



**LIGHT Serviços de Eletricidade S.A.**

## PARECER DE ACESSO PARA A UHE ITAOCARA I



LIGHT S.E.S.A.  
DIRETORIA DE DISTRIBUIÇÃO  
SUPERINTENDÊNCIA TÉCNICA  
GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO E ESTUDOS

## Sumário

1	Introdução	3
2	Histórico	3
3	Aspectos Hidrometeorológicos do Empreendimento	8
4	Descrição das Principais Obras	185
5	Linha de Transmissão 138 kV	19
6	Caracterização Fisiográfica da Bacia	61
7	Caracterização do Acessante	853
8	Cronograma de Entrada em Operação das Unidades Geradoras	83
9	Dados do Acessante	84
10	Instalações de Conexão e Ponto de Conexão na Rede Elétrica	84
11	Conclusões	87
12	Análise da Conexão da Usina na LIGHT S.E.S.A.	88
13	Análise de Custos Entre as Alternativas I, II e III	98
14	Análise de Curto-circuito da Alternativa I	100
15	Desempenho da Rede Elétrica em Situações de Emergência com Itaocara I	103
16	Análise de Estabilidade Eletromecânica da Usina	106

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 1 INTRODUÇÃO

O Parecer de Acesso, doravante denominado PARECER, da Usina Hidrelétrica Itaocara I, de propriedade do Produtor Independente CONSÓRCIO UHE ITAOCARA, doravante denominado ACESSANTE, é um documento emitido pela LIGHT Serviços de Eletricidade S.A., doravante denominada DISTRIBUIDORA, que consolida as avaliações e estudos de viabilidade técnica e econômica do acesso solicitado à rede de distribuição em 138 kV da DISTRIBUIDORA, de acordo com o inciso II Art. 5º da Resolução ANEEL Nº 281/1999. Para atender à crescente demanda de energia no estado do Rio de Janeiro, a LIGHT S. A., através do ACESSANTE e dentro do programa de expansão de seu parque gerador, com a instalação da UHE Itaocara I, amplia a capacidade instalada de sua geração em 145 MW. Este parque gerador, com potência instalada de 855 MW, é constituído de cinco unidades geradoras, duas usinas elevatórias, dois reservatórios de regularização e seis reservatórios de pequeno porte.

A principal finalidade do PARECER é analisar a capacidade instalada do sistema de distribuição para atender a conexão da ACESSANTE e manter o suprimento aos demais agentes atendidos pela rede elétrica dentro dos requisitos de segurança, qualidade e confiabilidade definidos nas normas e padrões técnicos da DISTRIBUIDORA, bem como aqueles estabelecidos, no que couber, pelos Procedimentos de Rede e pelos Procedimentos de Distribuição. Este PARECER define a forma de conexão UHE Itaocara I e discrimina as instalações a serem implementadas com fins à viabilização técnica do acesso, considerando as responsabilidades pelas obras dentro das atribuições definidas pela regulamentação da ANEEL.

Mesmo que não fiquem explicitados todos esses aspectos quando da emissão do PARECER, não se desobriga o ACESSANTE a observar os Procedimentos de Rede, os Procedimentos de Distribuição, as normas e padrões técnicos da DISTRIBUIDORA, bem como os demais documentos regulatórios que regem o acesso, conforme os artigos 10º, 11º e 12º da Resolução ANEEL nº 281/99.

O presente PARECER trata especificamente da análise das condições de acesso ao sistema elétrico, da UHE Itaocara I, localizada no município de Itaocara no Rio de Janeiro - RJ, cuja conexão ao sistema elétrico foi solicitada pelo ACESSANTE no barramento 138 kV da usina hidrelétrica de Ilha dos Pombos, pertencente ao agente de transmissão e geração LIGHT Energia, no âmbito do sistema de distribuição da DISTRIBUIDORA.

## 2 HISTÓRICO

Desde a década de 60, 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 entidades, inclusive: CEMIG - Cia. Energética de Minas Gerais S.A. (1964 a 1966); CFLCL - Cia. de

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Força e Luz Cataguases-Leopoldina S.A. (1969 a 1982); IBRA - Instituto Brasileiro de Reforma Agrária (1967); e DNAEE -Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (1970).

Em 1984, FURNAS iniciou os estudos relacionados à exploração do potencial disponível no trecho limitado pela confluência com o rio Piraí, a montante, e o município de Campos, a jusante, dividindo-o em três áreas (sub-bacias I, II e III).

A área de interesse direto ao AHE Itaocara é a sub-bacia II, que se estende da estação ferroviária de Benjamin Constant, logo a 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 Ltda. e concluídos em 1986, indicaram a atratividade técnico-econômica do AHE Itaocara .

Os primeiros Estudos de Viabilidade do AHE Itaocara, também desenvolvidos por FURNAS e THEMAG, foram concluídos em 1987. Contudo, FURNAS interrompeu os estudos nesta fase, dando prosseguimento ao desenvolvimento dos projetos básicos dos aproveitamentos de Anta/Sapucaia e Simplício, localizados a montante da UHE Ilha dos Pombos.

No início de 1998, a ENGEVIX elaborou para a LIGHT uma reavaliação dos principais impactos ambientais, e outros associados, para os sítios de Itaocara e São Fidélis.

Os resultados desta avaliação indicaram impactos de pequena magnitude para o AHE Itaocara. Sendo assim, a LIGHT contratou a ENGEVIX para desenvolver os estudos em 2 fases: Fase I - Diagnóstico Técnico-Econômico e Fase II - Estudos de Viabilidade, em função dos resultados obtidos no diagnóstico.

Os resultados preliminares obtidos na Fase I confirmaram a atratividade técnica e econômica do empreendimento, 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 do EIA – Estudos de Impacto Ambiental, e respectivo RIMA – Relatório de Impacto Ambiental.

Os estudos desenvolvidos entre 1999 e 2000 reafirmaram a viabilidade técnica e econômica de implantação do empreendimento para atendimento às necessidades do mercado de energia elétrica.

Com uma capacidade instalada de 195 MW e 98,5 MW médios de energia firme, o investimento previsto para implantação do AHE Itaocara totalizava cerca de 156 milhões de dólares, incluindo juros durante a construção, correspondendo a um custo unitário de

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

instalação de 799 US\$/kW, referido ao mês de julho de 1999. Este custo englobava a implantação da linha de transmissão até a interligação com a UHE Ilha dos Pombos, subestação e transposição de peixes. O custo de geração correspondente, conforme então preconizado nas recomendações da ELETROBRÁS, atingia 23,96 US\$/MWh.

Considerando a Lei 9074/95, referente às concessões outorgadas por licitação pública, os encargos e impostos incidentes sobre empreendimentos hidrelétricos, o custo de geração aumentava para 30,70 US\$/MWh.

A comparação do custo médio de geração calculado com o custo marginal de expansão indicado pelo Plano Decenal de Expansão de 1999/2008 da ELETROBRÁS, justificava, sob o ponto de vista energético, a implantação do aproveitamento.

Em fevereiro de 2001 foi outorgada à LIGHT Sinergias Ltda. – atual Itaocara Energia Ltda., subsidiária da LIGHT S. A. – pelo Poder Concedente, a concessão do uso do bem público, cujo objeto é a exploração do potencial hidráulico denominado UHE Itaocara, com potência mínima a instalar de 195 MW. No mês posterior, março de 2001, foi assinado o Contrato de Concessão nº 12/2001-ANEEL-UHE ITAOCARA, o qual regula a exploração do empreendimento e as garantias de implantação da usina pela Itaocara Energia Ltda.

O processo de licenciamento da UHE Itaocara teve início em fevereiro de 1999 com a emissão do Termo de Referência (TR) para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) pelo IBAMA. Em agosto de 2000 foi apresentado ao IBAMA o EIA 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 da UHE Itaocara sofreu diversos tipos de ações, principalmente no que diz respeito à solicitação de novas informações e complementações dos estudos ambientais por parte dos órgãos ambientais (estaduais e IBAMA), Ministério das Minas e Energia, Ministério Público Federal e IPHAN, dentre outros. Além disso, o processo sempre enfrentou forte manifestação da sociedade civil organizada, principalmente do município de Cantagalo, face à implantação do empreendimento em função do alagamento 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 EIA, na descrição da vila de São Sebastião do Paraíba, mostrando que a mesma distingue-se por ser muito bem cuidada; suas ruas, organizadas em xadrez em volta de duas praças, 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 encontrava-se prejudicado, sendo necessário para saneá-lo que o EIA/RIMA fosse refeito, de forma a contemplar a realização de outros

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

estudos sobre a população diretamente afetada, que serviria de subsídio 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 a 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 procurou atender todas as solicitações dos órgãos ambientais para complementação dos estudos. No entanto, em agosto de 2005, esta foi informada que o MME – Ministério de Minas e Energia passou a desconsiderar o Aproveitamento Hidrelétrico Itaocara no planejamento da expansão da oferta de energia. E ainda, que sua re-inclusão nos estudos de planejamento do setor elétrico somente ocorreria após os resultados da AAI- Avaliação Ambiental Integrada dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do Paraíba do Sul.

Diante disso, foram solicitados esclarecimentos ao MME no sentido de conhecer seu posicionamento no que se refere à continuidade do processo de licenciamento ambiental. Tal decisão foi comunicada ao IBAMA em junho de 2006.

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

Assim, em agosto de 2007, a Itaocara Energia retomou as tratativas junto ao órgão ambiental para início de um novo processo de licenciamento. Num primeiro momento, a reação da equipe técnica do IBAMA à UHE Itaocara foi de restrições quanto a sua configuração original. 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 de São Sebastião do Paraíba.

Foi, então, levado ao IBAMA o resultado do estudo de análise de risco, que estava sendo desenvolvido na época, que propunha a análise e comparação dos riscos e custos

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

do cenário atual com um cenário alternativo que considerava a realização do empreendimento em dois eixos, um na cota 91, com a manutenção do eixo da barragem no seu local atual, e a construção de nova barragem na cota 102 a montante de São Sebastião do Paraíba. Essa alternativa elimina a realocação de dois núcleos populacionais, São Sebastião do Paraíba e Formiga.

Diante disso, em 16 de maio de 2008 o IBAMA encaminhou o Ofício nº 330/2008 – DILIC/IBAMA solicitando que fosse avaliada oficialmente a possibilidade de revisão do arranjo do AHE Itaocara de modo a minimizar seus impactos socioambientais. Cabe dizer que em 05 de junho de 2008 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 2008 o IBAMA emitiu o Termo de Referência para elaboração do novo EIA/RIMA para o arranjo proposto, com subsídios aos novos estudos ambientais. Dessa forma, um novo EIA/RIMA foi elaborado com vistas a obtenção da LP – Licença Prévia.

Diante da emissão do Termo de Referência para elaboração do novo EIA/RIMA pelo IBAMA, a Itaocara Energia Ltda. contratou em dezembro de 2008 a PCE Engenharia para realizar os estudos de engenharia para validação da alternativa, bem como o Projeto Básico dos AHEs Itaocara I e II.

Com enfoque nos estudos energéticos, o Relatório Validação teve a finalidade de demonstrar a viabilidade técnica do novo projeto do AHE Itaocara e a manutenção da produção energética objeto do Contrato de Concessão da ANEEL 012/2001. Esse relatório foi apresentado à ANEEL em maio de 2009.

O novo projeto, considerando a realização do empreendimento em dois eixos, um com a manutenção do eixo da barragem na cota 91 e a construção de nova barragem na cota 102, reduz impactos ambientais e sociais do aproveitamento, um dos quais no local definido pelos Estudos de Viabilidade, com nível d'água máximo normal do reservatório na El. 91,00, de forma a preservar os núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e Formiga. A casa de força projetada ao pé da nova barragem, situada a montante desses núcleos e com reservatório nível d'água máximo normal na El. 102,00,

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

garante o aproveitamento integral do potencial hidráulico do trecho de rio abrangido pelo projeto original, com significativa redução da área alagada.

O local para implantação do AHE ITAOCARA I, situa-se no rio Paraíba do Sul,. As informações detalhadas de localização e acessos encontram-se no relatório do Projeto Básico – Volume I – Texto.

Como resultado final das avaliações do empreendimento, o Aproveitamento de Itaocara I será implantado com 151 MW de potência instalada no baixo curso do rio Paraíba do Sul, onde este assume direção nordeste, paralelamente às direções das unidades lito-estratigráficas, nos municípios de Itaocara e Aperibé, estado do Rio de Janeiro, a cerca de 200 km da cidade do Rio de Janeiro.

### **3 ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS DO EMPREENDIMENTO**

#### **3.1 Caracterização Fisiográfica da Bacia**

A bacia do rio Paraíba do Sul situa-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 km<sup>2</sup>, inserida nos estados de Rio de Janeiro (20.900 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (20.700 km<sup>2</sup>) e São Paulo (13.900 km<sup>2</sup>), sendo que, no eixo em estudo, a área da bacia é de 33.680 km<sup>2</sup> e o comprimento do rio Paraíba do Sul é de 958 km.

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 mesmo nome (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, desaguardo no Oceano Atlântico próximo à cidade de São João da Barra. Seu percurso total é de aproximadamente 1.100 km, no sentido geral 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 Piraí, pela margem direita; e Muriaé, Pomba, Paraibuna Mineiro, Buquira, Jaguarari e Paraibuna, 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.

O AHE Itaocara, dista cerca de 200 km da cidade do Rio de Janeiro, localizando-se no trecho médio inferior do rio Paraíba do Sul, aproximadamente 13 km a montante da cidade de Itaocara. O

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

eixo de seu barramento está situado em torno das coordenadas geográficas 21°41'44”S e 42°08'57”W, correspondentes a 794.990 E e 7.598.140 N em coordenadas UTM.

O acesso ao local do aproveitamento é feito por estradas vicinais não pavimentadas existentes, a partir das cidades de Aperibé, pela margem esquerda, e Itaocara, passando pela localidade de Coronel Teixeira, pela margem direita

## 3.2. Parâmetros Fisiográficos

São relacionadas a seguir, as principais características físicas correspondentes à bacia contribuinte para o local do aproveitamento.

### a) Forma da Bacia

Para caracterizar numericamente esse parâmetro, empregam-se, regularmente, o fator de forma e o coeficiente de compacidade, que são indicadores de tendência para enchentes locais.

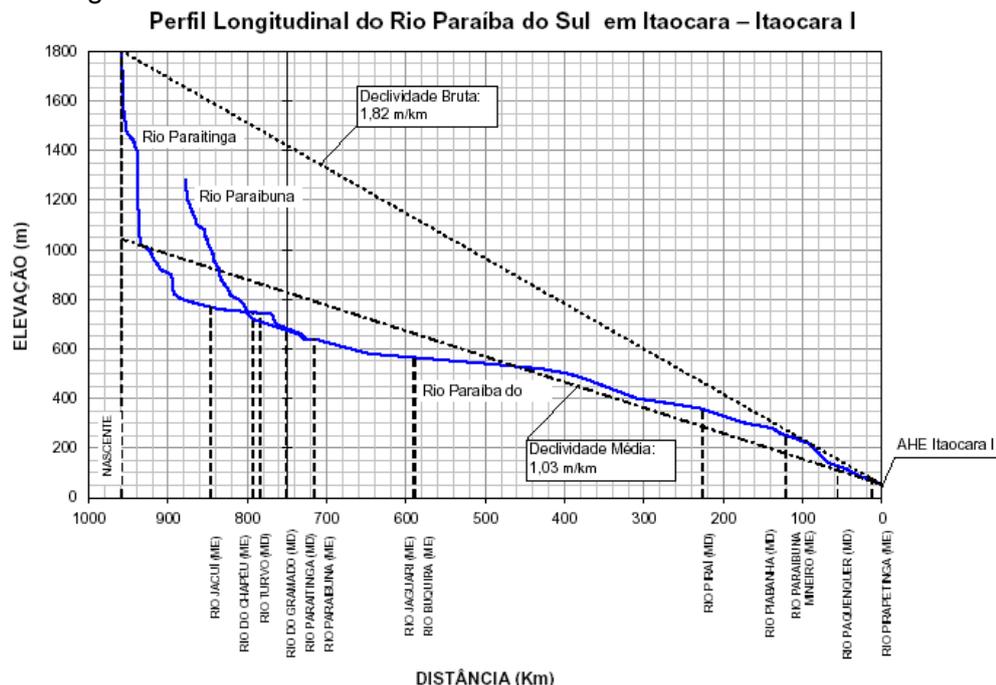
O fator de forma, que é a relação entre a área da bacia (33.680 km<sup>2</sup>) no aproveitamento e o quadrado de seu comprimento axial (958 km), que corresponde ao comprimento do rio Paraíba do Sul entre o sítio do aproveitamento e a nascente, equivale a 0,04.

Esse índice sinaliza uma reduzida propensão a enchentes já que quanto mais o valor do índice se aproxima de zero, mais longilínea é a bacia e, assim, menor a possibilidade de chuvas abrangerem toda a área de drenagem simultaneamente. Além disso, a bacia se distancia da forma circular perfeita, na qual as embocaduras de seus tributários se concentram numa área menor.

O coeficiente de compacidade, relação entre o perímetro da bacia (1.422 km) e a circunferência de um círculo com área igual à da bacia, equivale a 2,17, valor também indicativo de cheias pouco contundentes, já que a tendência para enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade é o valor desse coeficiente.

### b) Declividade do Curso do Rio

Para esse cálculo, além do desenho supracitado, foram utilizadas as cartas planialtimétricas editadas pelo IBGE, as quais permitiram também o traçado do perfil longitudinal do rio Paraíba do Sul representado na Figura 3.1.



# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## Figura 3.1 - Perfil Longitudinal da Bacia do Rio Paraíba do Sul

A declividade bruta, calculada em 1,82 m/km, equivale à razão entre a diferença de cotas da nascente (1.800 m) e da seção de fechamento (53 m) e o comprimento do rio (958 km).

A declividade média foi estimada de forma a igualar a área abaixo da reta que a representa graficamente em perfil com a área abaixo do perfil longitudinal do rio. O valor obtido que melhor caracteriza a velocidade do escoamento fluvial foi de 1,03 m/km.

### c) Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem, que indica o grau de desenvolvimento da rede hidrográfica, é definida pela relação entre a extensão total dos cursos d'água (25.505 km) e a área da bacia (33.680 km<sup>2</sup>). O valor encontrado para a bacia em estudo, equivalente a 0,76 km/km<sup>2</sup>, indica uma drenagem pobre.

### d) Escoamento Superficial

A extensão média do escoamento superficial, calculada em 330 m, é um índice definido como a média das distâncias percorridas pelo escoamento superficial, caso este se desse em linha reta, até atingir um curso d'água qualquer.

Sua determinação foi realizada considerando-se uma bacia retangular de área equivalente, drenada por um curso d'água coincidente com o eixo longitudinal do respectivo retângulo, de comprimento igual à extensão total da rede fluvial.

### e) Largura Média

A largura média, estimada em 35 km, corresponde à razão entre a área da bacia (33.680 km<sup>2</sup>) e o seu comprimento axial (958 km).

### f) Tempo de Concentração

O tempo de concentração ( $t_c$ , em horas) foi calculado com base na fórmula do Soil Conservation – EUA, abaixo transcrita.

$$T_c = 0,95 (L^3 / H) 0,385$$

onde:

H = Diferença entre cotas: (1.747 m);

L = Comprimento do curso d'água principal: (958 km).

Aplicando-se esses valores na fórmula em questão, obtém-se um tempo de concentração de 149 horas.

## 3.3. Aspectos Hidráulicos

### 3.3.1. Estudos de Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro

De acordo com os estudos hidrológicos foi definida uma vazão decamilenar no AHE Itaocara I de 9530 m<sup>3</sup>/s. A estrutura dimensionada para atender essa vazão possui extensão total de 96,00 m divididos em 6 vãos de 12,50 m cada e pilares internos e externos de 3,00 m.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Com relação à concepção hidráulica, a estrutura vertente foi dimensionada para operar controlada por 6 (seis) comportas de 12,50 x 13,60m, com nível d'água normal do reservatório na El. 89,60 m e com capacidade para extravasar a vazão decamilenar.

A jusante do vertedouro foi introduzida uma bacia de dissipação de 76,00m de comprimento e 96,00m de largura com a função de conter o ressalto hidráulico e dissipar a energia do fluxo para a vazão centenária ( $Q = 5.764 \text{ m}^3/\text{s}$ ) considerando nível d'água normal do reservatório na El. 89,60.

Foi inserida no final da bacia uma soleira terminal na El. 52,15 para conter o ressalto hidráulico dentro da bacia e evitar a erosão regressiva no final da bacia.

Após a saída da bacia está previsto um trecho horizontal de aproximadamente 23,00 m de extensão na El. 51,00 seguido de uma rampa com inclinação de 1V:3H até a cota do terreno natural (~58,50) para restituição da água ao curso natural do rio.

A Figura 3.2, a seguir, apresenta as curvas de descarga para o vertedouro, com e sem controle de comporta. Os cálculos respectivos seguiram as metodologias e os parâmetros constantes do HDC e HDS do US Corps of Engineers, levando em conta as características geométricas definidas para a estrutura na região da soleira e canal de aproximação.

Ressalta-se que nos casos com controle os valores de abertura indicados na Figura 3.2 se referem à distância vertical entre o bordo inferior da comporta e o seu ponto de apoio na soleira.

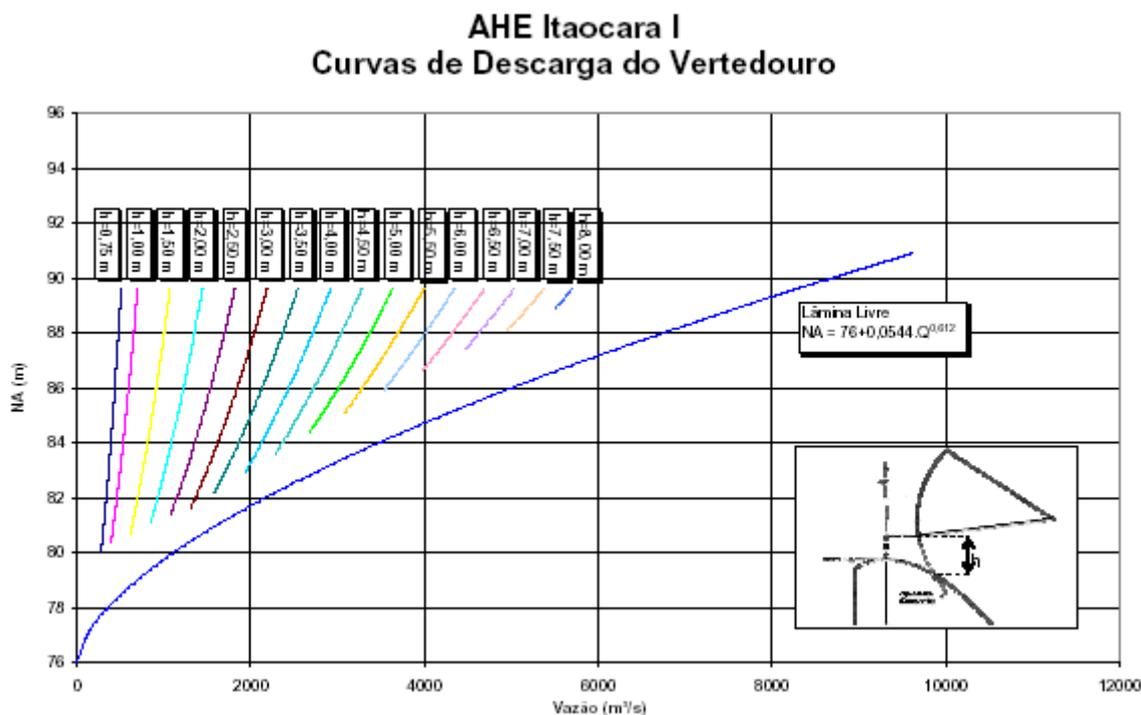


Figura 3.2 – Hidrograma da Vazão Máxima Provável

As pressões alcançadas na soleira do vertedouro, no rápido e na curva na entrada da bacia de dissipação, chegam a valores máximos da ordem de 6,0 mca com flutuação de pressão de até  $\pm 2,45\text{m}$ .

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

A avaliação do potencial de ocorrência de cavitação na superfície de concreto do fundo do rápido foi realizada com base nos valores do índice de cavitação incipiente que resultaram em valores entre 0,81 e 0,35.

### **3.3.2. Estudos Hidráulicos do Circuito de Geração**

#### **3.3.2.1 Tomada d'Água**

A Tomada D'Água com soleira na El. 68,60 m e extensão em planta de 26,71 m até a transição (inclusive) para o conduto forçado, teve sua geometria definida de forma a serem minimizadas as perdas de carga nas transições entre seções de escoamento. Para tanto se utilizou uma equação elíptica. A cota da soleira foi definida de modo que ficasse garantida a submergência mínima da seção da comporta vagão tipo corta-fluxo, para não ocorrência de vorticidades, considerando o critério de Gordon e escoamento de aproximação assimétrica. Um pilar com 7,10 m de largura e forma hidrodinâmica composta de arcos de círculo, divide a entrada da tomada em duas, de forma a propiciar condições estruturais e operacionais adequadas.

A seção do portal de entrada (2 seções de 12,50 m de base por 17,10 m de altura) foi projetada assumindo uma velocidade máxima referente à área útil das grades em torno de 1,5 m/s.

A seção adotada para as comportas ensecadeira vagão tipo corta-fluxo (9,00 m de largura por 11,00 m de altura) corresponde à velocidade do escoamento de 3,36 m/s, que é, portanto, inferior ao valor limite estabelecido nos critérios de projeto, de 6,0 m/s.

#### **3.3.2.2 Condutos Forçados**

A partir da tomada, o escoamento é conduzido por dois condutos forçados em aço, de 9,00 m de diâmetro ( $V_{m\acute{a}x} = 5,23$  m/s), envelopado em concreto com 32,80 m de extensão.

#### **3.3.2.3 Canal de Fuga**

A jusante da Casa de Força, o Canal de Fuga, escavado em rocha, possui largura inicial de 60,00 m na El. 44,52 e rampa de 1V:3H até ser atingida a El. 51,00 m seguido de nova rampa de 1V:3H com a qual alcança o canal de restituição com largura de 156 m na El.58,50 m.

#### **3.3.2.4 Perdas de Carga**

Os cálculos de perda de carga no circuito, até a entrada das caixas espirais das unidades e a partir da seção de saída dos tubos de sucção (inclusive), levaram em conta todas as singularidades do mesmo, tais como grades, transições, ranhuras e guias das comportas ensecadeiras, curvas, além das perdas por atrito.

As perdas por atrito, no trecho em pressão, foram calculadas utilizando a fórmula universal de Darcy-Weisbach e as perdas em singularidades estimadas a partir de bibliografia específica (Levin, l'delcick, Chaudhry, HDC e outros).

Desta forma, foi definida a curva de perda de carga no circuito considerando diversas vazões turbinadas, expressa na Figuras 3.3, a seguir.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## AHE Itaocara I Perda de Carga no Circuito de Adução

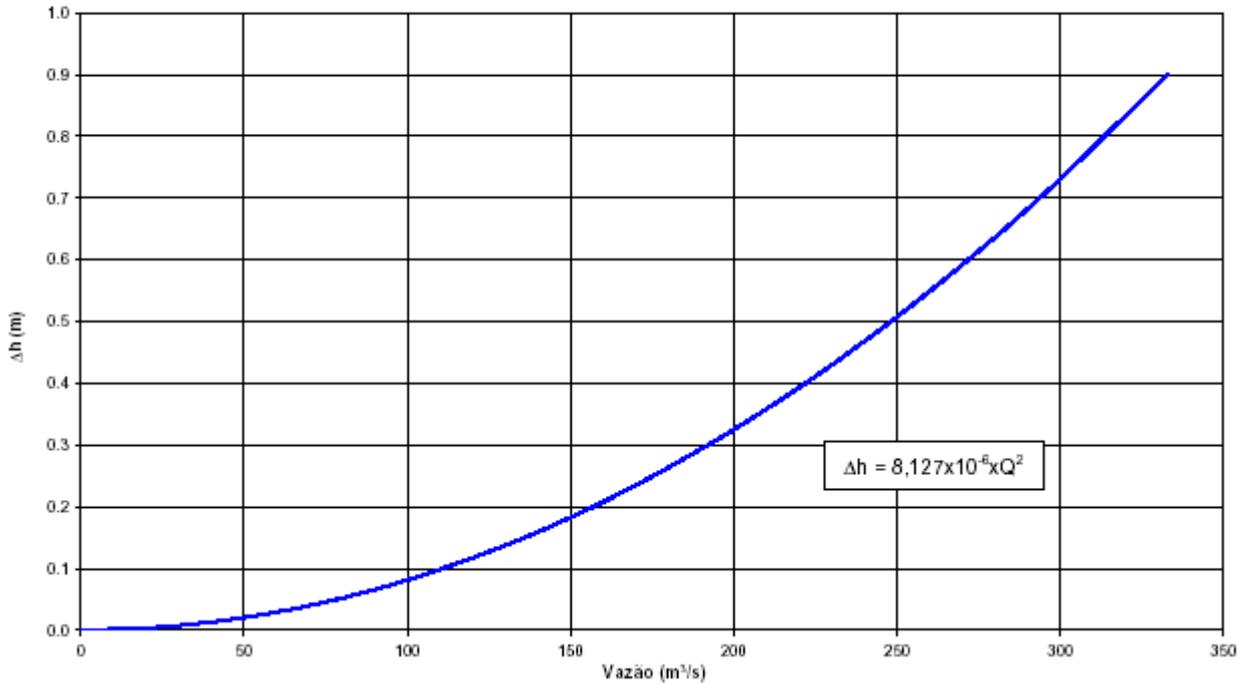


Figura 3.3 – Perda de Carga do Circuito de Adução

### 3.4. ESTUDOS ENERGÉTICOS

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. Tais estudos são necessários para definição do “aproveitamento ótimo” estabelecido nos §§ 2º e 3º do art. 5º da Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995.

#### 3.4.1. Tipo de Turbina

Em face da queda disponível e da potência unitária prevista para o AHE Itaocara I, considerou-se a utilização de turbinas do tipo Kaplan com uma vazão turbinada mínima equivalente a 30% da vazão plena na queda considerada.

##### 3.4.1.1. Rendimento do Conjunto Turbina-Gerador

Adotou-se um rendimento para o conjunto turbina-gerador de 90%, valor esse resultante da estimativa de 97,5% de rendimento médio do gerador e de 92,5% 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.

##### 3.4.1.2. Perda Hidráulica

A perda hidráulica total máxima calculada e adotada nas simulações de operação da usina foi de 0,9m, que corresponde a 3,41% da queda bruta.

##### 3.4.1.3. Taxas de Indisponibilidade

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

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 3.1 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 Itaocara I, as taxas de indisponibilidade forçada e programada são respectivamente, 2,533% e 8,091%.

### Taxas de Indisponibilidade

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 3.1 – Taxas de Indisponibilidade

#### 3.4.1.4. 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.

#### 3.4.2. Simulações Energéticas

As avaliações energéticas foram efetuadas com base no informado no item 3.4.1 e utilizando-se o Modelo de Simulação de Usinas Individualizadas – MSUI (versão 3.0), desenvolvido pela Eletrobrás.

##### 3.4.2.1. 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 3.2 é apresentada a análise energético-econômica para a determinação da potência instalada do AHE Itaocara I.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## Análise Energético-Econômica para Determinação da Potência Instalada

Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWh médios)	Benefício Energético (R\$ $\times 10^6$ /ano)	Custo Total c/ JDC (R\$ $\times 10^6$ )	Custo Total Anual (R\$ $\times 10^6$ /ano)	Relação Benefício/Custo Incremental
135	73,8	94,39	1.056,77	129,46	-
140	74,4	95,15	1.062,51	130,21	1,03
145	75,0	95,92	1.068,37	130,96	1,01
150	75,5	96,56	1.074,00	131,69	0,88

Nota: JDC- Juros durante a construção.

