a Barragem se posicionará no horizonte coluvionar, que deve ser escavado até a profundidade de 1,00 m para fixação do futuro Barramento. Nesse trecho, considera-se também a instalação de um cut-off, que deverá ser escavado até o topo da rocha.

Ainda na Ilha Serena, entre as estacas 31 e 37+10,00, o assentamento será diretamente em solo residual, também com escavação de 1,00 m do mesmo e cut-off até a rocha gnáissica.

Finalmente, entre as estacas 37+10,00 e 43, o horizonte de aluvião deverá ser totalmente removido e o assentamento da Barragem Margem Direita será realizado no topo de rocha.

Na margem esquerda, a barragem será assentada sobre o horizonte de solo residual, com escavação de 1,00 m deste solo entre as estacas 53+10,00 e 57+13,50. Já no trecho entre as estacas 57+13,50 e 63, deve-se proceder com a escavação total do colúvio e posicionamento da Barragem diretamente sobre o solo residual. Prevê-se também a execução de um cut-off, que deverá prosseguir até o topo do horizonte de saprolito.

Caso necessário, a superfície de assentamento do futuro Barramento deverá ser regularizada, utilizando-se concreto ou argila compactada.

O sistema de drenagem interna é constituído de filtro vertical e tapete drenante tipo sanduíche. Na margem direita e leito do rio, o tapete é constituído de três camadas sobrepostas de transição grossa (brita), transição fina (pedrisco) e areia. Na margem esquerda o tapete é composto de duas camadas de areia e uma de transição fina (pedrisco).

- Barragem de Enrocamento com Núcleo de Argila

Na região de fechamento junto às Estruturas de Concreto, entre as estacas 40+10 a 43+00 e 51+11,50 a 53+10 propõe-se uma seção com crista de 7,25m de largura, núcleo de solo argiloso compactado e espaldares de enrocamento compactado.

- Dique

A aproximadamente 270 m a montante do eixo da Barragem, foi previsto um dique para fazer o fechamento do ponto de fuga do reservatório.

A seção proposta é de solo compactado, com crista na El. 91,10m e 7,25m de largura. O espaldar de montante possui inclinação de 1V:1,5H da crista até a base do riprap na elevação 86,60m e deste ponto até a fundação de 1V:1,8H. O espaldar de jusante possui inclinação de 1V:1,8H.

Na região do dique a fundação é composta por colúvio, aluvião e solo residual. Para o assentamento do dique foi considerada a remoção de 1,0m do colúvio.

A drenagem interna é composta de filtro vertical e tapete drenante desaguardo no dreno de pé de enrocamento.

5.4 VERTEDOIRO

O Vertedouro do tipo Descarregador de Fundo, está previsto com soleira El. 60,00 m, é constituído por 1 (um) Bloco, tipo gravidade, com comprimento total de 63,00 m, 5 (cinco) vãos de 9,00 m separados por pilares de espessura 3,00 m e controlados por comportas do tipo segmento de 9,00 m de largura e 12,00 m de altura.

A jusante da estrutura de controle de fluxo do Vertedouro será construída uma ponte em concreto armado, que permitirá o trânsito entre as duas margens do rio. Tal ponte também servirá para a movimentação do guindaste rolante que efetuará a movimentação das comportas ensecadeiras de jusante.

Os vãos do Vertedouro estão previstos com comportas ensecadeiras a montante e a jusante de forma que seja possível o ensecamento completo entre estas comportas e assim permitir eventuais manutenções nas ranhuras da comporta segmento e também da soleira e faces laterais dos pilares neste trecho.

O Vertedouro está dimensionado para passagem da cheia decamilenar igual à 9.530 m³/s com NA do Reservatório na El. 90,90 m.

O reservatório atinge o nível Máximo Maximorum na El. 90,90 m, significando uma sobre-elevação de 1,30m em relação ao NA Normal que é igual à El. 89,60 m.

A Bacia de Dissipação está prevista em uma laje horizontal em concreto, ancorada na rocha, com 59,00 m de extensão, 57,00 m de largura e com o topo na El. 51,80 m e Muros Laterais com o coroamento na El. 68,40 m, seguida por uma rampa já em rocha sã e daí no leito do rio.

Em toda a Plataforma Superior do Vertedouro está prevista a construção de uma Mureta de Concreto Armado com cota de coroamento na El. 92,10 m.

A movimentação da comporta ensecadeira de jusante será efetuada mediante a utilização de uma monovia que se deslocará na ponte de jusante do Vertedouro.

Tendo em conta a alta velocidade do fluxo de água nas passagens de água do Vertedouro, tanto na face superior da laje da base como nas faces dos pilares será aplicada uma camada de concreto com resistência característica à compressão fck igual 50 MPa e espessura mínima de 0,40 m.

5.5 CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO

A Tomada de Água da Casa de Força está prevista com 2 (duas) unidades dispostas em 1 (um) bloco monolítico de concreto armado adjacente à estrutura da Casa de Força, com cerca de 44,20 m de altura a partir da fundação e 41,56 m de largura e cerca de 14,88 m de comprimento (direção do fluxo).

Cada Unidade da Tomada de Água terá 3 (três) vãos que correspondem a cada uma das unidades geradoras. Estes vãos possuem seção 4,44 m de largura e altura variável com a soleira na El. 52,60 m. A Plataforma superior do Bloco da Tomada de Água está prevista para ficar na El. 91,10 m. Em toda a Plataforma da Tomada de Água está prevista a construção de uma Mureta de Concreto Armado com cota de coroamento na El. 92,10 m.

A movimentação das grades e da comporta ensecadeira será efetuada por um pórtico rolante em estrutura metálica.

Os 3 (três) vãos de cada uma das unidades da Tomada de Água são dotados de grades metálicas instaladas na extremidade de montante e comportas ensecadeiras imediatamente a montante da caixa semi-espiral.

O controle do fluxo será efetuado por comportas de emergência a serem instaladas nos 4 (quatro) vãos do Tubo de Sucção.

5.6 CASA DE FORÇA

A Casa de Força está prevista com 2 (duas) unidades geradoras dispostas em 1 (um) bloco monolítico de concreto armado adjacente à estrutura da Tomada de Água, com cerca de 54,00 m de altura a partir da fundação e 48,70 m de largura e cerca de 37,00

m de comprimento (direção do fluxo). A nave da Casa de Força abrigará duas unidades geradoras, que serão equipadas com 2 (duas) turbinas do tipo Kaplan, de eixo vertical, com potência unitária de 75 MW, perfazendo um total de 150 MW de potência instalada.

Imediatamente a jusante do Hall das unidades estão previstas as Galerias Mecânica e Elétrica nas El. 56,60 m e El. 63,23 m respectivamente.

A Galeria Mecânica se estende por toda a largura do Bloco das Unidades enquanto a Galeria Elétrica tem início no Bloco das unidades e estende a por toda a largura das Áreas de Montagem e de Descarga.

O Tubo de Sucção de cada unidade geradora está previsto com 2 (dois) vãos com 8,51 m de largura, altura variável com a geratriz inferior na El. 36,42 m e a geratriz na saída na El. 41,90 m. Cada vão do Tubo de Sucção está previsto para ser equipado com uma comporta de emergência acionada por cilindro hidráulico.

A movimentação dos equipamentos, turbinas, geradores e assemelhados, será efetuada por uma ponte rolante que atenderá a nave da Casa de Força e as Áreas de Descarga e de Montagem.

A movimentação das comportas de emergência do Tubo de Sucção será efetuada mediante um pórtico rolante em estrutura metálica que se desloca na Plataforma superior do Tubo de Sucção.

O Transformador Elevador está previsto para ser instalado na Plataforma superior do Tubo de Sucção.

- Área de Montagem e de Descarga

As Áreas de Montagem estão previstas para ser construída imediatamente a esquerda da Casa de Força e será construída de 2 (dois) Blocos com largura de 21,30 m e 27,20 m, 31,00 m de altura e 46,60 m de comprimento (direção do fluxo).

A laje da base da Área de Montagem está prevista para ficar na El. 63,23 m.

A Área de Descarga está prevista para ser instalada na extremidade esquerda da Área de Montagem. Terá o topo da laje na El. 70,40 m e o comprimento igual a 46,60 m.

As estruturas da Área de Montagem têm comportamento de Barragem e, portanto, são constituídos de grandes maciços de concreto.

Nestes maciços estão previstos dois poços para estocagem de comportas ensecadeiras.

- Poços de Esgotamento e Drenagem

Os Poços de Esgotamento e Drenagem estão previstos para serem construídos na lateral direita da Casa de Força segundo a projeção do Muro de Estocagem/Divisor.

5.7 ACESSOS INTERNOS PERMANENTES, ÁREAS DE ESTACIONAMENTO, CERCAS E DEFENSAS

- **Acessos Internos Permanentes e Áreas de Estacionamento**

Os acessos internos permanentes, pátios de manobra e áreas de estacionamento serão construídos conforme estabelecido nas Especificações Técnicas para Construção das Obras Civas, nas normas aplicáveis da ABNT, DER e/ou DNIT.

Nos trechos onde são previstos cortes, em material comum e em rocha, deverão ser atendidas as prescrições estabelecidas nas Especificações Técnicas para Construção das Obras Civas - ET-1 e DER/ DNIT.

Os taludes deverão ser protegidos conforme prescritos nas normas da ABNT, do DER e/ou DNIT, no item 8 e no PCA.

Nos acessos internos permanentes, no pátio de manobra e nas áreas de estacionamento, o revestimento será em TSD – Tratamento Superficial Duplo, conforme previsto nas normas do DER e/ou DNIT.

Todos os dispositivos correspondentes as obras correntes, tais como sarjetas, bueiros, descidas de água e canaletas de crista, conforme especificações do DNIT ou DER serão empregados na construção dos acessos.

- **Cercas**

Serão implantadas cercas na área industrial, interligando as portarias, portões de acesso à usina, estradas, acessos públicos e limites de confrontações com todas as propriedades vizinhas.

Também deverão ser implantados cercamento em torno das áreas de empréstimo, bem como áreas, fora da área industrial, para impedir a utilização da área por terceiros a fim de propiciar a consolidação da recuperação vegetal.

Será efetuada limpeza de 2,00 m de cada lado da faixa de implantação das cercas e cravar os mourões de concreto no terreno à profundidade de 1,00 m e com a parte inclinada voltada para fora.

A cerca da área industrial será de dezoito fios de arame farpado e com espaçamento entre mourões intermediários de 2,50 m e mourões de amarração nos ângulos a cada 25,00 m.

Na área da Subestação, no trecho vertical do mourão, será utilizada tela de aço galvanizado.

Os materiais a serem empregados para implantação estão descritos nas referências conforme quadro a seguir:

Descrição	Referência
Arame farpado zincado, classe 350	NBR 6317
Arame de aço zincado, Ø 2,8 mm	NBR 6331
Tela de aço galvanizado	ET 141/74, malha 15 x 15 cm, bitola 3,04 x 3,04

Para as áreas de empréstimo, bem como áreas por ele utilizadas, fora da área industrial será utilizada cerca com cinco fios e postes de madeira ou de concreto.

A área em torno dos instrumentos (piezômetro, estação total e outros) instalados fora da área industrial deverá ser protegida por cerca de no mínimo 1,50 m de altura, construída com tubos metálicos e tela de aço galvanizada, com portão.

- Defensas

As defensas serão executadas em concreto armado, na crista da Barragem e Diques conforme as normas da ABNT, DER e/ou DNIT.

Nos acessos internos de interligação entre as estruturas e nos taludes de jusante poderão ser utilizadas defensas metálicas conforme normas da ABNT, DER e/ou DNIT.

Quando forem utilizadas chapas, as chapas serão perfiladas em aço galvanizado, e montadas e fixadas nos suportes por meio de parafusos galvanizados. As chapas deverão atender as normas da ABNT, DER e/ou DNIT.

- Urbanização

Os acessos para pedestres terão acabamento em concreto.

O projeto de urbanização contemplará passeio de no mínimo 1,00 m de largura no entorno de todas as edificações e acessos para as estruturas. Deverá ser elaborado de forma a atender aspectos de acessibilidade.

Os pátios de manobras e estacionamento serão demarcados, definindo vagas de estacionamento e fluxo de trânsito para ônibus, veículos leves e pesados e independentes das áreas de manobras de equipamentos de manuseio de peças pesadas.

Os pátios de manobras e estacionamento serão protegidos com defensas em concreto analogamente às utilizadas na Barragem, no perímetro de interface com o Reservatório, Canal de Fuga, conforme estabelecido nas normas do DER/DNIT.

Os projetos de paisagismo contemplarão áreas de ajardinamento e arborização de sombreamento providas de irrigação, envolvendo conforme aplicável, pátios de manobras e áreas de estacionamento, portaria principal e Subestação.

O projeto contemplará a implantação de uma guarita na portaria principal, contendo sistema de comunicação com as salas de controle da Casa de Força e da Subestação. Nesta portaria serão instalados portões independentes para veículos e para pedestres, além de cancela automática. O portão para veículos deve ser motorizado.

O projeto contemplará a instalação de porteiros e mata-burros nas estradas e acessos às propriedades rurais em sua área de interferência, relocação e melhoramento.

O projeto contemplará sinalização horizontal e vertical para todos os acessos definitivos, internos e públicos em sua área de interferência, relocação e melhoramento.

Nos locais onde haverá acesso ao público terão proteção adequada, tais como cercas e portões para impedir o acesso de terceiros à instrumentação da usina, estruturas, cabines, equipamentos e demais instalações.

Os projetos de urbanização deverão atender aos requisitos básicos de funcionalidade das instalações, conforto ambiental, aspectos estéticos, durabilidade e facilidade de manutenção.

- Drenagens

O Projeto contemplará um sistema de drenagem superficial incluindo sarjetas, valetas, caixas coletoras, entradas e descidas d'água e demais dispositivos necessários para o escoamento das águas superficiais nos acessos internos permanentes, áreas de manobra e estacionamentos.

Os projetos serão elaborados de forma que atendam às prescrições das normas específicas do DER e DNIT.

Os dispositivos de drenagem a serem empregados serão constituídos de:

- Tubos de concreto simples;
- Tubos de concreto Classe CA-2 ou CA-3;
- Tubos de concreto poroso;
- Calhas tipo meia-cana de concreto;
- Poços de Visita de tubos de concreto pré-moldado;
- Descidas de Água, Dissipadores de Energia de concreto armado;
- Caixas Coletoras e Bocas de Lobo de concreto armado ou pré-moldado;
- Sarjetas de concreto simples;
- Bueiros Tubulares de concreto armado;
- Meios-Fios de concreto simples.