Tabela 3.2 – Análise Energético-Econômica para Determinação da Potência Instalada

Como pode ser observado, a potência ótima a ser instalada é de 145 MW, uma vez que o custo incremental ao se passar para uma alternativa de maior potência, é superior ao benefício incremental.

O aproveitamento foi contemplado com duas unidades geradoras, pois o uso de três unidades não conduziria a qualquer ganho energético, em face do regime local do rio Paraíba do Sul, que é regularizado por reservatórios a montante.

### 3.4.2.2. Determinação das Quedas Características

Foram determinadas as quedas líquidas referentes ao período da série de vazões médias mensais empregada.

A Tabela 3.3 e a Figura 3.4 apresentam a permanência das quedas líquidas obtidas para o aproveitamento em estudo.

### Permanências das Quedas Líquidas Médias Mensais

Permanência (%)	Queda Líquida (m)	Permanência (%)	Queda Líquida (m)
5	26,68	55	26,26
10	26,56	60	26,17
15	26,50	65	26,10
20	26,49	70	25,96
25	26,48	75	25,82
30	26,46	80	25,65
35	26,44	85	25,42
40	26,41	90	25,07
45	26,38	95	24,59
50	26,32	100	22,49

Tabela 3.3 – Permanências das Quedas Líquidas Médias Mensais

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## Curva de Permanência de Quedas Líquidas Médias Mensais

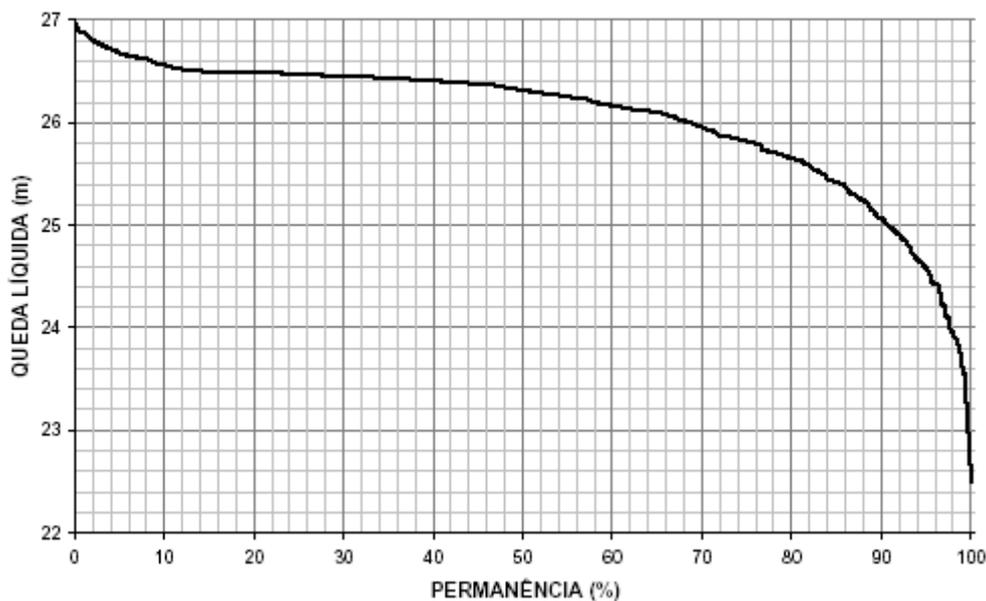


Figura 3.4 – Perda de Carga do Circuito de Adução

### 3.4.3. Benefícios Energéticos

A Tabela 3.4, apresenta os resultados aqui obtidos, juntamente com aqueles veiculados nos Estudos de Viabilidade e nos “Estudos de Validação de Alternativa para Viabilização Ambiental”. Apesar dos estudos pertinentes ao AHE Itaocara II estarem detalhados em relatório específico, os resultados nele veiculados são também aqui mencionados visando comparar os resultados do complexo.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## Resultado dos Estudos Energéticos

Parâmetros	Viabilidade	Estudos de Validação			Projeto Básico		
		Itaocara I	Itaocara II	Total	Itaocara I	Itaocara II	Total
Nível d'Água Máximo Normal do reservatório	102,0	91,0	102,0	-	89,6	102,0	-
Taxa de Indisponibilidade Forçada (%)	5	0,84	0,84	-	2,5	2,3	-
Taxa de Indisponibilidade Programada (%)	5	4,55	4,55	-	8,1	6,9	-
Potência (MW)	195	142	53	195	145	50	195
Energia Média (MWmédios)	105,00	85,97	32,56	118,53	86,7	32,9	119,6
Energia Firme (MWmédios)	98,50	73,77	28,07	101,84	75,0	29,0	104,0
Fator de Capacidade	0,51	0,52	0,53	-	0,52	0,58	-
Queda de Referência (m)	36,2	25,76	9,77	35,53	24,6	9,5	34,1
Vazão Máxima Turbinada (m <sup>3</sup> /s)	600	606,6	570,7	-	668	596	-

Tabela 3.4 – Resultados dos Estudos Energéticos

Pode-se observar que, definidas as potências dos AHEs Itaocara I e II, obtêm-se uma energia firme para o conjunto igual a 104,0 MW médios que representaria um aumento de 5,6% em relação a energia firme definida para o aproveitamento único. A energia média seria de 119,6 MW médios, cerca de 13,9% maior que a definida para o aproveitamento único.

Essas diferenças encontradas foram devidas a algumas alterações dos critérios adotados:

- A presente série de vazões de longo termo (QMLT = 448m<sup>3</sup>/s para o AHE Itaocara I) quando comparada com aquela adotada nos Estudos de Viabilidade (QMLT = 430m<sup>3</sup>/s), apresenta valores superiores, em média, de 4,2%. Isso porque não se configurou o aumento da derivação de vazões na UEL de Santa Cecília, cogitado à época da elaboração dos Estudos de Viabilidade;
- A curva-chave do Canal de Fuga do AHE Itaocara I aqui definida, conduz a níveis d'água inferiores aos obtidos na curva estabelecida nos Estudos de Viabilidade.
- As taxas de indisponibilidades forçada e programada adotadas foram distintas em cada um dos estudos, muito embora conduzam a indisponibilidades totais praticamente equivalentes;
- □ Os valores de perda de carga adotados foram de 3% da queda bruta nos Estudos de Viabilidade e 3,41% no presente Projeto Básico.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 4 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS OBRAS

### 4.1. Arranjo Geral do AHE Itaocara I

#### 4.1.1. Descrição Geral

O arranjo geral do AHE Itaocara I, consiste na implantação das estruturas de barramento, vertimento e geração alinhadas ao longo do eixo situado na extremidade montante da ilha Serena, com extensão total de cerca de 1.240 m.

O barramento do rio Paraíba do Sul forma um reservatório com área de 40,4 km<sup>2</sup> correspondente ao NA Máximo Normal, definido a partir do refinamento dos estudos de remanso, considerando cenários de assoreamento do leito do rio.

Essa elevação elimina a necessidade de realocação dos núcleos populacionais de São Sebastião do Paraíba e de Formiga, sem que haja perda energética significativa para o conjunto, em relação à energia que foi objeto de concessão para o AHE Itaocara.

As estruturas de concreto estão posicionadas no canal direito da Ilha Serena. No alinhamento do eixo, a Tomada d'Água está posicionada junto à ombreira direita, enquanto o Vertedouro se situa na calha do rio. Um Muro Divisor separa essas estruturas.

À esquerda do Vertedouro situa-se o Muro de Abraço, para encosto da barragem. A partir deste muro, a barragem se desenvolve numa extensão total de 1.120 m até o encontro com a ombreira esquerda.

A crista da barragem e das estruturas de concreto está na elevação 93,60 m, com 4,0 m de borda livre em relação ao NA Máximo Normal.

A seqüência construtiva prevê duas fases de desvio, ensecando-se inicialmente o braço direito, para construção das estruturas de concreto e parte da barragem. Na segunda fase o rio é desviado por 4 adufas de 5,00(L) x 10,00(H), com fundo na El. 50,00, a serem construídas sob os 2 vãos do Vertedouro mais próximos à margem direita, e por 5 blocos rebaixados na El. 66,00. O vão do Vertedouro adjacente ao Muro de Abraço não será utilizado para o desvio. Ensecadeiras transversais ao rio permitirão a construção do restante do maciço da barragem no canal esquerdo e seu fechamento na ombreira.

### 4.2. Definição dos Grupos Turbina / Gerador

Os estudos referentes aos grupos turbina / gerador conduziram a seleção de turbinas tipo Kaplan Vertical com potência unitária de 75,5MW, 26,5m de queda de referência 128,57 rpm, rendimento de 93,9% , linha de centro do distribuidor na elevação 53,182 m com diâmetro do rotor de 5,96 m.

Os geradores trifásicos síncronos com 79.5 MVA, 13,8 kV, freqüência de 60 Hz 0,95 de fator de potência e refrigeração em circuito fechado.

### 4.3 Tomada d'Água / Casa de Força

A estrutura de concreto da Tomada d'Água / Casa de Força deverá contar com boas condições de implantação, apoiando-se diretamente na rocha de fundação e encaixando-se completamente no nicho rochoso especialmente escavado para abrigá-la.

A tomada de água é realizada através de quatro vãos com grades de 22,1 m de altura por 10,7 m de largura e comportas tipo ensecadeira com dimensões de 13,9 m de altura por 7,80m de largura.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

O canal de fuga possui quatro vãos com comportas tipo vagão de 8,0m de altura por 8,6 m de largura.

A Casa de Força é do tipo abrigada, constituída por dois blocos em concreto armado e destinada a abrigar os dois grupos geradores com turbinas tipo Kaplan de eixo vertical.

Na plataforma de montante será instalado um pórtico rolante para movimentação das comportas, grades e equipamentos hidromecânicos da Tomada d'Água.

## 5 LINHA DE TRANSMISSÃO 138 KV

### 5.1. Características Gerais de Linha de Transmissão

O AHE Itaocara I localiza-se no município de Itaocara, no Rio de Janeiro, no Rio Paraíba do Sul, nas coordenadas aproximadas 21° 41' S e 42° 09' W, e tem potência instalada de 140 MW.

O AHE Itaocara II localiza-se também no município de Itaocara, no Rio de Janeiro, nas coordenadas aproximadas 21° 45' S e 42° 23' W.

A interligação entre a Casa de Força e a subestação da usina de Itaocara I também será feita através de 1 (uma) Linha de Transmissão de 138 kV, em circuito duplo, e terá extensão aproximada de 200 m.

A região de implantação das instalações de transmissão está localizada no médio vale do Rio Paraíba do Sul, onde o relevo é caracterizado por serras e morros alongados, ocorrendo ocasionalmente encostas rochosas, com forte tendência à erosão. A região situa-se entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, em altitudes que variam de 100 a 500 metros.

A linha de transmissão que interliga as usinas de Itaocara I e Itaocara II tem seus 25 km de extensão em circuito duplo, em um traçado praticamente paralelo ao Rio Paraíba do Sul, porém mantendo um afastamento suficiente para evitar interferências com áreas ambientais, como as matas de preservação permanente próximas ao rio e outras áreas impeditivas. O traçado será em terreno suavemente ondulado e com vão médio de 450m.

Em seu caminhamento, a linha passará pelos municípios de Itaocara e Cantagalo, localizados no estado do Rio de Janeiro, e pelo município de Pirapetinga, localizado no estado de Minas Gerais.

Nos cerca de 15 km iniciais, a linha segue pela margem direita do rio, em terreno predominantemente plano, a uma altitude média de 100 metros. Nas proximidades da ilha Sampaio Correa, em um local de estreitamento do Rio Paraíba do Sul, a linha atravessa para a margem esquerda, e segue paralela ao rio por aproximadamente 10 km até a usina de Itaocara II. Neste trecho, a linha atravessa regiões de altitudes mais elevadas, podendo atingir cerca de 300 metros.

O número de desligamentos causados por descargas atmosféricas é estimado em 0,29 por ano e o nível isoceráunico médio da região é 25 dias de trovoadas por ano.

A linha terá 2 (dois) circuitos trifásicos, em disposição vertical, com 1 (um) condutor CAA por fase, e 2 cabos pára-raios, sendo um de aço zincado e outro OPGW. A mesma terá aproximadamente 65 suportes de aço (cerca de 2,6 suportes/km).

No suporte mais comum, tipo SL3D, a separação vertical entre fases é de 4,00m e a separação horizontal entre fases é de 6,60m.

O vão médio das linhas é de 450m.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

O vão máximo das linhas é estimado em 600m.

## 5.2. Características Elétricas das Linhas de Transmissão

### 5.2.1. Capacidade de Transporte de Energia

A capacidade térmica de cada uma das linhas de transmissão é de 160 MVA, para uma temperatura do condutor de 62°C a uma temperatura ambiente de 31°C.

### 5.2.2. Constantes Elétricas da Linha

- Impedância de Sequência Positiva:  $2,0 + j 11,5 \Omega$ , fase para neutro, por circuito;
- Reatância Capacitiva de Sequência Positiva:  $7,2 \times 106 \Omega$  □por fase;
- Impedância de Sequência Zero:  $12,9 + j 43,9 \Omega$ , fase para neutro, por circuito;
- Reatância Capacitiva de Sequência Zero:  $11,75 \times 106 \Omega$  □por fase.

### 5.2.3. Dados do Isolamento

- Cadeias de suspensão e jumper com 9 isoladores de 254 x 146 mm, com resistência mecânica de 120 kN.
- Cadeias de ancoragem com 11 isoladores de 254 x 146 mm (simples) ou 2 x 11 isoladores de 254 x 146 mm (dupla), com resistência mecânica de 120 kN.
- Ferragens com dispositivo anti-corona.

## 5.3. Características Mecânicas dos Cabos Condutores, Pára-Raios e Contrapeso

### 5.3.1. Cabos Condutores

Para os cabos condutores é condição máxima de carga 50 % da ruptura do cabo a 15°C, com pressão de vento de 50 kgf/m<sup>2</sup>, equivalente a 71 km/h, sendo a condição normal de carga 18% da ruptura do cabo a 23°C sem pressão de vento.

#### 5.3.1.1. Dados dos Cabos Condutores

A tabela 5.1 apresenta os dados e as características mecânicas dos cabos condutores utilizados na linha de transmissão em 138 kV de conexão da UHE Itaocara.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Código	DRAKE
Tipo	CAA
Bitola	795 kcmil
Formação	26/7
Diâmetro	28,13 mm
Peso Próprio	1,6285 kgf/m
Seção	468,47 mm <sup>2</sup>
Carga de Ruptura	14.291 kgf
Módulo de Elasticidade	6.539 kgf/mm <sup>2</sup> (inicial)
	7.593 kgf/mm <sup>2</sup> (final)
Coef. Dilatação Linear	18,36 x 10-6 / °C (inicial) / 18,90x10-6 / °C (final)
Número de Cabos por Fase	1

Tipo	Aço Zincado	OPGW, 12 fibras (*)
Código	3/8" EAR	-
Formação	7 fios de aço	-
Diâmetro	9,52 mm	14,30 mm
Peso Próprio	0,407 kgf/m	0,680 kgf/m
Seção	51,14 mm <sup>2</sup>	116,17 mm <sup>2</sup>
Carga de Ruptura	6.990 kgf	9.689 kgf
Módulo de Elasticidade	18.600 kgf/mm <sup>2</sup> (inicial)	12.068 kgf/mm <sup>2</sup> (inicial)
	18.200 kgf/mm <sup>2</sup> (final)	13.109 kgf/mm <sup>2</sup> (final)
Coef. Dilatação Linear	11,52 x 10-6 / °C	14,20 x 10-6 / °C
Utilização	1 circuito ao longo da LT	1 circuito ao longo da LT

**Tabela 5.1 – Dados e Características Mecânicas dos Cabos Condutores**

### 5.3.2. Trações de Governo

As condições básicas de projeto selecionadas para os cabos visam limitar as trações que atuam sobre os mesmos a valores que garantam sua integridade mecânica, durante toda a vida útil prevista para a linha de transmissão.

Tais condições levam em consideração tanto as cargas resultantes da ação dos ventos de projeto como também as deformações que podem ser produzidas nos cabos por vibrações induzidas por ventos uniformes de baixa intensidade.

Para evitar problemas decorrentes da vibração eólica, a NBR-5422 recomenda limitar a tração de maior duração, coincidente com a temperatura média da região, aos seguintes valores, expressos em percentual da carga de ruptura do cabo:

- a) Cabo CAA 18%
- b) Cabo de aço zincado EAR 14%

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Os seguintes limites de trações deverão ser respeitados:

- a) Sob ação do vento extremo (T = 150 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.
- b) Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo.
- c) Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo.

Respeitados os limites acima estabelecidos, as trações de projeto para os cabos pára-raios serão definidas de modo que, na condição a 23° C, sem vento, final, as flechas sejam limitadas a 90% das flechas correspondentes do condutor CAA DRAKE.

Em função do exposto nos itens anteriores, estão sendo adotadas para os cabos selecionados as trações de projeto indicadas na tabela 5.4 a seguir.

Condição de Projeto			Tração Correspondente (kgf) <sup>(1)</sup>		
Carga <sup>(4)</sup>	Temp.	Estado	DRAKE	3/8" EAR	OPGW
50 kgfm <sup>2</sup>	15°C	final <sup>(2)</sup>	7.146 (50% CR)		
52 kgf/m <sup>2</sup>	15°C	final <sup>(2)</sup>		2.097 (30% CR)	2.906 (30% CR)
S / Vento	7°C	inicial <sup>(2)</sup>	4.716 (33% CR)	1.398 (20% CR)	1.940 (20% CR)
S / Vento	23°C	final <sup>(3)</sup>	2.572 (18% CR)	714 (10,2% CR)	1.193 (12,3% CR)

**Tabela 5.2 – Trações de Projeto Utilizadas para os Cabos Condutores e Pára Raios**

- (1) - o valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.
- (2) – trações no suporte
- (3) – tração média
- (4) – a tração para a condição de vento extremo com 150 anos de período de retorno está sendo limitada a 50% da carga de ruptura do cabo condutor, tornando desnecessária a verificação para a condição de vento nominal com 50 anos de período de retorno.

### • Flechas e Trações nas Temperaturas de Locação

A tabela 5.3 a seguir apresenta as trações horizontais e respectivas flechas, para as temperaturas de locação dos cabos, referentes aos vãos de 300 a 600 m.

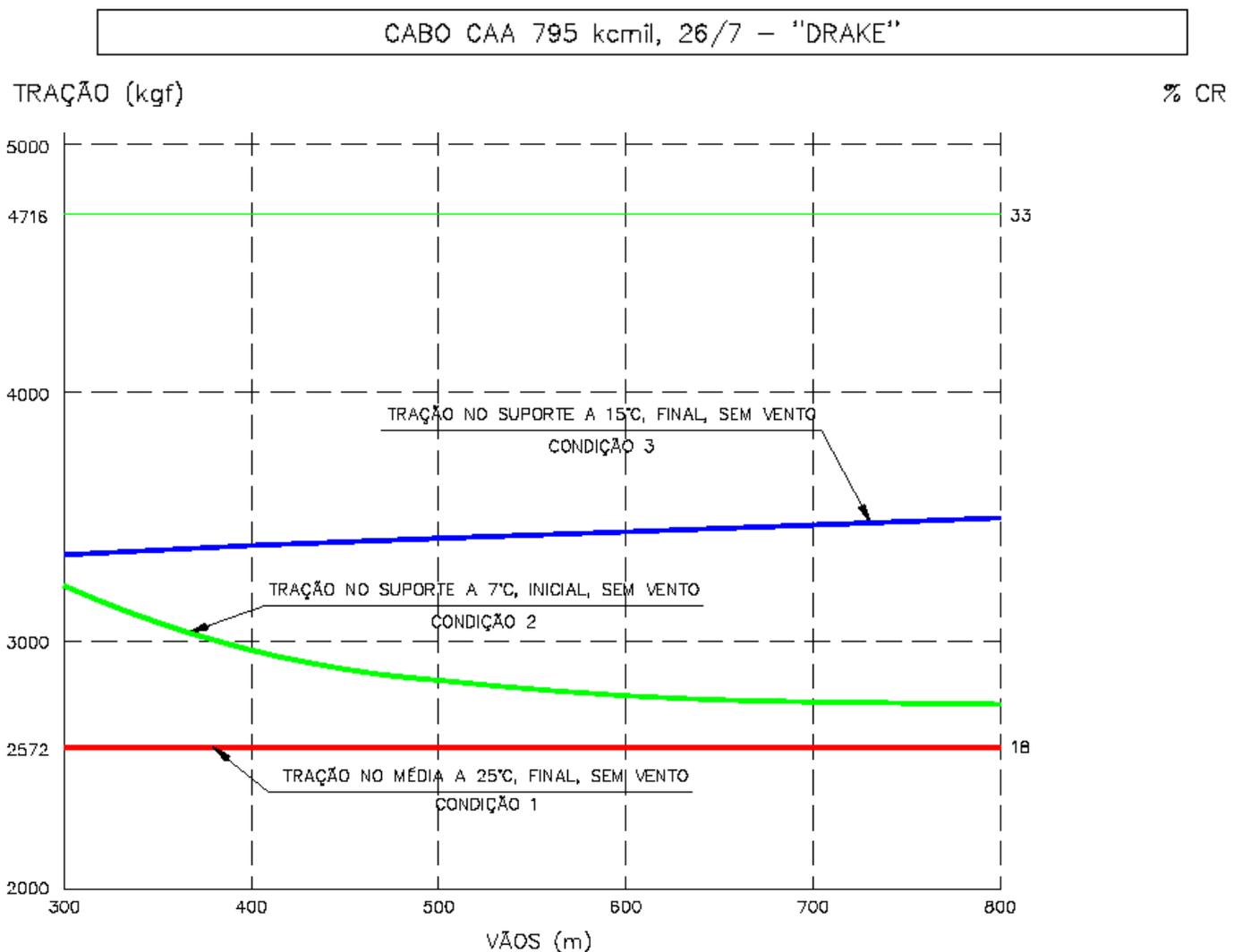
## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Vãos (m)		300	350	400	450	500	550	600
CAA DRAKE 65°C	Tração (kgf)	2138	2222	2285	2333	2371	2401	2425
	Flecha (m)	8,58	11,24	14,28	17,70	21,52	25,72	30,33
CAA DRAKE 7°C	Tração (kgf)	2803	2748	2709	2682	2662	2647	2635
	Flecha (m)	6,54	9,08	12,04	15,39	19,15	23,32	27,89
3/8" EAR 7°C	Tração (kgf)	758	748	741	736	732	729	727
	Flecha (m)	6,04	8,34	11,00	14,02	17,40	21,15	25,26
OPGW 7°C	Tração (kgf)	1285	1264	1249	1238	1230	1224	1220
	Flecha (m)	5,96	8,24	10,90	13,92	17,30	21,04	25,15

**Tabela 5.3 – Trações Horizontais e Respectivas Flechas**

### 5.3.3. GRÁFICOS TRAÇÃO X VÃO

#### 5.3.3.1. Cabo condutor CAA DRAKE



**Figura 5.1 – Gráfico Tensão X Vão – Condutor CAA Drake**

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.3.3.2. Cabo Para-Raios

Para os cabos pára-raios é condição máxima de carga 50% da ruptura do cabo a 15°C, com pressão de vento de 52 kgf/m<sup>2</sup>, equivalente a 71 km/h, sendo a condição normal de carga 10,2% da ruptura do cabo a 23 °C sem pressão de vento.

- Cabo Pára-Raios 3/8" EAR

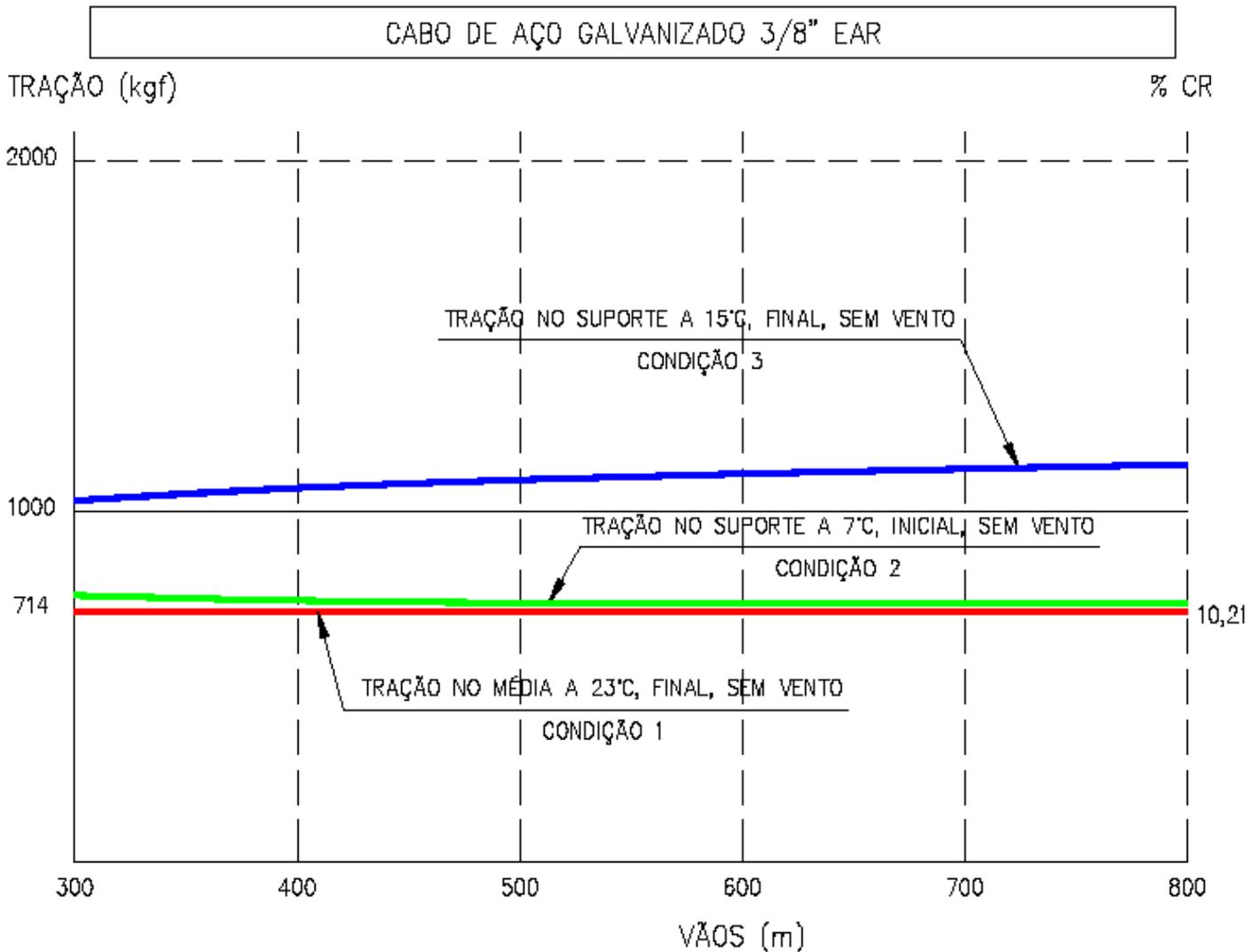


Figura 5.2 – Gráfico Tensão X Vão – Cabo Pára-Raios

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- **Cabo Pára-Raios OPGW**

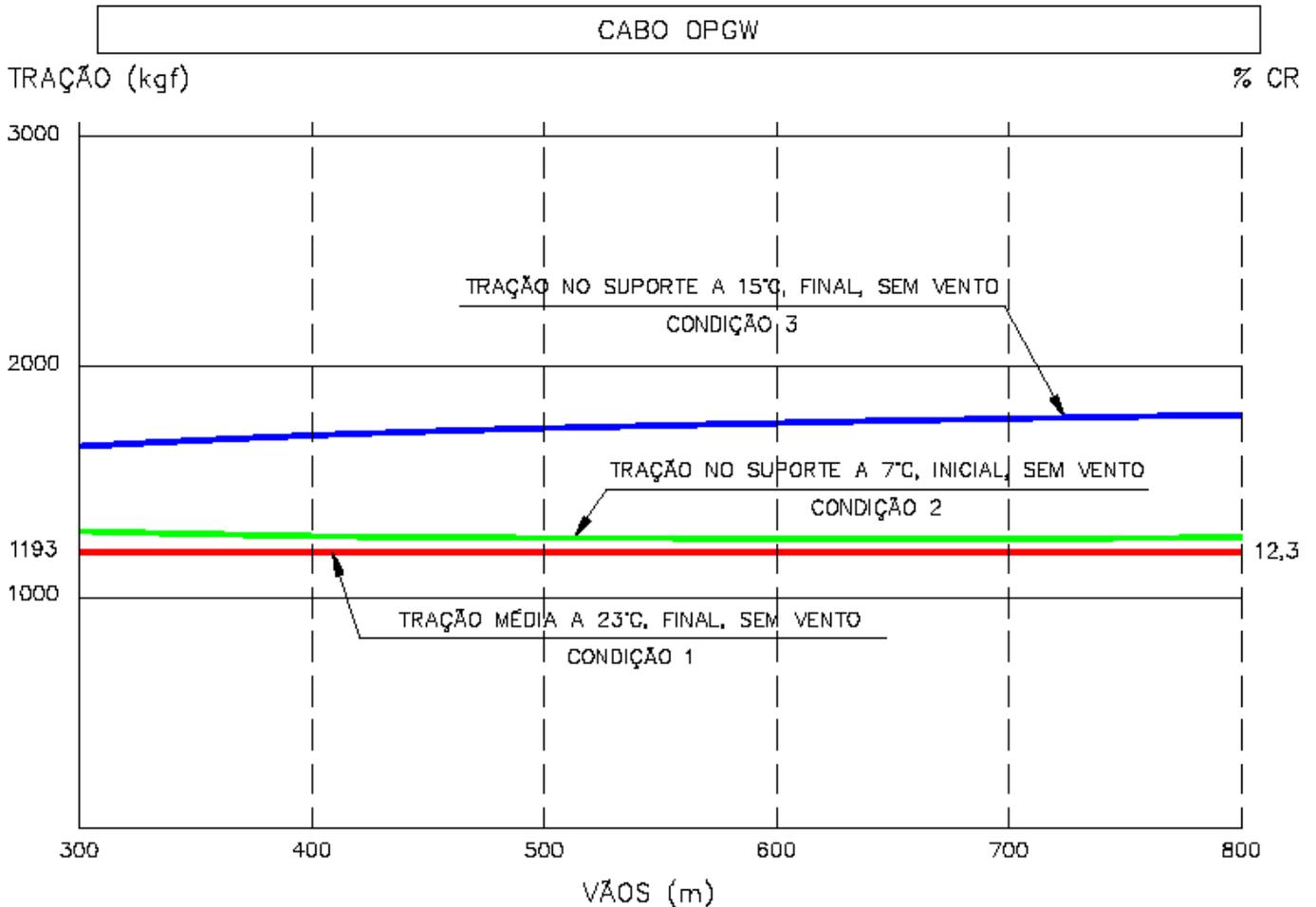


Figura 5.3 – Gráfico Tensão X Vão – Pára-Raios OPGW

### 5.3.3.3. Cabos Contrapeso

Os fios contrapeso serão do tipo aço-cobre (Copperweld) 4 AWG, seção 21,15 mm<sup>2</sup>, carga de ruptura 1.593 kgf, peso unitário 0,177 kg/m.

### 5.4. Material da Linha de Transmissão

Os condutores serão do tipo CAA 795,0 kcmil, “DRAKE”, 1 (um) condutor por fase, seção nominal 468,47 mm<sup>2</sup>, formação 26/7, peso unitário 1,628 kg/m.

Os cabos pára-raios serão 2 (dois), sendo 1 (um) de aço zincado 3/8” EAR, seção nominal 51,14 mm<sup>2</sup>, 7 fios, peso unitário 0,407 kg/m, e 1 (um) cabo OPGW com características a definir.