5.8 EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELETROMECÂNICOS

5.8.1 Turbinas e Reguladores de Velocidade

As turbinas serão do tipo Kaplan de dupla regulação, eixo vertical com caixa semi-espiral em concreto. O rotor da turbina será do tipo Kaplan com pás em aço inoxidável fundido conforme especificação ASTM A743 CA6NM.

As características básicas da turbina são:

Quantidade	2 unidades
Potência Instalada (Total)	153,4 MW
Potência Nominal (Unitária no eixo).....	76,7 MW
Queda Bruta Máxima	30,10 m
Queda Líquida de Referência	26,9 m
Vazão de Engolimento Unitário.....	314,4 m ³ /s
Rotação Nominal	144,0 rpm
Elevação da Linha de Centro do Distribuidor da Turbina	53,16 msnm

Nível Máximo Normal de Montante	89,60 msnm
Nível Máximo Normal de Jusante	62,30 msnm
Nível Max. Maximorum de Montante	90,90 msnm
Nível Max. Maximorum de Jusante	68,40 msnm

O tubo de sucção será do tipo cotovelo, com um septo central.

Será previsto um regulador de velocidade do tipo eletro-hidráulico digital para cada turbina, com ação Proporcional, Integral e Derivativa (PID), dotado de canal de regulação de potência independente do canal de regulação de velocidade.

Os sistemas óleo hidráulicos para controle e regulação de cada turbina compreendem, basicamente, três motobombas, programadas para operação escalonada, dois acumulador ar-óleo e demais dispositivos convencionais. Para a reposição de ar comprimido, foi prevista uma central dotada de dois compressores e um acumulador independente, que responderá pelo atendimento dos sistemas das duas turbinas. Opcionalmente, os acumuladores dos reguladores poderão ser pressurizados com gás inerte (nitrogênio), dispensando a central de ar comprimido. As garantias de regulação devem limitar a sobrepressão máxima a 35% da máxima pressão estática, e a sobrevelocidade máxima a 50% da rotação nominal.

5.8.2 Grade da Tomada de Água

As grades metálicas deverão impedir que corpos com dimensões prejudiciais às turbinas penetrem no circuito hidráulico.

As grades deverão ser dimensionadas para uma perda de carga mínima possível.

Os painéis das grades e a viga pescadora serão guiados e apoiados em peças fixas embutidas no concreto de segundo estágio da Tomada d'Água. Os painéis deverão ser constituídos de barras verticais igualmente espaçadas, suportadas por um quadro estrutural formado por dois montantes em cada extremidade e vigas horizontais apoiadas nos montantes, que transmitem às peças fixas a carga aplicada no painel.

Os painéis serão do tipo removível, sendo manobrados através do pórtico rolante da tomada d'água com o auxílio de uma viga pescadora.

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

Sua movimentação deverá ser feita sem fluxo de água, com a comporta da tomada d'água fechada. Os ganchos da viga pescadora deverão ser acionados por contrapeso.

Os painéis das grades serão de construção soldada, constituídos por barras verticais contínuas apoiadas sobre uma estrutura composta por vigas horizontais, convenientemente espaçadas de modo a evitar a ressonância e vigas verticais que transmitirão todas as reações ao concreto. Deverão ser capazes de suportar sem danos até 3,0 m de diferencial de pressão e de forma que a frequência de vibração das barras deverá diferir da frequência de vibração do turbilhão formado imediatamente atrás das barras para que não entrem em ressonância.

Possuirão batentes laterais revestidos com material anti-fricção, com possibilidade de regulagem de folga com as peças fixas na obra.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira e guias laterais, embutidas, em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio.

Cada bloco de tomada d'água será dividido em 03 (três) aduções por pilares verticais de concreto.

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

As características básicas da grade da tomada d'água são:

Forma Construtiva	Removível
Quantidade de Emboques	6
Quantidade de Grades por Emboque	1
Quantidade de Painéis por Grade.....	7
Quantidade de Peças Fixas por Emboque.....	1 conjunto
Largura do Vão.....	4,438 m
Altura vertical do vão	17,0 m
Inclinação da Grade.....	1V – 0,13H
Nível Max. Maximorum de Montante	90,90 msnm
Elevação do piso de Operação/Manobra	91,10 msnm
Elevação da Soleira da Grade	52,60 msnm
Altura Total das Peças Fixas	38,0 m
Espaçamento Mínimo das Barras Verticais.....	150 mm

5.8.3 Comporta Ensecadeira da Tomada de Água

A comporta ensecadeira terá por função possibilitar a manutenção da tomada d'água e da câmara de adução de qualquer das duas unidades geradoras. A movimentação da comporta ensecadeira será efetuada através de uma viga pescadora, provida de mecanismo de engate e desengate automáticos, acionada por meio do mecanismo de elevação do pórtico rolante da tomada d'água.

Sua movimentação será sempre feita com equilíbrio de pressões. O painel superior deverá ser provido de sistema by-pass acionado pelo peso próprio da viga pescadora com o objetivo de permitir o equilíbrio de pressões entre montante e jusante da comporta.

A comporta ensecadeira e a viga pescadora serão guiadas por peças fixas embutidas nos pilares de concreto, as quais servirão também para transmitir as reações ao concreto.

A comporta ensecadeira será de construção soldada, constituída por paramento e vedação à jusante reforçado por vigas horizontais e verticais.

A comporta ensecadeira possuirá duas sapatas de guia lateral de cada lado, alinhadas com os olhais de acoplamento com a viga pescadora. As sapatas permitirão regulagem no campo.

As vedações serão de borracha revestida com teflon (apenas para perfil nota musical), projetadas e instaladas de modo a permitir a estanqueidade total. O quadro de vedação será formado por vedações laterais e superior com seção tipo nota musical simples com as quinas vulcanizadas em uma única peça e vedação inferior com seção retangular.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, peças verticais de apoio e vedação e guias laterais, embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio. Haverá prolongamentos laterais nas peças fixas da soleira no sentido de jusante, a fim de possibilitar o apoio das chapas de cabeceira da comporta.

As guias laterais serão constituídas por um perfil laminado ou de construção soldada, com resistência suficiente para guiar a comporta ensecadeira lateralmente e no sentido montante-jusante, estendendo-se desde a soleira até os dispositivos de calagem no topo das ranhuras. Possuirão um alargamento na extremidade superior, para facilitar a introdução e retirada da comporta ensecadeira e da viga pescadora.

A viga pescadora para manobra da comporta, será em estrutura de construção soldada, dimensionada para movimentar a comporta ensecadeira, sem torções ou deflexões excessivas.

Os painéis das comportas ensecadeiras serão armazenadas em poço de estocagem localizado na tomada d'água. A viga pescadora será estocada em cavalete no topo da ranhura de operação.

As características básicas da comporta ensecadeira da tomada d'água são:

Forma Construtiva	Vedação a Jusante
Quantidade de Emboques	6
Quantidade de Comportas por Emboque.....	1
Quantidade de Painéis por Comporta	5
Quantidade de Comportas	6 (3 provisórias + 3 definitivas)
Quantidade de Peças Fixas por Emboque.....	1 conjunto (total de 6)
Largura do Vão.....	4,438 m
Altura do Vão.....	11,28 m
Nível Max. Maximorum de Montante	90,90 msnm
Elevação do piso de Operação/Manobra	91,10 msnm
Elevação da Soleira.....	50,10 msnm
Altura Total das Peças Fixas	41,8 m
Carga Hidrostática da Comporta.....	37,13 m.c.a.

5.8.4 Comporta Vagão do Tubo de Sucção

As duas unidades geradoras serão protegidas cada uma por duas comportas vagão para fechamento de emergência do tubo de sucção sob quaisquer condições de operação da turbina. A comporta será projetada com vedação do lado de montante. O

esforço de manobra da comporta será baseado na sua movimentação com pressões não equalizadas e seu fechamento através do seu peso próprio.

Cada comporta será manobrada por um cilindro hidráulico de simples efeito fixado em uma estrutura de apoio instalada em plataforma abaixo do piso de manobra e ligado a comporta através de hastes de acoplamento. O cilindro hidráulico será controlado por unidade hidráulica localizada no piso de manobra da casa de força controlado remotamente através da sala de comando da Usina.

A comporta será de construção soldada, constituída por paramento e vedação, reforçadas por vigas horizontais e verticais.

As rodas principais, rodas de guia e de contra-guia possuirão mancais autolubrificantes. As rodas principais deverão ser forjadas conforme especificação ASTM A-668 Grau C ou superior.

As vedações serão de borracha com revestimento de teflon (apenas nos perfis tipo nota musical), projetadas e instaladas de modo a permitir a máxima estanqueidade. O quadro de vedação será formado por vedações superior e laterais com seção tipo nota musical simples e vedação inferior com seção retangular.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, frontal, peças verticais de apoio e vedação e guias laterais. Serão embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio. Haverá prolongamentos laterais nas peças fixas da soleira no sentido do paramento para o vigeamento, a fim de possibilitar o apoio das chapas de cabeceira da comporta.

As guias laterais serão constituídas por um perfil laminado ou de construção soldada, com resistência suficiente para guiar a comporta vagão lateralmente e no sentido montante-jusante, devendo estender-se desde a soleira até os dispositivos de calagem no topo das ranhuras.

As características básicas da comporta vagão do tubo de sucção são:

Forma Construtiva	Vedação a Montante
Quantidade de Emboques	4
Quantidade de Comportas por Emboque.....	1
Quantidade de elementos por Comporta	3
Quantidade de Peças Fixas por Emboque.....	1 conjunto
Quantidade de Comportas.....	4
Largura do Vão.....	8,505 m
Altura do Vão.....	6,200 m
Nível Max. Maximorum de Jusante.....	68,40 msnm
Elevação do piso de Operação/Manobra	70,40 msnm
Elevação da Soleira.....	38,7 msnm
Altura Total das Peças Fixas	31,6 m
Carga Hidrostática da Comporta.....	27,63 m.c.a.

5.8.5 Comporta Ensecadeira de Montante do Vertedouro

A comporta ensecadeira terá por função possibilitar a manutenção da comporta de segmento e ogiva do vertedouro de qualquer uma de suas cinco calhas. A movimentação da comporta ensecadeira será efetuada através de uma viga pescadora, provida de mecanismo de engate e desengate automáticos, acionada por meio do mecanismo de elevação do pórtico rolante do vertedouro.

Sua movimentação será sempre feita com equilíbrio de pressões. O painel superior deverá ser provido de sistema by-pass acionado pelo peso próprio da viga pescadora com o objetivo de permitir o equilíbrio de pressões entre montante e jusante da comporta.

A comporta ensecadeira e a viga pescadora serão guiadas por peças fixas embutidas nos pilares de concreto, as quais servirão também para transmitir as reações ao concreto.

A comporta ensecadeira será de construção soldada, constituída por paramento e vedação à jusante reforçado por vigas horizontais e verticais.

A comporta ensecadeira possuirá duas sapatas de guia lateral de cada lado, alinhadas com os olhais de acoplamento com a viga pescadora. As sapatas permitirão regulagem no campo.

As vedações serão de borracha revestida com teflon (apenas para perfil nota musical), projetadas e instaladas de modo a permitir a estanqueidade total. O quadro de vedação será formado por vedações laterais com seção tipo nota musical simples e vedação inferior com seção retangular.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, peças verticais de apoio e vedação e guias laterais, embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio. Haverá prolongamentos laterais nas peças fixas da soleira no sentido de jusante, a fim de possibilitar o apoio das chapas de cabeceira da comporta.

As guias laterais serão constituídas por um perfil laminado ou de construção soldada, com resistência suficiente para guiar a comporta ensecadeira lateralmente e no sentido montante-jusante, estendendo-se desde a soleira até os dispositivos de calagem no topo das ranhuras. Possuirão um alargamento na extremidade superior, para facilitar a introdução e retirada da comporta ensecadeira e da viga pescadora.

A viga pescadora para manobra da comporta, será em estrutura de construção soldada, dimensionada para movimentar a comporta ensecadeira, sem torções ou deflexões excessivas.

A movimentação dos painéis da comporta ensecadeira será realizada através do pórtico rolante da tomada d'água e vertedouro.

Os painéis da comporta ensecadeira serão armazenadas em poço de estocagem localizado no vertedouro. A viga pescadora será estocada em cavalete no topo da ranhura de operação.

As características básicas da comporta ensecadeira do vertedouro são:

Forma Construtiva	Vedação a Jusante
Quantidade de Emboques	5

Quantidade de Comportas por Emboque.....	1
Quantidade de elementos por Comporta	9
Quantidade total de Comportas	1
Quantidade de Peças Fixas por Emboque.....	1 conjunto
Largura do Vão.....	9,00 m
Altura do Vão.....	20,00 m
Nível Max. Maximorum de Montante	90,90 msnm
Elevação do piso de Operação/Manobra	91,10 msnm
Elevação da Soleira.....	60,00 msnm
Altura Total das Peças Fixas	32,10 m
Carga Hidrostática da Comporta.....	24,23 m.c.a.

5.8.6 Comporta Ensecadeira de Jusante do Vertedouro

A comporta ensecadeira terá por função possibilitar a manutenção da comporta de segmento e ogiva do vertedouro de qualquer uma de suas cinco calhas. A movimentação da comporta ensecadeira será efetuada através de uma viga pescadora, provida de mecanismo de engate e desengate automáticos, acionada por meio do mecanismo de elevação de monovia do vertedouro.

Sua movimentação será sempre feita com equilíbrio de pressões. O painel superior deverá ser provido de sistema by-pass acionado pelo peso próprio da viga pescadora com o objetivo de permitir o equilíbrio de pressões entre montante e jusante da comporta.

A comporta ensecadeira e a viga pescadora serão guiadas por peças fixas embutidas nos pilares de concreto, as quais servirão também para transmitir as reações ao concreto.

A comporta ensecadeira será de construção soldada, constituída por paramento e vedação à jusante reforçado por vigas horizontais e verticais.

A comporta ensecadeira possuirá duas sapatas de guia lateral de cada lado, alinhadas com os olhais de acoplamento com a viga pescadora. As sapatas permitirão regulagem no campo.

As vedações serão de borracha revestida com teflon (apenas para perfil nota musical), projetadas e instaladas de modo a permitir a estanqueidade total. O quadro de vedação será formado por vedações laterais com seção tipo nota musical simples e vedação inferior com seção retangular.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, peças verticais de apoio e vedação e guias laterais, embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio. Haverá prolongamentos laterais nas peças fixas da soleira no sentido de jusante, a fim de possibilitar o apoio das chapas de cabeceira da comporta.