Os fios contrapeso serão do tipo aço-cobre (Copperweld) 4 AWG, seção 21,15 mm<sup>2</sup>, carga de ruptura 1.593 kgf, peso unitário 0,177 kg/m.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.5. Temperatura de Locação

A potência a ser transmitida pela Linha de Transmissão em circuito duplo, é da ordem de 160 MVA, sendo 50% da potência transmitida em cada circuito da linha (operação normal), ou 100% da potência transmitida em um circuito da linha (emergência).

Estudo da elevação da temperatura do cabo condutor aponta que, para a configuração utilizada, a temperatura dos cabos condutores é de aproximadamente 45°C durante a operação normal da linha de transmissão, e de 62°C durante operação de emergência, quando toda a potência é transmitida em apenas um dos circuitos.

A temperatura empregada na locação das estruturas é de 62 °C, final (“creep” de 10 anos), sem vento. Este valor corresponde à temperatura de operação de longa duração da linha levando em consideração a transmissão de toda potência gerada pela usina através de um circuito.

## 5.6. Largura da Faixa de Servidão

### 5.6.1. Critérios a Serem Atendidos

Manter distância mínima para evitar descarga à tensão máxima operativa entre os condutores das fases externas e o limite da faixa, sob condição de flecha e balanço máximos, sob ação de vento com período de retorno de, no mínimo, 10 anos, e período de integração de 30 segundos, conforme indicado no item 12 da NBR-5422/1985. Para o presente estudo está sendo adotado em período de retorno de 50 anos.

### 5.6.2. Dimensionamento Pelo Critério de Desempenho Elétrico

Os principais critérios de desempenho elétrico que devem serão observados são:

- Radiointerferência: “A relação sinal-ruído no limite da faixa de servidão, indicadora do nível de imunidade dos sinais de rádio (RI), deverá ser no mínimo igual a 24 dB, considerando nível mínimo de sinal referido na norma DENTEL, para 50% das condições atmosféricas do ano”.
- Ruído audível: “O ruído audível (RA) no limite da faixa de servidão, sob a tensão máxima operativa, durante condição de chuva fina (0,00148 mm/min) ou névoa de 4 horas de duração ou após os primeiros 15 minutos de chuva, deverá ser no máximo igual a 58 dB(A)”. Entende-se que este critério estabelece o limite máximo admissível de ruído nos primeiros 15 minutos após o término da chuva, que é uma condição desfavorável, pois geralmente o ruído ambiental é baixo e os cabos condutores da linha estão molhados o que favorece a ocorrência de um nível elevado de corona e conseqüentemente de ruído. Além disso, não existe registro de critérios que limitem o ruído audível de LT's durante a chuva, pois nestas condições a própria chuva estabelece um nível elevado de ruído e eventuais medições de campo são quase impraticáveis, pois os medidores usualmente empregados não separam o ruído provocado pela LT do ruído ambiental total.
- Campo elétrico: “O campo elétrico a um metro do solo, no limite da faixa de servidão deverá ser 5 kV/m. Deve-se assegurar que o campo no interior da faixa, em função da utilização de cada trecho da mesma, não provoque efeitos nocivos a seres humanos”.
- Campo magnético: “O campo magnético na condição de carregamento máximo e no limite da faixa de servidão deverá ser igual ou inferior a 67 A/m, equivalente a indução

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

magnética de 83  $\mu$ T. Deve-se assegurar que o campo no interior da faixa, em função da utilização de cada trecho da mesma, não provoque efeitos nocivos a seres humanos”.

### 5.6.3. Efeitos do Campo Elétrico

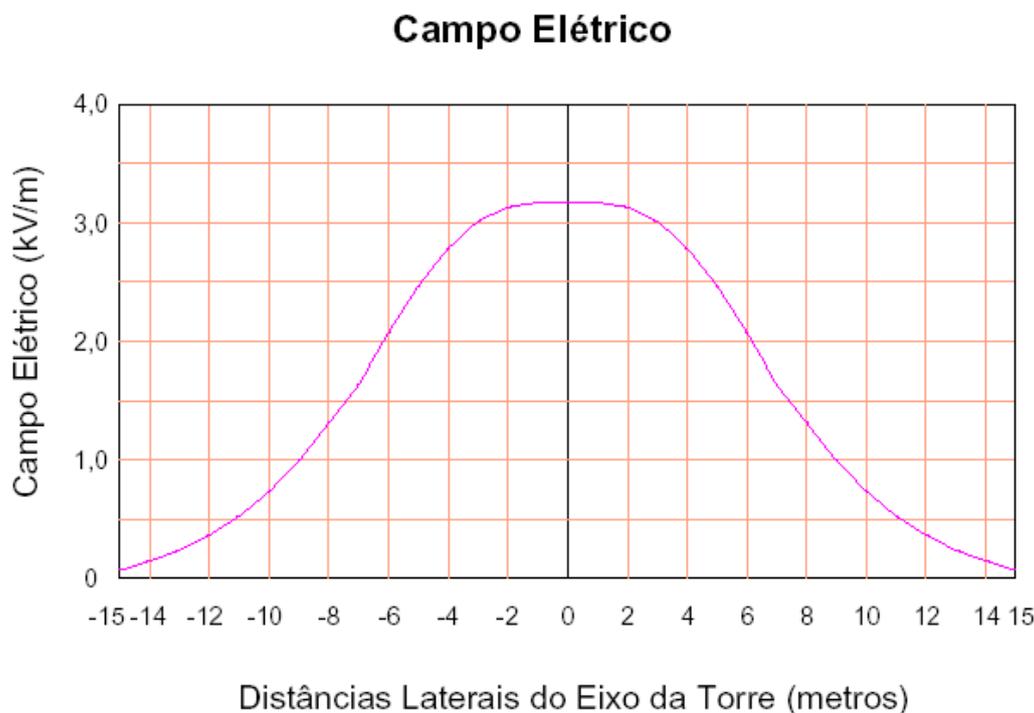
Os efeitos de indução devidos ao campo elétrico devem-se à necessidade de limitar possíveis descargas eletrostáticas e correntes capacitivas de pessoas isoladas para objetos aterrados, e de objetos isolados para pessoas perfeitamente aterradas.

Os valores limite de corrente usualmente aceites são 1.1 mA para limiar de percepção de corrente (início de incômodo) e 5 mA para corrente “let-go”, que seria um valor acima do qual começa a existir um risco mensurável de a pessoa perder o controle muscular e não ser capaz de soltar a mão da fonte da corrente.

Os métodos de cálculo dessas correntes capacitivas baseiam-se numa estimativa da capacitância do objeto em estudo a partir de suas dimensões, pelo que, uma vez estabelecidos esses valores de capacitância, retorna-se a uma situação de limitação de campo elétrico máximo admissível.

Assim verifica-se que os níveis máximos de campo elétrico sob as linhas de transmissão são suficientemente baixos para que não haja risco de acidentes pessoais devidos a correntes induzidas eletrostaticamente, feitas as ressalvas normais de respeito à faixa de passagem e de altura mínima diferenciada em travessias de rodovias e ferrovias.

A Figura 5.4 a seguir, apresenta o perfil de campo elétrico máximo ao longo da faixa de passagem para a altura mínima no meio do vão, calculado a 1 m do solo, para a máxima tensão de operação, o que constitui o caso mais conservativo.



**Figura 5.4 – Campo Elétrico**

Como pode ser observado no gráfico, é assegurado um campo elétrico abaixo do valor limite de 5 kV/m estabelecido na NBR-5422 para a largura da faixa de segurança, e abaixo do valor limite de 8,33 kV/m estabelecido pelo ICNIRP para o interior da faixa de segurança.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.6.4. Efeitos do Campo Magnético

Os níveis máximos de campo magnético sob a LT são suficientemente baixos para que não haja risco de problemas devidos à indução por campo magnético, não sendo necessária qualquer precaução adicional além daquelas normais em linhas de alta tensão, como a proibição de realizar construções residenciais, industriais ou comerciais no interior da faixa de passagem, e a restrição à circulação de pessoas e veículos, adotando as alturas já mencionadas nos casos de travessias de rodovias e ferrovias.

## 5.6.5. Radio Interferência

Os estudos de radiointerferência têm como objetivo verificar que o projeto da linha de transmissão atenda às normas e regulamentações do Ministério das Comunicações e do DENTEL. Para tal é necessário verificar que o ruído produzido pela linha não interfira nos sinais de comunicação além dos limites aceites por aqueles órgãos. Embora a faixa de comunicação de rádio seja extensa, de centenas de kHz até centenas de MHz, o ruído gerado pelo corona nos cabos condutores da LT nas frequências mais altas (transmissão por rádio em frequência modulada, FM, e televisão, TV) é suficientemente baixo para poder ser desprezado nos estudos de desempenho elétrico.

Problemas eventuais de interferência nestas faixas são invariavelmente devidos a fontes localizadas, com características de descargas parciais - isoladores ou ferragens, e devem ser resolvidos com procedimentos normais de manutenção de linha, quando ocorrerem reclamações. Assim sendo, o procedimento normal é verificar o desempenho das linhas de transmissão nas faixas de rádio com transmissão em amplitude modulada (AM), onde o corona dos cabos pode gerar ruído suficiente para provocar perturbações inaceitáveis.

No caso em estudo, adotou-se o sinal mínimo referido na norma DENTEL deva ser protegido, garantindo-se uma relação sinal-ruído de no mínimo 24 dB para 50% das condições atmosféricas do ano. O sinal mínimo a ser protegido é de 66 dB, donde se conclui que o ruído máximo aceitável, no limite da faixa de passagem, será de 42 dB em 50% das condições atmosféricas do ano.

A Figura 5.5 a seguir, apresenta o Perfil de Rádio Interferência da Linha de Transmissão ao longo da faixa de passagem, para a altura mínima no meio do vão.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

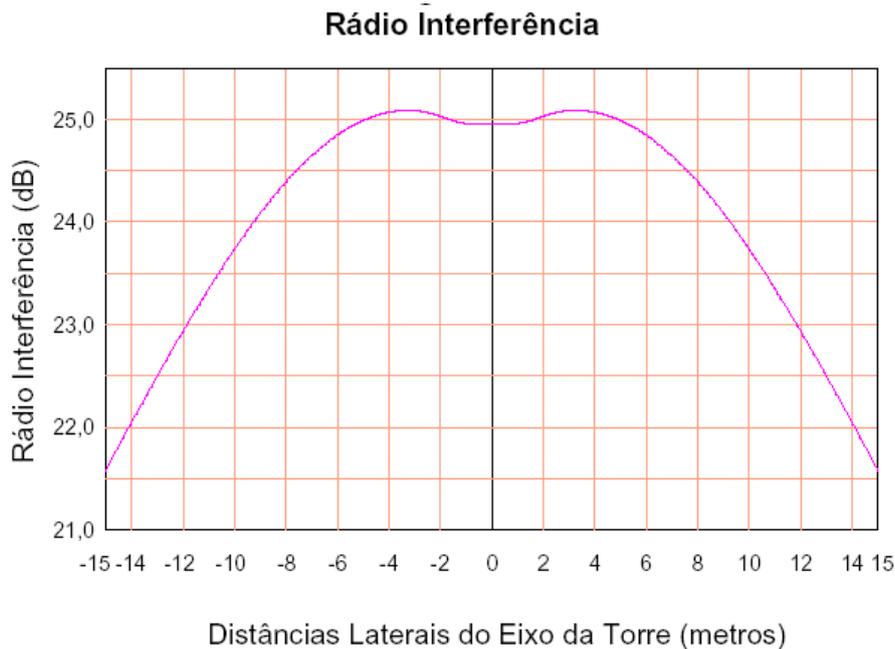


Figura 5.5 – Rádio Interferência

### 5.6.6. Ruído Audível

Nos estudos de ruído audível foi calculado o valor de ruído produzido pela linha na condição referida como “15 minutos após a chuva” ou “condutor molhado”, que é considerada a pior situação em termos de percepção deste fenômeno, por conjugar um ruído elevado da linha com um ruído ambiental usualmente muito baixo.

A Figura 5.6 a seguir, apresenta o Perfil de Ruído Audível da Linha de Transmissão ao longo da faixa de passagem, para a altura mínima no meio do vão.

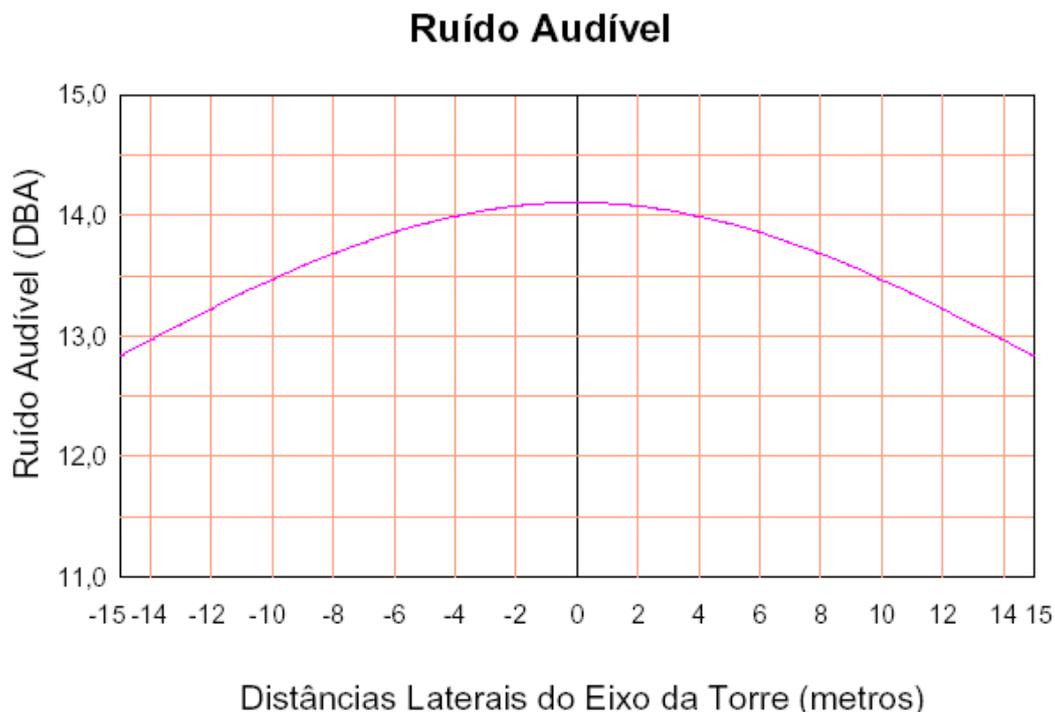


Figura 5.6 – Ruído Audível

Observando-se os dados obtidos do gráfico, pode-se perceber que os valores obtidos dentro dos limites da faixa de servidão estão muito abaixo dos limites críticos adotados.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.7. Conclusões

Os resultados dos estudos efetuados permitem concluir que os itens de desempenho da linha são integralmente atendidos, na aplicação dos critérios de operação otimizada, no limite da faixa de servidão, como resumido a seguir:

### 5.7.1. Corona Visual

Os valores máximos calculados de campo elétrico superficial dos condutores (10,6 kV/cm) e pára-raios (4,98 kV/cm) são inferiores aos limites críticos adotados (19,35 kV/cm e 22,28 kV/cm, respectivamente).

### 5.7.2. Campo Elétrico

O valor máximo calculado de campo elétrico, no interior da faixa, é de 2,2 kV/m, inferior ao máximo aceitável de 5 kV/m.

### 5.7.3. Campo Magnético

Os níveis calculados de campo magnético, no interior da faixa, é inferior ao máximo aceitável de 67 A/m, sendo suficientemente baixo para assegurar a inexistência de efeitos nocivos a seres humanos.

### 5.7.4. Radio Interferência

O valor de ruído máximo, calculado para 50% das condições atmosféricas do ano, no interior da faixa, é de 25 dB, inferior ao máximo aceitável de 42 dB.

### 5.7.5. Ruído Audível

O valor de ruído audível máximo, calculado para a pior situação do fenômeno (condutor molhado), no interior da faixa, é de 14,2 dB(A), inferior ao máximo aceitável de 58 dB(A).

## 5.8. Dimensionamento Pelo Critério Mecânico

- **Ângulo de Balanço dos Condutores**

O ângulo de balanço está sendo calculado para vento com 50 anos de período de retorno e 30 segundos de período de integração. Os valores adotados para essa velocidade de vento e correspondente pressão atuando sobre os cabos constam do item 5.9.

- **Largura da Faixa**

Conhecido o ângulo de balanço dos condutores, a largura da faixa de servidão é determinada de acordo com a metodologia estabelecida no item 12 da NBR-5422, ou seja:

$$L = 2.[b + (f + l).sen\beta + D]$$

Onde:

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

L	largura da faixa de servidão, em metros
$b = 3,3 \text{ m}$	distância da linha de centro da estrutura predominante ao ponto de fixação das fases
$f \cong 15,96 \text{ m}$	flecha do cabo condutor para vão de 450 m
$l \cong 2,1 \text{ m}$	comprimento da cadeia de isoladores e ferragens
$\beta = 25^\circ$	ângulo de balanço do condutor e da cadeia
$D \cong 1,0 \text{ m}$	distância, em metros, igual a 145 kV/150

Tendo como resultado:

$$L = 2 (3,3 + 18,06 \text{ sen } 25^\circ + 1,0) = 23,86 \text{ m} \rightarrow \text{Valor adotado: } L = 25 \text{ metros}$$

## Faixa de Segurança

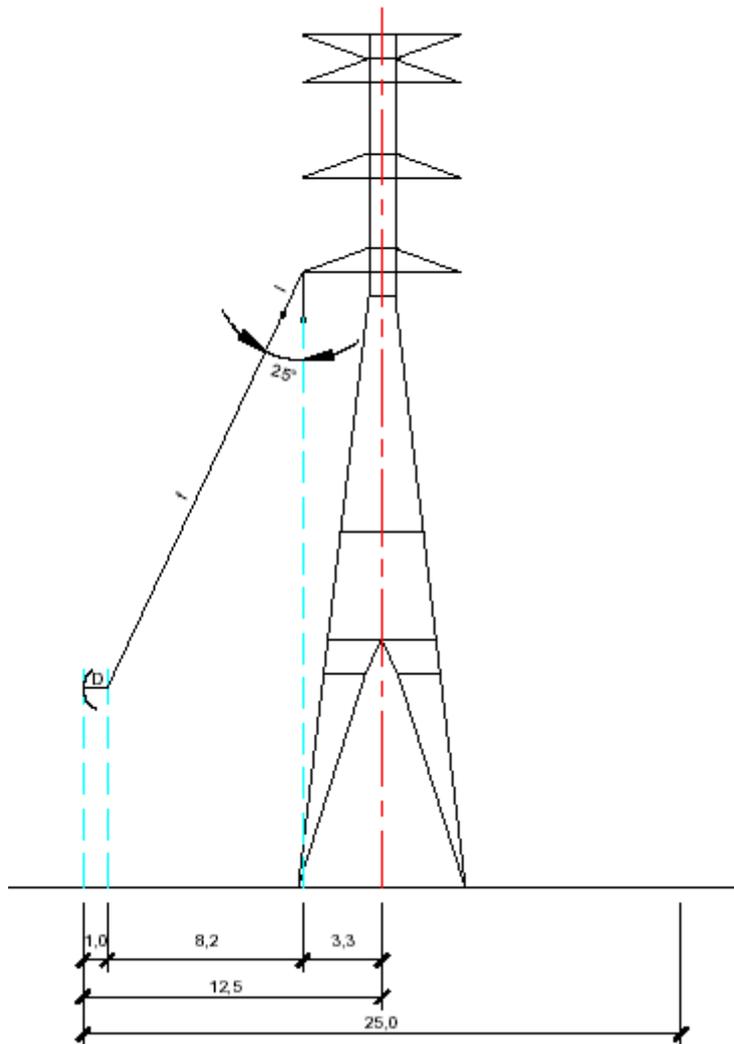


Figura 5.7 – Faixa de Segurança

### 5.9. Coordenação de Isolamento

O isolamento de uma linha de transmissão se faz através das cadeias de isoladores e dos devidos espaçamentos em ar.

Na determinação das características do isolamento são avaliadas as solicitações por tensão operativa e sobretensões de manobra. Cada uma dessas solicitações, associada a uma condição de balanço dos condutores por ação do vento, impõe diferentes requisitos de isolamento. A análise conjunta dos resultados dos diferentes estudos define as características básicas do isolamento das linhas.

Para o cálculo do ângulo de balanço, está sendo adotada a metodologia indicada na NBR-5422 e, conservativamente, velocidade do vento com período de retorno de 50 anos.

### 5.10. Aterramento das Estruturas

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

As estruturas metálicas serão aterradas de maneira a tornar a resistência de aterramento de acordo com o desempenho previsto para as linhas e a segurança de terceiros.

Será considerado um valor de 20  $\Omega$  como o limite para a resistência de aterramento das estruturas.

Estruturas isoladas com resistência de aterramento superior a 20  $\Omega$  poderão ser consideradas, desde que, no trecho em torno da mesma, a média das resistências de aterramento atenda o limite de 20  $\Omega$ .

O aterramento se restringirá à faixa de segurança da Linhas de Transmissão e não causará interferência com outras instalações existentes e/ou com atividades desenvolvidas dentro dos limites da faixa de segurança.

O fio de aterramento não deverá ser instalado dentro de um raio de 15 m de oleodutos, gasodutos, linhas de abastecimento de água ou outras linhas subterrâneas.

O sistema de aterramento das estruturas metálicas será feito através do fio de aterramento de aço-cobre (copperweld) 4 AWG, cujos comprimentos serão definidos em função dos resultados das medições de resistência de aterramento.

Serão utilizados conectores do tipo aparafusado, para ligação do fio de aterramento aos 4 (quatro) montantes das estruturas.

Para aterramento dos cabos pára-raios nas estruturas de suspensão e de ancoragem, será utilizada uma cordoalha flexível de cobre zincado, através dos grampos de suspensão e de ancoragem dos cabos pára-raios.

### 5.10.1. Configuração Geométrica do Sistema de Aterramento

A configuração geométrica do Sistema de Aterramento será constituída por quatro ramais de fio de aterramento, conectados às cantoneiras dos pés das estruturas por meio de conectores de aço galvanizado.

Os quatro ramais afastam-se da estrutura em formação radial, até os limites da faixa de segurança e daí seguem paralelos a estes limites.

Os quatro ramais devem se afastar dos pontos de fixação às estruturas em direções radialmente opostas, formando ângulos de 45° com o eixo da LT.

Os ramais serão enterrados em valetas de 80 cm de profundidade, com os comprimentos correspondentes à fase de aterramento selecionada para a estrutura.

Se necessário, serão acrescentados comprimentos adicionais de fio de aterramento, utilizando-se luvas de emenda a compressão.

### 5.10.2. Recomendações Para a Instalação do Fio de Aterramento

A seguir são descritos alguns aspectos sobre o uso de fio de aterramento, importantes para o projeto do sistema de aterramento a ser adotado.

O fio de aterramento é efetivo na redução do número de descargas devidas a surtos atmosféricos. É mais efetivo quando instalado paralelamente aos condutores, pois além de reduzir a impedância de surto do aterramento das estruturas, melhora o desempenho do isolamento da LT, devido a seu acoplamento com os condutores e pára-raios.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Fios de aterramento muito longos são menos efetivos do que o mesmo comprimento subdividido em vários ramais menores, adequadamente afastados entre si. A eficácia do fio de aterramento depende do comprimento dos ramais instalados; contudo, a partir de comprimentos da ordem de 120 m, não ocorrem melhoras no desempenho.

Comprimentos muito curtos de fio de aterramento também não devem ser usados, pois dariam origem a reflexões da onda de surto, prejudicando o desempenho do sistema de aterramento.

A profundidade de instalação do fio de aterramento tem pouca influência sobre seu desempenho e deve ser determinada, principalmente, visando protegê-lo contra atos de vandalismo. Será adotada a profundidade de 0,8 m para a instalação do fio de aterramento. Se for encontrada rocha à profundidade inferior à especificada, o fio de aterramento será colocado sobre a rocha e a valeta será fechada com terra. Em caso de afloramento rochoso, o fio de aterramento será instalado em valeta de no mínimo 5 cm de profundidade e fixado por meio de pinos de rocha espaçados de 2,0 m aproximadamente.

A valeta deverá ser fechada com argamassa de cimento com traço 1:4. Para se obter a resistência à terra especificada, para os locais de alta resistividade, deverá ser prevista a utilização de haste de aço recoberto de cobre, combinado com o contrapeso radial. Quando esta aplicação não for suficiente, deverá ser prevista a utilização de materiais redutores como betonita ou gel.

Respeitados os limites da faixa de segurança, o espaçamento entre os ramais de fio de aterramento deve ser o maior possível, de modo a evitar o acoplamento entre fios próximos.

### 5.10.3. Medição de Resistividade do Solo

Juntamente com a investigação dos solos, a ser efetuada após a conclusão do projeto de plotação inicial das estruturas, será realizada a medição de resistividade dos solos da região atravessada pelas linhas de transmissão.

Estes serviços deverão ser efetuados o mais próximo possível do marco central das estruturas, através do método de Wenner, utilizando-se de instrumento com cinco terminais, sendo dois de potencial, dois de corrente e um de guarda.

A medição de resistividade deverá ser efetuada nos locais de todas as estruturas. Além do fornecimento dos valores medidos, deverão ser fornecidas as condições do clima na ocasião em que foram efetuadas as medidas de resistividade, indicação se o solo estava seco ou úmido, se havia chovido recentemente e se a época do ano correspondia à estação chuvosa ou seca, etc., de acordo com planilha a ser preenchida.

Estão previstas três fases normais e uma especial para o sistema de aterramento, conforme a seguir descritas:

### Comprimento dos Ramais das Fases de Aterramento

FASE	COMPRIMENTO DOS RAMAIS
I	Quatro ramais com 50 (cinquenta) m de fio de aterramento por ramal
II	Quatro ramais com 75 (setenta e cinco) m de fio de aterramento por ramal
III	Quatro ramais com 100 (cem) m de fio de aterramento por ramal
IV	Fase especial, para trechos com resistividade extremamente elevada. Consistirá na instalação de ramais de fio de aterramento associados a hastes de aterramento, em configuração a ser definida pelo projetista da LT. Quando esta aplicação não for suficiente, deverão ser utilizados materiais redutores como betonita ou gel.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Tabela 5.4 – Comprimento dos Ramais das Fases de Aterramento

A indicação da fase inicial do sistema de aterramento a ser instalada em cada estrutura será feita com base nas medições de campo da resistividade do solo.

Tendo em vista a resistência de aterramento desejada (20  $\Omega$ ), será possível estabelecer a fase inicial a ser instalada, como indicado abaixo:

## Resistividade do Solo X Fases de Aterramento

FASE	RESISTIVIDADE MEDIDA ( $\Omega.m$ )
I	$\rho \leq 2.450$
II	$2.450 < \rho \leq 3.450$
III	$3.450 < \rho \leq 4.350$
IV	$4.350 \leq \rho$

Tabela 5.5 – Resistividade do Solo x Fases de Aterramento

### 5.10.4. Medição da Resistência de Aterramento

A medição da resistência de aterramento deverá ser efetuada após a concretagem e cura das fundações e, pelo menos três dias após a instalação da fase de aterramento prevista no projeto. Deverá ser feita em dia de tempo bom e com solo seco.

Se, por ocasião da medida da resistência de aterramento, a estrutura ainda não estiver completamente montada, as cantoneiras de ancoragem devem ser eletricamente interligadas com um pedaço de fio de aterramento.

A medição da resistência de aterramento das estruturas deve ser executada antes da instalação dos cabos pára-raios ou, se estes já estiverem instalados, os mesmos deverão ser isolados da estrutura.

Caso a resistência medida seja superior a 20  $\Omega$ , a fiscalização deve ser consultada sobre como proceder, podendo ser adotada umas das seguintes providências:

- Instalar a fase imediatamente acima daquela inicialmente instalada e repetir a medição, e assim sucessivamente até atingir a resistência de 20  $\Omega$  ou a Fase IV do Sistema de Aterramento.
- Deixar a estrutura com a resistência de aterramento correspondente à fase instalada, se a média das resistências das estruturas do trecho for inferior a 20  $\Omega$ .
- Solicitar ao projetista da LT o detalhamento da fase de aterramento especial para a estrutura ou trecho em questão.

### 5.11. Vibrações Eólicas

#### 5.11.1. Avaliação dos Riscos de Fadiga

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

- A avaliação dos riscos de fadiga dos cabos no sistema de transmissão leva em consideração os níveis de deformação do cabo que dependem dos seguintes fatores:
- Regime de ventos da região;
- Intensidade das vibrações;
- Tipo, características, quantidade e posicionamento dos amortecedores utilizados;
- Instruções e apoio dos fornecedores para a correta instalação dos sistemas de amortecimento, de forma a garantir o bom desempenho mecânico dos cabos frente às vibrações eólicas, minimizando os danos por fadiga decorrentes de grampos mal instalados ou de um amortecedor mal instalado.

Assim, a avaliação dos riscos de fadiga terá como base os níveis de tensionamento projetados para os cabos da linha de transmissão.

### **5.11.2. Controle das Vibrações Eólicas**

Para efeito de controle das vibrações eólicas, estão previstos amortecedores do tipo STOCKBRIDGE nos cabos pára-raios.

### **5.11.3. Exigências Relativas ao Desempenho**

O desempenho dos cabos condutores e pára-raios da LT em questão com relação às vibrações eólicas deve ser analisado considerando, em conjunto, o cabo empregado com sua carga de tração e o amortecedor de vibração com o posicionamento recomendado, o regime dos ventos e a natureza do terreno.

Os amortecedores de vibração e seu critério de posicionamento constituem o sistema de amortecimento que será proposto pelo fabricante para os cabos em questão.

Considerando que a caracterização do regime de ventos e do tipo de terreno não é uma tarefa fácil, a prática usual consiste em estabelecer um critério de segurança, que deverá ser respeitado para qualquer velocidade de vento, em regime de escoamento laminar e uniforme ao longo do vão, admitindo portanto, que o terreno é perfeitamente plano e sem obstáculos.

A verificação do desempenho dos cabos condutores e pára-raios com o sistema de amortecimento proposto deverá ser efetuada pelo fabricante por procedimento analítico, com auxílio de programas computacionais que simulem o comportamento dos cabos.

### **5.11.4. Requisitos Para Projeto de Amortecedores**

O projeto e fabricação de amortecedores deverão ser conduzidos de acordo com os requisitos estabelecidos nas Especificações Técnicas de Suprimento.

No projeto e nas recomendações para posicionamento nos vãos das linhas, o fabricante deverá levar em consideração as características específicas da linha de transmissão, as características do local e os requisitos de construção.

Os amortecedores deverão ser do tipo "STOCKBRIDGE" e deverão ser dimensionados considerando-se a utilização de grampos de suspensão dotados de armaduras preformadas, a serem fixados, diretamente no cabo além das extremidades destas.

Os pesos dos amortecedores "stockbridge" não poderão tocar o cabo ou a armadura, quando em vibração sob máxima amplitude previsível pela utilização proposta.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

O projeto deverá ser concebido de modo a evitar que as flexões de vibração dos cabos de modo geral, não excedam 150 micro-strains pico a pico, nem nos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos, nem nas garras de fixação dos dispositivos antivibratórios.

É desejável que o projeto dos amortecedores incorpore fixações de baixa compressão do cabo, de distribuição gradual em relação ao seu eixo e uniforme em sua periferia.

Para as condições normais, com a frequência de velocidade de ventos informadas nas Especificações Técnicas, a vida útil dos cabos, ferragens, amortecedores e espaçadores-amortecedores será estimada em 50 anos, com eficiência final de amortecimento acima de 66% da inicial.

## 5.11.5. Equipamentos Principais

### 5.11.5.1. Unidades Geradoras

#### a) Geradores

Os geradores serão trifásicos, síncronos, de eixo vertical, acionados por turbinas hidráulicas tipo Kaplan e com todos os sistemas auxiliares eletromecânicos necessários ao seu funcionamento.

Cada unidade geradora de eixo vertical será suportada por um mancal de guia abaixo do rotor e um mancal combinado guia escora acima do rotor.

Os geradores serão resfriados a ar, por meio de trocadores de calor ar-água na carcaça do estator. O ar circula em circuito fechado dentro do poço do gerador, e a água é proveniente do sistema de água de resfriamento da usina.

Os terminais de saída de linha de cada gerador serão ligados ao transformador elevador através de barramento blindado de fases isoladas, com derivações para o cubículo de proteção contra surtos, para o transformador de excitação e para os serviços auxiliares.

<b>Tipo</b>	Síncrono trifásico de eixo vertical
Potência nominal de cada unidade	81,56 MVA
Número de grupos geradores	2 (dois)
Tensão nominal	13.800 V
Fator de potência nominal	0,9
Frequência nominal	60 Hz
Velocidade de rotação nominal	120rpm
Classe de temperatura da isolação	F

**Tabela 5.6 – Características Principais do Gerador**

- Sistema de Excitação e Regulação de Tensão

Cada gerador será equipado, com um sistema de excitação independente, do tipo estático, alimentado por um transformador seco, ligado diretamente aos terminais do gerador.

O regulador de tensão será do tipo digital, baseado em microprocessadores, e apto para operar normalmente integrado, através de canais de comunicação digital, aos níveis superiores do sistema de supervisão e controle da usina.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- Cubículo de Proteção contra Surtos

Cada gerador será ligado a um cubículo contendo capacitores e pára raios para proteção contra surtos atmosféricos originados no sistema de transmissão e transferidos aos geradores através dos acoplamentos magnético e capacitivo do transformador elevador.

Tensão nominal	13,8 kV
Tensão máxima de operação	15 kV
Tensão suportável nominal à frequência industrial, 1 minuto	34 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	110 kV
Frequência nominal	60 Hz
Capacidade de curto-circuito simétrico, 1 s	30 kA
Grau de proteção	IP 42

**Tabela 5.7 – Características Principais do Cubículo de Proteção contra Surtos**

- Cubículo de Aterramento do Neutro

O aterramento de cada gerador será de alta impedância, através de transformador de distribuição do tipo seco ligado diretamente ao terminal de neutro, instalado no cubículo de neutro.

Tensão nominal	13,8 kV
Tensão máxima de operação	15 kV
Tensão suportável nominal à frequência industrial, 1 minuto	34 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	110 kV
Frequência nominal	60 Hz
Capacidade de curto-circuito simétrico, 1 s	30 kA
Grau de proteção	IP 42

**Tabela 5.8 – Características Principais do Cubículo de Neutro**

- Barramento Blindado

Cada gerador será conectado diretamente a um transformador elevador trifásico através de barramentos blindados, trifásicos, do tipo fases isoladas, protegidos por invólucros metálicos eletricamente contínuos, à prova de tempo, próprios para instalação interna e externa, refrigerados por ventilação natural.

Os barramentos blindados deverão suportar os esforços mecânicos e os efeitos térmicos provenientes das correntes de curto-circuito.

Dos barramentos blindados principais serão previstas derivações para os cubículos de proteção contra surtos de tensão, para os transformadores de excitação e para os serviços auxiliares.

Tensão nominal	13,8 kV
Tensão máxima de operação	15 kV
Tensão suportável nominal à frequência industrial, 1 minuto	34 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	110 kV

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Frequência nominal	60 Hz
Corrente nominal:	
Barramento Principal	4000 A
Barramento Derivação	1500 A
Capacidade de curto-circuito simétrico, 1 s:	
Barramento Principal	30 kA
Barramento Derivação	50 kA
Grau de proteção	IP 54
Resfriamento	Ventilação natural

**Tabela 5.9 – Características Principais do Barramento Blindado**

- Transformador Elevador

Os transformadores elevadores serão trifásicos, imersos em óleo isolante, com os enrolamentos de baixa tensão ligados em triângulo e os de alta tensão em estrela com neutro acessível e solidamente aterrado, refrigerados por meio de circulação natural de óleo com circulação natural de ar (ONAN) e com circulação forçada de ar (ONAF), adequados para instalação ao tempo.

Os terminais do enrolamento de baixa tensão serão ligados ao gerador através de barramento blindado de fases isoladas e os terminais do enrolamento de alta tensão, em 138 kV, serão conectados, através de linha aérea, a uma subestação situada próxima à Casa de Força.

A Usina contará com um transformador para cada unidade.

Potência nominal	81 MVA
Número de transformadores	2 (dois)
Método de resfriamento	ONAN / ONAF
Frequência nominal	60 Hz
Tensão nominal do enrolamento primário	13,8 kV
Tensão nominal do enrolamento secundário	138 kV +/- 2 x 2,5%
Grupo de ligação	YNd1
Impedância	12%
<b>Níveis de isolamento</b>	
Enrolamento primário	
Tensão máxima de operação	13,8 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	110 kV
Enrolamento secundário	
Tensão máxima de operação	145 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	650 kV

**Tabela 5.10 – Características Principais do Transformador Elevador**

### b) Turbinas Hidráulicas

O AHE Itaocara I possuirá 2 (dois) geradores síncronos com potência unitária nominal de 72,50 MW em cada gerador, acionadas respectivamente por 2 (duas) turbinas Kaplan de eixo vertical.

Foram selecionadas turbinas hidráulicas de dupla regulação com rotor do tipo Kaplan, com capacidade de produzir 74,4 MW, quando trabalhando sob queda líquida de 24,58 m e uma vazão

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

de aproximadamente 333 m<sup>3</sup>/s, com o distribuidor totalmente aberto. A rotação nominal será de 120 rpm, que corresponde à rotação síncrona de um gerador de 60 pólos.

A faixa normal de operação será de aproximadamente 30% até 100% da carga máxima, sob a respectiva altura de queda, podendo ser esperado um funcionamento estável, dentro dos limites de cavitação garantidos, o que deverá ser demonstrado por ensaio de modelo reduzido específico para a turbina.

Cada turbina será prevista com eixo vertical e caixa espiral em aço.

Todas as partes da turbina serão projetadas para resistir com segurança aos esforços máximos resultantes de operação contínua, incluindo os transitórios e a eventual ocorrência de velocidade de disparo, conforme for garantido pelo Fabricante, a partir dos ensaios de modelo reduzido e com margem de segurança suficiente para prever as diferenças de comportamento do protótipo em campo.

A velocidade de fechamento do distribuidor será ajustada, de modo que, após uma rejeição de plena carga, a sobrepressão máxima nas passagens da água, não seja superior a 25% e a sobrevelocidade alcance, no máximo, 50% acima da velocidade nominal.

A linha de centro do distribuidor da unidade está prevista na El. 59,73 m, sendo que o nível de água de jusante para 1 (uma) unidade operando a plena carga estará na cota 62,29 m (~333 m<sup>3</sup>/s) e para 2 (duas) unidades em potencia nominal estará na cota 63,20 m (666 m<sup>3</sup>/s). Estes valores deverão ser confirmados ao início do projeto executivo.

Características Principais da Turbina:

• Tipo	Kaplan de eixo vertical
• Potência de cada unidade geradora	72,50 MW
• Potência nominal no eixo de cada turbina	74,4 MW
• Número de grupos geradores	2 (duas)
• Capacidade total instalada na usina	145 MW
• Queda líquida nominal	24,58 m
• Velocidade síncrona sugerida	120 rpm
• Rendimento da turbina na potência máxima	93,0%
• Vazão nominal unitária	333 m <sup>3</sup> /s

### c) Reguladores de Velocidade

O sistema de regulação será constituído por reguladores digitais com controle tipo PID (proporcional-integral-derivativo) para regulação da frequência e/ou da potência fornecida pela unidade, possuindo para isso, transdutores de posição das palhetas diretrizes e das pás Kaplan, e transdutor de velocidade da unidade. O sistema incluirá unidades de entrada/saída, fontes de energia, chaves de controle e os acessórios necessários a um sistema digital deste tipo.

Os mecanismos de movimentação das palhetas diretrizes do distribuidor e das pás do rotor Kaplan terão resistência suficiente para suportar todos os esforços oriundos de quaisquer condições de operação, inclusive os originados de falhas de dispositivos de controle automático.

O servomotor será de acionamento hidráulico, convencional, de dupla ação, equipado com dispositivo de amortecimento para o final do seu curso.

A regulação deverá atender aos parâmetros básicos seguintes:

- sobrevelocidade em rejeição plena de carga: 50%
- sobrepressão em rejeição plena de carga: 25%

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.11.6. Equipamentos de Movimentação de Cargas da Casa de Força

### 5.11.6.1. Pórtico Rolante do Tubo de Sucção

Será previsto um pórtico rolante a deslocar-se na plataforma de jusante da Casa de Força, elevação 72,78 m, para movimentar os painéis das comportas ensecadeira do Tubo de Sucção e movimentar as tampas de fechamento dos poços de operação das comportas.

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.

Características Técnicas Principais:

• Tipo de pórtico	guincho fixo
• Vão entre as linhas de centro dos trilhos	4,20 m
• Capacidade nominal do guincho	150 kN
• Curso do guincho	25,00 m
• Elevação do piso de operação do Tubo de Sucção	72,78 m
• Extensão aproximada do caminho de rolamento	68,00 m

### 5.11.6.2. Ponte Rolante

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

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

O rotor do gerador montado será a peça mais pesada a ser içada e transportada pela ponte rolante. Esse içamento poderá ser feito com auxílio de dispositivos especiais acoplados no gancho principal e no rotor do gerador.

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

A ponte rolante deslocar-se-á sobre trilhos, instalados sobre as vigas de concreto na elevação 83,80 m.

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

Características Técnicas Principais:

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

• Vão entre as linhas de centro dos trilhos	24,00 m
• Elevação topo da viga de rolamento	83,80 m
• Extensão aproximada do caminho de rolamento	96,74 m
• Capacidade nominal do guincho principal	2200 kN
• Curso do guincho principal	22,00 m
• Capacidade nominal do guincho auxiliar	300 kN
• Curso do guincho auxiliar	24,00 m

### 5.11.7. Equipamentos Hidromecânicos

#### 5.11.7.1. Comporta Ensecadeira do Tubo de Sucção

As comportas ensecadeira irão operar nos dois vãos do Tubo de Sucção, de forma a ensecá-lo para inspeção geral e manutenção das unidades hidrogeradoras.

Será adquirido um jogo de comportas ensecadeira, capaz de fechar simultaneamente duas unidades hidrogeradoras. Cada jogo de comporta será constituído por duas comportas ensecadeira.

Cada comporta ensecadeira será composta por quatro painéis iguais e intercambiáveis, exceto um painel superior de cada jogo de comporta que será dotado de válvula “by-pass”.

As comportas ensecadeira serão metálicas de construção soldada, possuindo paramento e plano de vedação voltados para o lado a ser ensecado.

Os painéis serão manobrados com o auxílio da viga pescadora montada no gancho do pórtico rolante da Tubo de Sucção. As operações de instalação e retirada dos painéis nas ranhuras serão realizadas sob equilíbrio de pressões hidráulicas. Para a retirada dos painéis, o equilíbrio de pressões será conseguido por intermédio de duas válvulas “by-pass”, instaladas em cada painel superior da comporta, as quais serão acionadas pelo peso próprio da viga pescadora.

A viga pescadora suspenderá os painéis da comporta ensecadeira por dois ganchos que se acoplarão aos dispositivos de suspensão dos painéis e será suspensa apenas por um ponto que se acoplará ao gancho do pórtico rolante do Tubo de Sucção.

Cada painel da comporta ensecadeira será provido de quatro molas de encosto instaladas no contraguiamento, com a finalidade de, deslizando sob pressão contra as peças embutidas nas ranhuras, garantir o encosto das vedações nos seus apoios e permitir o esgotamento da unidade.

Três painéis de comporta e a viga pescadora serão estocados no topo da ranhura de operação através de dispositivos de calagem. Os demais painéis serão estocados em um poço de armazenagem localizado no bloco da Área de Montagem.

Características Técnicas Principais:

• Tipo de comporta	ensecadeira de fundo
• Operação	pórtico rolante
• Paramento e plano de vedação	montante
• Número de comportas definitivas	02
• Número de comportas provisórias	02
• Número de painéis por comporta	04
• Número total de jogos de peças fixas para as ranhuras de operação	04
• Número de jogos de peças fixas para o poço de estocagem	01

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

• Número de jogos de dispositivos de calagem	04
• Número de vigas pescadoras	01
• Vão livre	8,10 m
• Altura livre	8,50 m
• Elevação do piso de operação do Tubo de Sucção	70,18 m
• Elevação do NA máximo maximorum de jusante	70,91 m
• Elevação do NA máximo normal de jusante	63,20 m
• Elevação do NA mínimo normal de jusante	62,29 m
• Elevação da soleira da comporta	44,52 m

### 5.11.8. Equipamentos de Telecomunicações

#### 5.11.8.1. Descrição do Sistema

O sistema de telecomunicações deverá permitir a comunicação de voz, dados e de comandos de teleproteção entre o AHE Itaocara I, o AHE Itaocara II e a UHE Ilha dos Pombos; comunicações telefônicas interna e externas às usinas e subestações associadas; comunicações de dados e sistema de comunicação móvel, via rádio, para apoio à operação e manutenção da usina.

O sistema de comunicação entre as usinas deverá ser implementado através um Sistema de Digital Óptico, tipo SDH/PDH, via cabo OPGW. Este sistema deverá ser o responsável pelo transporte, no mínimo, dos seguintes serviços:

- 2 (dois) Canais Voz tipo ponto-a-ponto (Hot-Line);
- 2 (dois) Canais Voz discados;
- 2 (dois) Canais de Teleproteção;
- 2 (dois) Canais de Dados V.35 (n x 64kbps);
- 2 (dois) Canais de dados V.24/V.28;
- 2 (dois) Canais de Dados no Padrão Ethernet

No AHE Itaocara I, será instalada uma central telefônica, digital, do tipo PABX-CPA que além de realizar a comunicação interna da usina, deverá permitir a comunicação com a rede pública, através de linhas tronco e a comunicação operativa entre esta usina, o AHE Itaocara II e a UHE Ilha dos Pombos. Para tanto, as centrais deverão ser interligadas via canais do Sistema Digital Óptico.

O Sistema Digital Óptico em conjunto com o Sistema Telefônico, também servirão de suporte para comunicação de voz e dados com os Centros de Operação do ONS e das Operadoras envolvidas.

No AHE Itaocara I, também será instalada redes de comunicação de dados no padrão Ethernet para uso corporativo e operativo.

A comunicação de dados, para o sistema de medição de faturamento poderá utilizar canais de dados em banda larga, agregados Sistema Digital Óptico.

Na usina será instalada uma estação fixa do sistema de comunicação móvel, via rádio, que dará cobertura a usina e seus arredores (Tomada d'água; vertedouro, subestação elevadora, reservatório e linha de transmissão). Serão disponibilizados transceptores móveis para instalação em veículos e unidades portáteis. No Projeto Executivo deverá ser definido a faixa de frequência a ser utilizada (VHF ou UHF).

#### 5.11.8.2. Sistema Digital Óptico SDH/PDH

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

Os AHE Itaocara I, II e a UHE Ilha dos Pombos serão interligadas por 2 (duas) Linhas de Transmissão em 138 kV, onde deverão ser instalados cabos ópticos OPGW com 24 fibras ópticas (no mínimo), tipo monomodo (Single Mode). Nos trechos entre os pórticos das LT's e a Salas de Equipamentos serão utilizados cabos dielétricos com as mesmas características elétricas do cabo OPGW.

O Sistema Digital Óptico deverá ser composto por: equipamentos multiplex digitais síncronos SDH/STM-1 (155Mbps), fornecidos na configuração 1+1; transponder de comprimento de onda unidirecionais; multiplex de acesso tipo PDH; Distribuidores Ópticos; Distribuidores Digitais etc.

### **5.11.8.3. Sistema Telefônico**

O Sistema Telefônico da usina deverá ser composto por uma Central Telefônica Digital, tipo PABX-CPA, da rede de distribuição de ramais, quadros de distribuição e aparelhos telefônicos digitais e analógicos.

A configuração básica prevista para a Central Telefônica é de 30 posições para ramais digitais e analógicos; 8 posição de tronco e 1 (uma) interface E1.

Quando aplicável, a rede para distribuição dos ramais telefônicos, deverá utilizar a tecnologia de cabeamento estruturado.

### **5.11.8.4. Sistema de Comunicação de Dados**

O Sistema de Comunicação de Dados que será instalado no AHE Itaocara I, será composto por equipamentos ativos de rede (Switch Ethernet, Roteadores, conversores eletro-óptico, etc.) e pela rede de cabeamento estruturado e seus acessórios.

### **5.11.8.5. Sistema de Comunicação Móvel**

O Sistema de Comunicação Móvel deverá ser composto por uma Estação Fixa, instalada no AHE Itaocara I. Os sistemas irradiantes destas estações deverão ser projetados para dar cobertura a área da usina e seus arredores (Tomada d'água; vertedouro, subestação elevadora, reservatório e linha de transmissão).

Serão disponibilizados transceptores móveis para instalação em veículos e unidades portáteis a serem utilizados pelo pessoal de operação, manutenção e vigilância da usina.

O projeto técnico do sistema de comunicação móvel deverá ser submetido e licenciado pela ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações.

Todos os equipamentos deste sistema deverão ser homologados na ANATEL.

### **5.11.8.6. Sistema de Alimentações para Telecomunicações**

A fonte primária de alimentação dos equipamentos de telecomunicações deverá ser o Sistema de Corrente Contínua das Usinas, em 125Vcc.

Caso necessário, deverão ser fornecidos conversores de 125Vcc/48 Vcc, redundantes, (configuração 1+1), com positivo aterrado.

Para os equipamentos a serem alimentados com corrente alternada, deverão ser fornecidos Inversores de 125Vcc para 120/ 220Vca.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.11.9. Sistemas Auxiliares

### 5.11.9.1. Sistemas Auxiliares Elétricos

#### — Serviços Auxiliares de Corrente Alternada

Para o suprimento de energia em corrente alternada de forma prioritária, aos diversos painéis integrantes dos serviços auxiliares da Usina e Subestação, estão sendo previstas duas alimentações em 460 V, a partir de reatores limitadores ligados nas derivações das unidades geradoras via transformadores de 13,8 - 0,46kV, com potência de 1500 kVA.

Cada transformador irá alimentar uma barra do QDG e será considerada como fonte principal, responsável pelo suprimento de energia as cargas consideradas como não essenciais.

Como fonte de emergência será instalado um grupo diesel que alimentará o QDE.

A partir do painel QDE serão alimentadas as cargas consideradas como essenciais e assumirá as cargas, através de chaveamento manual, as cargas para partida de uma unidade geradora. A potência estimada para o gerador diesel é 750 kVA.

O QDG e o QDE alimentarão os painéis CCMU 1 e 2, CCMDE, QDCG, CCMVE, QDVT e QDSE de forma redundante e transferência automática entre as fontes. O QDE também alimentará de forma unitária os carregadores 125 Vcc, iluminação de emergência e o sistema anti-incêndio.

A concepção dos serviços auxiliares de corrente alternada é apresentada no doc. PJ0722-B-L70-CF-DI-102 – Casa de Força – Serviços Auxiliares de CA - Diagrama Unifilar Geral Simplificado.

Serão adotados os seguintes níveis de tensão:

- 460Vca +/- 10%, 60 Hz, trifásico, 3 fios, ligação estrela com neutro aterrado, para alimentação de todos os motores, e tomadas de força;
- 220/127Vca +/-10%, trifásico, 4 fios, aterrado solidamente, para alimentação do sistema de iluminação, tomadas, resistências de aquecimento de motores e aquecimento, iluminação e tomadas de painéis.

#### — Serviços Auxiliares de Corrente Contínua

As cargas de corrente contínua da casa de força serão supridas em 125Vcc +10%/-20%. O sistema será constituído por dois conjuntos carregador-bateria, operando em regime de flutuação, com capacidade, cada um deles, para suprir toda a carga.

A concepção dos serviços auxiliares de corrente contínua é apresentada doc. PJ0722-B-L70-CF-DI-103 - Casa de Força – Serviços Auxiliares de CC - Diagrama Unifilar Geral Simplificado

Cada conjunto retificador / banco de baterias será dimensionado com capacidade para suprir todas as cargas associadas e alimentará, forma independente (não paralelada), seu respectivo quadro de distribuição de 125Vcc (QCC1/2) localizados na Casa de Força.

As baterias serão constituídas de elementos chumbo-ácidos, tensão nominal 125Vcc, dimensionadas para atender, em caso de emergência, a um ciclo de descarga de 5 (cinco) horas.

Os retificadores serão do tipo estático, providos de regulação automática e manual da tensão de saída alimentado em 460V, trifásico, 60Hz.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 5.11.9.2. Sistemas Auxiliares Mecânicos

### a) Sistema de Água de Resfriamento e Serviço

O sistema de água de resfriamento tem a função de fornecer água filtrada para os radiadores de ar e trocadores de calor dos geradores (mancal de escora e guia combinado e guia superior, se aplicável), trocadores de calor do regulador da turbina, selo do eixo da turbina e mancais da turbina, como também para o Sistema de Água de Serviço, que por sua vez atenderá ao Sistema de Água Tratada (ETA).

O sistema será composto basicamente de dois filtros de limpeza automática, quatro bombas centrífugas de resfriamento, quatro bombas centrífugas do selo (caso aplicável), instrumentação de controle, quadros elétricos, tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação, redes de distribuição e suportes completos.

No Sistema de Água de Serviço, quando da derivação para a ETA, poderá haver um sistema de redução de pressão (se aplicável) para a mesma.

O sistema possuirá um filtro de limpeza automática por contra fluxo, sem interrupção do fluxo para cada Unidade, sendo que cada filtro terá capacidade para suprir as necessidades das duas Unidades Geradoras.

As captações de água bruta serão feitas à jusante da Casa de Força, isto é, captará água no canal de fuga e bombeará de acordo com as necessidades de pressão dos equipamentos, distribuindo a todos os pontos de utilização. As tomadas de água de resfriamento serão providas de grelha para proteção contra entrada de detritos. Cada tubulação de captação possuirá uma tomada para injeção de ar comprimido para desobstruir a grelha, composta de uma válvula de isolamento obrigatoriamente do tipo gaveta, válvula de retenção e tomada tipo engate rápido com diâmetro de  $\frac{3}{4}$  ". Após a tomada para injeção de ar comprimido para desobstruir a grelha, existirá também uma válvula de isolamento obrigatoriamente do tipo gaveta para bloqueio do sistema. As demais válvulas de bloqueio a montante e jusante do filtro, dentre outras, poderão ser tipo borboleta.

Os filtros de água, serão do tipo de limpeza automática por contra fluxo, sem interrupção do fluxo e dotados de malha de filtragem de 760 micrometros, no máximo. A tubulação de entrada de cada filtro será provida de um indicador de pressão e uma válvula de bloqueio e a de saída será provida de uma válvula de bloqueio, um indicador de pressão, uma válvula de retenção e um indicador de temperatura. Os filtros serão interligados entre si através do coletor de água de resfriamento.

- Antes do filtro automático será previsto um sistema de bombeamento independente (com duas bombas centrífugas, sendo uma de reserva) para cada unidade, que garanta de forma segura que a pressão a jusante do sistema não ultrapasse o valor máximo determinado pelo fabricante da Turbina/Gerador. Segurança adicional será imposta ao sistema através de válvulas de alívio de pressão, para o caso de falha do sistema de controle de pressão, para evitar danos aos equipamentos e riscos a usina.
- A válvula do ramal de distribuição da água de resfriamento para cada Unidade será do tipo borboleta motorizada comandada automaticamente pela sequência de partida e parada da Unidade e terá, também, comando remoto de abertura e fechamento através do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da Usina.
- O circuito de água de resfriamento de cada um dos equipamentos terá válvula de isolamento, indicador de pressão e indicador de temperatura na entrada e na saída e, dispositivo para o controle de vazão na saída.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- O ramal de água para os radiadores de ar do gerador será dotado de uma válvula de bloqueio do tipo borboleta, um indicador de pressão e um indicador de temperatura; o ramal de saída será dotado de um medidor de vazão, uma válvula de retenção, um indicador de pressão, um indicador de temperatura e uma válvula globo para controle de vazão. Os ramais que alimentam os demais trocadores de calor terão a mesma dotação acima, porém com válvulas de bloqueio do tipo gaveta se o DN for até 2 ½” ou de válvulas de bloqueio do tipo borboleta se o DN for igual ou superior a 3”.
- O ramal principal que alimenta a vedação do eixo será dotado de válvula de bloqueio do tipo gaveta, filtro dupla cesta (se aplicável), hidrociclone com descarga automática por diferencial de pressão, chaves de fluxo e uma válvula globo para controle de vazão.
- A água, após passar pelos trocadores de calor do regulador e mancais da turbina e pelos radiadores de ar do gerador, será descarregada no Canal de Fuga.
- A água excedente da vedação do eixo sairá pela drenagem da tampa da turbina e será encaminhada ao poço de drenagem.
- O automatismo dos filtros será feito através do painel do respectivo equipamento, que através de pressão diferencial ou relé de tempo pré-ajustado, processará a autolimpeza através de elementos filtrantes do tipo cartucho permanente com acionamento eletromecânico ou ar comprimido, podendo ter válvula de retrolavagem operada por solenóide. A descarga do filtro será coletada pelo Sistema de Drenagem da Casa de Força, podendo também, ser direcionada diretamente para o Canal de Fuga.

Do Sistema de Água de Resfriamento deriva o Sistema de Água de Serviço que será composto, basicamente, de uma rede de distribuição que abastecerá os pontos de utilização.

Esta rede de distribuição terá o coletor principal, derivando para coletores secundários, ramais e sub-ramais que distribuem a água para os pontos de consumo e tomadas de serviço da Casa de Força. Todos os coletores secundários horizontais ou verticais que atendem pontos de consumo, possuirão válvula para isolamento. Todas as tomadas de serviço possuirão válvula esfera e engate rápido com diâmetro de ¾”.

### **b) Sistema de Esvaziamento e Enchimento das Unidades**

O sistema de esvaziamento e enchimento das unidades terá a função de esvaziar ou encher o circuito hidráulico da Unidade Geradora.

O sistema será constituído basicamente de uma Sala de Bombas de Esvaziamento, um poço de esvaziamento, duas bombas verticais tipo turbina, tubulação de esvaziamento das Unidades, tubulação de descarga das bombas, instrumentação de controle, quadros elétricos, tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos (se aplicável).

O tempo para o esvaziamento total de cada unidade será de aproximadamente 10 horas (a ser confirmado na fase do Projeto Executivo) com nível de água de jusante no máximo normal. O esvaziamento total será feito até o ponto mais baixo do tubo de sucção e da adução.

A sala de bombas de esvaziamento será dotada de equipamento de levantamento para movimentação das bombas em caso de manutenção.

O poço de esvaziamento será dotado de todos os elementos necessários a operar com segurança, ou seja: será estanque, não permitindo entrada de água na sala das bombas. O poço de esvaziamento será interligado ao poço de drenagem e possuirá um respiro. O acesso ao poço será feito através de uma porta de visita com tampa estanque, localizada na Sala de Bombas de

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Esvaziamento. A descida ao fundo do poço será feita através de escada de marinho, provida de guarda-corpo.

A água acumulada no poço será descarregada por bombeamento no Canal de Fuga acima do nível máximo operacional de jusante.

Na tubulação de descarga de cada bomba terá uma válvula para admissão de ar, um indicador de pressão, uma válvula de retenção, uma válvula borboleta, uma chave de fluxo e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha.

Cada conduto forçado e tubo de sucção serão dotados de tubulação para o esvaziamento da Unidade.

Cada Tubo de Sucção será dotado de duas tubulações, uma que faz o esgotamento parcial e a outra o esgotamento total de cada unidade.

Para o esgotamento parcial, haverá a tubulação que faz a interligação do Conduto Forçado com o Tubo de Sucção e também segue para o poço de esvaziamento. Esta tubulação também serve para manter constante o nível do esvaziamento parcial, drenando por ela os vazamentos da comporta porventura existentes. Esta tubulação de interligação será dotada de uma válvula de isolamento obrigatoriamente do tipo gaveta e será instalada em um nicho específico para este fim. A tubulação que segue para o poço de esvaziamento será dotada de uma válvula de isolamento também do tipo gaveta e uma válvula de retenção do tipo portinhola (flap). Ela caminha até a sala de válvulas de esvaziamento (poço de manobra de válvulas), onde será instalada a válvula gaveta, de onde segue para o poço de esvaziamento, onde será instalada a válvula de retenção em sua extremidade dentro do poço.

A tubulação que faz o esgotamento total saindo do fundo do tubo de sucção, também caminha até a sala de válvulas de esvaziamento (poço de manobra de válvulas), onde será instalada uma válvula gaveta, de onde segue para o poço de esvaziamento, onde será instalada uma válvula de retenção do tipo portinhola (flap) em sua extremidade dentro do poço.

Todas as tomadas de captação serão providas de grelha para proteção contra entrada de detritos. Cada tubulação de esvaziamento da Unidade possuirá uma tomada para injeção de ar comprimido para desobstruir a grelha, composta de uma válvula de isolamento do tipo gaveta, válvula de retenção e tomada tipo engate rápido com diâmetro de 3/4".

O poço de esvaziamento será equipado com chaves controladoras de nível tipo de topo com deslocador, para acionamento das bombas, alarmes (local e remoto) e duas bombas verticais do tipo turbina. As bases das chaves de nível e das bombas terão montagem estanque, para não permitir que a Sala de Bombas de Esvaziamento seja inundada, caso o nível da água no poço atinja a laje de apoio das bombas.

Em operação automática as chaves de nível terão as seguintes funções:

- LS 01 - Liga e desliga a primeira bomba;
- LS 02 - Liga e desliga a segunda bomba;
- LS 03 - Alarme de nível alto, alarme de nível baixo e desliga as bombas em emergência (alarmes local e remoto);

Todos os sinais de alarmes serão enviados ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da Usina.

O controle manual do sistema, para teste e manutenção, será feito através de quadro local e o controle automático através de CCM, onde estarão alojados os demarradores para acionamento dos motores e serão feitos o automatismo, a supervisão e a interface com o Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) da Usina.

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

Prever disponibilidade para usar uma bomba submersível portátil para esgotamento da água que fica acumulada abaixo do nível de submergência das bombas em caso de manutenção do poço.

O enchimento de cada Unidade Geradora será feito através de válvula na comporta ensecadeira ou com pequena abertura da comporta vagão.

### **c) Sistema de Drenagem da Casa de Força**

O sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o canal de fuga todas as águas despejadas no interior da Casa de Força, provenientes de percolação, infiltração, descarga de equipamentos, vazamentos de tubulação e limpeza de pisos.

O sistema de drenagem será composto basicamente de uma Sala de Bombas de Drenagem, poço de drenagem, caixa separadora de água/óleo lubrificante, três bombas submersíveis de instalação fixa, instrumentação de controle, quadro elétrico, rede de drenagem dos pisos, tubulação de descarga das bombas, tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos (se aplicável).

Todas as águas vertidas dentro da Casa de Força serão coletadas em canaletas e, através de tubulações serão conduzidas por gravidade primeiramente uma caixa separadora de água/óleo. A água seguirá daí, também por gravidade, para o Poço de Drenagem, de onde então, será bombeada através de bombas submersíveis fixas diretamente para o Canal de Fuga. O óleo, após a separação, ficará contido no separador, de onde será bombeado através de bomba submersível móvel, em tubulação independente, para caminhão tanque na área de descarga.

As tubulações nos trechos horizontais deverão ter declividade mínima de 1%, e sempre que possível deverão ter aberturas para inspeção e limpeza.

O poço será equipado com três bombas de drenagem, tipo submersível, fixas por pedestal, completas com todos os seus acessórios, sendo uma principal, uma de apoio e uma de reserva, cada uma com capacidade igual à vazão afluyente ao poço de drenagem.

Faz parte deste sistema uma bomba submersível, portátil, para retirada total da água residual no poço para o caso de manutenção do mesmo, completa com todos os seus acessórios. Esta bomba será lançada ao fundo através de uma tampa de acesso, quando necessário, e deverá ser guardada no almoxarifado da usina.