As guias laterais serão constituídas por um perfil laminado ou de construção soldada, com resistência suficiente para guiar a comporta ensecadeira lateralmente e no

sentido montante-jusante, estendendo-se desde a soleira até os dispositivos de calagem no topo das ranhuras. Possuirão um alargamento na extremidade superior, para facilitar a introdução e retirada da comporta ensecadeira e da viga pescadora.

A viga pescadora para manobra da comporta, será em estrutura de construção soldada, dimensionada para movimentar a comporta ensecadeira, sem torções ou deflexões excessivas.

A movimentação dos painéis da comporta ensecadeira será realizada através a monovia do vertedouro.

A viga pescadora será estocada em cavalete no topo da ranhura de operação.

As características básicas da comporta ensecadeira do vertedouro são:

Forma Construtiva	Vedação a Jusante
Quantidade de Emboques	5
Quantidade de Comportas por Emboque.....	1
Quantidade de elementos por Comporta	4
Quantidade total de Comportas	1
Quantidade de Peças Fixas por Emboque.....	1 conjunto
Largura do Vão.....	9,00 m
Altura do Vão.....	9,00 m
Nível Max. Maximorum de Jusante.....	68,40 msnm
Elevação do piso de Operação/Manobra	70,40 msnm
Elevação da Soleira.....	60,00 msnm
Altura Total das Peças Fixas	10,40 m
Carga Hidrostática da Comporta.....	5,40 m.c.a.

5.8.7 Comporta Segmento do Descarregador de Fundo

As comportas de segmento do vertedouro serão utilizadas para controle de níveis e vazões do reservatório.

As comportas segmento deverão operar em qualquer grau de abertura e deverão fechar sob a ação do seu peso próprio. Os mancais principais deverão ser dotados de buchas autolubrificantes e serão ancorados às vigas transversais de concreto por meio de tirantes de ancoragem.

A comporta deverá ser projetada com sistema de vedação padronizado de mercado e apresentando o menor vazamento possível.

As peças fixas de segundo estágio serão constituídas basicamente por soleira, peças verticais de apoio e pista de vedação laterais em aço inoxidável, embutidas em recessos deixados na concretagem primária, posicionadas e reguladas por meio de chumbadores soldados nas peças fixas de primeiro estágio.

Cada comporta será manobrada por dois cilindros hidráulicos de simples efeito, acionados por uma central óleo-hidráulica provida de dispositivo de reposição da

posição da comporta devido às fugas do sistema hidráulico. Tal central será instalada em sala onde estarão também os indicadores de posição das comportas.

No caso de falta de alimentação elétrica, existirá 1 (um) grupo de bombeamento de emergência completo com motor de combustão interna, bomba, válvulas e manômetro para acionamento da central óleo-hidráulica.

Os cilindros hidráulicos deverão ser conectados, pela parte superior, às vigas metálicas convenientemente posicionadas e ancoradas nos pilares e, na parte inferior, à viga horizontal do tabuleiro que se apóia nos braços inferiores da comporta. As articulações de ligação à comporta e às vigas metálicas dos pilares deverão ser dotadas de rótulas (juntas esféricas), providas de buchas autolubrificantes.

Deverão ser previstos dispositivos de calagem para as comportas na posição de abertura total para fins de manutenção, liberando-se os cilindros óleo-hidráulicos dos esforços de acionamento.

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

As características básicas da comporta de segmento do vertedouro são:

Forma Construtiva	Segmento de fundo
Acionamento.....	Cilindro hidráulico
Quantidade de Emboques	5
Quantidade de Comportas por Emboque.....	1
Quantidade de Painéis por Comporta	1
Quantidade de Comportas	5
Quantidade de Peças Fixas por Emboque.....	1 conjunto
Largura do Vão.....	9,00 m
Altura vertical do Vão.....	12,00 m
Nível Max. Maximorum de Montante	90,90 msnm
Elevação do piso de Operação/Manobra	91,10 msnm
Elevação da Soleira.....	60,00 msnm
Altura Total das Peças Fixas	12,00 m

5.8.8 Ponte Rolante da Casa de Força

A Ponte Rolante deve ser utilizada nas diversas montagens dos equipamentos contidos na Casa de Força, destacando-se o içamento e transporte dos conjuntos montados mais pesados das turbinas e geradores, bem como as montagens parciais desses equipamentos.

A ponte será comandada por comandos instalados na cabine de comando.

A ponte rolante deve ser equipada com um carro, do tipo sem cobertura, para operar em ambiente fechado.

Neste carro devem ser instalados os mecanismos de elevação principal e auxiliar, bem como o mecanismo de direção conduzido sobre o caminho de rolamento montado ao longo das vigas principais da Ponte Rolante.

A Ponte Rolante deslocar-se-á sobre trilhos, instalados sobre as vigas de concreto, permitindo a movimentação das mesmas por sobre toda a área de descarga/montagem e unidades geradoras.

A alimentação elétrica da Ponte Rolante se fará através de um sistema de barramento rígido, fixado às vigas de montante do caminho de rolamento, ao longo de toda extensão da Casa de Força. O suprimento de força para este barramento se fará através de uma caixa de ligação a ser instalada nas proximidades do meio do caminho de rolamento, essa caixa de ligação será alimentada pelo painel CCM (Centro de Comando de Motores).

Lateralmente a cada uma das vigas principais deve ser prevista uma plataforma, constituída de chapas antiderrapantes, parapeitos e rodapés. Esta plataforma deve servir de suporte aos armários dos equipamentos elétricos.

Devem ser montadas em cada lado da ponte rolante e nos redutores de velocidade placas de identificação permanente, de projeto e dizeres em português e aprovados, indicando o nome e endereço do fabricante, número de série, data de fabricação e a capacidade nominal.

As rodas devem ser monobloco de aço forjado ou fundido, com qualidades mínimas iguais às exigidas nas normas ABNT-NBR-8401 ou similar (FEM), com tratamento térmico na banda de rodagem. Não devem ser usadas rodas em ferro fundido nodular.

As polias para cabo de aço devem ser fabricadas em aço fundido, qualidade ASTM A27 Grau 70-36 ou de construção soldada em aço laminado ASTM A36 ou equivalente ou de construção usinada em aço forjado ASTM A668 –B, ASTM A504-C ou equivalente. Não devem ser utilizadas polias de ferro fundido.

As características básicas da ponte rolante da casa de força são:

Quantidade	1
Tipo	Bi-viga
Capacidade Nominal (Principal).....	235 Ton (2350 kN)
Capacidade Nominal (Auxiliar).....	3 Ton (30 kN)
Grupo (Principal/Auxiliar)	1Am(FEM)
Classe de Funcionamento	V 0,5
Vão da Ponte Rolante.....	16,12 m
Acionamento.....	remoto
Curso do Gancho	47,0 m
Elevação dos Trilhos da Ponte Rolante	79,50 msnm
Elevação da Área de Montagem.....	70,40 msnm
Elevação do Piso Inferior da Casa de Força.....	56,60 msnm
Comprimento do Caminho de Rolamento	97,50 m

5.8.9 Pórtico Rolante da Tomada de Água e Descarregador de Fundo

A Tomada D'Água e o Descarregador de Fundo serão atendidos por (um) pórtico rolante. Este pórtico rolante também será equipado com um mecanismo completo capaz de fazer a limpeza das grades de proteção da tomada d'água.

O gancho do mecanismo de elevação principal do pórtico será utilizado para realizar as seguintes operações:

- Colocação e retirada dos painéis de grade da tomada d'água, com auxílio de uma viga pescadora;
- Colocação e retirada dos painéis da comporta ensecadeira da tomada d'água, com o auxílio de uma viga pescadora.
- Colocação e retirada dos painéis das comportas ensecadeiras do vertedouro, com auxílio de uma viga pescadora;
- Colocação e retirada das grelhas e tampas metálicas que fecham as ranhuras e os poços de armazenagem na tomada d'água e no vertedouro;

Para permitir o acoplamento das vigas pescadoras, que auxiliarão na colocação e retirada das comportas e grades, o gancho previsto para o mecanismo de elevação principal deverá ser do tipo duplo e furado. O gancho auxiliar poderá ser do tipo simples.

Para abrigar os mecanismos de elevação e de direção instalados sobre a sua estrutura, o carro-guincho deverá ser do tipo totalmente coberto, próprio para operação ao tempo.

Todos os movimentos serão realizados com comando elétrico, definidos a partir da cabine.

O mecanismo completo para limpeza das grades será adaptado à estrutura do pórtico rolante e os detritos serão recolhidos em uma vagoneta basculante.

O pórtico rolante deslocar-se-á sobre trilhos, permitindo sua movimentação em linha reta ao longo da Tomada D'Água e Descarregador de Fundo.

A alimentação elétrica do pórtico rolante será constituída de uma tomada de força do tipo embutida no concreto, situada aproximadamente no meio do caminho de rolamento, e um cabo elétrico flexível, enrolado em um tambor motorizado do tipo tensão constante, enrolando nos dois sentidos.

As características básicas do pórtico rolante são:

Quantidade	1 conjunto
Capacidade Nominal (Principal)	19 Ton (190 kN)
Capacidade Nominal (Auxiliar)	5 Ton (50 kN)
Grupo	1Am(FEM)
Classe de Funcionamento	V 0,5
Acionamento.....	cabine tripulada
Curso do Gancho	50,0 m
Elevação do Piso de Manobra	91,10 msnm
Curso do Pórtico.....	160,0 m

Vão do Pórtico 5,00 m

5.8.10 Pórtico Rolante do Tubo de Sucção

O Tubo de Sucção atendido por (um) pórtico rolante. O gancho do mecanismo de elevação principal do pórtico será utilizado para realizar as seguintes operações:

- Colocação e retirada dos painéis da comporta vagão do tubo de sucção, com o auxílio de uma viga pescadora.
- Colocação e retirada das grelhas e tampas metálicas que fecham as ranhuras e os poços de armazenagem no tubo de sucção;

Para permitir o acoplamento das vigas pescadoras, que auxiliarão na colocação e retirada das comportas e grades, o gancho previsto para o mecanismo de elevação principal deverá ser do tipo duplo e furado. O gancho auxiliar poderá ser do tipo simples.

Para abrigar os mecanismos de elevação e de direção instalados sobre a sua estrutura, o carro-guincho deverá ser do tipo totalmente coberto, próprio para operação ao tempo.

Todos os movimentos serão realizados com comando elétrico, definidos a partir da cabine.

O mecanismo completo para limpeza das grades será adaptado à estrutura do pórtico rolante e os detritos serão recolhidos em uma vagoneta basculante.

O pórtico rolante deslocar-se-á sobre trilhos, permitindo sua movimentação em linha reta ao longo da Tomada D'Água e Vertedouro.

A alimentação elétrica do pórtico rolante será constituída de uma tomada de força do tipo embutida no concreto, situada aproximadamente no meio do caminho de rolamento, e um cabo elétrico flexível, enrolado em um tambor motorizado do tipo tensão constante, enrolando nos dois sentidos.

As características básicas do pórtico rolante são:

Quantidade 1 conjunto
Capacidade Nominal (Principal) 50 Ton (500 kN)
Grupo 1Am(FEM)
Classe de Funcionamento V 0,5
Acionamento..... cabine tripulada
Curso do Gancho 50,0 m
Elevação do Piso de Manobra 91,10 msnm
Curso do Pórtico 160,0 m
Vão do Pórtico 3,00 m

5.8.11 Talha e Monovia de Jusante do Descarregador de Fundo

A talha e monovia destinam-se basicamente, aos serviços de montagem, manutenção, colocação e retirada dos painéis da comporta ensecadeira de jusante do Vertedouro bem como seu acionamento nas respectivas ranhuras de operação.

Para a realização desses serviços, a talha deve ser dotada de um mecanismo de elevação e de translação, resistentes às intempéries locais, comandada por botoeira pendente.

A talha terá movimento de translação sob a monovia, percorrendo em linha reta toda a extensão das ranhuras das comportas até o local de descarga dos equipamentos.

A alimentação elétrica deve ser feita através de um cabo flexível enrolado em um tambor motorizado, do tipo tensão constante. A tomada de força será instalada em um dos pilares de concreto de suporte da monovia e será alimentada pelo painel Centro de Comando de Motores.

A monovia será instalada no vertedouro em estrutura fixa de concreto, ou alternativa em estrutura fixa metálica.

A operação de movimentação dos painéis da comporta ensecadeira serão realizadas com auxílio viga pescadora. O semipórtico de estrutura fixa será dimensionado com altura suficiente para permitir a remoção dos painéis das comportas, para alcance de caminhão no piso de manobra.

As características básicas da talha e monovia do Descarregador de Fundo são:

Quantidade	1 conjunto
Capacidade Nominal da Talha.....	7 Ton (70kN)
Grupo	1Am(FEM)
Classe de Funcionamento	V 0,5
Acionamento.....	remoto
Curso do Gancho	15,00 m
Elevação do Piso de Manobra	70,40 msnm
Curso da Talha na Monovia.....	85,0 m

5.8.12 Sistemas Auxiliares Mecânicos

5.8.12.1 Sistema de Água de Resfriamento

O Sistema de Água de Resfriamento tem por finalidade a captação de água do circuito hidráulico, filtragem e distribuição para os locais/ equipamentos da Usina, tais como: os trocadores de calor dos geradores, trocadores de calor das unidades hidráulicas do sistema de regulação das turbinas, trocadores de calor do óleo dos mancais guias superiores dos geradores, trocadores de calor do óleo dos mancais de escora das turbinas, trocadores de calor do óleo dos mancais guia das turbinas e vedação de eixo das turbinas, trocador de calor dos compressores de ar e trocador de calor dos radiadores dos geradores, além de fornecer água para os sistemas de água de serviço, água de vedação e de água tratada.

A captação de água bruta é feita na semi-espiral de cada turbina, dotadas de grelha para retenção de detritos. Após a captação, a água é conduzida até a galeria mecânica e conectada aos filtros retrolaváveis instalados em paralelo. Os filtros descarregam a água em um coletor principal que distribui a água aos locais/equipamentos a serem atendidos pelo sistema de água de resfriamento. Durante o projeto executivo será avaliada a necessidade de incorporação de bombas de pressurização para o sistema de resfriamento.

Do mesmo coletor principal partem os ramais que atendem aos sistemas de água de serviço, de vedação da turbina e de água tratada.

Os filtros são do tipo cesta autolimpante por retrolavagem e sendo que demanda total da usina deverá ser suprida por apenas um dos filtros. A retrolavagem dos filtros será feita de tal forma que não seja interrompido o fluxo de água filtrada para os pontos necessários.

O sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G35-0001 Sistema de Água Industrial.

5.8.12.2 Sistema de água de serviço

O Sistema de Água de Serviço consiste em uma rede de tubulações que tem a finalidade de fornecer água filtrada, proveniente do sistema de água de resfriamento, para todas as tomadas de serviço instaladas nos pontos de utilização da Casa de Força, para irrigação de jardins, alimentação do sistema de água tratada. Além de suprir água para a manutenção do nível mínimo de água para o bom funcionamento dos poços separadores de água e óleo da Usina.

O sistema de água de serviço é iniciado a partir de uma tomada do sistema de água de serviço e está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G35-0002 Sistema de Água de Serviço.

5.8.12.3 Sistema de Água de Vedação

O Sistema será responsável pela captação, tratamento e alimentação de água para as vedações de eixo das turbinas hidráulicas.

A captação será junto ao fornecimento de água do Sistema Auxiliar de Água de Resfriamento e seguirá por uma tubulação metálica até os filtros hidrociclones com grau de filtragem conforme especificado pelo fabricante da turbina e posteriormente para as vedações dos eixos das turbinas hidráulicas.

5.8.12.4 Sistema de Água Tratada

O Sistema de Água Tratada tem a finalidade de receber, tratar e distribuir água para os sanitários, tanques, pias e lavatórios da Usina. Será composto basicamente por um ponto de abastecimento, duas caixas de água na Casa de Força e uma caixa de água na sala de reles da Subestação, rede de tubulação, conexões, aparelhos sanitários, válvulas e acessórios.

O sistema é suprido por um ramal que parte do sistema de Água de Serviço e conduz a água até a Estação Compacta de Tratamento de Água (ETA) e desta para os reservatórios de água tratada.

A água potável será conduzida pela pressão remanescente da ETA até os reservatórios principais. A partir daí a água será então conduzida por gravidade para os pontos de consumo na Casa de Força.

Os reservatórios localizados sobre o edifício administrativo, em posição elevada, são compostos por duas unidades independentes para permitir autonomia de fornecimento de água e parada para manutenção sem interrupção no abastecimento de água para os pontos de consumo. O nível de água dos reservatórios é controlado por meio de sensores de nível.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G37-0001 Sistema de Água Potável.

5.8.12.5 Sistema de Ar Comprimido de Serviço

O Sistema de Ar comprimido de Serviço tem a finalidade de produzir, armazenar e fornecer ar seco e filtrado sob pressão para o suprimento de válvulas de controle e ferramentas pneumáticas, sistema de frenagem dos geradores, operação de equipamentos, limpeza e desobstrução de tubulações.

O sistema é composto basicamente de uma central de ar comprimido e uma rede de distribuição de ar para a casa de força e área de montagem.

A central de ar comprimido é composta de dois compressores rotativos do tipo parafuso resfriados a ar, secador de ar por refrigeração e um reservatório cilíndrico vertical.

As unidades compressoras são do tipo "Pack" (confinadas em uma cabine acústica com painel de controle incorporado). Um dos compressores atua como principal e o outro como reserva, podendo ambos operar simultaneamente em caso de maior demanda de ar.

A rede de distribuição consiste de um tronco principal, ramais e sub-ramais que distribuem ar para os pontos de consumo e tomadas de serviço da Usina.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G40-0001 - Sistema de Ar Comprimido de serviço.

5.8.12.6 Sistema de Drenagem

O Sistema de Drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir até o poço de drenagem toda a água proveniente de percolação, água de vedação dos eixos das turbinas, descarga de equipamentos, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos, em todos os ambientes internos da Casa de Força. O sistema contará com dois poços de drenagem a saber: um localizado na galeria da tomada d'água, que será responsável pela coleta e recalque de toda a percolação das galerias de montante da Casa de Força e Vertedouro e outro no bloco lateral da Casa de Força.

A rede de drenagem da Casa de Força é composta basicamente por uma série de canaletas e tubulações que conduzem a água coletada até o poço de drenagem através de um coletor, duas bombas centrífugas submersíveis, tubulações de recalque que conduzem a água até o canal de fuga. Este poço será dotado de sensores de nível e quadro de controle das bombas e tubulações de interligação com o poço de esgotamento.

Nas galerias de montante, o sistema de drenagem é composto por uma série de canaletas e tubulações que conduzem a água coletada até o poço de drenagem na galeria da tomada d'água, onde duas bombas centrífugas submersíveis e tubulações de recalque conduzirão o volume captado até o nível de jusante da casa de força. Este poço também será dotado de sensores de nível e quadro de controle das bombas.

Para os locais onde há risco de contaminação da água com óleo lubrificante, a água é primeiramente conduzida para um separador água/óleo e então conduzida para o poço de drenagem. O óleo separado ficará armazenado em um compartimento cujo nível será monitorado por sensor que enviará o sinal ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC), indicando a necessidade de esvaziamento deste compartimento.

O controle de partida e parada das bombas e anúncio de alarmes será realizado por controladores e transmissores de nível, cuja função será o controle e a supervisão das bombas.

No caso de nível alto, o excesso de água será desviado automaticamente para o poço de esgotamento através da tubulação de interligação entre os poços (provida de válvula de retenção), cuja válvula superior fica normalmente aberta. Nas operações de esgotamento, essa válvula deverá ser fechada, por segurança.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G33-0001 Sistema de Drenagem da Casa de Força e 1530-IT-B-DE-G33-0002 Sistema de Drenagem das galerias da tomada d'água e vertedouro.

5.8.12.7 Sistema de Esgotamento e Enchimento

O Sistema de Esgotamento e Enchimento tem a finalidade de encher e esvaziar, total ou parcialmente, a caixa semi-espiral, o tubo de sucção e a tomada de adução das unidades geradoras.

O sistema é composto basicamente de uma rede de tubulação, salas de válvulas, um poço coletor de esgotamento, três bombas centrífugas de eixo horizontal, sensores e transmissores de nível e quadro de controle das bombas.

Uma rede de tubulações em cada unidade fará a interligação da extremidade inferior da caixa semi-espiral com o tubo de sucção, enquanto que a parte mais baixa do tubo de sucção será provida de uma tubulação para o esgotamento total da unidade. Na galeria do tubo de sucção de cada unidade haverá válvulas de bloqueio para realizar as operações de esgotamento parcial e enchimento. Para a operação de esgotamento total as válvulas estarão posicionadas no poço de bombas de esgotamento.

Haverá uma interligação do poço de drenagem com o poço de esgotamento, que permitirá a extravasão do poço de drenagem para o poço de esgotamento. Esta interligação será dotada de válvula de bloqueio, situadas no piso de instalação das bombas de drenagem e que deverão ser obrigatoriamente fechadas quando uma unidade estiver em operação de esgotamento. Além disso, contam com válvulas de retenção de forma a impedir o fluxo de água do poço de esgotamento para o poço de drenagem.

O poço possuirá uma tubulação de aeração, assim como o tubo de sucção, para quando o circuito estiver em estágio de enchimento.

O poço dos sensores de nível e as escotilhas de acesso ao poço de esgotamento são do tipo estanque. As bombas de esgotamento serão instaladas em um poço de bombas a seco.

Para esgotamento total do poço é previsto a colocação de uma bomba de limpeza do tipo submersível, comum ao poço drenagem.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G34-0001 Sistema de Esgotamento e Enchimento.

5.8.12.8 Sistema de Esgoto Sanitário

O Sistema de Esgoto Sanitário tem por finalidade coletar o esgoto bruto oriundo das instalações hidro sanitárias da casa de Força e conduzi-lo por bombeamento até uma estação de tratamento de esgoto (ETE), despejando na sequência o efluente tratado no canal de fuga.

O sistema será composto de uma rede de tubulações coletoras, uma estação de bombeamento e uma estação de tratamento de esgotos composta de caixa de gradeamento, tanque séptico, filtro anaeróbico e tanque clorador.

A água drenada da Sala de Baterias (piso, pias de lavagem e lava-olhos) será direcionada a uma caixa neutralizadora, de forma a reter e neutralizar possíveis contaminantes, tais como ácidos e metais pesados antes de sua descarga na estação de tratamento de esgoto.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G39-0001 Sistema de Esgoto Sanitário.

5.8.12.9 Sistemas de Proteção Contra Incêndio

Os sistemas de proteção contra incêndio têm a finalidade combater incêndios em equipamentos e ambientes da Casa de Força sujeitos à ocorrência de sinistro.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G36-0001 Sistema de Proteção Contra Incêndio.

A Usina disporá dos seguintes sistemas de proteção contra incêndio:

Hidrantes

O sistema de hidrantes tem por finalidade proteger a área de montagem e a área externa da Casa de Força. É constituído por uma rede de hidrantes estrategicamente localizados e interligados por meio de tubulação e um coletor principal para os sistemas de combate a incêndio.

O sistema é do tipo fixo pressurizado e entra em funcionamento abrindo-se manualmente qualquer hidrante.

A água será captada diretamente no reservatório e posteriormente filtrada pelos filtros de duplo cesto antes de alimentar os sistemas de hidrantes e de água nebulizada.

Água Nebulizada

O sistema fixo automático de água nebulizada tem por finalidade proteger os transformadores elevadores da Usina. É constituído por redes de bicos nebulizadores em cada transformador, interligados através de válvula dilúvio e coletor principal.

Cada transformador possui um sistema independente de detecção e combate a incêndio.

O combate a incêndio é feito por uma rede de projetores que circundam o transformador de forma a distribuir a água uniformemente pela sua superfície. Cada rede possui: válvula dilúvio com sinalização de posição, válvulas de bloqueio tipo esfera, alarme hidráulico, válvula de teste parcial e chave de pressão. A rede de detecção que acionará a válvula de dilúvio será por água pressurizada.

Abaixo de cada transformador haverá uma bacia de drenagem e contenção com pedra britada, para captação de água de incêndio e do óleo que for derramado. Estas bacias drenam seu volume para um separador de água-óleo dos transformadores.

Paredes corta-fogo situadas ao lado e atrás de cada transformador fazem o isolamento em caso de incêndio.

A pressurização dos sistemas de hidrantes e de água nebulizada é feita por meio de duas bombas "booster" (uma principal e outra reserva) cada uma delas alimentada por um circuito elétrico independente, assim como uma bomba pressurizadora (jockey) para manter a pressão constante no sistema.

Extintores

O sistema de extintores tem por finalidade a proteção interna da Casa de Força e Subestação e é constituído por extintores portáteis de CO₂ e de pó químico seco estrategicamente localizados nos ambientes protegidos em função da classe de risco.

5.8.12.10 Sistema de Coleta e Separação de Água e Óleo

O sistema tem a finalidade de drenar e tratar a mistura de água e óleo provenientes do sistema de drenagem da Casa de Força e o óleo isolante eventualmente derramado no caso de um sinistro do transformador elevador, de forma a não permitir a descarga de óleo no meio-ambiente.

Será dividido em dois subsistemas: Sistema separador para óleo isolante do transformador e sistema separador de óleo lubrificante para as drenagens da Casa de Força.

O primeiro será constituído basicamente por bacia coletora, em concreto, localizada sob o transformador, que conduzirá a mistura por gravidade para um separador acoplado à mesma para posterior bombeamento do óleo acumulado. A bacia coletora possuirá, em sua parte superior, uma grelha metálica suspensa para permitir a estocagem de pedra britada e, na sua parte inferior, um volume útil destinado a armazenar parte do óleo que venha a ser derramado, no caso de sinistro. A finalidade da camada de pedras britadas é abafar o fogo proveniente do óleo incandescente, quando este é forçado a infiltrar-se pelas mesmas.

Para o sistema da Casa de Força, as drenagens serão conduzidas através de tubulações até o tanque separador água e óleo localizado no ponto mais baixo da mesma; onde o óleo será separado e a água encaminhada por gravidade para o poço de drenagem. Após a separação, o óleo ficará armazenado em um tanque apropriado com uma chave de nível para sinalizar a necessidade de coleta deste óleo e uma abertura para utilização de bomba portátil.

Os Sistemas estão representados nos fluxogramas 1530-IT-B-DE-G38-0001 Sistema de Separação Água e Óleo e 1530-IT-B-DE-G33-0001 Sistema de Drenagem.

O tanque separador água/óleo possuirá os seguintes componentes:

Câmara de Entrada – Esta câmara é dotada de um desarenador removível e possui a função de reduzir a turbulência na entrada da mistura de água/óleo.

Câmara de Separação – Esta câmara tem a função de separar a mistura água/óleo através da sua diferença de densidade, ela é dimensionada de acordo com os critérios da norma API que levam em consideração fatores de turbulência e curto-circuito do sistema, além dos demais critérios de projeto.

Câmara Armazenadora de Óleo – Tanque onde fica armazenado o óleo separado para posterior coleta.

Câmara Niveladora e de Saída de Água – Nesta câmara sairá a água separada do óleo. Esta câmara conta com um vertedouro e uma válvula com bóia, que tem a finalidade de manter um selo de água dentro do tanque separador, para que a mistura de água/óleo não passe diretamente pela câmara separadora (na ausência do selo de água) e seja descarregada a jusante.

5.8.12.11 Sistema de Ar Condicionado

O sistema de ar condicionado terá o objetivo de assegurar condições adequadas aos ocupantes e equipamentos locados no interior da sala de comando e controle da Casa de Força, através do controle da temperatura, distribuição e renovação do ar. O sistema será composto por condicionador de ar tipo “split” com unidade evaporadora de teto e unidade condensadora de parede instalada na área externa adjacente. Por se tratar de uma unidade isolada, a renovação de ar se processará pela instalação de um renovador de ar controlado por relê temporizador para assegurar os níveis de renovação de ar requeridos pelo Ministério da Saúde.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G41-0001 Sistema de Ar Condicionado.

Não haverá nenhum tipo de supervisão sobre este sistema, além da disponível no aparelho de ar condicionado.

5.8.12.12 Sistema de Ventilação

O Sistema de Ventilação tem a finalidade de assegurar aos ambientes e locais atendidos da Casa de Força e Área de Montagem, através de renovação de ar, níveis de temperatura e de qualidade do ar adequados às condições requeridas por pessoas e equipamentos.

O Sistema de Ventilação é do tipo forçado.

A Casa de Força é levemente pressurizada, sendo o insuflamento do ar feito através de um “plenum” na parede de jusante estendendo-se pela galeria elétrica até e sendo então distribuído para os diversos ambientes através de dutos metálicos;

As saídas de ar para o exterior ocorrem através de aberturas ao longo da cobertura da Casa de Força.

Alguns ambientes específicos, como poço do gerador, poço da turbina e sala de baterias possuirão exaustão forçada.

A vazão de ar para cada ambiente será determinada considerando como critérios a carga térmica com um diferencial de temperatura admissível de 5°C. Para a renovação

mínima de ar ou a dissolução de poluentes, deverá ser adotado o valor mais conservador para cada caso.

O Sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G43-0001 Sistema de Ventilação.