Também faz parte deste sistema uma bomba tipo submersível, portátil, para retirada do óleo contido na caixa separadora, completa com todos os seus acessórios. Esta bomba será utilizada através de uma tampa de acesso, quando necessário, e deverá ser guardada no almoxarifado da usina.

O poço de drenagem será interligado ao poço de esvaziamento através de tubulação dotada de válvula gaveta, válvula de retenção do tipo portinhola (flap), com a finalidade de, em caso de necessidade, ser auxiliado na drenagem pelas bombas do sistema de esvaziamento das unidades.

Cada conjunto moto bomba possuirá na descarga um indicador de pressão, uma válvula de retenção, uma válvula borboleta, uma chave de fluxo e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha. Os três conjuntos terão suas descargas interligadas a um único tubo de recalque que descarrega a água de drenagem para jusante da Casa de Força.

O poço será equipado com chaves controladoras de nível, tipo eletrodo ou de topo com deslocador, para cada conjunto moto-bomba; um controlador de nível com contatos suficientes para atuar nos alarmes de nível baixo, nível alto e nível muito alto e, um indicador transmissor de

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

nível (com sonda piezométrica), assim como todos os elementos necessários ao seu funcionamento, tais como: tampa para acesso, escada de marinheiro, etc.

Para o esvaziamento total do poço de drenagem, no caso de manutenção, a bomba submersível portátil prevista acima, recalcará a água do poço através de mangueira flexível, que se interligará com a tubulação de recalque das bombas de drenagem. A tubulação de recalque desta bomba possuirá um indicador de pressão, uma válvula de retenção, uma válvula borboleta e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha.

A alimentação elétrica desta bomba será feita por meio de cabo flexível através de uma tomada de força instalada junto às bombas de drenagem, alimentada a partir do quadro específico.

Para a retirada do óleo contido na caixa separadora, a bomba submersível portátil prevista acima, recalcará o óleo da caixa através de mangueira flexível, que se interligará com uma tubulação de recalque independente, própria para este fim. Esta tubulação de recalque possuirá uma válvula de retenção, uma válvula gaveta e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha.

A Sala de Bombas de Drenagem será dotada de equipamento de levantamento para movimentação das bombas em caso de manutenção.

A drenagem de todos os pisos, inclusive os com possibilidade de derramamento de óleo acidental, deve obrigatoriamente passar pela caixa separadora de água e óleo antes de ser conduzida para o poço de drenagem. Exceção será concedida ao piso que não puder ser drenado por gravidade para a caixa.

O controle do sistema será feito através de quadro elétrico local, chaves de nível (acionamento das bombas) e chave de nível para alarmes.

Será previsto funcionamento em forma de revezamento dos conjuntos moto bomba. A operação dos conjuntos moto bomba será automática através de controladores de nível instalados no poço e para operação manual através de botoeiras instaladas no quadro de controle local.

Os demarradores para acionamento dos motores e proteção dos circuitos de alimentação, bem como os instrumentos necessários à supervisão e ao controle de operação das bombas (tais como: chave seletora de modalidade e botoeiras para comando manual) estarão alojados no quadro elétrico específico das bombas de drenagem que ficará instalado na própria Sala de Bombas de Drenagem.

Em operação automática as chaves de nível funcionarão da seguinte maneira:

- LS 01 - Liga e desliga a primeira bomba;
- LS 02 - Liga e desliga a segunda bomba;
- LS 03 - Liga e desliga a terceira bomba;
- LS 04 - Alarme de nível muito alto, alarme de nível alto, alarme de nível baixo e desliga as bombas em emergência (alarmes local e remoto);
- LTI 01 - Indica nível local e remoto.

Todos os sinais de alarmes serão enviados ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

### **d) Sistema de Drenagem do Vertedouro/Tomada d'Água**

Este sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o reservatório todas as águas despejadas no interior da galeria que percorre o canal de adução, as adufas de desvio e o vertedouro controlado, provenientes de percolação, infiltração, etc.

O sistema de drenagem será composto basicamente de uma Sala de Bombas de Drenagem, poço de drenagem, duas bombas submersíveis de instalação fixa, instrumentação de controle, quadro

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

elétrico, canaletas de drenagem dos pisos, tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos (se aplicável). tubulação de descarga das bombas.

Todas as águas vertidas dentro da galeria serão coletadas em canaletas e, através das mesmas serão conduzidas por gravidade, para o Poço de Drenagem, de onde então, será bombeada através de bombas submersíveis fixas diretamente para o reservatório.

O poço será equipado com duas bombas de drenagem, tipo submersível, fixas por pedestal, completas com todos os seus acessórios, sendo uma principal e uma de reserva, cada uma com capacidade igual à vazão afluyente ao poço de drenagem.

Cada conjunto moto bomba possuirá na descarga um indicador de pressão, uma válvula de retenção, uma válvula borboleta, uma chave de fluxo e um tubo com válvula gaveta para drenagem da linha. Os dois conjuntos terão suas descargas interligadas a um único tubo de recalque que descarrega a água de drenagem para montante da usina.

O poço será equipado com chaves controladoras de nível, tipo eletrodo ou de topo com deslocador, para cada conjunto moto-bomba; um controlador de nível com contatos suficientes para atuar nos alarmes de nível baixo, nível alto e nível muito alto, assim como todos os elementos necessários ao seu funcionamento, tais como: tampa para acesso (se aplicável), escada de marinheiro, etc.

A Sala de Bombas de Drenagem será dotada de equipamento de levantamento para movimentação das bombas em caso de manutenção.

O controle do sistema será feito através de quadro elétrico local, chaves de nível (acionamento das bombas) e chave de nível para alarmes.

Será previsto funcionamento em forma de revezamento dos conjuntos moto bomba. A operação dos conjuntos moto bomba será automática através de controladores de nível instalados no poço e para operação manual através de botoeiras instaladas no quadro de controle local.

Os demarradores para acionamento dos motores e proteção dos circuitos de alimentação, bem como os instrumentos necessários à supervisão e ao controle de operação das bombas (tais como: chave seletora de modalidade e botoeiras para comando manual) estarão alojados no quadro elétrico específico das bombas de drenagem que ficará instalado na própria Sala de Bombas de Drenagem.

Em operação automática as chaves de nível funcionarão da seguinte maneira:

- LS 05 - Liga e desliga a primeira bomba;
- LS 06 - Liga e desliga a segunda bomba;
- LS 07 - Alarme de nível muito alto, alarme de nível alto, alarme de nível baixo e desliga as bombas em emergência (alarmes local e remoto);

Todos os sinais de alarmes serão enviados ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

### **e) Sistema de Ar Comprimido de Serviço**

O sistema de ar comprimido de serviço terá o objetivo de fornecer ar sob pressão para ferramentas pneumáticas, tomadas de serviço, limpeza de tubulações, sistema de frenagem do gerador, operação de equipamentos e etc.

O sistema de ar comprimido de serviço será constituído basicamente de dois compressores de ar, um reservatório de ar, instrumentação de controle, quadros de controle e sinalização e de uma

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

rede de distribuição de ar comprimido para a Casa de Força, composta de tubos, válvulas e conexões, acessórios de tubulação e suportes completos.

O sistema terá dois compressores rotativos, tipo parafuso, iguais, sendo um de reserva (mas podem operar juntos), resfriados a ar, acionados por motor elétrico, controlados por regulador eletrônico e com secador de ar integrado.

O reservatório de ar será dotado de conexões roscadas ou flangeadas de entrada e saída de ar e de conexões roscadas para indicador de pressão, válvula de segurança, uma conexão reserva e dreno com purgador automático de condensado. A tubulação de entrada de ar será dotada de uma válvula de retenção e uma válvula gaveta ou esfera e a tubulação de saída de ar será dotada de válvula gaveta ou esfera.

A rede de distribuição consistirá de uma tubulação principal, ramais e sub-ramais que distribuem ar para os pontos de consumo e tomadas de serviço na Casa de Força. Todos os ramais horizontais ou verticais possuirão válvulas para isolamento. Todas as tomadas de serviço possuirão válvulas esfera e engates rápido de DN 20 mm (3/4”).

Os ramais que atendem ao Sistema de Frenagem dos Geradores e aos dispositivos auxiliares da vedação de emergência do eixo da turbina serão dotados de válvula esfera e válvula de retenção.

Nos pontos baixos da rede de ar comprimido serão previstos purgadores automáticos de condensado e nos trechos horizontais os purgadores serão instalados no máximo a cada 25 metros.

A alimentação de força dos compressores será suprida por quadro elétrico específico, que alimentará o sistema de controle de cada compressor.

O painel de controle de cada compressor propiciará as seguintes condições operacionais do sistema: ajuste da pressão máxima e mínima do sistema; ajuste da pressão de partida e parada de cada compressor; indicações de falhas.

O funcionamento dos compressores será previsto para que seja efetuado rodízio de operação, havendo a possibilidade de os dois compressores operarem simultaneamente. A seleção do compressor N° 1 ou do N° 2 para funcionar como principal será feita pela rotina de operação. A partida dos compressores é feita automática ou manualmente, dependendo da posição da chave seletora. Na posição de partida manual, cada compressor somente é ligado e desligado através da botoeira liga-desliga.

O controle automático dos compressores será baseado na pressão do reservatório. O compressor principal estando parado e a pressão no reservatório caindo de 690 kPa (man), o compressor principal parte em vazio e é acelerado até sua velocidade nominal, após o que, é automaticamente posto em carga. Quando a pressão no reservatório alcançar 710 kPa (man) o compressor é aliviado e continua a funcionar nesta condição por um período de 10 minutos, condicionado por um relé de tempo. Se o consumo de ar durante este período não for suficiente para fazer com que a pressão no reservatório caia ao limite mínimo de 690 kPa, o motor do compressor será desligado. Porém, existindo consumo de ar durante este período, de maneira que a pressão caia a 690 kPa (man), antes que o período de alívio esteja esgotado, o compressor é novamente posto em carga. A contagem de tempo só reiniciará quando o compressor for aliviado novamente. O compressor auxiliar funciona de maneira idêntica ao principal, partindo na pressão de 670 kPa (man), aliviando na pressão de 710 kPa (man) e parando após um período de alívio de 10 minutos.

Se a pressão nos reservatórios atingir 660 kPa (man) atua um alarme de pressão baixa.

Um transmissor de pressão com indicação local tipo manométrica monitora a pressão no sistema.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

As informações de pressão e alarme serão enviadas ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

### f) Sistema de Água Potável

O sistema de água tratada terá por finalidade produzir, armazenar e distribuir por gravidade água potável para todos os pontos de consumo, nas vazões e pressões requeridas nas instalações sanitárias, copas, torneiras de serviço, salas de baterias (se aplicável) e para usos gerais, na Casa de Força.

O sistema será composto por uma estação de tratamento de água (ETA), do tipo compacta pressurizada, completa, com capacidade de 1,0 a 3,0 m<sup>3</sup>/h; dois reservatórios elevados, equipamentos, válvulas, instrumentação, quadro de controle e rede de distribuição para os pontos de consumo.

Os reservatórios serão interligados entre si, possuirá tubo extravasor, tubo de saída provido de válvula gaveta e chave de nível. Quando houver manutenção em um dos reservatórios, a chave de nível também deve atuar, de forma a assegurar o abastecimento de água sem interrupção.

A estação de tratamento de água (ETA) do tipo compacta pressurizada, completa, incluirá componentes para todo o processo, compreendendo: sistema de dosagem com bombas dosadoras, bombas de transferência (caso aplicável); tinas, coagulação mediante aplicação de sulfato de alumínio, carbonato de sódio, etc.; misturador hidráulico para mistura dos produtos químicos; clarificação com separação e remoção dos sólidos em suspensão e flocos decantáveis (caso aplicável); filtração de leito múltiplo, com material filtrante; desinfecção mediante aplicação de hipoclorito de sódio; filtragem final em leito de carvão ativado (caso aplicável); correção final de pH, mediante aplicação de carbonato de sódio; KIT completo para análise da água no processo de tratamento.

O controle da ETA será feito através do quadro de controle local, capaz de executar todas as funções inerentes ao processo automaticamente (supervisão dos níveis dos reservatórios elevado, retrolavagem, bombas dosadoras, bombas de transferência-caso aplicável; misturadores), permitir o comando manual / automático e indicar as sinalizações necessárias.

O quadro de controle da ETA disporá de botão de partida e parada manual através de botoeiras e operação automática através do controlador de nível instalado nos reservatórios.

A chave de nível dos reservatórios enviará sinal local e remoto indicando ETA ligada, com informação de válvula solenóide aberta e ETA desligada, com informação de válvula solenóide fechada. Os sinais serão enviados ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os demarradores para proteção dos circuitos de alimentação, bem como, os instrumentos necessários à supervisão e ao controle de operação da ETA, ficarão alojados no Quadro de Controle da ETA.

As chaves de nível do reservatório elevado terá as seguintes funções:

- Nível 1 - Indica alarme de nível baixo no SDSC;
- Nível 2 - Liga a ETA e indica solenóide aberta no Quadro Local e na Sala de Controle;
- Nível 3 - Desliga a ETA e indica solenóide fechada no Quadro Local na Sala de Controle;
- Nível 4 - Indica alarme de nível alto no SDSC.

A operação automática de partida da ETA será bloqueada quando ocorrer um dos seguintes eventos:

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- Os filtros em operação de contra-lavagem;
- Falha das bombas dosadoras por atuação do relé térmico;
- Falha das bombas de transferência (caso aplicável);
- Perda de carga nos filtros acima do máximo especificado pelo FORNECEDOR.

A retrolavagem dos filtros: dar-se-á quando a perda de carga nos filtros atingir o valor máximo especificado pelo FORNECEDOR.

A retrolavagem será através de operação manual.

### **g) Sistema de Ventilação**

O Sistema de Ventilação da Casa de Força terá por finalidade assegurar condições adequadas aos ocupantes e equipamentos, através do suprimento de ar filtrado e da exaustão do ar de ambientes específicos, ocasionando renovação do ar, dissipação do calor gerado e a remoção ou diluição de poluentes conforme o caso.

O Sistema de Ventilação será constituído de um sistema de insuflamento central, onde haverá captação de ar junto à área externa, através venezianas, sendo este ar encaminhado através poço de concreto até alcançar a Sala dos Ventiladores, passando previamente por células de filtragem.

Por meio de 2 (dois) Ventiladores Centrífugos de Dupla Aspiração (cada um com 50% da vazão total) localizados na Sala dos Ventiladores (EL. 64,88), o ar será encaminhado, através de rede de dutos, para os seguintes ambientes:

- Galeria de Acesso ao Tubo de Sucção (EL. 51,38);
- Galeria de Equipamentos Mecânicos e Estações de Tratamento de Água e de Esgoto (EL. 56,96);
- Galeria de Equipamentos Elétricos, Sala de Baterias, Oficinas Elétrica e Mecânica, Almoarifado, Sanitários, Copa e ar de renovação para o Sistema de Ar Condicionado para a Sala de Comando Local (EL. 64,68);
- Deposito de Óleo Lubrificante (EL. 72,80).

A distribuição de ar será efetuada por meio de grelhas dispostas ao longo dos dutos, em pontos que proporcionem adequado beneficiamento dos ambientes.

Todo o ar insuflado conforme descrito acima, será naturalmente movimentado através de aberturas e escadas no sentido de alcançar o exterior, por venezianas instaladas próximas à cobertura da Casa de Força. O interior da Casa de Força será mantido ligeiramente pressurizado.

Para beneficiar os Poços das Turbinas, parte do ar do Sistema de Insuflamento, acima descrito será captada através do acesso aos poços. Para a exaustão dos Poços das Turbinas o ar será direcionado para o exterior, através duto embutido no concreto até os respectivos Exaustores Centrífugos de Simples Aspiração (1 por cada poço). Os poços serão mantidos em ligeira depressão permanente, evitando-se a contaminação dos recintos adjacentes.

Para a exaustão dos Poços dos Geradores será previsto um ramal de duto interligado ao Sistema de Exaustão dos Poços das Turbinas, com damper corta fogo de bloqueio, normalmente fechado, e que será acionado manualmente em caso de vazamento de CO<sub>2</sub> ou presença de fumaça.

A Sala de Baterias, por ser ambiente com liberação de gases de natureza acida, terá um Sistema de Exaustão próprio. Parte do ar do Sistema de Insuflamento, descrito anteriormente, será distribuído por meio de grelhas em pontos que proporcionem adequado beneficiamento do ambiente. O ar a ser exaurido será captado por meio de grelhas e direcionado para o exterior, através de duto embutido no concreto até Exaustor Tubo – Axial.

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

Para beneficiar as Estações de Tratamento de Água e de Esgoto, parte do ar do Sistema de Insuflamento, descrito anteriormente, será distribuído por meio de grelhas em pontos que proporcionem adequado beneficiamento dos ambientes. A Estação de Tratamento de Água e a Estação de Tratamento de Esgoto terão um Sistema de Exaustão próprio. O ar a ser exaurido será captado por meio de grelhas e direcionado para o exterior, através de duto embutido no concreto até os Exaustores Centrifugos de Simples Aspiração.

Para beneficiar o Deposito de Óleo Lubrificante, parte do ar do Sistema de Insuflamento, descrito anteriormente, será distribuído por meio de grelhas em pontos que proporcionem adequado beneficiamento do ambiente. O Deposito de Óleo Lubrificante, por ser ambiente com presença de poluentes, terá um Sistema de Exaustão próprio. O ar a ser exaurido será captado por meio de grelhas e direcionado para o exterior, através duto até Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração. Serão previstos dampers corta fogo tanto no ramal de insuflamento quanto no de retorno, para permitir o isolamento do Deposito de Óleo Lubrificante em caso de incêndio. O acionamento dos dampers ocorrerá automaticamente quando houver sinalização de incêndio na sala.

O Almoxarifado e as Oficinas Elétrica e Mecânica serão beneficiados por parte do ar do Sistema de Insuflamento, descrito anteriormente, sendo que a Oficinas Elétrica e Mecânica terão um Sistema de Exaustão próprio com o ar a ser exaurido sendo captado por meio de grelhas e direcionado para o exterior, através duto embutido até Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração.

Para a exaustão dos Vestiários Masculino e Feminino será previsto um sistema comum. A admissão de ar será feita por grelha a ser instalada nas respectivas portas de acesso aos vestiários, e o ar exaurido será direcionado para o exterior, através duto embutido, até Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração.

Para a exaustão da Copa será previsto um sistema próprio. A admissão de ar será feita por grelha a ser instalada na porta de acesso ao ambiente, e o ar exaurido será direcionado para o exterior, através duto embutido, até Exaustor Centrifugo de Simples Aspiração.

### **h) Sistema de Ar Condicionado**

Os Sistemas de Ar condicionado terão por finalidade a retirada de calor para propiciar funcionamento adequado de equipamentos e condições de conforto na Sala de Comando, Sala de Telecomunicação (EL. 72,80), e Sala de Controle Local (EL. 64,88).

O sistema de ar condicionado será uma instalação para verão e inverno e constituído basicamente de condicionadores de ar tipo "Split". A unidade condensadora de cada condicionador será instalada externamente e interligada a respectiva unidade evaporadora (interna) através de tubulação de cobre.

### **i) Sistema de Coleta e Separação de Água/Óleo Isolante (SÃO-I)**

O sistema terá a finalidade de captar, separar da água e recolher todo o óleo isolante que vazar de um transformador elevador, por ocasião de um sinistro.

O sistema consiste de uma bacia de contenção de óleo isolante sob cada um dos transformadores, uma tubulação coletora que drena estas bacias, um tanque separador onde o óleo é separado da água e recolhido para posterior aproveitamento, um dreno que descarrega à jusante, no canal de fuga, a água separada do óleo e uma bomba para retirada do óleo contido no tanque, tipo submersível portátil.

Este sistema também captará e conduzirá ao tanque separador, o óleo diesel e/ou lubrificante derramado em suas respectivas bacias de contenção.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## j) Sistema de Tratamento de Óleo Lubrificante

O sistema terá a finalidade de tratar o óleo lubrificante utilizado nos mancais das unidades geradoras e nos reguladores de velocidade das turbinas.

O sistema consiste de um filtro prensa móvel, dotado de mangueiras com engates rápidos para acoplamento com os equipamentos, dois tanques móveis, uma bomba de transferência móvel com conexões e mangueiras tipo engate rápido para permitir a transferência do óleo da máquina para o tanque e do tanque para o caminhão tanque, válvulas, instrumentos, quadro elétrico e uma tubulação para transferência do óleo até um caminhão posicionado na área externa da Casa de Força.

Este sistema faz a filtragem do óleo para retirada de partículas sólidas e de água nele existente.

## k) Sistema de Medições Hidráulicas

- Descrição do Sistema

O sistema terá por objetivo processar as seguintes medições: de nível de montante (nível do reservatório); de perda de carga na grade, equilíbrio de pressão nas comportas da Tomada D'Água; de nível de jusante e equilíbrio de pressão nas comportas do Tubo de Sucção.

- Medição de Nível de Montante

A medição de nível de água de montante será feita na Tomada D'Água, por uma sonda de nível para medição de pressão hidrostática do tipo piezométrica, com leitura contínua de nível no indicador/controlador local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle da Usina (SDSC) na Sala de Controle da Casa de Força e, também por régua limnimétrica a ser instalada a montante.

A medição do nível d'água montante será feita com dois sensores, um deles reserva (o do Vertedouro).

- Medição de Perda de Carga nas Grades e Equilíbrio de Pressão nas Comportas Ensecadeira da Tomada D'Água

A medição da perda de carga nas Grades da Tomada d'Água ou de equalização de pressão nas comportas será feita por comparação dos níveis de montante e de jusante das grades/comportas por duas sondas de nível, para medição de pressão hidrostática do tipo piezométrica, com leitura contínua de nível no indicador/controlador local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle. As sondas, acionam os alarmes de perda de carga nas grades, quando a diferença de nível indicada nestas sondas, posicionadas a jusante das comportas ensecadeira, em relação ao nível indicado na sonda de montante das comportas, for de 1,0 mca. Elas, também, sinalizam o equilíbrio de pressão nas comportas, após o enchimento do circuito hidráulico. A medição de nível feita por estas sondas é comparada com a medição de nível na sonda de montante.

- Medição de Nível de Jusante

A medição de nível de água de jusante será feita no Canal de Fuga por uma sonda de nível para medição de pressão hidrostática do tipo piezométrica, com leitura contínua de nível no indicador/controlador local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle da Usina (SDSC) na Sala de Controle da Casa de Força e, também por régua limnimétrica a ser instalada a jusante.

- Medição de Equilíbrio de Pressão nas Comportas dos Tubos de Sucção

Para a medição de equalização de pressão nas Comportas do Tubo de Sucção de cada Unidade após o enchimento do tubo de sucção, serão previstas tomadas piezométricas dispostas

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

adequadamente e monitoradas por Indicador Transmissor de Pressão Diferencial, instaladas em cada Unidade, com leitura local e no Sistema Digital de Supervisão e Controle da Usina (SDSC) na Sala de Controle da Casa de Força.

### **l) Sistema de Esgoto Sanitário**

O sistema de esgoto sanitário tem por finalidade coletar, bombear e tratar as águas servidas provenientes das seguintes instalações: sanitário feminino, sanitário/vestiário masculino, lavabo, depósito, bebedouro, copa e etc. O sistema será constituído basicamente de uma estação de bombeamento de esgoto (EBE), uma estação de tratamento de esgoto (ETE), tubulação principal, tubulação secundária, tubulação de ventilação, caixas de passagem e etc.

A EBE terá a finalidade de bombear o esgoto sanitário para a ETE e será composto basicamente de tanque coletor, com duas bombas de recalque (uma principal e uma reserva), instrumentação (incluindo chave de nível e etc), respiro e tampa de acesso para limpeza.

A ETE terá a finalidade de tratar adequadamente o esgoto sanitário e descarregar no Canal de Fuga e será composta basicamente de fossa séptica, filtro anaeróbio e caixa cloradora.

### **m) Sistema de Proteção Contra Incêndio**

- Descrição dos Sistemas

Os sistemas de proteção contra incêndio têm por finalidade proteger, detectar e combater incêndio em equipamentos e ambientes da usina, sujeitos a ocorrência de sinistro.

Os sistemas serão compostos basicamente por bombas “booster” para proteção aos transformadores por água nebulizada, rede de água, hidrantes, e por extintores portáteis e sobre rodas de CO<sub>2</sub> e de pó químico.

- Sistema de Água de Combate a Incêndio por Hidrantes

O sistema de proteção por hidrantes será do tipo fixo, pressurizado pela bomba “booster”, a qual entra em funcionamento abrindo-se manualmente qualquer hidrante, cujo fluxo acionará uma chave de fluxo, que comandará a partida da bomba e dará alarme de incêndio.

- Sistema de Proteção Contra Incêndio nos Transformadores

O sistema para proteção aos transformadores por água nebulizada será composto por válvulas dilúvio, detectores, redes de sprinklers com anel superior e inferior, etc. O acionamento da válvula dilúvio será por intermédio de ar comprimido ou água. Será disponibilizado próximo aos trafos ramais de ar comprimido de serviço com pressão aproximada de 700 kPa.

O limite do projeto para fornecimento de água para proteção dos transformadores por água nebulizada será nos flanges de espera próximo aos transformadores, para conexão da válvula gaveta de montante, que geralmente acompanha as válvulas dilúvio. A partir deste flange de espera, todo o sistema de água nebulizada será de competência do FORNECEDOR deste.

O sistema de proteção aos transformadores por água nebulizada será do tipo fixo e pressurizado pela mesma bomba “booster”.

O sistema entrará em funcionamento automaticamente, pela atuação de qualquer detector térmico. Quando o detector térmico for sensibilizado, provocará a abertura da válvula dilúvio e o funcionamento da bomba “booster”, e simultaneamente o pressostato enviará um sinal ao módulo de controle, que sinalizará este evento.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

O sistema também poderá ser acionado pela botoeira de acionamento manual que atuará a válvula solenóide da tubulação e abrindo a válvula dilúvio e ligando a bomba. A válvula dilúvio quando atuada, permitirá a passagem de água para a rede de Sprinkler, que acionará um alarme hidráulico.

- Sistema de Extintores de Combate a Incêndio

O sistema de proteção por extintores portáteis e sobre rodas de CO<sub>2</sub> e de pó químico, protegerá as áreas e salas na Casa de Força e será em conformidade com as recomendações da ABNT.

A Estação de Tratamento de Água, Sala do Gerador Diesel e Depósito de óleo Lubrificante, também, serão protegidas por extintores portáteis de CO<sub>2</sub> e de pó químico, em conformidade com as recomendações da ABNT.

n) Oficinas Elétrica e Mecânica

A oficina eletromecânica da Usina terá por finalidade facilitar a execução de pequenos reparos e será dotada, no mínimo dos seguintes itens:

- Uma furadeira de coluna para furos até 32 mm;
- Uma serra mecânica com capacidade de corte 155 x 155 mm;
- Uma esmerilhadeira para rebolo até 250 x 45 mm;
- Um lavador de peças com bomba e filtro;
- Um aspirador de pó industrial;
- Uma máquina de lavar piso de alta pressão;
- Uma furadeira elétrica manual tipo industrial;
- Uma lixadeira elétrica manual tipo industrial;
- Uma bigorna 500 N;
- Uma máquina de solda elétrica;
- Um sistema de solda oxi-acetileno;
- Uma mesa para desempenho;
- Um torno de bancada n° 3;
- Uma bancada para trabalhos mecânicos;
- Um estufa elétrica para secagem de eletrodos 900 x 600 mm;
- Um cj. completo de ferramentas para mecânica;
- Um armário para ferramentas mecânicas (geral);
- Uma bancada para trabalhos elétricos;
- Um cj. completo de ferramentas para elétrica (se aplicável);
- Um armário para ferramentas elétricas (se aplicável).

### **5.11.10. Sistema Digital de Supervisão e Controle e de Proteção**

#### **5.11.10.1. Sistema Digital de Supervisão e Controle - SDSC**

O Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) deverá possuir os seguintes níveis hierárquicos:

- Sala de Controle Local da Usina (SCL);
- Unidades de Aquisição e Controle (UAC);
- Sala de Controle Central da Usina (SCC).

A arquitetura do sistema deverá ser distribuída, com Unidades de Aquisição e Controle (UAC) individuais para cada unidade, para as Comportas do Vertedouro, para as Linhas de

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

Transmissão, para a Subestação e Serviços Auxiliares e para os Serviços Auxiliares da Usina, onde serão realizadas todas as funções de aquisição e controle inerentes a cada vão/equipamento/Sistema.

A Usina e a subestação associada serão supervisionadas e controladas a partir das IHM's da SCL e da SCC.

Na casa de controle da subestação haverá um terminal remoto da IHM, com a mesma funcionalidade.

As UAC's terão telas de cristal liquido que permitam a função de IHM local, de forma a possibilitar o controle e/ou supervisão dos mesmos durante o comissionamento, testes, ou operação degradada.

A rede de aquisição será um duplo anel óptico, onde todas as UAC's deverão estar conectadas através de um HUB óptico.

As UAC's não deverão se comunicar entre si e todas as informações necessárias de outros vãos deverão ser diretamente adquiridas pelas entradas das mesmas.

Os equipamentos/sistemas deverão se integrar totalmente ao Sistema de Proteção, Controle e Supervisão.

As UAC's deverão ter interfaces seriais de comunicação independentes com os reguladores de tensão e reguladores de velocidade, com a finalidade de medição e supervisão. A interface do sistema para controle com os reguladores de tensão, reguladores de velocidade será por meio de cartões de entrada / saída das UAC's.

As UAC's das unidades geradoras deverão ter um CLP exclusivo para a parada de emergência da unidade, assegurando a parada da unidade no caso de pane do CLP principal.

Ficará a cargo da UAC de cada unidade o controle e a supervisão dos sistemas auxiliares desta (ex.: sistema de circulação de óleo, sistema de resfriamento do Gerador, etc).

Deverão ser previstas, além da rede de processo, rede de proteção e de oscilografia que interligará as unidades de proteção e oscilografia das unidades geradoras, transformadores elevadores, barras e linhas aos concentradores instalados na sala de controle.

No Sistema Digital de Supervisão e Controle deverão ser atendidos todos os requisitos determinados pelo ONS.

A arquitetura do sistema está mostrada no desenho PJ0722-B-L30-GR-DE-101 - Usina - Arquitetura Básica do SDSC.

Deverão ser fornecidos os seguintes Equipamentos Principais:

- 02 UAC's para as unidades geradoras (uma para cada unidade);
- 01 UAC para os serviços auxiliares;
- 01 (uma) UAC para o vertedouro;
- 02 (duas) UAC's para as linhas de transmissão (uma para cada linha);
- 01 (uma) UAC's para a subestação;

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

As UAC's deverão ser próprias para receberem dupla alimentação em 125 Vcc a partir dos serviços auxiliares em corrente contínua.

Deverá ser prevista uma central horária que fornecerá, a partir de satélite GPS, o horário calendário, para sincronizar os diversos componentes do sistema de controle, proteção e oscilografia.

Deverão ser providos microcomputadores portáteis, para configuração, manutenção e depuração dos programas aplicativos.

A rede, os servidores, monitores e demais equipamentos instalados na sala de controle central deverão ser compatíveis para receberem alimentação ininterrupta, com tensão regulada e filtragem de surtos e tensão e frequências parasitas disponibilizado pelo sistema de alimentação da usina.

Os equipamentos serão alimentados por unidades de energia ininterrupta, em configuração redundante, do tipo "on line", que deverão fazer parte do fornecimento do SDSC.

### **5.11.10.2. Sistema de Proteção**

As funções de proteção deverão ser implementadas por relés digitais numéricos, com conversão analógico / digital e processamento digital dos sinais de entrada do processo.

O sistema de proteção deverá ser constituído por sistemas independentes do sistema digital de supervisão e controle e as proteções deverão atuar, através de seus contatos de saída, sobre os disjuntores ou dispositivos de parada de modo a garantir a parada ou desligamento do equipamento protegido sem a interferência do Sistema Digital de Supervisão e Controle.