5.8.12.13 Medições Hidráulicas

O sistema tem por finalidade executar as medições hidráulicas necessárias para a operação da usina e monitoração de seus níveis.

O sistema está representado no fluxograma 1530-IT-B-DE-G44-0001 Sistema de Medições Hidráulicas.

Este sistema será composto por transdutores de pressão tipo sonda piezométrica que serão instalados a montante da grade da tomada d'água, montante e jusante da comporta ensecadeira da tomada d'água, a montante e jusante das comportas vagão do tubo de sucção e no canal de fuga. Estes transdutores serão utilizados para medição das seguintes grandezas:

- Nível do reservatório;
- Nível do canal de fuga;
- Perda de carga nas grades da tomada d'água;
- Equilíbrio de pressão nas comportas da tomada d'água;
- Obtenção da queda bruta.

Para medição dos níveis do reservatório, do canal de fuga e queda bruta, serão utilizados sensores de pressão com transmissor do tipo piezométrico.

Cada um dos níveis será medido de forma independente, sendo que a medida do nível do reservatório será feita a montante da grade e o nível do canal de fuga a jusante da comporta do tubo de sucção.

Os sinais dos instrumentos serão convertidos para níveis d'água, em metros, relativos ao nível do mar, com indicação no quadro de comando local e na sala de controle.

A medição da perda de carga nas grades da tomada d'água, será realizada por meio de comparação do sinal do medidor de nível do reservatório e um medidor a jusante da comporta.

O Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) processará estes níveis e indicará a diferença no Painel de Supervisão e Controle da tomada d'água e na tela do Sistema Supervisório em centímetros de coluna d'água, correspondente à perda de carga na grade.

O controle do equilíbrio de pressões nas comportas da tomada d'água será realizado através das comparações dos sinais dos medidores de nível localizados a montante e jusante das respectivas comportas.

Adicionalmente, produzirá uma sinalização visual no Painel de Supervisão e Controle e alarmes para indicação/habilitação da abertura segura das comportas. Este sinal deverá ser utilizado para intertravamento da partida das turbinas.

Para o sistema de supervisão e controle, os dados obtidos pelos transdutores de pressão tipo piezométrico serão transmitidos para um painel de medição de perda de carga nas grades.

5.8.13 Subestação e Linhas Transmissão

A Subestação da Usina está prevista para ser implantada na margem esquerda do Rio. Será inteiramente construída sobre aterro compactado cuja cota da Plataforma foi estabelecida na El. 70,40 m.

A subestação de manobra que interligará a UHE Itaocara à SE de Ilha dos Pombos, será do tipo convencional, que elevará a tensão de 13,8kV para 138 kV, com esquema de arranjo barra principal e transferência, com disjuntor de transferência conforme diagrama unifilar apresentado no desenho 1530-IT-B-DE-G78-0002.

A subestação terá dois vãos de entrada, advindos dos transformadores da casa de força, que se conectarão à SE da usina. A Subestação terá dois circuitos de saída para as linhas de transmissão que interligará à SE de Ilha dos Pombos.

A LT será em 138 kV, a ser construída, em circuito duplo, por meio de duas linhas de transmissão, com aproximadamente 22 km de extensão até a SE Ilha dos Pombos.

As estruturas da linha de transmissão serão metálicas, treliçadas, autoportantes, adequadas para circuito simples e serão de uma série padronizada.

Entre a UHE Itaocara e a SE Ilha dos Pombos, cada fase será composta de um (01) cabo CAA, 795 kcmil, código DRAKE.

Como cabo pára-raios, está previsto a utilização de cabo OPGW, e que será próprio para transmissão de dados.

O traçado preliminar da LT pode ser observado no desenho 1530-IT-B-DE-G68-0001.

O arranjo e corte da SE Itaocara pode ser observado no desenho nº 1530-IT-B-DE-G61-0001 e 1530-IT-B-DE-G61-0001.

5.8.14 Geradores e Equipamentos Associados

Deverão ser fornecidos 2 (dois) geradores em corrente alternada, síncrono, trifásico, ligação em estrela, com neutro aterrado através de transformador de aterramento, eixo vertical, com arranjo de mancais para acoplamento direto à turbina hidráulica, tipo Kaplan, com carenagem fixada ao concreto, com sistema de resfriamento água/ ar em circuito com descarga de água a jusante da UHE e sistema de excitação do tipo "estático".

O projeto, a fabricação e o desempenho dos geradores e equipamentos associados atenderão aos requisitos do submódulo 3.6 do módulo 3, em sua última revisão, dos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

A linha de eixo do conjunto turbina/gerador será constituída de um mancal de escora e dois mancais de guia. O mancal de escora da turbina estará situado e apoiado sobre a tampa da turbina. O mancal guia do gerador estará situado acima do rotor do gerador apoiado na cruzeta superior e o mancal guia inferior da turbina estará situado o mais próximo possível do rotor da turbina.

O gerador e seus equipamentos associados deverão ser projetados para um ciclo diário de partida e parada. Os geradores e todos os seus componentes e acessórios deverão ser idênticos entre si e suas partes deverão ser intercambiáveis.

Cada gerador e equipamentos associados deverão ser constituídos basicamente de:

UHE ITAOCARA I

- Sistema de frenagem e levantamento do rotor;
- Equipamentos de aterramento do neutro do gerador;
- Equipamentos de proteção contra surtos e transformadores de potencial instalados em cubículo do tipo “Metal-Clad”.
- Transformadores de corrente para proteção, controle e supervisão;
- Sistema de excitação completo tipo estático com transformador de excitação;
- Instrumentos, sensores e dispositivos de supervisão dos equipamentos associados;
- Sistema de monitoramento contínuo de temperatura dos geradores com todas as interfaces necessárias a supervisão remota;
- Sistema de monitoramento de oscilação do eixo;
- O sistema de excitação deverá ser do tipo estático com os retificadores alimentados através de um transformador trifásico para a função de excitação, conectado diretamente aos terminais do gerador;
- Por questões de confiabilidade operativa, o conversor de potência deverá ser dotado de, pelo menos, três pontes em paralelo, das quais uma é reserva;
- Cubículos e painéis de interface e de comandos locais.

Segue abaixo as características principais de cada gerador:

- Quantidade..... 2
- Potência unitária nominal84,145 MVA
- Tensão nominal..... 13800 Vef
- Frequência nominal..... 60 Hz
- Fator de potência0,90 (indutivo)
- Faixa de variação de tensão - 10% / + 5%
- Tipo de ligação..... Estrela aterrada
- Rotação nominal 144 rpm
- Número de polos..... 50
- Distorção harmônica máxima 5%
- Rendimento nominal mínimo (FP nominal)..... 98%
- Sobrecarga de longa duração (1h) 1,1
- Sobrecarga momentânea (600 s) 1,5
- Classe de isolamento do estator / rotor F
- Temperatura ambiente máxima..... 40 °C
- Elevação de temperatura no enrolamento do estator (ponto mais quente)..... 93° C
- Elevação de temperatura no enrolamento do rotor (temperatura média)..... 100° C
- Elevação de temperatura no núcleo do estator e partes em contato (ponto mais quente)..... 68° C

- Elevação de temperatura nos anéis coletores 68° C
- Temperatura no metal do mancal guia 80° C
- Temperatura no óleo do mancal guia 65° C
- Forma construtiva..... Eixo vertical
- Grau de proteção da carcaça IP 21
- Nível máximo de ruído..... 85 dB(A)
- Enrolamento amortecedor Sim
- Efeito de inércia (GD2) $\geq 8240 \text{ tm}^2$
- Reatância síncrona de eixo direta não saturada..... $\leq 1,05 \text{ pu}$
- Tipo de acoplamento Direto
- Sentido de rotação Conf. Fabricante Turbina

As perdas nos geradores serão medidas pelo método calorimétrico, em conformidade com a Norma IEC60034-2 e deverão ser informadas pelo fabricante em sua documentação definitiva de fornecimento.

Capacidade de suportar curto-circuito e desequilíbrio permanente de corrente de acordo com os requisitos da IEC 60034-1.

Os geradores isolados em classe F deverão operar nas condições de potência, fator de potência e tensão nominais, utilizando como limite a elevação de temperatura referida para classe B, de acordo com os valores apresentados na norma IEC 60034-1.

Deverão ser computadas as frequências naturais relativas aos diversos estados de carga considerados, discriminando a flexional direta de 1ª ordem, a torcional e as correspondentes composições paramétricas.

A velocidade crítica da parte girante deverá se situar acima da velocidade máxima de rejeição de carga, com afastamento igual ou maior que 30% dessa velocidade e da velocidade de disparo da unidade.

Todas as peças e componentes do gerador deverão ser projetados e construídos para suportar com segurança as tensões e temperaturas resultantes da operação na velocidade de disparo durante um período de pelo menos 30 (trinta) minutos, sem necessidade de qualquer serviço subsequente de reparo.

A partida de uma unidade geradora não deverá exigir nenhuma fonte de energia auxiliar além da alimentação de 380 Vca para excitação inicial e 125Vcc para comando.

A unidade geradora deverá poder ser operada localmente, em emergência, através de controle local e em condições normais, operadas remotamente através do sistema de controle digital, instalado na Sala de Controle Central.

No final do período de garantia, antes do seu término, o fornecedor deverá executar medidas das dimensões registradas no controle durante a montagem na obra, para verificar as eventuais deformações ou deslocamentos ocorridos durante a operação. Além disso, irá verificar as superfícies deslizantes de segmentos dos mancais, conexões entre polos, cunhagem de enrolamento do estator e outras partes

consideradas críticas. Estas instruções deverão fazer parte do manual de manutenção do gerador.

Deverão ser fornecidos todos os materiais, componentes, acessórios, equipamentos e serviços que forem necessários para o perfeito funcionamento dos geradores e seus equipamentos associados.

Mancais

Os níveis de vibração dos mancais não deverão exceder os limites definidos pela ISO 7919.

Os mancais deverão operar continuamente sem danos ou avarias em velocidades compreendidas entre 30 e 110% (trinta e cento e dez por cento) da rotação nominal. Estes deverão também funcionar corretamente durante a velocidade de disparo e com velocidades compreendidas entre 0 e 30% da nominal durante 30 minutos.

O tipo de óleo lubrificante dos mancais deverá ser o mesmo para todo o fornecimento das unidades. Desta forma deverá haver coordenação com o fabricante da turbina, para que o mesmo óleo adotado para os geradores, também seja utilizado nos correspondentes mancais da turbina.

O óleo utilizado para lubrificação dos mancais deverá ser de fácil aquisição no Brasil.

Instrumentação do Gerador

Os dispositivos inerentes ao controle e supervisão das unidades geradoras deverão ser compatíveis com o sistema de automação digital da UHE e toda a instrumentação do gerador deverá ser projetada e fornecida com instrumentos, dispositivos de proteção, controle, alarme e rearmes, de forma a possibilitar a operação remota da unidade geradora através da sala de comando da UHE.

O Fornecedor poderá propor instrumentos adicionais, conforme seu padrão, desde que os mesmos preencham no mínimo as exigências destes Requisitos.

Sistema de Monitoramento de Oscilação de Eixo

Deverão ser fornecidos sensores montados na unidade geradora para o monitoramento de oscilações de eixo com toda cablagem necessária e equipamentos completos para o sistema de monitoramento de oscilações.

5.8.15 Barramento Blindado

Deverão ser fornecidos 3 (três) conjuntos completos de barramentos blindados, trifásicos, de fases isoladas com resfriamento natural, de 13,8 kV para cada unidade geradora, constituídos por:

- Barramentos blindados principais, destinado à conexão do gerador ao enrolamento de baixa tensão do respectivo transformador elevador;
- Barramentos blindado derivação para o Cubículo de Proteção Contra Surtos.
- Barramento blindado derivação para o transformador da excitação e serviços auxiliares.
- Placa de passagem (Chapa Passa Muro/Teto) vedação externa aos invólucros para travessias de paredes e pisos internos e externos.
- Terminais, conectores e juntas flexíveis e todos os dispositivos necessários para todas as conexões dos barramentos aos equipamentos de terceiros.
- Todo equipamento, instrumentos, amostras e mão de obra necessária para os ensaios de rotina na fábrica dos equipamentos;

O barramento blindado de fases isoladas deverá operar nas seguintes condições ambientais:

- Temperatura ambiente.....0°C a 40° C
- Altitudeaté 1000 m
- Umidade relativa do ar até 95 %

Barramento Blindado Principal

As características abaixo são definidas com base na norma ANSI/IEEE C37.23 - 2003:

- Corrente nominal em regime contínuo 5000 A.
- Tensão máxima de operação 15,5 kV
- Tensão suportável nominal a frequência industrial, a seco, 1 minuto 50 kV
- Tensão suportável nominal a f. industrial, ao orvalho, 10 segundo..... 50 kV
- Tensão suportável nominal de impulso atmosférico 110 kV
- Frequência 60 Hz
- Corrente nominal de curta duração(1s) simétrica(eficaz) a ser definido
- Corrente nominal de curta duração(0,17s) assimétrica(crista)... a ser definido
- Elevação de temperatura (temperatura ambiente máxima de 40° C)
- Invólucro 40° C
- Condutor 65° C
- Grau de proteção, conforme NBR IEC 60529..... IP-65
- • Resfriamento..... Ventilação Natural

Estes valores deverão ser confirmados na ocasião do projeto executivo.

Derivações Dos Barramentos Blindados Principais

Para os barramentos blindados destinados à conexão aos cubículos de proteção contra surtos, transformadores de excitação e de serviços auxiliares são impostos os requisitos abaixo, com base na ANSI/IEEE C37.23 - 2003:

- Corrente nominal em regime contínuo (valor eficaz) 1.200 A
- Corrente nominal de curta duração(1s) simétrica(eficaz)..... a ser definido
- Corrente nominal de curta duração(0,17s) assimétrica(crista)... a ser definido

Estes valores deverão ser confirmados na ocasião do projeto executivo.

As demais características são idênticas às indicadas para os barramentos blindados principal.

5.8.16 Sistema de Excitação

O sistema de excitação deve ser do tipo estático e o regulador de tensão deverá ser do tipo digital. Deverá ser apto a operar normalmente integrado, através de canais de comunicação digitais, aos níveis superiores do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da UHE.

O gerador deverá ser fornecido com um sistema de excitação completo, incluindo regulador de tensão automático digital e transformador de excitação. O sistema de excitação deverá ser do tipo estático microprocessado com regulador de tensão microprocessado, de ação contínua, com tempo de resposta inferior a 0,1 segundo.

O desempenho do Sistema de Excitação deverá atender aos requisitos descritos no item 7.3 do Submódulo 3.6 dos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em sua última revisão.

Poderá ser aceita a utilização de ponte retificadora unitária.

Deverá ser previsto sistema de inversão de polaridade localizado em ponto de fácil acesso a manutenção.

O transformador de excitação deverá ser do tipo seco e atender a classe térmica de isolamento "F". Deve ser prevista blindagem eletrostática entre os enrolamentos primário e secundário, com terminais acessíveis e adequados para cabos de cobre para conexão à malha de terra da Usina. A capacidade do transformador deverá ser adequada para sua finalidade e deverá considerar a presença das correntes harmônicas geradas.

Deverá ser fornecido notebook com todos os softwares do sistema de excitação. Os softwares deverão ser fornecidos com licenças para operação completa e edição de todos os parâmetros do regulador.

5.8.17 Regulador de Tensão

Será projetado e fornecido para operação individual de cada gerador, 1 (um) regulador automático de tensão digital.

O regulador automático de tensão é um dispositivo eletroeletrônico que controla o nível de tensão no terminal do gerador, e deve estar localizado no painel de excitação.

O sistema de regulação deverá ser adequado para ser interligado ao SDSC (Sistema Digital de Supervisão e Controle), o qual controlará a operação conjunta ou individual das unidades.

O regulador deverá possuir as seguintes funções padrões, além das demais funções necessárias para o funcionamento correto do regulador de tensão não citadas abaixo:

- Regulador de tensão, regulador de fator de potência e regulador de potência reativa com algoritmo PID;
- Regulador de corrente de excitação com algoritmo PI;

- Valores digitais de referência interno;
- Transferência entre todos os modos de operação sem surtos;
- Função soft-start;
- Limitador Voltz/Hertz;
- Detecção de subtensão;
- Limitador de corrente de excitação mínima;
- Limitador de corrente máxima de excitação em três níveis temporizados (dependente da temperatura)
- Limitador de corrente reativa em função da potência ativa (P/Q);
- Limitador da tensão do estator;
- Limitador de corrente do estator (dependente da temperatura);
- Distribuição de potência reativa Mestre/Escravo
- Detecção de subtensão para disparar uma corrente externa e suportar curtos-circuitos;
- Controle da tensão de saída em loop aberto, para fins de teste;
- Função teste de degrau integrada;
- Modo Stand-by para o sistema de canal redundante;
- Sinais de Alarmes e Trip.

5.8.18 Transformador Elevador

A UHE Itaipava I terá 2 (dois) transformadores elevadores, 1 (um) para cada gerador. Todos os transformadores elevarão a tensão de 13,8 kV para 138 kV. Os quais estarão localizados na casa de força.

Os transformadores deverão ser do tipo trifásico, com paredes corta fogo, com enrolamentos imersos em óleo mineral isolante, resfriados por meio de circulação de ar-óleo e refrigeração por meio de ventilação normal e forçada (ONAN/ONAF/ONAF), dotado de conservador de óleo e comutador de derivações sem carga e adequado para instalação externa.

Os transformadores serão deslocados sobre caminhos de rolamento, constituídos de trilhos, desde a área de descarga até o local de instalação. Serão fornecidos com rodas.

Os transformadores da UHE terão potência nominal, em serviço contínuo, será de 50,5 / 67,4 / 84,2 MVA (ONAN/ONAF1/ONAF2), operando em qualquer tensão na faixa do comutador sem carga de +/- 2x2,5%.

As buchas de tensão inferior serão instaladas em caixa lateral própria para conexão aos terminais do barramento blindado de fases isoladas.

As buchas de tensão superior, deverão ser condensivas e instaladas na parte superior do tanque do transformador, com isolamento externa em porcelana vitrificada, completas, incluindo conectores para ligação ao circuito externo da SE 138kV.

Na potência nominal, a impedância entre os enrolamentos de alta e baixa tensão não deverá ser superior a 12,5%.

Características Principais dos transformadores da UHE Itaipava:

- Enrolamento de Alta Tensão
 - Tensão nominal..... 138 kV
 - Ligação Estrela aterrada
 - Isolamento..... Uniforme
- Tensões suportáveis no terminal de linha à
 - Impulso atmosférico pleno 650 kV
 - Impulso atmosférico cortado 715 kV
 - À frequência industrial, 1 minuto 275 kV
- Tensões suportáveis no terminal de neutro
 - A impulso atmosférico pleno 110 kV
 - À frequência industrial 34 kV
- Enrolamento de Baixa Tensão
 - Tensão nominal..... 13,8 kV
 - Ligação Triângulo
 - Isolamento..... Uniforme
- Tensões suportáveis:
 - A impulso atmosférico pleno 110 kV
 - A impulso atmosférico cortado 121 kV
 - À frequência industrial, a seco, 1 minuto 34 kV
- Limites de elevação de temperatura, considerando temperatura ambiente de 40 °C:
 - Média dos enrolamentos medida pelo método de variação de resistência 65 °C
 - Ponto mais quente dos enrolamentos 80 °C
 - Óleo isolante, medida por termômetro no topo do tanque 65 °C
 - Partes metálicas em contato ou adjacentes à isolação 65 °C
- Os valores de elevação de temperatura média do enrolamento e do ponto mais quente não serão excedidos para as condições mais severas de frequência, tensão e carga e devem estar de acordo com a NBR 5356.
 - Eficiência mínima 99,5%
 - Nível de ruído audível 78 dB
 - Deslocamento angular Ynd1

O transformador de potência deverá ser fornecido completo, com todos os materiais, componentes, acessórios, equipamentos e serviços que forem necessários para o seu perfeito funcionamento, facilidades na manutenção como indicadores, dispositivos de içamento.

5.8.19 Transformador de Serviços Auxiliares

Estão previstos dois transformadores de serviços auxiliares para a UHE Itaocara, alimentados a partir de uma derivação do barramento blindado após os cubículos de proteção contra surtos de tensão, como pode ser observado no desenho 1530-IT-B-DE-G78-0001. Cada transformador deverá ter potência suficiente para alimentar todas as cargas dos sistemas auxiliares da UHE.

Ainda, os serviços auxiliares contarão com um transformador alimentado pela concessionária local.

Os transformadores alimentados pelas unidades geradoras, serão trifásicos, com isolamento a seco, moldados em resina epóxi, resfriamento natural (AN), grupo de ligações Dyn1 (ABNT), potência de 1500kVA e atenderão as recomendações da NBR-10295. Serão instalados no interior de cubículos metálicos e serão alimentados pelas unidades geradoras. Os mesmos serão instalados na galeria elétrica.

Os cubículos deverão ser projetados e dimensionados para garantir ao conjunto rigidez e capacidade de absorção de vibrações mecânicas a que estarão submetidos no transporte e no local de operação.

Os cubículos deverão ser providos de tampas frontal e traseira para proporcionar fácil acesso aos transformadores e deverão possuir grau de proteção IP-21.

O transformador que será alimentado pela concessionária local, será de instalação ao tempo, Dyn1, isolado a óleo, trifásico, potência de 1500kVA e refrigeração ONAN.

As características elétricas gerais dos transformadores são as seguintes:

- Tensão nominal do enrolamento primário..... 13,8 kV
- Tensão nominal de enrolamento secundário 380/220 V
- Isolamento..... Encapsulado em epóxi (seco), alimentados pelas UGs
- Isolamento..... Óleo (Rede Externa)
- Potência nominal..... 1500 kVA (**)
- Frequência nominal..... 60 Hz
- Comutador de taps s/ carga (secundário)..... $\pm 2 \times 2,5\%$
- Grupo de conexão Dyn1
- Tensão suportável a frequência industrial no primário (1 min.)..... 34 kV
- Tensão suportável a impulso atmosférico no primário (Pleno)..... 110 kV
- Tensão suportável a impulso atmosférico no primário (Cortado) 121 kV
- Tensão suportável a frequência industrial no secundário (1 min.) 4 kV
- Tensão suportável a frequência industrial no neutro (1 min.) 4 kV

** A potência do transformador deverá ser confirmada e/ou redefinida por memória de cálculo durante a elaboração do projeto executivo.

5.8.20 Sistemas Auxiliares Elétricos

Na UHE Itaocara será implantado sistema auxiliar elétrico em corrente alternada, conforme mostrado nos desenhos 1530-IT-B-DE-G70-0001 ao 1530-IT-B-DE-G70-0006, e em corrente contínua, como mostrados nos desenhos 1530-IT-B-DE-G75-0001 ao 1530-IT-B-DE-G75-0005.

5.8.21 Corrente Alternada

O suprimento às cargas elétricas em corrente alternada da central será realizado através de um sistema próprio, como fonte dois transformadores de serviços auxiliares, alimentados pelas unidades geradoras, e outra alimentação provida da concessionária local. Os quais energizarão os barramentos dos quadros +GA e +GB, responsável pela distribuição de corrente alternada para os quadros +1CM, +2CM, +3CM, +4CM e +5CM que alimentarão todas as cargas da UHE.

Como fonte de emergência terão um gerador acionado por motor diesel, que será utilizado para manter todas as cargas essenciais da central funcionando, por um período mínimo de 8 horas, em caso de falta de tensão no sistema de alimentação. O gerador diesel será resfriado por radiador, com excitação tipo "Brushless", isolamento classe térmica "H" com painel de automatização na partida e parada, e uma potência estimada de 750 kVA.

O Sistema Auxiliar em Corrente Alternada da UHE deverá ter as seguintes características básicas:

- Tensão nominal dos sistemas auxiliares (barramento)..... 380 V
- Tensão nominal das cargas (fase-fase / fase-terra)..... 380/220 V
- Frequência nominal..... 60 Hz

Nos terminais das cargas são admitidas seguintes variações de tensão:

- Tensão máxima em operação normal (permanente) 380 V + 7% (406,6 V)
- Tensão mínima em operação normal (permanente) 380 V – 7% (353,4 V)
- Tensão mínima durante partida de motor 380 V – 10% (342 V)

O sistema de serviços auxiliares elétricos em corrente alternada, deverá ser dotado de lógica de transferência automática de fontes, sendo prioridade as alimentações provenientes das unidades geradoras 1 e 2, alimentação proveniente da rede externa e alimentação pelo gerador diesel, nesta ordem.

5.8.22 Corrente Contínua

Os sistemas de proteção, de controle e as cargas elétricas de segurança da central serão supridos por um sistema em 125 Vcc, constituído de dois bancos de baterias de chumbo-ácido ventiladas, dois carregadores/retificadores redundantes com um quadro de distribuição de cargas +QDCC para a Casa de Força.

Para as cargas da subestação da UHE, existirão mais dois bancos de baterias de chumbo-ácido ventilada, dois carregadores/retificadores redundantes com um quadro de distribuição de cargas +QDCCSE. Este, também alimentará o quadro de iluminação de emergência da subestação.

Os carregadores/retificadores alimentarão os bancos de baterias de acumuladores do tipo chumbo-ácido ventilada, ciclo de carga 8 horas e 750Ah na casa de força e 350Ah, 8h na Subestação.

O banco de baterias terá capacidade para atender os picos de correntes dos serviços auxiliares em 125Vcc e no caso de falha ou falta de energia do carregador, atender ao ciclo de descarga do sistema em 125Vcc.

O retificador terá tensão de entrada 380 Vca, trifásico, tensão de saída 125Vcc para ambos, serão do tipo auto-ventilado, automaticamente regulado e fabricado apenas com componentes estáticos. O retificador irá manter em flutuação ou carregar a bateria, e ao mesmo tempo, fornece a corrente permanente dos serviços auxiliares, com tensão estabilizada e limitação de corrente.

Todos os componentes deste sistema serão dimensionados para atender a todas as cargas da central por meio dos quadros +1CU, +2CU e +3CU, além do quadro de iluminação de emergência +LE, todos alimentados pelo +QDCC.

O Sistema Auxiliar em Corrente Contínua da UHE deverá ter as seguintes características básicas:

- Tensões lado corrente-contínua – Funcionamento normal (carregador e baterias):
Tensão nominal..... 125 Vcc
Tensão máxima na carga (equalização)..... $125 \text{ Vcc} + 10\% = 137,50 \text{ Vcc}$
Tensão máxima na carga (flutuação) $125 \text{ Vcc} + 5\% = 131,25 \text{ Vcc}$
Tensão mínima nos terminais (carregador/baterias).... $125 \text{ Vcc} - 10\% = 112,50 \text{ Vcc}$
Tensão mínima na carga..... $125 \text{ Vcc} - 15\% = 106,25 \text{ Vcc}$
- Tensões lado corrente-contínua - Final do ciclo de descarga das baterias (operação somente com baterias):
Tensão mínima nos terminais das baterias $125 \text{ Vcc} - 15\% = 106,25 \text{ Vcc}$
Tensão mínima nos terminais da carga..... $125 \text{ Vcc} - 20\% = 100,00 \text{ Vcc}$

É admitida uma queda de tensão máxima de 5% da tensão nominal (6,25 Vcc) nos circuitos de interligação entre o carregador/baterias e as cargas consumidoras. Os cabos de interligação entre o carregador/baterias e as cargas serão dimensionados para respeitar este limite de queda de tensão.

5.8.23 Sistemas de Aterramento, Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Iluminação, Tomadas e Vias de Cabos

O sistema de aterramento será compreendido pela malha de aterramento da Casa de Força e pela malha de terra da Subestação na UHE.

O aterramento visa estabelecer condições adequadas à correta operação dos equipamentos eletromecânicos bem como segurança ao pessoal.

As malhas de terra deverão cobrir todas as áreas energizadas da central, onde houver equipamentos eletromecânicos em operação. Estas malhas devem ser interligadas às grandes massas metálicas localizadas em suas adjacências, ou seja, às carcaças dos equipamentos.

As referidas malhas serão compostas por condutores de cobre nu, classe 2A e hastes de cobre-aço com bitola mínima de 5/8" e comprimento mínimo de 2,4 m, com caixas de medição.

Deverão ser instalados cabos de aterramento ao longo das canaletas, eletrocalhas e vias de cabos em geral. Estes cabos deverão ser interligados as malhas de terra embutidas no mínimo a cada 15,00 m.

Para o projeto da proteção contra descargas atmosféricas será utilizado o método eletrogeométrico. Quanto a número de captosres, cabos de descida e demais considerações serão seguidas as recomendações das normas referenciadas.

Serão utilizados condutores de cobre nu como captosres e condutores de descida. Sempre que possível serão evitados os percursos próximos a janelas, ou locais que permitam o toque.

A conexão dos cabos de descida com o sistema de aterramento será por meio de solda exotérmica.

Os pontos de conexão dos condutores de descida com a malha de aterramento serão sempre diferentes dos pontos de aterramento de carcaças, neutros, cabos de aterramento e outros.

A UHE Itaipava terá um sistema de iluminação e tomadas de uso geral, alimentados em 380/220 Vca em 60 Hz.