O sistema de proteção será constituído por zonas, de modo que uma zona de proteção seja estabelecida ao redor de cada elemento do sistema a ser protegido, com vista a manter a seletividade da atuação dos relés de proteção. No entanto, deverá haver uma adequada superposição das zonas em torno dos disjuntores ou dos limites das zonas, de modo a eliminar pontos cegos ou sem proteção em todo o sistema protegido.

A atuação das diversas funções de proteção sobre os circuitos de disparo dos disjuntores principal e de campo das unidades geradoras e sobre o circuito de parada da turbina será feita através de relés de disparo de alta velocidade e relés de bloqueio.

Os relés de bloqueio serão do tipo de rearme manual e rearme elétrico. O rearme manual será efetuado a partir do Painel de Proteção do Gerador e o rearme elétrico a partir do Sistema Digital de Supervisão e Controle.

No sistema de proteção serão atendidos todos os requisitos determinados pelo ONS através dos Procedimentos de Rede.

Os esquemas de proteção estão mostrados nos desenhos PJ0722-B-L00-CF-DI-101 – Casa de Força - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição das Unidades e PJ0722-B-L00-SE-DI-101 – Subestação - Diagrama Unifilar de Proteção e Medição.

— Proteção para as LT's de 138kV:

As proteções das LT's serão constituídas por dois esquemas de proteção independentes, principal e alternada, ligados a circuitos de correntes e potenciais distintos, alimentados por sistemas de corrente contínua independentes.

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

As proteções principais e alternadas deverão atuar sobre os dois circuitos de disparo dos disjuntores das LT's.

- Proteção as Unidades Geradoras:

As proteções das unidades geradoras serão constituídas por dois esquemas de proteção independentes, principal e alternada, ligados a circuitos de corrente e potencial diferentes, alimentados por sistemas de corrente contínua independentes.

As proteções principal e alternada deverão atuar sobre os dois circuitos de disparo dos disjuntores das unidades geradoras.

- Proteção dos Transformadores Elevadores:

As proteções dos transformadores elevadores serão constituídas por um esquema de proteção, alimentado por sistema de corrente contínua independente.

As proteções deverão atuar sobre os dois circuitos de disparo dos disjuntores das unidades geradoras.

- Proteção de Barra:

A proteção de barra da subestação será assegurada por esquema de proteção diferencial constituída por módulos de vãos (periféricos) e módulo central.

A proteção diferencial de barra deverá atuar sobre os dois circuitos de disparo de todos os disjuntores a ela conectados.

- Oscilografia:

Deverão ser previstas facilidades de oscilografia independentes do sistema de proteção, com taxa de amostragem adequada a uma detalhada análise pós-falta das ocorrências.

Deverá existir uma rede de oscilografia de modo a concentrar os dados de todos os RDP's.

## **6 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA**

### **6.1. Aspectos Climáticos**

#### **6.1.1. Características Climáticas Regionais**

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 classificação de Köppen enquadra a bacia em três tipos de clima, Cwa, Cwb e Aw, descritos a seguir:

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- O Cwa possui clima mesotérmico, com verões quentes e invernos secos abrangendo regiões com altitudes entre 300 e 700 m. A temperatura média anual varia de 21,8°C a 19,5°C.
- O Cwb caracteriza-se também por clima mesotérmico, porém possui os verões brandos e chuvosos, abrangendo a região das serras. A temperatura média anual variando de 19,8°C a 17,4°C.
- O Aw é caracterizado por clima tropical quente e úmido com estação seca nos meses de outono e inverno. Cerca de 80% a 90% das chuvas acontecem no período de outubro a março. A temperatura média varia de 24,7 °C a 21,4 °C.

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 convexão 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 convexão 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 km<sup>2</sup>, e de curta duração, entre 30 minutos e 1 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 convexão provoca uma flutuabilidade do ar quente que tem menor densidade que o ar a 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.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

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 descontinuidades 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.

### 6.1.2. Parâmetros Climáticos Locais

Os estudos envolvendo os parâmetros climáticos em questão contempla: temperaturas características do ar (mínima, média e máxima), umidades relativas, insolação, evaporação e pressão atmosférica.

A estação Itaperuna, que dista aproximadamente 56 km do sítio do aproveitamento, foi considerada como a que produz os dados mais representativos das condições climáticas locais.

Para a caracterização do regime pluvial, contudo, foram utilizados os dados disponibilizados no Hidroweb para o posto pluviométrico Santo Antônio de Pádua, localizado no município de mesmo nome, a uma altitude de 70 m. A escolha se justifica por ser essa altitude semelhante à da área do projeto, que se situa entre as cotas 53 m e 90 m, e em virtude da maior proximidade, já que está a aproximadamente 17 km do local do barramento.

#### a) Temperatura do Ar

A temperatura do ar reflete os resultados dos impactos energéticos da radiação solar sobre o sistema solo-superfície-atmosfera, combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e larga escalas.

As temperaturas mais elevadas, como as que ocorrem no verão, conduzem à formação de movimentos verticais ascendentes mais pronunciados (convecção), contribuindo para que ocorram chuvas de volume muito acentuado em curto espaço de tempo.

Na Figura 6.1 é mostrada a variação ao longo do ano das temperaturas do ar.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

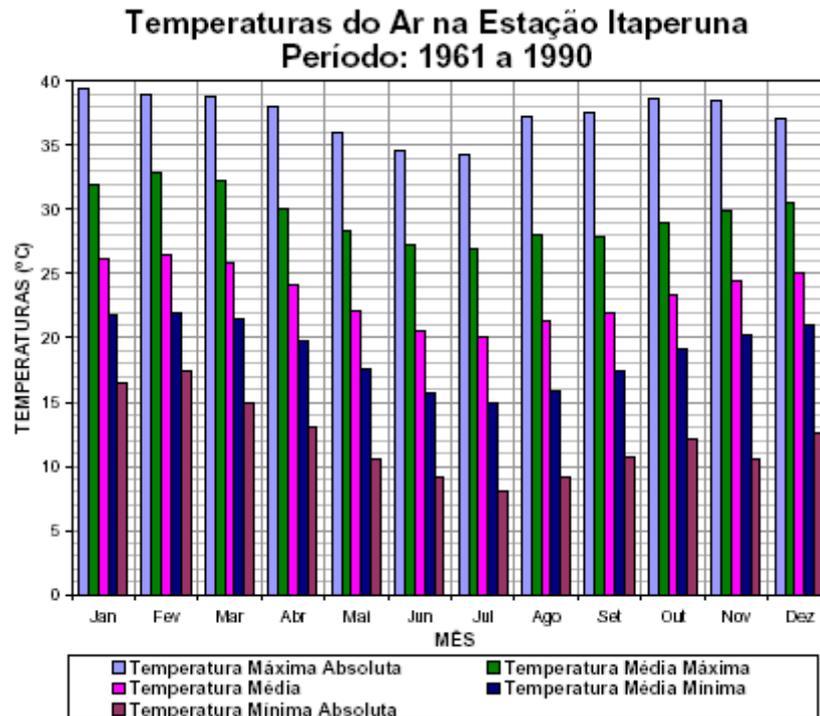


Figura 6.1 – Temperaturas do Ar – Período 1961 - 1990

Verifica-se um trimestre mais frio, entre junho e agosto, e um mais quente, entre janeiro e março.

A média anual é de 23,5°C e a sua amplitude é de 31,4°C.

A temperatura máxima absoluta medida foi de 39,4°C em 30/01/1988 e a mínima medida foi de 8,0°C em 20/07/1969.

## b) Umidade Relativa do Ar

O comportamento da umidade relativa do ar ao longo de um dia pode apresentar variações significativas em função de diversos fatores, como, por exemplo: (i) insolação; (ii) nebulosidade; (iii) direção e velocidade dos ventos e (iv) precipitação pluviométrica.

Em geral, a umidade relativa do ar tende a aumentar à noite e de madrugada, diminuindo gradativamente, à medida que o dia transcorre, após o nascer do sol.

Com a ocorrência de chuvas, e até mesmo após seu término, a umidade relativa do ar tende a aumentar no local. Portanto, uma série de combinações meteorológicas pode ocorrer e, de cada uma delas, resultar diferenciados graus de umidade relativa, dependendo também, das características da superfície e do solo na área de interesse.

Pode-se observar na Figura 6.2 que as variações das médias mensais desse parâmetro ao longo do ano não são significativas, mantendo-se altas, com valores bem próximos a 80%.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## Umidades Relativas Médias Mensais do Ar na Estação Itaperuna Período: 1961 a 1990

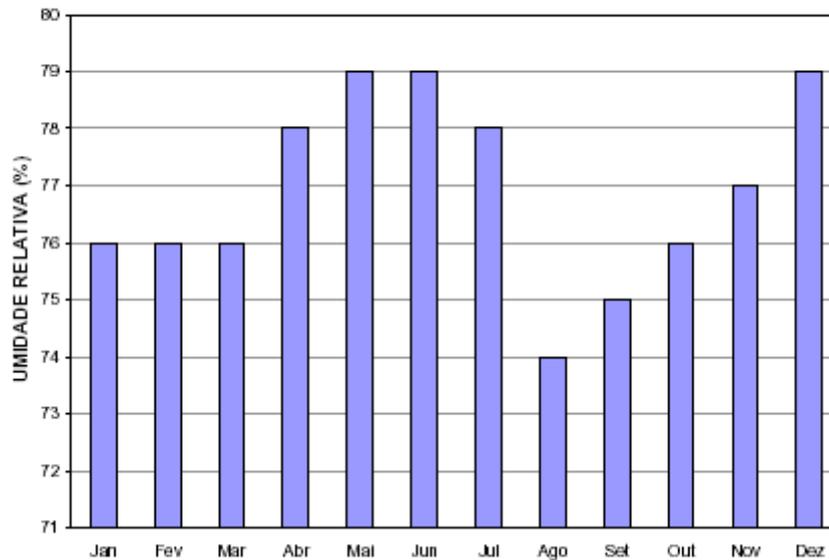


Figura 6.2 – Variações Médias Mensais – Período 1961 - 1990

A umidade relativa média anual do ar é de 77% e a sua amplitude é de 5%.

Os valores médios mensais mínimos de umidade relativa do ar situam-se nos meses de agosto a outubro, atingindo um mínimo de 74% no mês de agosto.

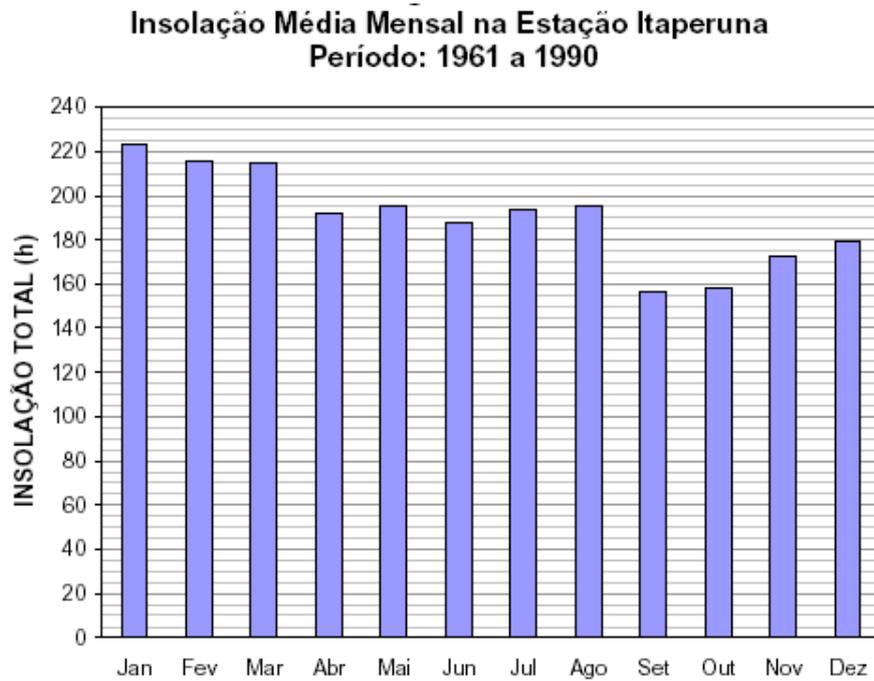
Os valores médios mensais máximos de umidade relativa do ar ocorrem nos meses de abril a julho, atingindo um máximo de 79% em maio e junho.

### c) Insolação

A insolação pode ser entendida como o número de horas de brilho solar. Depende, além dos fatores astronômicos, da nebulosidade e do livre horizonte na trajetória solar do poente.

As características da insolação na região podem ser visualizadas na Figura 6.3.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I



**Figura 6.3 – Insolação Média Mensal – Período 1961 - 1990**

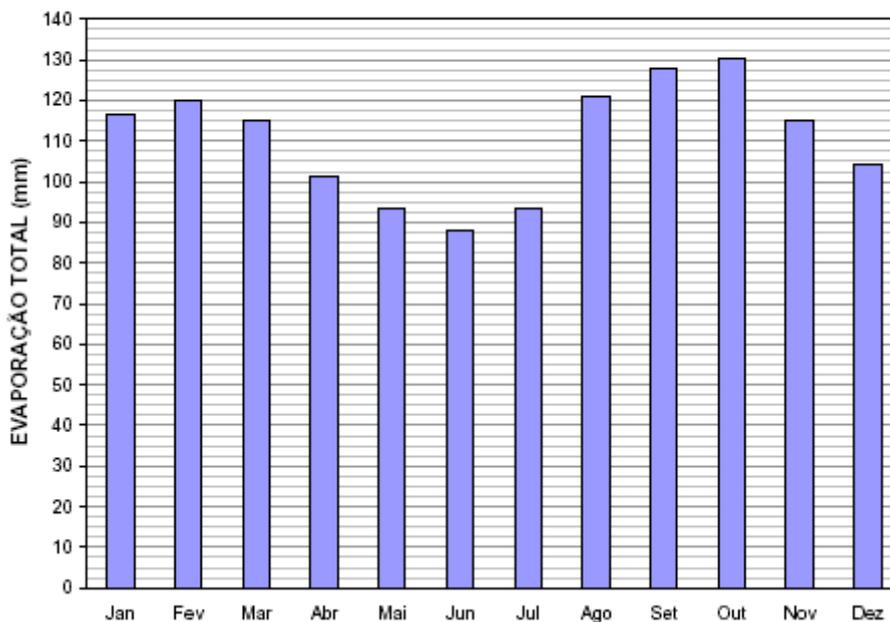
Verifica-se que a insolação média mensal local é de aproximadamente 190 horas e o seu total anual é de aproximadamente 2.284 horas.

## d) Evaporação Total

O parâmetro de evaporação total dá indicações da transferência de água do meio físico para a atmosfera.

As características de evaporação podem ser visualizadas na Figura 6.4.

**Alturas de Evaporação Médias Mensais na Estação Itaperuna**  
Período: 1961 a 1990



**Figura 6.4 – Alturas de Evaporação – Período 1961 - 1990**

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Observa-se que a evaporação média mensal local é de aproximadamente 110 mm e o seu total anual médio é de aproximadamente 1.326 mm.

As menores alturas de evaporação mensal situam-se entre maio e julho, com um mínimo de 87,8 mm em junho. As maiores ocorrem nos meses de agosto a outubro, atingindo um máximo de 130 mm em outubro.

### e) Evaporação Líquida

As alturas de evaporação líquida médias no reservatório, ou seja, o saldo entre evaporação de superfície líquida e evapotranspiração na bacia hidráulica, foram calculadas pelo programa SisEvap v 1.0, desenvolvido pelo Operador Nacional de Sistema Elétrico – ONS.

As características da evaporação líquida no reservatório em estudo podem ser visualizadas na Tabela 6.1.

**Alturas de Evaporação Líquida Médias no Reservatório**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Altura (mm)	-15	0	47	75	77	58	35	-5	-6	-7	-16	-15	228

**Tabela 6.1 - Alturas de Evaporação**

Para o cálculo foram considerados os dados das estações Itaperuna – RJ (02141045), Cordeiro – RJ (02242074), Vassouras – RJ (2243151) e Cataguases – MG (02142050).

### f) Vento

O vento resulta do deslocamento de massas de ar, derivado dos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas, sendo influenciado por efeitos locais, como, por exemplo, o orográfico.

A direção e a velocidade dos ventos estão associadas às diversas escalas de circulação atmosférica apresentando significativa interatividade espacial, e uma nítida variabilidade temporal.

Na região em estudo, pode-se destacar como os mais representativos os ventos do quadrante oeste, que ocorrem entre meados da primavera e meados do outono, trazidos por linhas de instabilidade tropical (IT), que é a porção dianteira de um distúrbio em mesoescala. O ar de convergência dinâmica no seio de uma IT acarreta, geralmente, chuvas de até 30 mm em meia hora e trovoadas. Ocorrem ocasionalmente granizo e ventos moderados e fortes, com rajadas de curta duração que atingem velocidades de 60 km/h a 90 km/h.

Tais fenômenos são mais frequentes no verão em decorrência da baixa generalizada de pressão, devida ao intenso aquecimento no interior do continente.

### g) Pressão Atmosférica

Do ponto de vista dinâmico, a pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas migratórios e locais.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica são maiores no inverno do que no verão, como pode ser observado na Figura 6.5, graças à interação de diversos fatores, tais como os astronômicos e as maiores intensidades das massas polares migratórias.

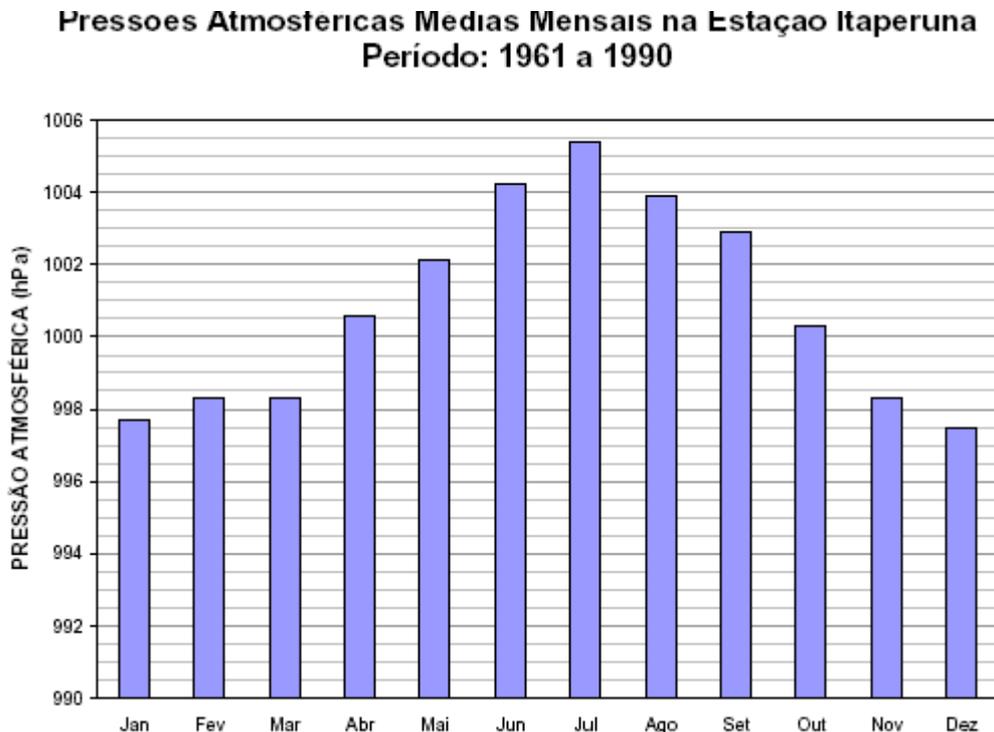


Figura 6.5 – Pressões Atmosféricas – Período 1961 - 1990

No verão, o mais intenso aquecimento solar à superfície cria forças de flutuação que induzem a movimentos verticais ascendentes, com ou sem a formação de nuvens, reduzindo, portanto, os valores da pressão atmosférica à superfície.

Pode-se verificar que a pressão atmosférica média anual local é de aproximadamente 1.001 hPa e sua amplitude é de 7,9 hPa.

Os maiores valores médios mensais de pressão atmosférica ocorrem nos meses de junho a agosto, atingindo um máximo de 1.005 hPa no mês de julho e os menores valores nos meses de novembro a março, chegando a um mínimo de aproximadamente 998 hPa.

### h) Precipitação

A caracterização desse parâmetro foi realizada, como explicado anteriormente, utilizando-se dados do posto Santo Antônio de Pádua, os quais foram obtidos no Hidroweb em 29/06/2009.

A precipitação anual no posto em questão varia entre 621 mm e 1.728 mm, apresentando uma média de 1.151 mm para o período de dados considerado, valores esses que são consistentes com o mapa de isoietas médias anuais, elaborado em 2001 pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Apresenta-se, na Tabela 6.2, a distribuição das alturas de chuva extremas médias de cada mês do ano e, na Figura 6.6, o hietograma médio mensal.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

### Alturas de Chuva Extremas e Médias Mensais no Posto Santo Antônio de Pádua (mm) Período: 1968 a 2008

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mínima	26,8	1,0	10,3	1,8	1,0	0,0	0,6	0,0	0,0	18,0	57,9	71,9	620,7
Média	190,2	105,1	112,3	68,7	35,3	23,9	22,5	24,3	64,6	103,2	173,5	227,7	1151,4
Máxima	497,3	234,4	277,6	191,3	139,0	88,4	97,0	103,4	177,5	256,8	301,2	381,4	1728,2

Tabela 6.2 - Distribuição das Alturas de Chuva – Período 1968 - 2008

### Hietograma Médio Mensal do Posto Santo Antônio de Pádua Período: 1968 a 2008

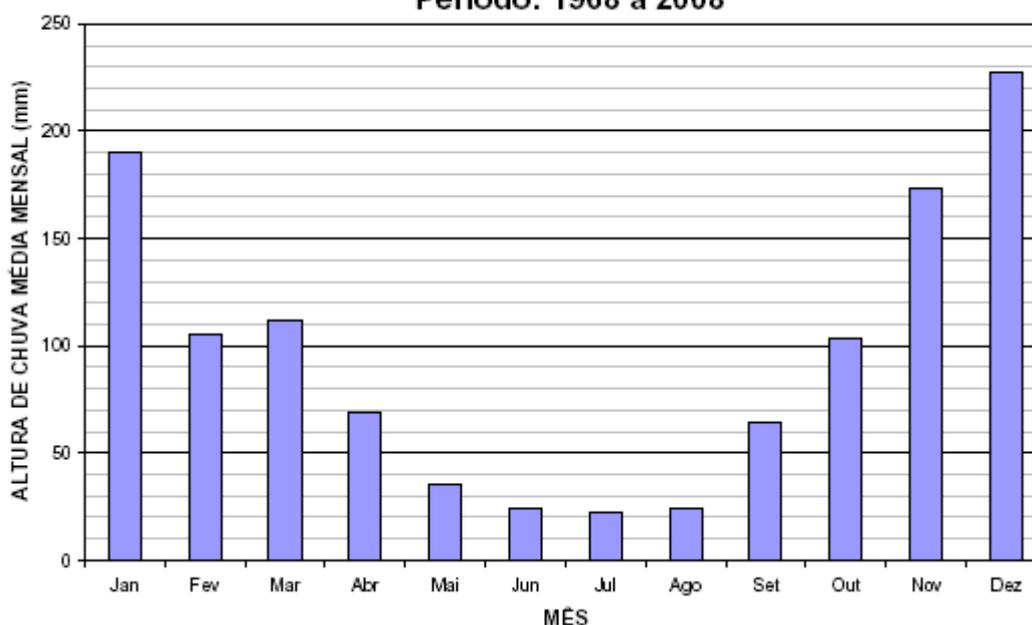


Figura 6.6 – Hietograma Médio Mensal – Período 1968 - 2008

Nota-se que o período chuvoso ocorre entre os meses de novembro a janeiro com índice superior a 170 mm.

A estiagem inicia-se em abril e estende-se até setembro, com os meses mais secos no trimestre junho-agosto, com índice mensal inferior a 25 mm.

Na Tabela 6.3 observa-se o número de dias de chuva e, na Figura 6.7, o número de dias de chuva médios, em cada mês, sendo considerados como dias de chuva aqueles com precipitação maior ou igual a 5 mm.

### Número de Dias de Chuva no Posto Santo Antônio de Pádua Período: 1968 a 2008

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Mínima	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	5	13
Média	8	5,3	5,4	3,5	1,9	1,2	1,4	1,2	3,8	4,8	8	9,8	54
Máxima	16	10	13	10	6	6	4	4	10	9	15	16	119

Tabela 6.3 - Distribuição das Alturas de Chuva – Período 1968 - 2008

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I



**Figura 6.7 –Número Médio de Dias de Chuva – Período 1968 - 2008**

Da análise da Tabela 6.3 e da Figura 6.7 verifica-se que:

- Ocorrem, em média, 54 dias com chuva, por ano, o que corresponde a cerca de 15% do tempo;
- Em média, os meses com maior incidência de dias chuvosos localizam-se no trimestre novembro-janeiro, quando cerca de 29% dos dias são chuvosos;
- 
- No trimestre mais seco junho – agosto, apenas 4% dos dias são chuvosos.

### 6.1.3. Chuvas Intensas

Para a definição das equações do tipo IDF (intensidade-duração-frequência) empregou-se o “Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro”, elaborado em 2000 pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Segundo esse estudo, o posto Santo Antônio de Pádua, pertence à região homogênea 1,



## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

A Resolução n.º 211 estabelece, para a UEL Santa Cecília, a defluência mínima de 71 m<sup>3</sup>/s e o bombeamento mínimo de 119 m<sup>3</sup>/s, e para a UHE Pereira Passos a defluência mínima de 120 m<sup>3</sup>/s para atendimento dos requisitos do Rio Guandu. Define também que, quando a vazão incremental entre a UHE Funil e a UEL Santa Cecília for maior que 110 m<sup>3</sup>/s, a vazão emergencial de 71 m<sup>3</sup>/s a jusante de Santa Cecília deverá ser gradativamente aumentada, até atingir o limite da vazão mínima normal de 90 m<sup>3</sup>/s.

Nas condições hidrologicamente desfavoráveis que ocorreram entre 2003 e 2004 as reduções de vazão adotadas foram mais severas, tendo a ANA, através da Resolução n.º 282, de 04/08/2003, autorizado a redução da afluência na UEL Santa Cecília para 160 m<sup>3</sup>/s, que levou a se praticar uma defluência de 51 m<sup>3</sup>/s e um bombeamento de 109 m<sup>3</sup>/s.

Na Tabela 6.4 é apresentado o resumo das alternativas de afluência à UEL Santa Cecília, e sua repartição entre defluência e bombeamento, consideradas na simulação das regras operativas, em função das condições hidrológicas prevaletentes. A adoção de cada condição operativa é feita pela comparação do volume útil atingido a cada mês na simulação com o seu correspondente valor na chamada “curva limite”, que representa um vetor anual de valores mensais calculado para indicar a necessidade de redução da vazão.

### Condições Operativas dos Reservatórios do Rio Paraíba do Sul e Vazões na Usina Elevatória Santa Cecília

Condição Operativa	Afluência (m <sup>3</sup> /s)	Defluência (m <sup>3</sup> /s)	Bombeamento (m <sup>3</sup> /s)
Normal	250	90	160
Reduzida	190	71	119
Emergência	160	51	109

Tabela 6.4 - Condições Operativas do Rio Paraíba e vazões da Elevatória de Santa Cecília

A série de vazões regularizadas mensais do AHE Itaocara I foi estabelecida, para o histórico 1931/2007, através de modelo de simulação hidráulica com base nas séries de vazões naturais dos aproveitamentos de Tocos, Lajes, Santana, Santa Cecília e Itaocara, e nas regras operativas vigentes para o sistema hidroenergético do Rio Paraíba do Sul e do Complexo de Lajes.

A simulação das vazões afluentes, bombeadas e vertidas na Usina Elevatória Santa Cecília foi executada considerando-se, localizado nesta usina, um reservatório equivalente aos reservatórios de regularização do Rio Paraíba do Sul (Paraibuna- Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil).

Na simulação hidráulica das usinas elevatórias e hidrelétricas do Complexo de Lajes, foram adotados índices de indisponibilidade forçada médios de 5 anos, observados em cada usina. A indisponibilidade programada de cada usina, representada por cronograma típico de paradas das unidades geradoras e de bombeamento para manutenção, é apresentada na Tabela 6.5.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## Taxas de Indisponibilidade Forçada das Usinas da Light

Usina	TEIF
Fontes Nova	0,99%
Ilha dos Pombos	0,50%
Nilo Peçanha	0,91%
Pereira Passos	0,25%
Santa Branca	2,73%
Santa Cecília	2,07%
Vigário	0,62%

Tabela 6.5 - Taxa de Indisponibilidade Forçada

### 6.1.4.2. Vazões Máximas

O presente item tem como finalidade apresentar os estudos desenvolvidos para estimar as vazões máximas de projeto do AHE Itaocara I.

Em virtude das diferentes necessidades de dimensionamento hidráulico, os estudos em questão foram realizados considerando-se dados anuais e de estiagens.

Foram utilizadas vazões médias diárias do rio Paraíba do Sul observadas no posto fluviométrico Anta obtidas no Hidroweb em novembro/2008. As vazões nos postos fluviométricos Queluz e Pindamonhangaba foram determinadas a partir das curvas-chave estabelecidas no âmbito deste projeto. Também foram realizados estudos com base nas vazões resultantes da operação da UHE Ilha dos Pombos, conforme explicado a seguir.

### 6.1.4.3. Vazões de Cheia de Postos Fluviométricos

Foi realizada análise estatística das vazões máximas do posto fluviométrico Anta, que é aquele mais próximo do sítio do AHE Itaocara e com maior histórico de dados. Cogitou-se, também, de empregar os dados do posto São Fidélis ( $A = 46.731 \text{ km}^2$ ), concluindo-se, entretanto, que o correspondente estudo não seria tão representativo em face da existência do rio Pomba, importante afluente do rio Paraíba do Sul, entre o local do aproveitamento e o posto supracitado.

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, localizado a montante da UHE Funil. O gráfico correspondente é apresentado na Figura 6.9.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

### Correlação entre Vazões Máximas Mensais nos Postos Anta e Queluz Período Considerado: novembro de 1934 a novembro de 1969

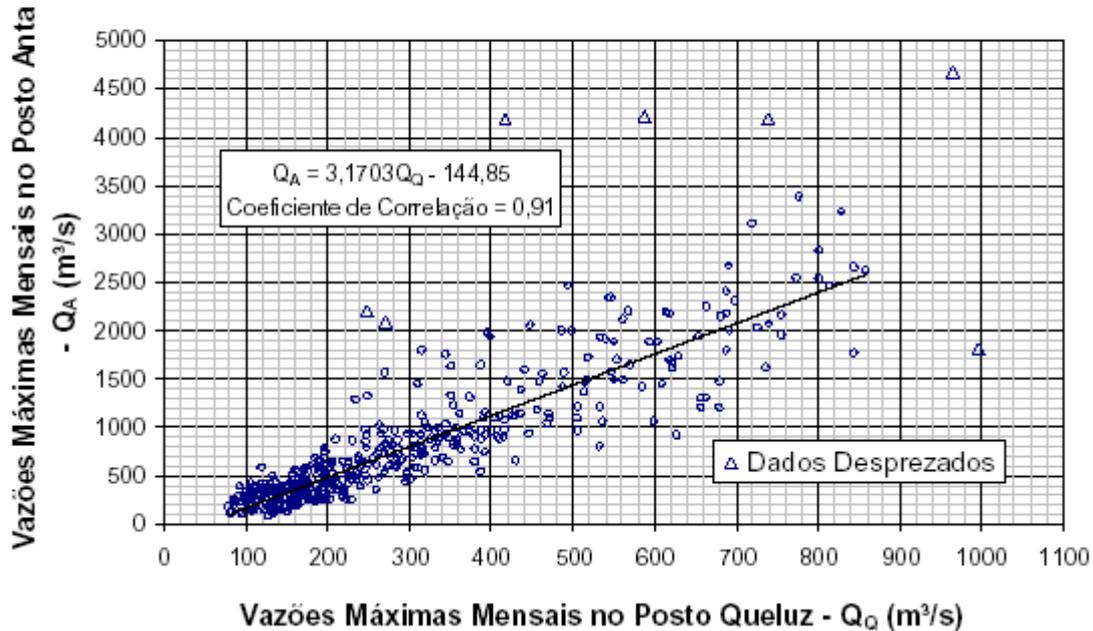


Figura 6.9 - Correlação entre Vazões Máximas Mensais – Período 1934 - 1969

As falhas existentes no posto Queluz, relativas aos períodos de abril de 1980 a janeiro de 1988, outubro de 1995 a dezembro de 1999 e janeiro de 2002 a dezembro de 2002, foram preenchidas utilizando-se correlação com os dados do posto Pindamonhangaba, situado, também, a montante da UHE Funil. A correlação em questão é apresentada na Figura 6.10.

### Correlação entre Vazões Máximas Mensais nos Postos Queluz e Pindamonhangaba Período Considerado: janeiro de 1939 a setembro de 2006

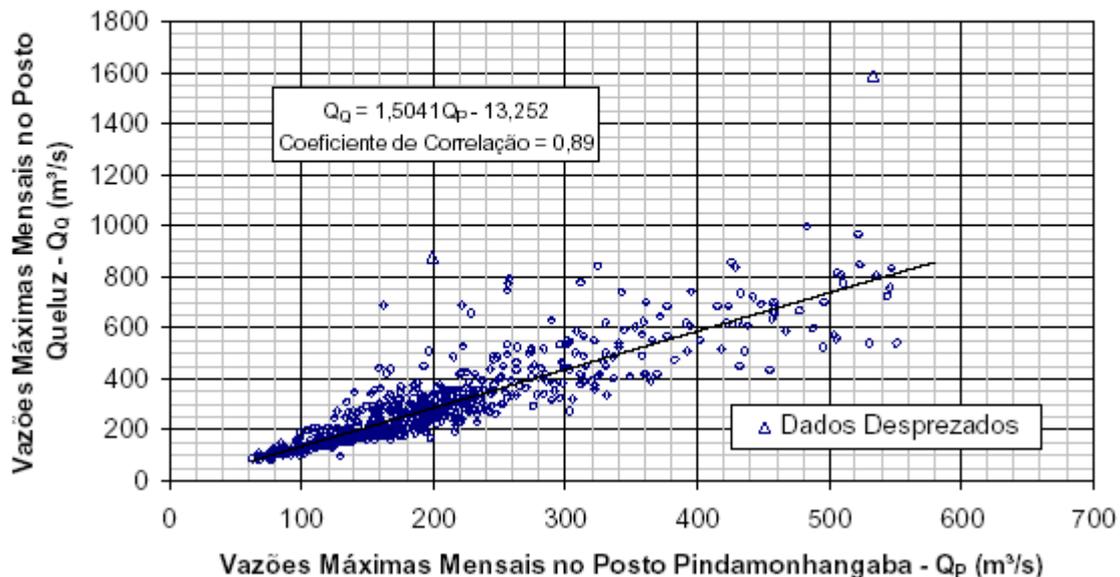


Figura 6.10 - Correlação entre Vazões Máximas Mensais – Período 1939 - 2006

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 6.4.2.4. Vazões de Cheia da UHE Ilha dos Pombos

Análise similar a do item anterior foi realizada com a série de vazões regularizadas na UHE Ilha dos Pombos, fornecida pela Light, com a finalidade de comparar os respectivos resultados. O ajustamento obtido encontra-se representado no gráfico de Gumbel da Figura 6.11.

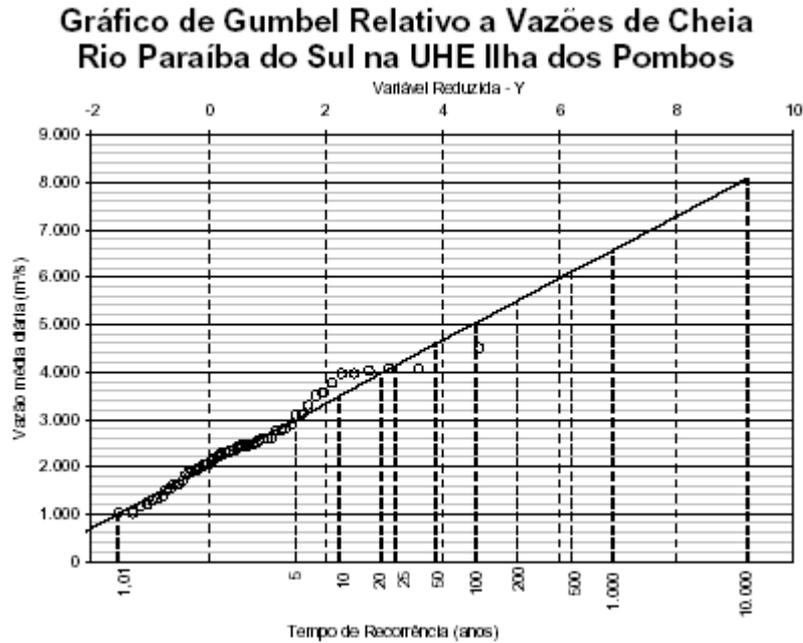


Figura 6.11 – Gráfico de Gumbel – Vazões de Cheia do Rio Paraíba do Sul

Esse gráfico conduz, por exemplo, a uma vazão decamilenar de 9.059 m<sup>3</sup>/s, que transposta para o local do aproveitamento resultaria numa vazão instantânea de 9.480 m<sup>3</sup>/s. Esse valor é inferior ao estimado a partir dos dados do posto Anta, pois corresponde a uma vazão regularizada, conforme já explicado.

## 6.4.2.5. Vazões de Cheia de Projeto de Aproveitamentos Hidrelétricos

As vazões decamilenares obtidas foram plotadas juntamente com aquelas determinadas em outros estudos e referentes a outros aproveitamentos do rio Paraíba do Sul. No histograma resultante, apresentado na Figura 6.12, as barras superiores representam os locais mais a montante e vice-versa.

Comparação das Vazões de Cheia Decamilenares (m<sup>3</sup>/s)

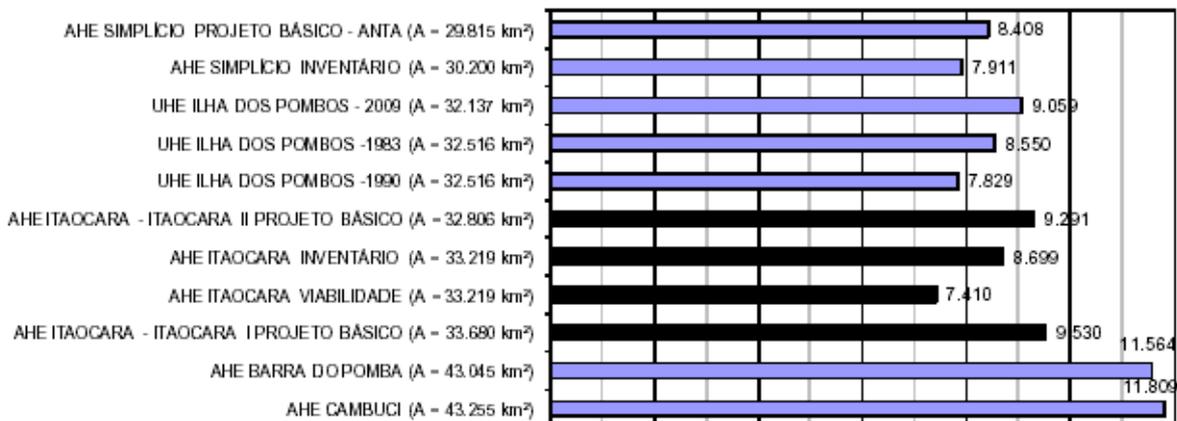


Figura 6.12 – Comparação das Vazões de Cheia (m<sup>3</sup>/s)

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

O Projeto Básico do AHE Simplício apresenta o estudo de vazões máximas em Anta. Foi utilizada a série de vazões médias diárias do posto Anta G, obtida a partir de dados disponíveis no Hidroweb/ANA, do período de 1930 a 2003, adotando-se a distribuição de Gumbel e o coeficiente de Füller.

As vazões referentes aos aproveitamentos de Simplício e Itaocara, obtidas em estudos de inventário, segundo o relatório “Avaliação de Cheias em Simplício e Itaocara – Furnas/Themag” foram determinadas considerando-se o posto fluviométrico de Anta durante o período de 1930 a 1969 e o método de Gumbel. Não foi informado a utilização do método de Füller.

Para o AHE Barra do Pomba e AHE Cambuci, a avaliação das cheias baseou-se nos estudos de frequência das descargas máximas registradas no posto fluviométrico Três Irmãos, localizado próximo aos locais dos aproveitamentos, com disponibilidade de dados entre 1979 e 1999. Foi aplicado o método de Füller para o cálculo das vazões máximas instantâneas.

O estudo realizado para a UHE Ilha dos Pombos, que consta no relatório “Recuperação das Estruturas de Barramento e Adução-Diagnóstico – Promon/1983” cita o valor de 8.550 m<sup>3</sup>/s, obtido pela distribuição log-normal. Foram utilizados dados da estação em Ilha dos Pombos com inconsistências modificadas através de correlação de vazões diárias máximas anuais com o posto fluviométrico de Anta. Apesar de não informado o período da série, o relatório cita que a mesma foi estendida pelo posto Anta e pelas vazões da UHE Funil. A vazão utilizada na verificação da capacidade dos vertedores em Ilha dos Pombos foi 10.300 m<sup>3</sup>/s, correspondente ao limite superior da vazão decamilenar com 95% de confiança.

Outro estudo para a UHE Ilha dos Pombos foi realizado e consta no relatório “Análise de Estudos da Cheia Máxima Provável e da Cheia de Projeto do Vertedouro – MDK/1990”. O documento cita o valor de 7.829 m<sup>3</sup>/s sem, contudo, informar a metodologia de obtenção das vazões de cheia.

Nota-se que a vazão no AHE Itaocara considerada nos estudos de viabilidade, determinada através do posto fluviométrico Anta com falhas preenchidas pelo posto Queluz, mostra-se incompatível com as demais vazões de cheia estimadas no presente estudo. Apesar de utilizada a mesma metodologia para determinação e transferência das vazões para o aproveitamento de Itaocara, essa diferença ocorreu, por exemplo, em função da utilização de curvas-chave resultantes de criteriosa análise de consistência no presente estudo e pelo emprego de dados observados até o ano de 2007, enquanto na época dos estudos de viabilidade somente se pôde contar com dados observados até 1997. Recomenda-se, assim, a utilização da vazão de 9.530 m<sup>3</sup>/s para o AHE Itaocara I.

### 6.4.2.6. Vazão Máxima Provável

No âmbito dos Estudos de Viabilidade do AHE Itaocara foram desenvolvidos estudos visando a estimativa da vazão máxima provável, a seguir descritos e comentados.

As análises efetuadas para determinação da vazão máxima provável, foram baseadas em trabalhos anteriores, desenvolvidos para a UHE Ilha dos Pombos. Consistiram na determinação da Precipitação Máxima Provável (PMP), na simulação hidrológica da bacia e na determinação da VMP propriamente dita.

Os estudos de PMP foram baseados nos dados diários de 164 estações pluviométricas localizadas na área de drenagem da bacia e nas regiões adjacentes e desenvolvidos através de análises das chuvas médias na bacia, definindo-se os maiores temporais, que por ordem decrescente de magnitude, ocorreram em 1966-1967, 1946-1947 e 1985-1986.

O posto Juiz de Fora foi utilizado para fornecer dados de umidade relativa do ar e de temperatura, a partir dos quais se estimou os pontos de orvalho nas datas dos temporais.

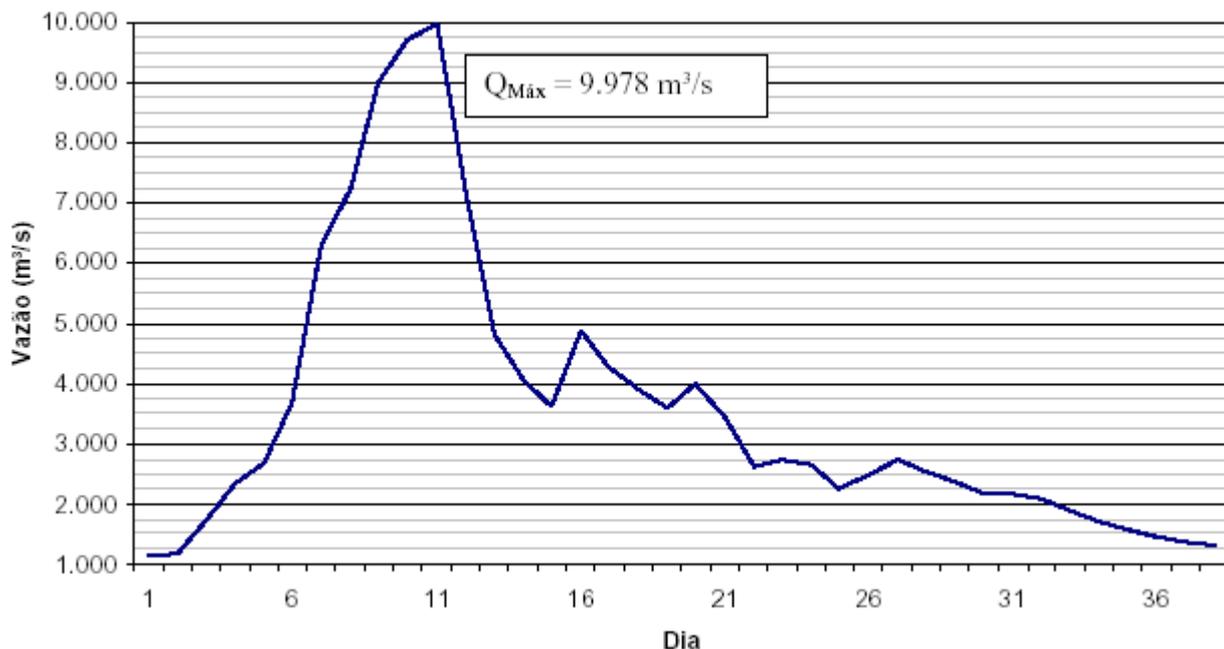
## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

A partir das razões de maximização aplicadas aos totais pluviométricos obtidos da curva de distribuição espacial de chuvas, pode-se chegar aos valores da PMP para cada duração estudada e para cada sub-bacia de interesse.

Para obtenção da VMP foi feita a simulação hidrológica da bacia, utilizando-se o modelo SSARR para realização do balanço hídrico e propagação de vazões entre os locais selecionados. Neste estudo foi necessária a reconstituição da série de vazões naturais, tendo em vista os aproveitamentos existentes. A simulação foi feita para o período de setembro de 1983 a maio de 1987 e envolveu toda a bacia hidrográfica até a UHE Ilha dos Pombos.

Pela semelhança entre as áreas de drenagem admitiu-se a simulação efetuada em Ilha dos Pombos, adotando-se para Itaocara as mesmas distribuições espacial e temporal da PMP. Como hidrógrafa de projeto adotou-se a vazão máxima provável correspondente à PMP de 5 dias de duração, conforme Figura 6.13, a seguir.

**Hidrograma da Vazão Máxima Provável no AHE Itaocara**



**Figura 6.13 – Hidrograma da Vazão Máxima Provável**

### 6.4.2.7. Vazões Mínimas

O presente item tem como finalidade informar sobre os procedimentos utilizados na definição das vazões mínimas, especialmente daquelas correspondentes a média de sete dias consecutivos e 10 anos de retorno (Q7,10) do AHE Itaocara I.

Esses procedimentos consistiram inicialmente 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).

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

A COPPE apresenta, em seu trabalho supracitado, estudo de regionalização que indica uma vazão  $Q_{7,10}$  de 150 m<sup>3</sup>/s para a região a montante da confluência do rio Pomba.

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. Para a grande maioria dessas estações a distribuição que melhor se ajustou foi a de Weibull. Em decorrência de modificação das condições de operação do Sistema Light, após o Decreto de 1978, somente foram considerados os dados fluviométricos observados após esse ano. 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 subbacia 58, situada entre Barra do Pirai e a foz do rio Paraíba do Sul, são determinadas as equações regionais a seguir, válidas para áreas de drenagem entre 17.645 e 55.450 km<sup>2</sup>:

A precipitação “P” corresponde à média ponderada das alturas de chuva médias anuais utilizadas na definição das equações regionais, cujos pesos equivalem às respectivas áreas de bacias controladas pelos postos fluviométricos considerados nos estudos em questão, conforme reproduzido pela Tabela 6.6.

Estação Fluviométrica	Código	Área (km <sup>2</sup> )	Altura de chuva média anual (m)
Barra do Pirai	58370000	17.646	1,487
Paraíba do Sul-RN	58380001	19.319	1,463
Três Rios V1-245	58385000	19.435	1,461
Anta (Anta G)	58630002	30.593	1,478
Três Irmãos	58795000	43.123	1,440
São Fidelis (PCD)	58880001	46.731	1,428
Campos Ponte Municipal	58974000	55.450	1,397
Precipitação Média Ponderada			1,440

Tabela 6.6 - Alturas de Chuva em Sub-Bacias do Rio Paraíba do Sul

Além dessas informações, os estudos em questão veiculam tabela com coeficientes representativos da relação entre a vazão mínima para determinados tempos de recorrência e a vazão mínima anual observada.

Essas ferramentas, portanto, possibilitam a estimativa de vazões mínimas para diferentes durações e tempos de recorrência em qualquer seção fluvial da sub-bacia 58.

O valor da área de drenagem do AHE Itaocara I ( $A = 33.680$  km<sup>2</sup>) foi aplicado nas equações acima relacionadas, com o objetivo de estimar as vazões mínimas com sete dias de duração ( $Q_7$ ). A seguir, empregou-se o coeficiente 0,7772, extraído dos estudos da CPRM, para multiplicar essas vazões e obter, assim, a  $Q_{7,10}$ . Os resultados obtidos encontram-se relacionados na Tabela 6.7.

Equação	$Q_7$	$Q_{7,10}$
1	183	142
2	196	152

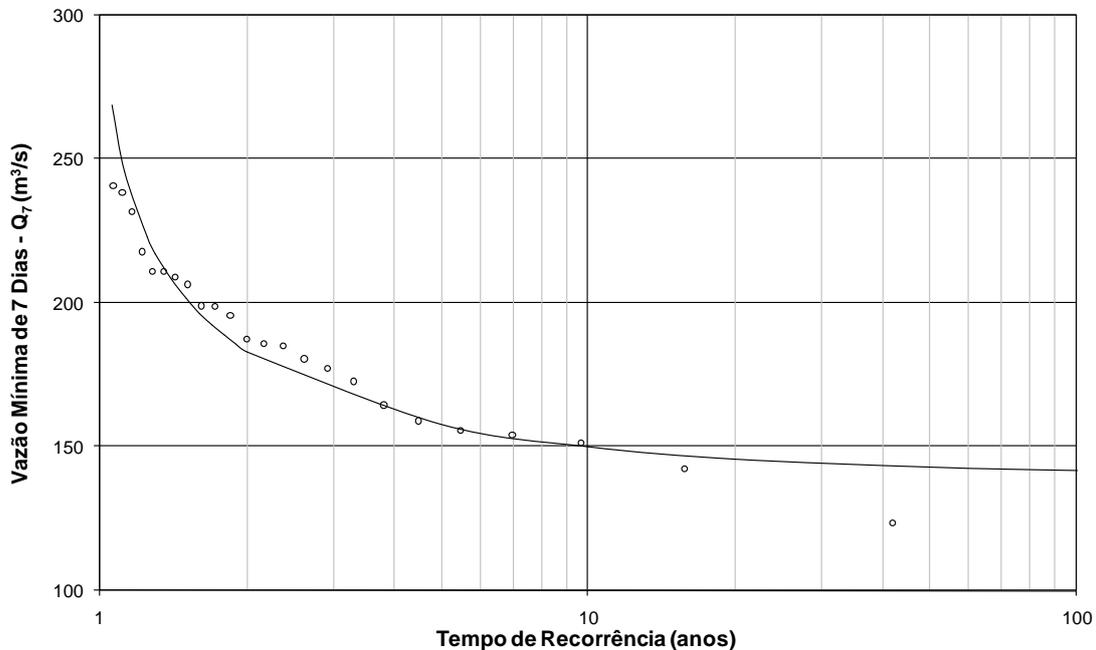
Tabela 6.7 - Vazões Mínimas no AHE Itaocara I (m<sup>3</sup>/s)

Além do cálculo acima, foram realizados estudos estatísticos para o período posterior a 1978, seguindo o mesmo critério do estudo de regionalização da CPRM, considerando a série de vazões

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

naturais médias diárias do posto fluviométrico de Anta, que é aquele mais próximo do sítio do aproveitamento e com maior histórico de dados.

A Figura 6.14 apresenta o gráfico de distribuição de freqüência 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 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 6.14 - Rio Paraíba do Sul em AHE Itaocara I**  
Estudo de Freqüência de Vazões Médias de Sete Dias Mínimas

Conclui-se que os quatro métodos de cálculo apresentam resultados muito semelhantes, recomendando-se a utilização da vazão de 150 m<sup>3</sup>/s como representativa da  $Q_{7,10}$ .

Cabe informar que também procurou-se realizar estudo semelhante utilizando-se os dados de estiagem da UHE Ilha dos Pombos os quais entretanto, apresentam numerosas lacunas conduzindo a uma amostra de tamanho insuficiente. Em virtude disso e da convergência dos resultados supracitados, esse estudo não foi levado a cabo.

### 6.4.3. Curvas-Chave Naturais

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.

Os dados em questão, assim como os 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.

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

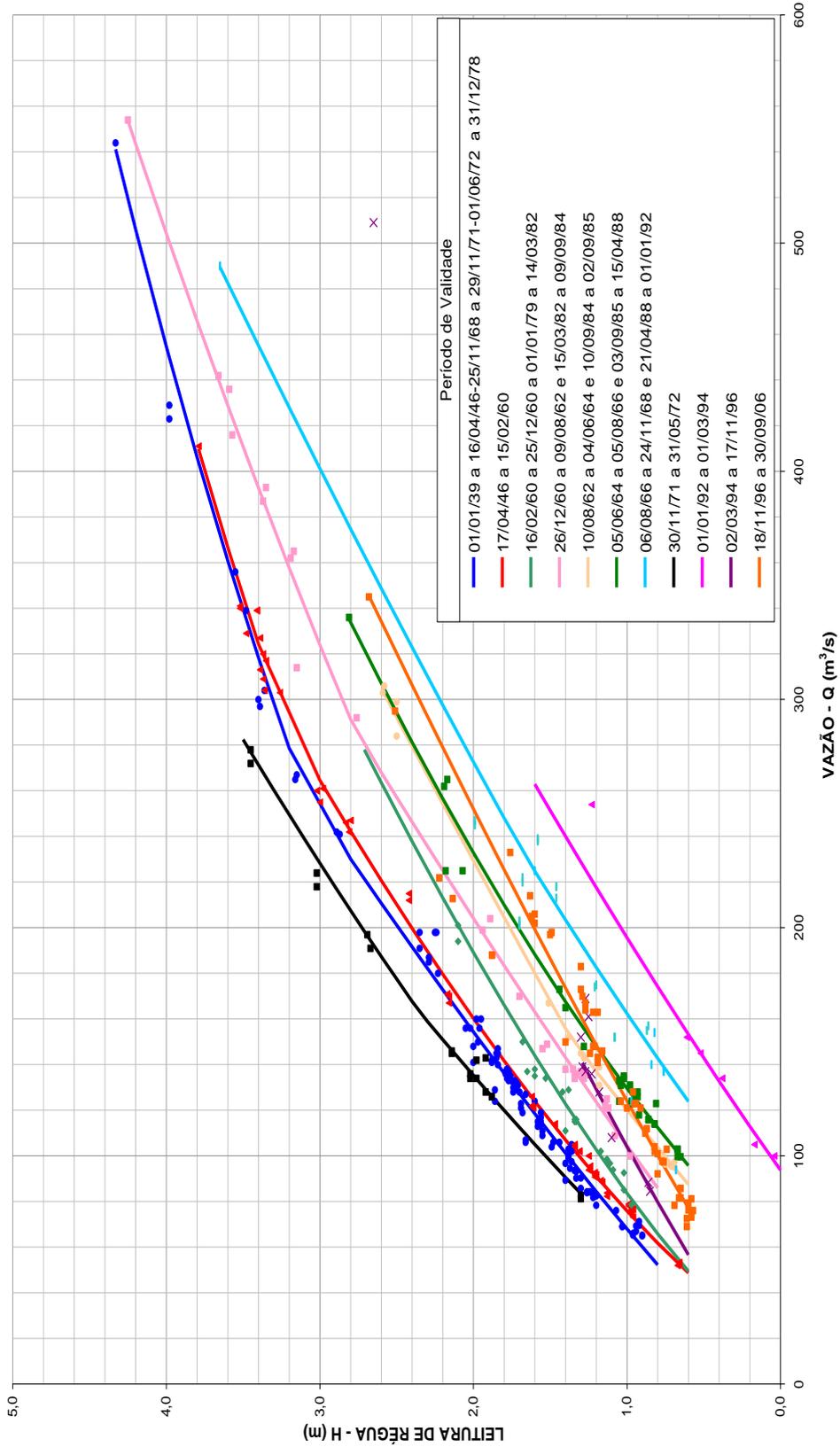
### **6.4.3.1. Posto Pindamonhangaba**

A curva-chave desse posto não foi disponibilizada pela ANA. Sendo assim, de posse do resumo de descargas líquidas, das leituras de régua observadas e das vazões diárias calculadas, disponíveis no Hidroweb, plotou-se em gráfico os pares “vazão calculada – leitura de régua observada”, identificando assim, os períodos de validade para cada uma das 21 tabelas de calibragem identificadas para esse posto.

Foi realizada uma análise de consistência desses dados, onde se verificou, em algumas tabelas, que havia sobreposição de pares “vazão calculada – leitura de régua observada” para períodos subseqüentes. Com isso, ajustaram-se curvas-chave que agrupassem os períodos comuns dessas tabelas.

Na Figura 6.15, apresentada na página seguinte, encontram-se as 11 curvas-chave ajustadas para esse posto.

Figura 6.15  
Curvas-Chave no Posto Pindamonhangaba

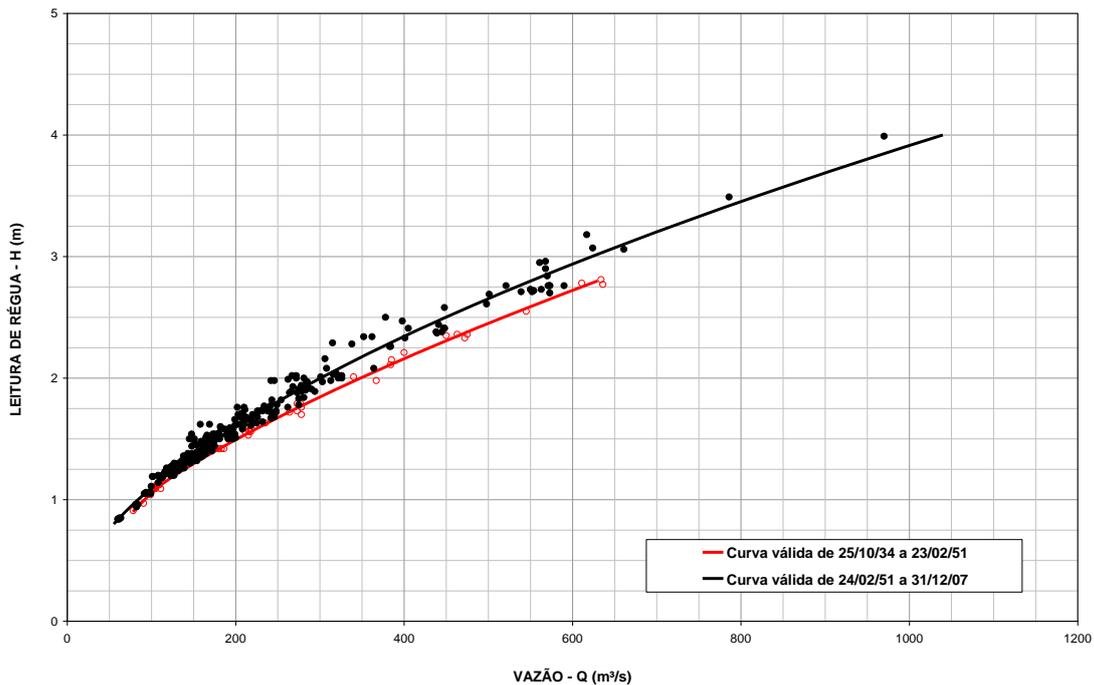


Na Tabela 6.15 estão listadas as equações das curvas-chave ajustadas para esse posto

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 6.4.3.2. Posto Queluz

A ANA disponibilizou, para o posto Queluz, duas tabelas e duas equações que representavam 4 curvas-chave para o período entre 1934 e 2005. Após a análise de consistência desses dados, verificou-se que, para o período de medição entre 25/10/1934 e 19/12/1945, representado por tabela, houve a necessidade de ser ajustada uma curva com equação potencial para possibilitar a extrapolação e subsidiar o estudo de máximas. Os demais períodos de medições de descarga líquida (11/03/1951 a 06/12/1987, 22/02/1988 a 19/06/1995 e 12/09/1995 a 14/07/2005) apresentavam grandes desvios nos valores médios e altos de vazões. Sendo assim, ajustou-se uma única curva abrangendo esses períodos e incluindo medições do período de 23/07/2006 a 27/07/2007. A Figura 6.16 mostra as curvas-chave definidas para esse posto.

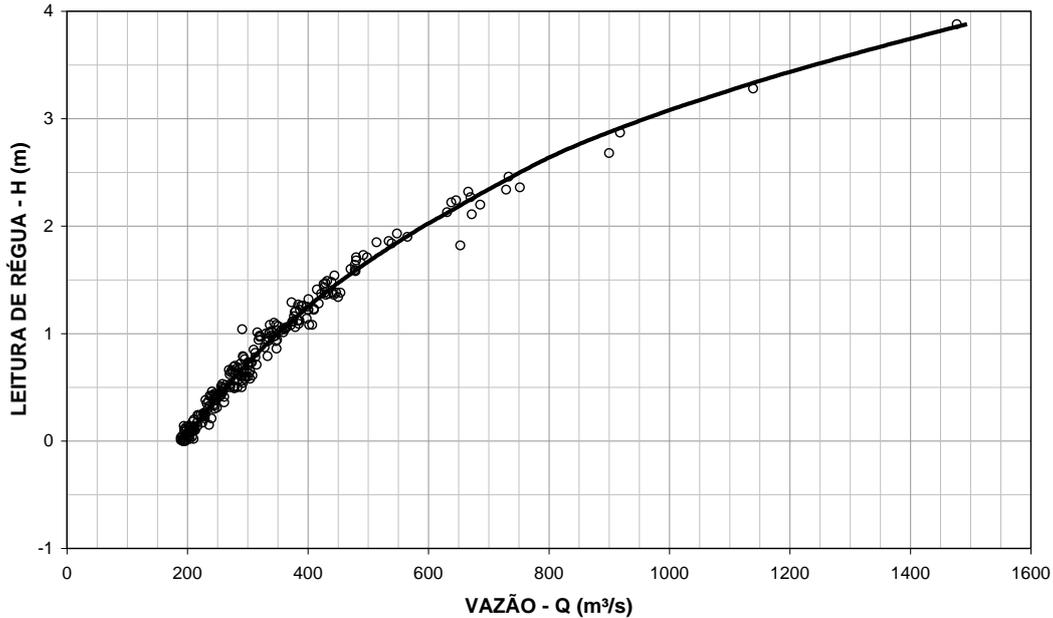


**Figura 6.16 - Curvas-Chave no Posto Queluz**  
Período: 25/10/1934 a 23/02/1951 e 24/02/1951 a 31/12/2007

## 6.4.3.3. Posto Anta

A curva-chave desse posto foi obtida através da tabulação dos dados de leitura de régua e vazões médias diárias. Dados estes, disponibilizados no Hidroweb e que se apresentam consistentes com as vazões medidas, conforme mostrado na Figura 6.17.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I



**Figura 6.17 - Curva-Chave no Posto Anta**  
**Período: 01/10/1930 a 09/09/1969**

Foi verificado, que a tabulação realizada é representativa de lei logarítmica, ou seja, os dados de vazões máximas do Hidroweb, determinados pela extrapolação dessa lei, podem ser considerados adequados e assim, foram adotados no presente estudo.