Em locais amplos, de grande área deverão ser instaladas luminárias com lâmpadas vapor metálico. As demais áreas internas da Casa de Força deverão ter instaladas luminárias com lâmpadas fluorescentes. Nas áreas externas, tanto na Casa de Força quanto na Tomada de Água serão utilizadas luminárias com lâmpadas vapor de sódio ou vapor metálico.

A usina será atendida também por um sistema de iluminação de emergência alimentado por corrente contínua. O painel de iluminação de emergência deverá possuir um inversor, que irá receber corrente alternada. Na falta de tensão suprimento de energia, o inversor deve converter a corrente contínua advinda dos bancos de baterias em corrente alternada, e alimentar as cargas desse painel.

As disposições das luminárias de emergência deverão estar distribuídas de acordo com as normas do corpo de bombeiros, ou seja, em escadas, corredores ou outros locais que possam oferecer risco ao trânsito de pessoas e que facilitem a manutenção em determinados locais.

O sistema de vias de cabos a ser implantada na Casa de Força deverá atender as seguintes finalidades:

- a) Proteção mecânica dos cabos instalados em seu interior.
- b) Proteção contra interferências eletromagnéticas nos cabos elétricos sensíveis (sinais digitais, analógicos, etc), com a utilização de eletrocalhas fechada e/ou canaletas segregadas.

- c) Facilidades de instalação e futuras manutenções com a utilização preferencialmente de leitos de cabos, pisos elevados com eletrocalhas, eletrodutos de aço tipo pesado aparentes, canaletas de cabos.

5.8.24 Sistema de Supervisão e Controle

O Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC é responsável pela integração dos diversos equipamentos, assegurando um nível de operacionalidade conjunta e harmônica, realizando as funções de monitoração, comando, controle e proteção. Aplicando comandos entre a UHE Itaipava e a Subestação coletora Ilha dos Pombos.

A filosofia de controle a ser adotada levará em conta a operação remota da usina (desassistida de operador), com a presença de um mantenedor na usina, trabalhando no horário administrativo. A operação remota, supervisionada 24 horas por dia, poderá ser executada por outra usina de grande porte próxima, Subestação da rede de conexão assistida por operadores ou outro ponto a definir.

A arquitetura básica deste sistema está representada no desenho nº 1530-IT-B-DE-G79-0001 e será composta por todos os elementos de hardware e software necessários à realização das funções especificadas e está concebida como segue:

- Nível 1: nível de controle local, realizado nos painéis.

Junto ao processo fica o nível identificado como nível 1 do SDSC.

Em cada unidade geradora o sistema de controle é constituído pelos Reguladores de Tensão e de Velocidade e pela Unidade de Aquisição de Dados e Controle (UAC), presentes nos painéis de Supervisão e Controle.

As UACs deverão ser sincronizadas via relógio GPS, através de comunicação serial ou via protocolo NTP (Network Time Protocol), de modo a incluir estampa de tempo nos pontos do SDSC (as UACs devem suportar protocolo do setor de energia capaz de transportar estampa de tempo). As UACs devem possuir interface Ethernet (não apenas para configuração) e interface serial RS-232/485. Deve ser prevista reserva técnica instalada de 20% dos pontos físicos do SDSC (entradas digitais, saídas digitais e entradas analógicas).

Os serviços auxiliares gerais formam unidades autônomas e independentes e serão supervisionados / comandados pela UAC de um painel de comando, pelo CCM e demais painéis de Serviços Auxiliares.

Nas unidades geradoras, os Reguladores e a UAC serão os responsáveis pela partida, parada e operação da unidade geradora.

A sincronização será executada pelos reguladores, SDSC e sincronizadores instalados no Painel de Proteção, Supervisão e Controle da unidade.

Está previsto um sistema de sincronização (sincronizador automático e verificador de sincronismo) para cada Unidade geradora que será executada com a tensão do gerador, tensão no cubículo de MT e tensão no barramento da Subestação.

Os equipamentos do nível 1 formam subsistemas funcionalmente autônomos e independentes entre si e do nível superior, no que se refere à execução das funções básicas de controle necessárias à operação correta e segura dos equipamentos associados.

A comunicação entre os reguladores e o SDSC será efetuada através de sinais individualizados, analógicos e binários (contatos secos) e, adicionalmente através de canais de comunicação seriais, utilizando protocolos de comunicação padronizados.

Nível 1: SDSC deverá ser alimentado através das fontes de 125 Vcc.

Nível 2: controle da usina, realizado no Centro de Operação Local da Usina (COL)

O nível identificado como nível 2, corresponde às funções centralizadas de supervisão e controle da usina.

Este nível caracterizado pela Estação de Operação, responsável pelo controle de toda usina e pelo gerenciamento da Base de Dados do SDSC. Esta Estação será instalada na sala de controle da usina.

Está previsto também um computador do tipo “notebook” para acesso direto as UAC’s do nível 1. O notebook deve possuir todo o hardware e software para operação, manutenção e configuração do SDSC (nível 3, nível 2, nível 1 e equipamentos de rede).

O nível 2 deverá ser alimentado em CA através de um sistema de alimentação ininterrupta (SAI), composto de inversor como fonte principal (energia proveniente do Sistema CC) e CA com transformador estabilizador como fonte alternativa (falha CC ou falha inversor). Deverá ser totalmente automático, com energia livre de transientes e perturbações.

Nível 3: nível do Centro Operação Remoto (COR). Esse nível estará fisicamente fora da usina e com autonomia de comandar e supervisionar a usina remotamente

A seleção do nível de controle pelo Centro de Operação Remoto ou pelo Centro de Operação Local será realizada diretamente nas estações de operação localizada nas respectivas salas de controle. O nível de controle local poderá ser selecionado apenas no painel da respectiva UAC e, uma vez selecionado, nenhuma operação de um nível superior sobre o referido painel poderá ser aceita.

As estações de Operação localizadas no COR e no COL possuirão as mesmas funcionalidades e características de desempenho. Dentre as funcionalidades, será considerado que a usina poderá ser totalmente controlada a partir das referidas estações de operação (local ou remoto), sendo desnecessária qualquer intervenção local nos painéis ou equipamentos.

- Rede de Comunicação

As Estações de Operação do nível 2 se interconectará através de uma rede digital de comunicação de alta velocidade. Estão previstos Concentradores (Switches) ao qual estarão conectadas as UAC’s, as Estações de Operação e a Impressora.

Os meios de comunicação entre as Estações de Operação e os equipamentos do nível 1 serão com cabos ethernet, I/O discretos e Modbus.

A rede utilizará o padrão IEEE 802.3, protocolo TCP-IP com velocidade de 10/100MBs.

O processador de comunicação (PRC) deverá comunicar-se com as UACs e com possíveis centros externos através de protocolos consolidados no sistema de energia, como DNP3.0, IEC60870-5-104 ou IEC61850, todos sobre TCP/IP. Caso seja necessário outro protocolo para atendimento dos procedimentos do agente de

transmissão e/ou distribuição local, o mesmo deverá ser disponibilizado. O PRC deve coletar os dados diretamente das UACs, sem interferência com o nível 2 (uma falha do sistema local não pode inviabilizar a operação remota). O PRC deve ser semelhante com o nível 1 do empreendimento, em quesitos de hardware, confiabilidade e MTBF (não pode ser fornecido um equipamento tipo microcomputador para esta função).

O nível 2 terá meios de comunicação com sistemas computacionais externos.

O SDSC realizará no mínimo as seguintes funções de aplicação:

- Gerenciamento e controle da Barragem e reservatório;
- Partida Automática passo a passo da Unidade Geradora;
- Controle Conjunto/Individual de Potência Ativa;
- Controle Conjunto/Individual de Potência Reativa;
- Parada Automática passo a passo da Unidade Geradora;
- Controle do Conjunto de Manobras de interligação com o Sistema;
- Controle Conjunto do Vertedouro para as descargas de fundo do Vertedouro;
- Cálculo Estatístico sobre Equipamento do Processo;
- Geração de Relatórios;
- Supervisão e Comando dos Sistemas Auxiliares das Unidades;
- Supervisão da Proteção;
- Proteção Mecânica;
- Geração de Alarmes;
- Registro de Dados Históricos;
- Geração de Relatórios de Alarmes.

O comando de “parada de emergência” é independente do automatismo e do modo primário de comando, atuando diretamente na bobina de abertura do disjuntor do gerador, na eletro-válvula de fechamento das palhetas do distribuidor e na eletro-válvula de fechamento da comporta vagão, por unidade.

Preveem-se as seguintes telas geradas no sistema de supervisão:

- Diagrama esquemático do fluxo hidráulico por unidade geradora;
- Diagrama do fluxograma dos sistemas auxiliares mecânicos por unidade geradora;
- Diagrama unifilar do circuito elétrico da planta;
- Diagrama unifilar do serviço auxiliar em corrente contínua e alternada;
- Supervisão da instrumentação da turbina, do gerador, dos níveis de montante e jusante, das bombas de drenagem, de esgotamento e de água de serviço;
- Supervisão dos equipamentos do sistema digital, (CLPs, remotas e LAN e segurança eletrônica);
- Função de alarme visual e sonoro;

- Elaboração, apresentação e arquivo de relatórios gerenciais (níveis de montante e jusante, energia elétrica gerada, interrupções programadas e forçadas, entre outras).

O mobiliário da sala de comando deve possuir no mínimo:

- Um rack para acondicionamento de todos os equipamentos do nível 2 do SDSC (estações de operação, switch, GPS, entre outros);
- Mesas em número suficiente para acondicionar os equipamentos do SDSC (monitores, impressora, entre outros, além de um computador administrativo; com pelo menos 2 poltronas (com atestado que atendam às exigências da NR-17) e dois armários.

Devem ser fornecidos todos os softwares para operação, manutenção e configuração de todo o SDSC (sistema operacional, base de dados, programas de suporte e desenvolvimento, programa de diagnósticos).

O sistema computacional deverá ser projetado em hardware e software forma a suportar as funções de comandos, sequência de partida e parada, intertravamentos, aquisição de dados, gerenciamento do banco de dados, coleta e armazenamento de dados histórico, confecções de relatórios, manutenção, desenvolvimento e testes, e gráficos.

Deverão ser obrigatoriamente atendidas os procedimentos do agente de transmissão e/ou distribuição local.

A avaliação da disponibilidade funcional global do SDSC deverá ser feita num período móvel de 90 dias (ou seja: 2160 horas). O índice a ser atingido neste período será de 99,95%.

Deverão ser previstos cursos de operação, manutenção e configuração do SDSC.

Caso sejam necessários hardwares para comunicação externa (roteadores, switches, modem, etc), os mesmos deverão ser fornecidos.

O SDSC deverá utilizar tecnologia digital e os equipamentos fornecidos deverão ter comprovada utilização com sucesso em usinas similares, tanto em porte quanto em complexidade. A empresa integradora deverá ter comprovada experiência e capacidade técnica na implantação de sistemas de supervisão e controle em empreendimentos similares no setor elétrico nacional.

5.8.25 Subsistema de Proteção

O subsistema de proteção destina-se a realizar a função de proteção dos diferentes componentes da instalação: geradores, barras, transformadores elevadores, Subestação e linhas.

As proteções são implementadas em um ou mais equipamentos com emprego de tecnologia de processamento digital numérico.

Preveem-se no mínimo as seguintes funções, segundo o padrão ANSI para a UHE Itaipava:

Unidades Geradoras		
Proteção principal complementar:	e	59,21,27,32,81,40,60,51V,24,78,59N,50/27,50/51N,50/51,87G,50BF,49,46,64S1,64S2,64R
Medições:		U, Hz, I, P, Q,S, FP, Energia, Demanda, Medição de faturamento
Sincronismo		25
Linha Curta – CF/SE		
Proteção principal complementar	e	27,87L,59,68,67/67N,21,50/51,50/51N
Medições:		U, Hz, I, P, Q,S, FP, Energia, Demanda
Transformador dos Serviços Auxiliares		
Proteção		50/51N,50/51,87N,87TSA
Linha de Transmissão – UHE Itaocara / SE Ilha dos Pombos		
Proteção principal complementar:	e	87L,27,59,68,67/67N,21,50/51N,50/51,79
Medições:		U, Hz, I, P, Q,S, FP, Energia, Demanda
Barra		
Proteção principal complementar	e	50BF,87B,50/51
Medições:		U, Hz, I, P, Q,S, FP, Energia, Demanda
Transformador Elevador		
Proteção principal complementar	e	24,27,81,50BF,50/51,49,87GT,50/51N,87N

A fim de reduzir os danos causados pela sobrevelocidade decorrente da rejeição de carga e de parada não necessária das unidades, os circuitos de desligamentos serão divididos em linhas de proteção, a saber:

- 1ª Linha CRCB – Desligamento com Rejeição de Carga. Os sinais enviados para este circuito operam sem qualquer restrição nos relés de desligamento e de bloqueio, e desta forma abrindo o disjuntor da unidade, a chave de campo, fechando e travando o distribuidor e parando a máquina. A atuação nesta linha será basicamente: proteção elétrica e falha grave no distribuidor da turbina.
- 2ª Linha SRSB – Desligamento sem Rejeição de Carga e sem Bloqueio. Os sinais enviados a este circuito primeiro reduzem a carga pelo fechamento do distribuidor. Assim que o distribuidor estiver fechado ou depois de transcorrido o tempo ajustado para abrir o disjuntor, os relés de desligamento e de bloqueio são ativados, abrindo o disjuntor e a chave de campo, travando o distribuidor e parando a máquina. Após a normalização da proteção mecânica que ativou essa parada o relé de bloqueio é automaticamente resetado, permitindo a partida da máquina. A atuação nessa linha será basicamente: proteção mecânica – temperatura de mancais e transformadores.

- 3ª Linha SRCB – Desligamento sem Rejeição de Carga e com Bloqueio. Os sinais enviados a este circuito primeiro reduzem a carga pelo fechamento do distribuidor. Assim que o distribuidor estiver fechado ou depois de transcorrido o tempo ajustado para abrir o disjuntor, os relés de desligamento e de bloqueio são ativados, abrindo o disjuntor e a chave de campo, travando o distribuidor e parando a unidade. A atuação nesta linha será basicamente: proteção mecânica – fluxos e níveis de óleo e freios aplicados indevidamente.
- 4ª Linha PP – Parada Parcial. Este tipo de parada simplesmente abre o disjuntor, mantendo a máquina girando em vazio com tensão. A atuação nesta linha será basicamente: proteção elétrica, funções 46, 32 e 81.

5.8.26 Sistema de Telecomunicação

O Sistema de Telecomunicações da UHE Itaocara por objetivo prover toda comunicação interna e externa à usina, como com a Subestação conectora, com equipamentos e meios que permitam a comunicação de voz e dados e está prevendo os seguintes itens:

- Sistema de telefonia e comunicações internas;
- Sistema de transmissão digital (Switch gerenciável, interfaces ópticas e sistemas a satélite se aplicável);
- Rede interna de voz e dados.

O sistema de Telecomunicação será composto basicamente de multiplexadores, PABX, switches e sistema de alimentação. Deverá ser fornecido um painel autoportante para acondicionamento dos equipamentos do sistema (patch panels, DIOS, switch, roteadores, multiplexadores, PABX, entre outros).

Os swithes devem ser gerenciáveis e possuir funções de Layer 3 (roteamento) e portas ópticas para comunicação externa. Deverá possuir pelo menos 24 portas.

O sistema de telefonia deverá suportar até 20 ramais, ramais digitais e ramais IPs (devem ser fornecidas licenças para estas aplicações), e capacidade de interligação com os sistemas externos de interesse.

Os equipamentos fornecidos deverão ter comprovada utilização com sucesso em usinas similares, tanto em porte quanto em complexidade. A empresa integradora deverá ter comprovada experiência e capacidade técnica na implantação de sistemas de supervisão e controle em empreendimentos similares no setor elétrico nacional, devendo ainda os funcionários envolvidos serem qualificados para realização dos trabalhos de suas competências.

O projeto, as especificações técnicas e a proposta do fornecedor deverão ser apresentados para apreciação pelo Agente de Transmissão, de forma a verificar a adequação e compatibilidade ao seu Sistema de Telecomunicação. A instalação dos cabos ópticos nas Subestações de conexão e a fixação de equipamentos nas salas de telecomunicação das Subestações de conexão dependem de consulta e aprovação do Agente de Transmissão.

Deverá ser fornecido um notebook, com todo o hardware e software para operação, manutenção e configuração do Sistema de Telecomunicação e Sistema de CFTV.

Todo cabeamento utilizado no empreendimento deverá ser certificado.

O sistema de alimentação será composto de dois conversores 125Vcc/48Vcc, com alimentação proveniente do sistema CC da usina.

Deverá ser previsto treinamento para operação, configuração e manutenção do Sistema de Telecomunicação.

O diagrama em blocos do sistema de telecomunicações pode ser observado no desenho de nº 1530-IT-B-DE-G82-0001.

5.8.27 Sistema de Circuito Fechado de TV (CFTV)

Está sendo previsto um CFTV, que ficará a cargo do empreendedor sua instalação.

Este sistema tem por objetivo prover os recursos necessários à segurança operacional, patrimonial e de acesso ao complexo da usina, incluindo funções de detecção de intrusão, presença e movimentação de pessoas em locais pré-determinados, alarme, sinalização e controle de acesso com captura de alarmes e imagens em tempo real, para áreas da Barragem, Tomada de Água, Casa de Força e acessos.

O sistema de CFTV deverá ser totalmente baseado em tecnologia digital sobre rede TCP/IP.

As câmeras serão com protocolo TCP/IP nativo, Megapixel (não serão utilizadas câmeras analógicas ou híbridas). Deverão ser previstas câmeras PTZ e fixas, de acordo com a necessidade da usina.

O meio físico de comunicação será fibra óptica ou cabo STP (de acordo com a distância).

Deverão ser previstas uma estação de operação, uma mesa e uma poltrona (igual à do SDSC) para o operador de segurança.

A estação de segurança deverá possuir 2 monitores, console/joystick dedicado para movimentação das câmeras, software instalado com API aberto, permitindo a inclusão de câmeras de diferentes modelos.

Deverá ser fornecido um switch gerenciável para concentração das câmeras, estação de trabalho e conexões externas.

Deverá ser previsto um sistema de sonorização, para que o operador possa advertir e emitir alertas sonoros em áreas externas da usina (Barragem, pátio, Tomada de Água, Subestação, entre outras localidades necessárias para segurança do empreendimento e de pessoas). Deve ser previsto um setorizador na mesa do segurança.

Deverá ser previsto controle de acesso remoto no portão do empreendimento.

6. PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS

As ações socioambientais de mitigação dos impactos gerados pela implantação da UHE Itaocara I constituem importantes mecanismos e medidas de controle dos efeitos diretamente associados ao Empreendimento. Estas ações deverão ser adotadas dentro de conjuntos programáticos estruturados e planejados, ou seja, por meio da elaboração de Projetos Ambientais e implementação de Programas Ambientais e Condicionantes Ambientais, descritas respectivamente no Plano Básico Ambiental - PBA e Licença de Instalação nº de 954/2013.

As ações propostas devem ser implantadas ao longo das etapas de planejamento, engenharia, construção e operação da Usina visando tanto à recuperação quanto à conservação do meio ambiente, bem como o maior aproveitamento das novas condições a serem criadas pelo meio ambiente.

Além disso, em função da sensibilidade da questão socioambiental na região de instalação da UHE Itaocara I, verifica-se a necessidade de implantação dos Programas Ambientais de maneira integrada e participativa, considerando o cenário local e regional para o desenvolvimento sustentável e conservação ambiental.

6.1 HISTÓRICO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL PROGRAMAS SOCIOAMBIENTAIS

Visando atender ao “Termo de Referência” do IBAMA, o Empreendedor concluiu e protocolou no mesmo órgão ambiental em fevereiro/2.010, o “Estudo de Impacto Ambiental/EIA” e o “Relatório de Impacto Ambiental/RIMA”.

Em julho/2.011, dando continuidade no processo de licenciamento, foram realizadas as Audiências Públicas nos municípios de Estrela Dalva/MG, Aperibé/RJ, Cantagalo/RJ e Itaocara/RJ.

Em 28/12/2.011 o IBAMA expediu a Licença Ambiental Prévia/LP nº 428/2011 para a UHE Itaocara I, comprovando a viabilidade ambiental do Empreendimento.

Em seguida elaborou-se o Plano Básico Ambiental/PBA que teve sua primeira versão protocolada no IBAMA em 29/06/12.

Em 11/01/13, após adequações solicitadas pelo IBAMA, a Revisão 01 do PBA foi protocolada e, após sua análise, o órgão ambiental emitiu em 29/06/13 a Licença de Instalação Ambiental/LI nº 954/2.013.

Atualmente o documento PBA encontra-se em fase de consolidação para atender as Condicionantes da LI nº 954/2.013 e do Parecer nº 5.106/2.013, sendo composto por 43(quarenta e três) Programas e Subprogramas divididos em 04(quatro) Grupos Principais:

6.1.1 Programa de Monitoramento e Controle Ambiental

- Programa de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos
- Programa de Monitoramento Sismológico
- Programa de Monitoramento dos Fluxos Subterrâneos
- Programa de Monitoramento Climato-Metereológico
- Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico
- Programa de Monitoramento Topobatimétrico do Reservatório
- Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade da Água
- Programa de Monitoramento e Aproveitamento de Macrófitas Aquáticas
- Programa de Reflorestamento
- Programa de Monitoramento de Fauna
- Programa de Monitoramento do Cágado de Hogeí
- Programa de Monitoramento do Jacaré de Papo Amarelo
- Programa de Monitoramento de Lontras
- Programa de Monitoramento da Ictiofauna
- Programa de Avaliação da Instalação do Sistema de Transposição de Peixes/STP

- Programa de Monitoramento da Carcinofauna
- Programa de Prospecção Exocárstica e Endocárstica

6.1.2 Programas Sociais e Institucionais

- Programa de Comunicação Social
- Programa de Educação Ambiental
- Programa de Acompanhamento da População Atingida (PAS)
- Programa de Estímulo à Participação da População
- Programa de Monitoramento e Controle de Endemias
- Programa de Gestão de Interferências com Atividades Minerárias
- Programa de Resgate e Valorização de Aspectos Culturais
- Programa de Prospecção, Resgate e Monitoramento do Patrimônio Arqueológico
- Programa de Realocação de Estruturas e Saneamento
- Programa de Realocação de Cemitério
- Programa de Gestão Institucional
- Programa de Compensação Ambiental

6.1.3 Plano Integrado de Sustentabilidade

- Programa de Gestão Fundiária
- Plano de Uso do Entorno do Reservatório - PACUERA
- Programa de Reativação das Atividades Econômicas e Geração de Renda
- Programa de Readequação da Atividade Pesqueira

6.1.4 Programas de Gestão Ambiental da Obra

- Programa de Gestão Ambiental - PGA
- Plano Ambiental para Construção – PAC
 - Subprograma de Supressão da Vegetação e Limpeza do Reservatório
 - Subprograma de Formação de Mão de Obra
 - Subprograma de Educação Ambiental dos Trabalhadores
 - Subprograma de Prevenção de Acidentes com Fauna
 - Subprograma de Resgate e Salvamento de Germoplasma
- Programa de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD
- Programa de Resgate de Fauna Terrestre
- Programa de Resgate de Ictiofauna e Carcinofauna

7. INFRA-ESTRUTURA E SUPRIMENTO PARA A OBRA

O planejamento dos canteiros de obras e acampamentos deverá ser desenvolvido de forma a atender as necessidades dos serviços e garantir o fiel cumprimento dos prazos estabelecidos no cronograma de execução das obras.

A partir das localizações das obras, do tipo de obra e do planejamento executivo, ficarão estabelecidos os tipos, as quantidades, as capacidades e as funções dos canteiros de obra.

Considera-se a adoção dos canteiros de obras para atender a região do barramento e da Casa de Força. Como suporte aos canteiros de obra, quer provisório ou definitivo, entende-se válida para o bom gerenciamento das obras a existência de um Escritório Administrativo Central.

As premissas mínimas para escolha da localização do canteiro será aquela determinada pelas condições de acesso (estradas), facilidades de acesso ao provedor de Internet e a existência de rede de telefonia instalada.

Para o início das obras, foram consideradas as implantações de canteiros provisórios, para subsidiarem a montagem do canteiro definitivo e fornecer suporte técnico-administrativo aos serviços iniciais de implantação e construção. Estes canteiros serão localizados próximos às instalações dos canteiros definitivos, podendo ser em containers, que servirão como almoxarifado no futuro. O início do canteiro de obras se caracterizará pela execução e/ou melhorias da estrada de acesso não pavimentada. Este trecho de estrada deverá ser ensaiado, ter seu sistema de drenagem reforçado com a inclusão de novos.

Já o canteiro definitivo será composto de instalações de britagem e produção de concreto, instalações industriais e de apoio, instalações da montagem eletromecânica e acampamentos, previstos para serem construídos próximo ao local de implantação da UHE Itaocara I.

Os agregados para concreto, transições e filtros serão produzidos pelas instalações de britagem, a partir da rocha obtida nas escavações obrigatórias. A rocha escavada será estocada em área próxima ao sistema de britagem, sendo utilizada de acordo com a necessidade.

Especial atenção foi dedicada ao dimensionamento das instalações industriais, objetivando o adequado atendimento das necessidades da obra, sejam elas de produção ou de qualidade. As instalações de apoio, por sua importância e pelo porte da obra, foram dimensionadas e projetadas em áreas de construções adequadas às condições previstas no planejamento. A humanização do espaço, sem perda da noção de disciplina, orientou o planejamento do acampamento. A valorização da área de lazer e o conjunto esportivo, a disposição e o dimensionamento dos conjuntos habitacionais, e os cuidados com a alimentação visaram tornar a mobilização e a fixação temporária da população residente mais harmoniosa com as condições existentes.

Poderão ser previstos canteiros auxiliares, baseados no uso de containers, que serão montados conforme a necessidade de cada obra, dependendo da logística de construção. Esses canteiros serão construídos com estruturas semelhantes às utilizadas nos canteiros provisórios.

O dimensionamento da população ocupada no empreendimento será elaborado a partir dos cronogramas de execução das obras, assim como das quantidades envolvidas e dos respectivos histogramas de produção (demandas médias mensais).

Desta forma, será determinada a necessidade total de mão de obra por ano, tomando para efeito de dimensionamento a quantidade máxima necessária.

Vale lembrar que a mão de obra local poderá contribuir bastante para a formação dos contingentes necessários às obras, reduzindo, em consequência, o número de alojamentos previstos, desde que sejam alocados recursos como transporte necessário para este deslocamento.

No desenho do canteiro, é apresentado o mínimo necessário para o empreendimento, onde é importante lembrar que a empresa de construção civil a ser contratada tem consigo as necessidades para alojamentos, escritórios e parque industrial detalhada para cada tipo de empreendimento.

8. CRONOGRAMA E PLANEJAMENTO CONSTRUTIVO

Em anexo.

9. ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS

Em anexo.

10. FICHA RESUMO

Em anexo.

11. PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO

Eng^o Civil: José Henrique Rodrigues Lopes

Eng^o Civil: José Bernardino Botelho

Eng^o Civil: Marcelo Rossi Campos

Eng^o Civil: Leonardo de Lima Lopes

Eng^o Civil: Marcelo Miranda Botelho

Eng^o Civil: Bruno Luiz Castro Martins

Eng^o Civil: Marcelo José Fiorino de Castro

Eng^o Civil: Marcelo Konrath Turqueti

Eng^o Civil: Antonio Teixeira de Carvalho Júnior

Eng^o Civil: Bruno de Paiva Batista

Eng^o Civil: Andrey Hilu

Eng^a Civil: Celine Vasco

Eng^o Civil: Murilo de Oliveira Gonçalves

Eng^o Civil: Elias Wehrmeister

Eng^a Civil: Daniele Félix

Eng^o Civil: Richard Roncally Beirigo

Eng^a Civil: Patrícia Cesnik da Silva

Eng^o Mecânico: Jesiel Adriano D'Aviz

Eng^o Mecânico: Evandro Luiz Bertol



UHE ITAOCARA I

Eng^o Eletricista: Cesar Henrique Moreira Espínola
Eng^a Eletricista: Daiane Mara Barbosa
Arquiteto: Martín Fraga Basy
Arquiteta: Jamille Zimmermann da Silva
Arquiteta: Isabelle Moser Girardi
Arquiteto: Marco Paulo Borgonhoni
Geólogo: Cláudio Márcio da Silva
Geóloga: Fernanda Ferreira Tolentino
Geólogo: Paulo Cezar da Silva Júnior
Projetista: Walter Favaron Júnior
Projetista: Daniela Aparecida G. Stuart Dayrell
Projetista: Jaqueline Valadares Teles
Estagiário (Eng. Civil): Gerson Mikalixen Leite
Estagiária (Arquitetura): Ana Carolina Moreira da Silva Lopes
Estagiária (Arquitetura): Daniele Ferreira Custódio
Estagiária (Arquitetura): Thays Santos de Oliveira
Estagiário (Arquitetura): Felipe Rangel Neves