### 6.4.3.4. Posto Fazenda da Barra (Pirapetinga)

Esse posto, que é o único que não está localizado no rio Paraíba do Sul, situa-se no Pirapetinga, que é seu afluente na área do reservatório do AHE Itaocara I.

A análise da curva disponibilizada pela ANA permitiu constatar que a parte superior da curva não considerava a maior vazão medida do histórico (189 m³/s em 02/02/1979). Por isso, ajustou-se uma nova curva-chave para esse posto, apresentada na Figura 4.49, considerada válida para todo o período de operação do posto.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

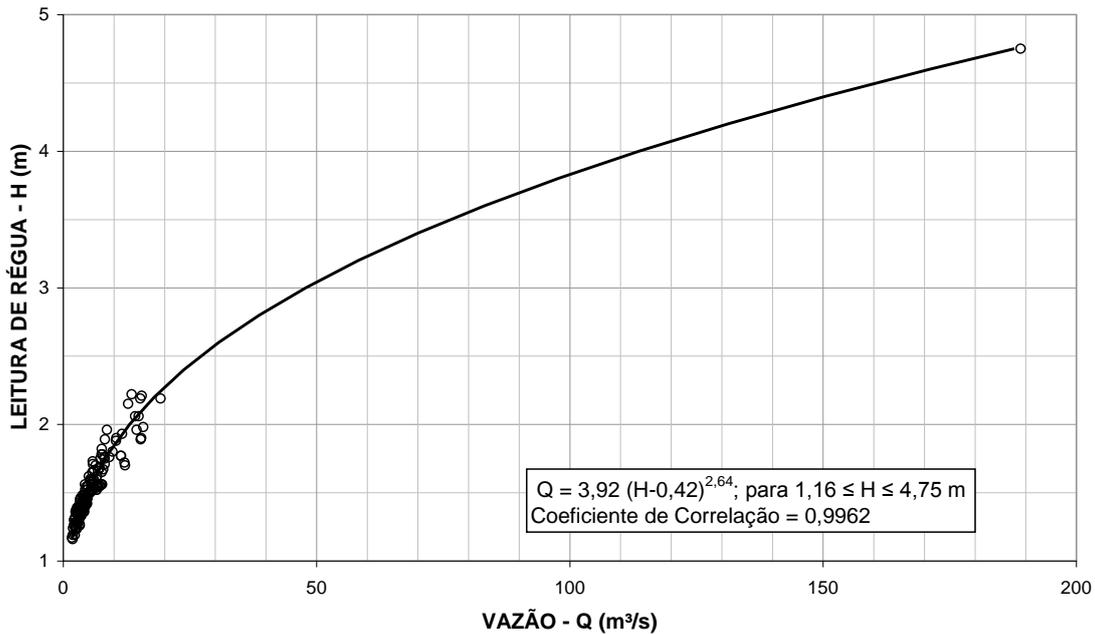


Figura 6.18 - Curva-Chave no Posto Fazenda da Barra (Pirapetinga)  
Período: 07/07/1960 a 18/05/2008

## 7. CARACTERIZAÇÃO DO ACESSANTE

CONSÓRCIO UHE ITAOCARA, inscrito no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica - CNPJ do Ministério da Fazenda sob o nº 10.532.493/0001-64, com sede na Av. Marechal Floriano 168, Bloco 1, 2º andar, Corredor D - Centro, Rio de Janeiro, RJ, cujo empreendimento de geração foi contratado regulando a exploração de energia hidráulica localizada no rio Paraíba do Sul, Municípios de Itaocara e Aperibé, Estado do Rio de Janeiro, denominado Aproveitamento Hidrelétrico Itaocara, cuja concessão foi outorgada pelo Decreto de 19 de fevereiro de 2001, publicado no Diário Oficial de 20 de fevereiro de 2001.

## 8. CRONOGRAMA DE ENTRADA EM OPERAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS

A data prevista para entrada em operação das unidades geradoras da UHE Itaocara e o montante de uso a ser contratado à Rede de Distribuição, pela usina, de acordo com as informações da ACESSANTE, estão apresentados na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 Cronograma de Entrada em Operação da UHE Paracambi

Dados	Identificação da Unidade	
	01	02
Potência Nominal (MVA)	80,56	80,56
Potência máxima em regime contínuo (MW)	72,50	72,50
Data da Primeira sincronização para testes	11/2014	11/2014
Data de entrada em operação comercial	12/2014	12/2014
Montante de uso acumulado a contratar (MW)	145,0	

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 9. DADOS DO ACESSANTE

### 9.1 Informações Gerais da ACESSANTE

**Nome do empreendimento:** UHE Itaocara

**Razão Social:** CONSÓRCIO UHE ITAOCARA

**Caracterização:** Agente de Geração

**Ramo de Atividade:** Geração de Energia

**CNPJ:** 10.532.493/0001-64

**Endereço:** Av. Marechal Floriano 168, Bloco 1, 2º andar, Corredor D - Centro

**Município:** Rio de Janeiro

**UF:** RJ

**CEP:** 20080-002

### 9.2. Representante para Contato

**Empresa:** CONSÓRCIO UHE ITAOCARA

**Cargo:** Diretor

**Nome:** Antônio Carlos Borges Batista

**Endereço:** Av. Marechal Floriano 168, Bloco 1, 2º andar, Corredor D - Centro

**Município:** Rio de Janeiro

**UF:** RJ

**CEP:** 20080-002

**Telefone:** (21)2233-8457

**FAX:** (21)2233-8457

**E-mail:** acborges@uheitaocara.com.br

## 10. INSTALAÇÕES DE CONEXÃO E PONTO DE CONEXÃO NA REDE ELÉTRICA

A UHE Itaocara I será integrada ao sistema de distribuição a partir de linha de transmissão em circuito duplo 138 kV com cerca de 25 km de extensão e bitola 795 MCM, de uso exclusivo do acessante, que interliga a SE UHE Itaocara I, de propriedade do acessante, ao barramento 138 kV da UHE Itaocara II e, a partir deste ponto, ao barramento da UHE Ilha dos Pombos, de propriedade da LIGHT Energia, também através de um circuito duplo de bitola 795 MCM com 21 km de extensão. Portanto, o ponto de conexão da UHE Itaocara I serão os conectores dos isoladores do pórtico da subestação UHE Ilha dos Pombos onde se conecta a linha de transmissão 138 kV de propriedade do ACESSANTE.

### 10.1 Descrição das Instalações de Conexão da ACESSANTE:

- Linha de transmissão em circuito duplo 138 kV da SE UHE Itaocara I até a SE UHE Itaocara II com cerca de 25,0 km de extensão;
- Linha de transmissão em circuito duplo 138 kV da SE UHE Itaocara II até a SE UHE Ilha dos Pombos com cerca de 21,0 km de extensão;
- SE UHE Itaocara-I 138 kV composta de:

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

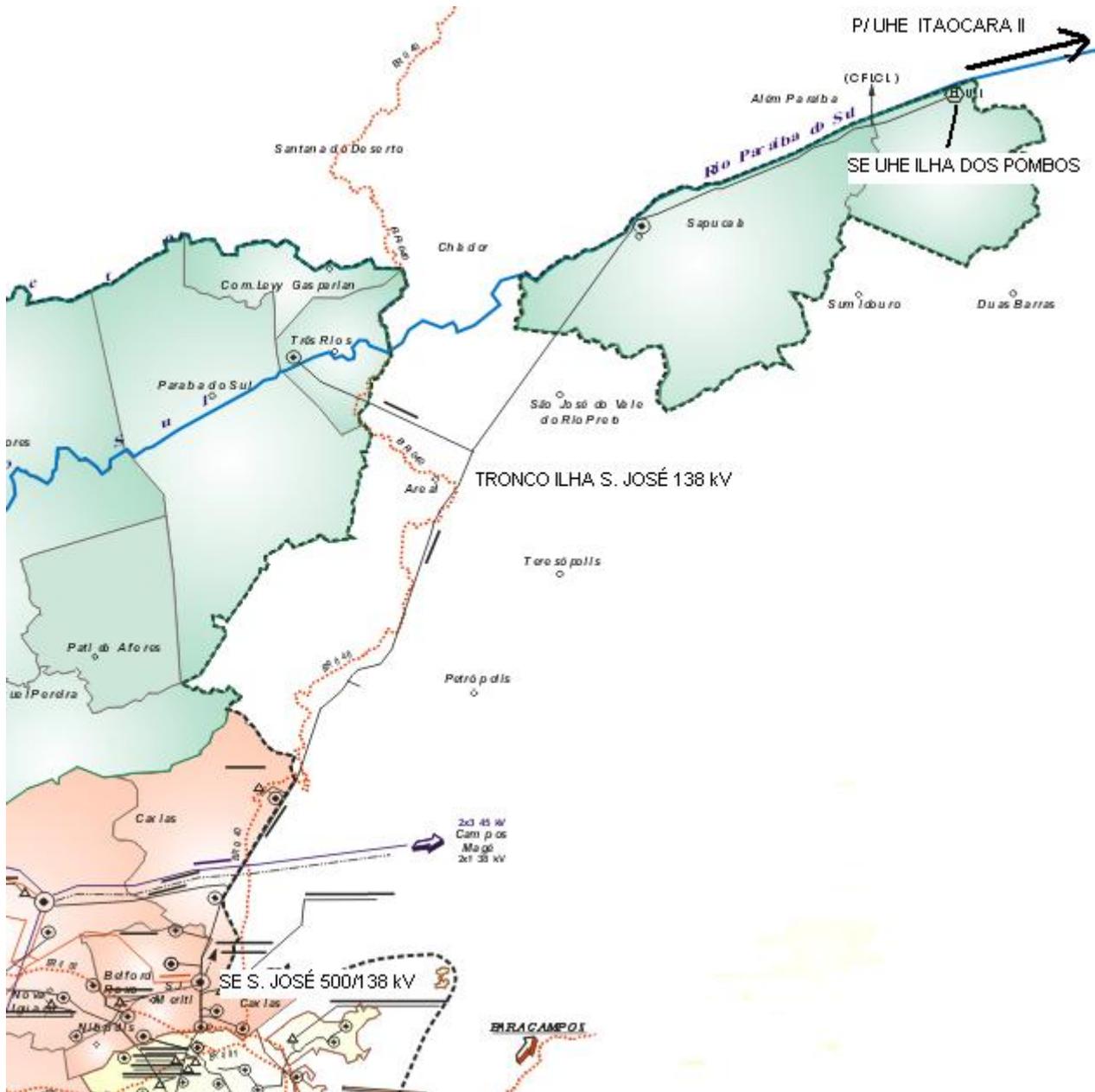
- Dois vãos de linha 138 kV constituídos de disjuntor, chaves seccionadoras, TC's, TP's, pára-raios e filtros de onda associados à cada vão, que se interligam à linha de transmissão em circuito duplo Itaocara;
- Barramento duplo (barra principal e de transferência) em 138 kV de conexão dos dois vãos de linha 138 kV e dos dois vãos das unidades geradoras G1 e G2, com respectivo TP de barra;
- Dois vão de conexão de transformador, associados às unidades geradoras G1 e G2, constituídos de disjuntor, chaves seccionadoras, TC's e pára-raios;
- 02 (dois) transformadores elevadores trifásicos (ONAN/ONAF), imersos em óleo isolante, de instalação externa 81 MVA e tensões nominais de  $138 \pm 2 \times 2,5\%$  / 13.8kV, grupo de ligação YNd1.
- Barramentos blindado de fases isoladas de 13,8 kV pressurizados para conexão de 02 geradores aos respectivos transformadores (elevador, de excitação e serviço auxiliar) e aos equipamentos associados, compostos por:
  - Barramento blindado principal para conexão do gerador com o lado de baixa do transformador elevador;
  - Barramento blindado de derivação para conexão com o cubículo de proteção contra surto, com o transformador de serviço auxiliar e o transformador de excitação;

### 10.2 Tronco de Transmissão Ilha – São José 138 kV

O tronco de transmissão Ilha dos Pombos – São José 138 kV é constituído por duas linhas com bitola 795 MCM da barra da SE Ilha dos Pombos onde será conectada a UHE Itaocara I até a SE Vilar dos Teles e, de bitola 1113 MCM da barra da SE Vilar dos Teles até a barra da SE São José, conforme ilustrado na figura 10.1. As cargas do referido tronco, constituídas de subestações 138/13.8 kV, 138/25 kV e por consumidores industriais em 138 kV, são atendidas através da UHE Ilha dos Pombos, com potência instalada de 185 MW, pelo complexo hidrelétrico constituído das PCH's Santa Fé (30 MW), Monte Serrat (25 MW) e Bonfante (19 MW), que totalizam 74 MW de potência instalada, e pela subestação de interligação com a Rede Básica São José 500/138 kV. Além das cargas atendidas na área de concessão da LIGHT SESA, o citado tronco escoar potência para atendimento às cargas da distribuidora ENERGISA MINAS GERAIS, através da SE Além Paraíba 138 kV, e às cargas da distribuidora AMPLA através das interligações nas SE's 138 kV Macabu e Entroncamento Rio da Cidade. A representação da rede elétrica do sistema de distribuição em 138 kV onde será conectada a usina, está esquematizada no diagrama unifilar da figura 10.2.

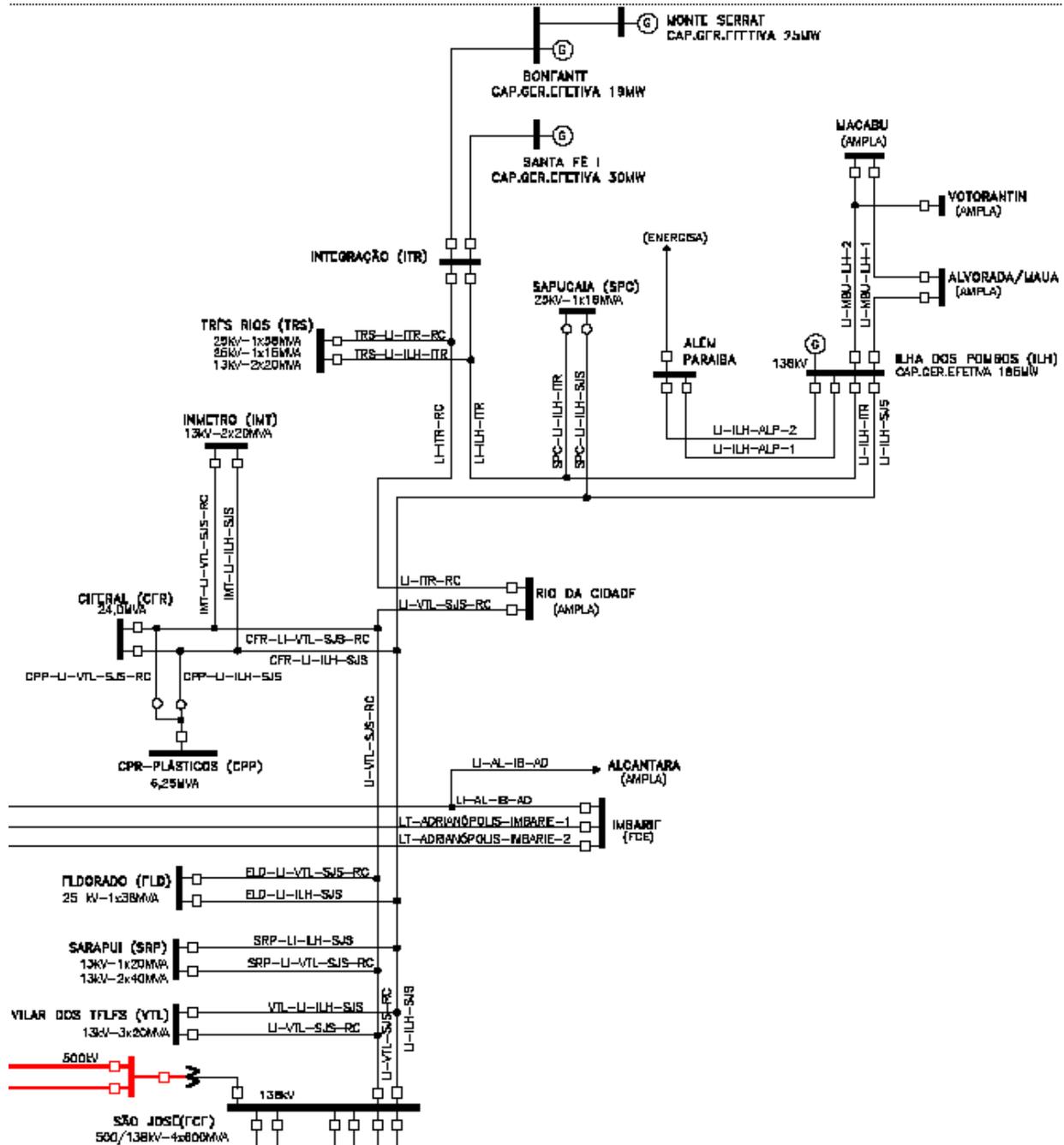
# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 10.1 TRONCO DE TRANSMISSÃO ILHA DOS POMBOS – S. JOSÉ 138 kV



# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 10.2 Diagrama Unifilar Atual do Tronco Ilha dos Pombos – São José 138 kV



## 11. CONCLUSÕES

- É possível a conexão da UHE Itacara I com potência contratada de 145 MW no sistema LIGHT S.E.S.A., sem comprometimento do desempenho e da qualidade da rede elétrica de atendimento às cargas da região, ligando-se a usina ao sistema de distribuição através de um circuito duplo 138 kV com 46 km de extensão, a ser construído pelo Acessante. Este circuito deverá se conectar, através de dois vãos de linha no barramento 138 kV da SE UHE Ilha dos Pombos, conforme configuração descrita no item 10.

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- A alternativa de conexão da UHE no barramento da SE Ilha dos Pombos, foi a alternativa vencedora sob o ponto de vista de mínimo custo global frente a comparação com as alternativas de conexão da usina no barramento da SE além Paraíba 138 kV e conexão abrindo “Duplo Loop” na LI-MBU-ILH 138 kV, apresentando um custo de investimento **R\$ 1.759,10 x 10<sup>3</sup> inferior ao custo da segunda alternativa mais barata, conforme pode ser observado nas análises do item 13 .**
- Verificou-se, nos casos estudados, que a conexão da UHE Itaocara I com 145 MW no barramento 138 kV da Se Ilha dos Pombos, deverá provocar os seguintes reflexos em condições normais de operação:
  - Redução no carregamento das LI –ILH-SJS e LI-VTL-SJS-RC, proveniente da SE São José (39,5%).
  - Aumento no carregamento das LI-ILH-SJS e LI-ILH-ITR, proveniente da SE Ilha dos Pombos (84,2%);
  - Aumento no carregamento das LI-MBU-ILH 1 e 2 (69,6%);
  - Aumento no carregamento das LI-ILH-ALP 1 e 2 (419%);
  - Aumento de 4 MW nas perdas do sistema 138 kV da LIGHT e redução de 22 MW nas perdas globais do Sistema Elétrico Interligado.
- Com respeito aos níveis de curto-circuito, cumpre observar que a influência da conexão da UHE Itaocara I no barramento 138 kV da usina de Ilha dos Pombos provoca uma elevação de cerca de 2,29 kA nos níveis de curto do barramento desta subestação; elevação de 9,13 kA para 11,42 kV nos níveis de curto-circuito trifásicos. O nível de curto circuito máximo foi observado no barramento 138 kV da SE São Jose –A (42,36 kA). Pelos valores observados, todas as subestações da região estariam com seus disjuntores atendendo os critérios de superação de Capacidade de Interrupção de Disjuntores, ou seja, 90 % do limite estabelecido.
- Os estudos de estabilidade eletromecânica demonstraram que os sistemas de controle e os ajustes implementados nos mesmos resultaram em comportamento estável com oscilações amortecidas no tempo, considerando a aplicação dos seguintes impactos nos sistemas de controle da usina e na rede elétrica, conforme ilustrado no item 10:
  - Degrau de 5 % na referência do regulador de tensão;
  - Degrau de 5 % na referência do regulador de velocidade;
  - Curto-circuito monofásico seguido da abertura da linha C. Paulista – Adrianópolis 500 kV.

## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

### **12. ANÁLISE DA CONEXÃO DA USINA NO SISTEMA LIGHT S.E.S.A.**

As avaliações técnicas realizadas pela LIGHT S.E.S.A., indicaram ser possível a ligação da UHE Itacara I no sistema 138 kV desta concessionária, através de uma linha em circuito duplo distando cerca de 46 km e constituído de cabo 795 MCM, com conexão através de dois vãos de linha na barra da SE UHE Ilha dos Pombos 138 kV, conforme solicitado pela Acessante.

#### **12.1. Premissas e Critérios**

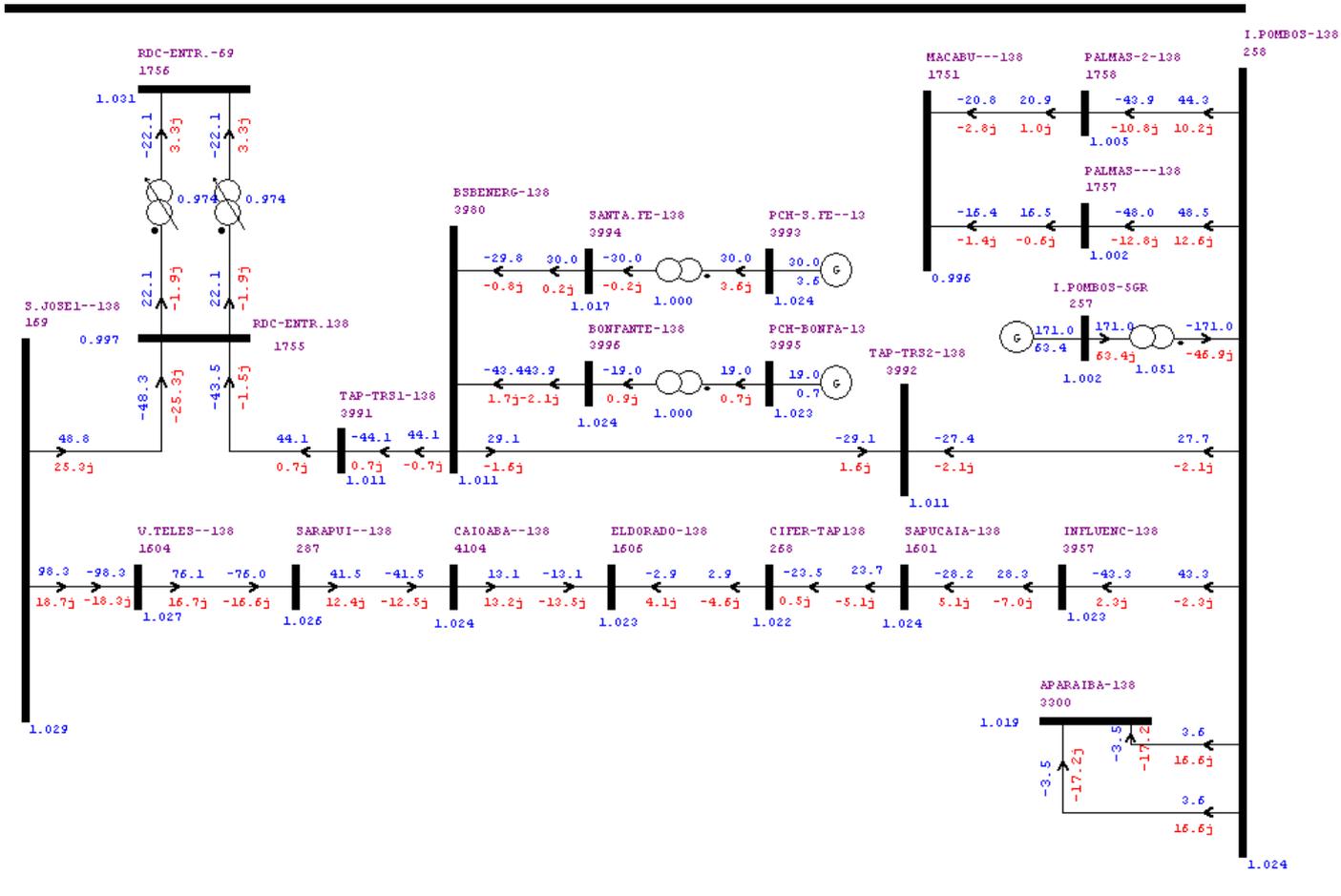
Para análise da conexão da UHE Itacara no sistema de distribuição 138 kV da LIGHT S.E.S.A., foi utilizado o caso base de fluxo de potência para o ano 2015, disponibilizado pela ONS, e empregados critérios e requisitos de desempenho do sistema em conformidade com a legislação em vigor. A base de dados utilizada para estudos foi a das 23 horas de dezembro de 2015, por ser o período de ocorrência de demandas máximas no sistema LIGHT no horizonte estudado.

#### **12.2. Desempenho da Rede Elétrica em Condições Normais de Operação Sem Itacara I**

Para o período estudado, a situação de desempenho da rede, em condições normais de operação, está ilustrada na Figura 12.1 que apresenta a configuração da rede e as instalações na região de influência da conexão da UHE Itacara, considerando a situação sem a presença da usina em operação. Observa-se que a maior parcela de suprimento às cargas do tronco I. Pombos – São José 138 kV é proveniente da SE São José 138 kV com atendimento de 50,5 % da carga e fluxo e 147 MW. A usina de Ilha dos Pombos responde por 24,4 % suprimento das cargas com um fluxo de 71 MW e, as usinas da Brasil PCH são responsáveis pelo atendimento de 25,1 % das referidas cargas através de um fluxo de 73,2 MW. A injeção de potência para suprimento às cargas da AMPLA através da interligação pelas linhas Ilha-Macabu 138 kV é de 92,8 MW representando 38,3 % da capacidade de carregamento das linhas. O suprimento à essa empresa através da transformação 138/69 kV da SE Entroncamento Rio da Cidade é de 44,2 MW, representando um carregamento de 88,4 % da referida transformação. O intercâmbio para suprimento às cargas da Energisa Minas Gerais através da SE Além Paraíba, é de 7 MW. O menor nível de tensão é observado na barra subestação de Macabu da Ampla, com 99,6 %. Tanto os valores de carregamento quanto dos níveis de tensão da rede estão dentro dos limites permitidos para a condição normal de operação.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 12.1 – Configuração em Condições Normais de Operação – Sem a Presença da UHE Itaocara



## 12.3. Desempenho da Rede Elétrica em Situações de Emergência Sem Itaocara I

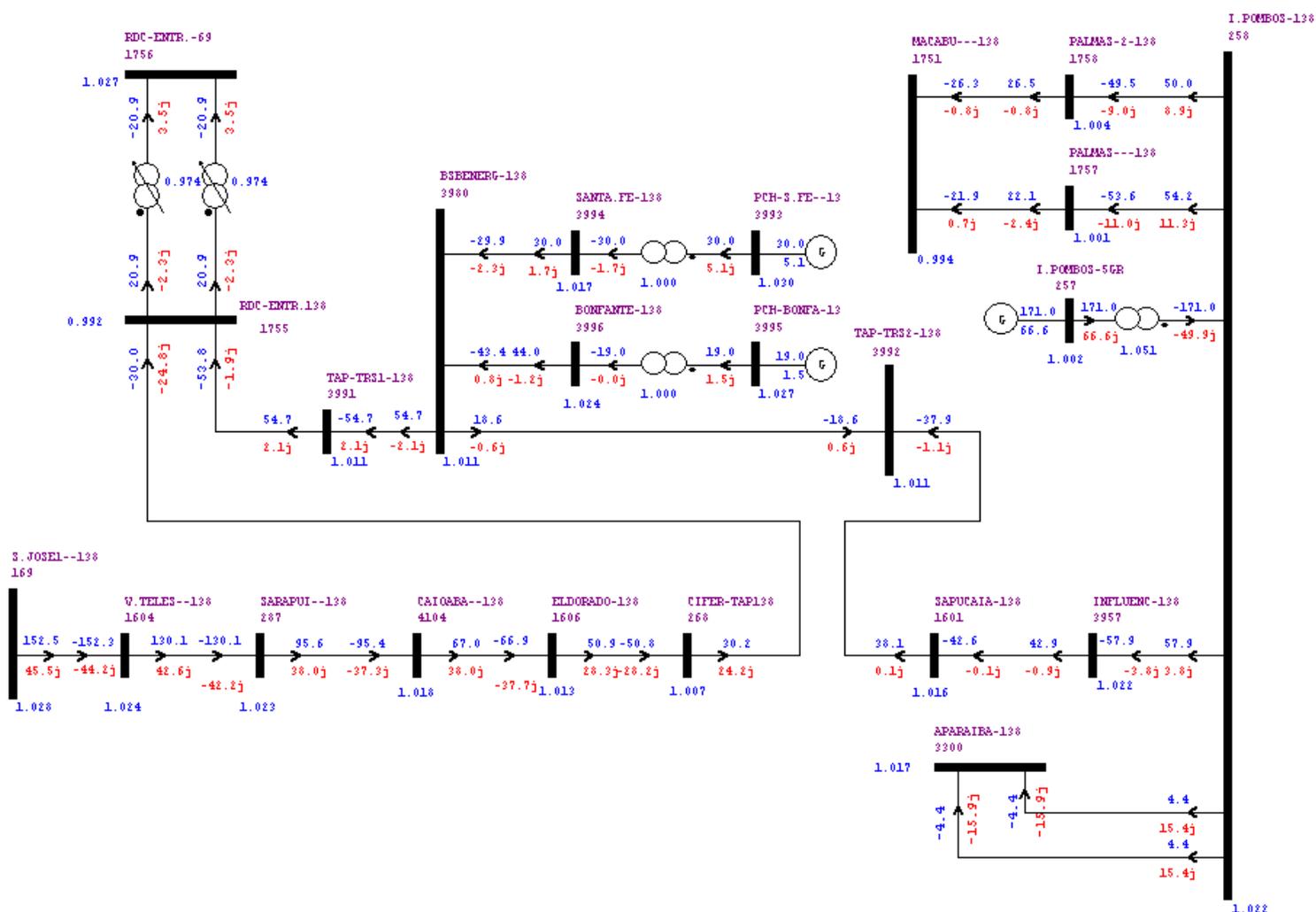
### 12.3.1. Perda da LI Ilha – São José 138 kV

Em situações de emergência com perda da LI Ilha dos Pombos – São José 138 kV, as cargas alimentadas por esta LT são automaticamente transferidas para a LI Ilha – Rio da Cidade – São José 138 kV, através das alimentações reserva das subestações. Dessa forma, a configuração de alimentação das cargas das citadas subestações, na região de influencia da conexão da usina, serão conforme ilustrado no diagrama da Figura 12.2. Observa-se que o maior carregamento verificado na LI Ilha – Rio da Cidade – São José 138 kV, situa-se no trecho entre as subestações São José e Vilar dos Teles, ou seja, 159 MVA dentro, portanto, dos limites permitidos em situações de emergência simples que é de 188 MVA.

O menor nível de tensão observado durante a situação de emergência ocorre na subestação de Entroncamento Rio da Cidade, ou seja, 99,2 %, superior, portanto, ao limite mínimo permitido para situações de emergência que é de 90 %.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 12.2 – Situação de Perda da LI Ilha – São José – Sem a Presença da UHE Itaocara I



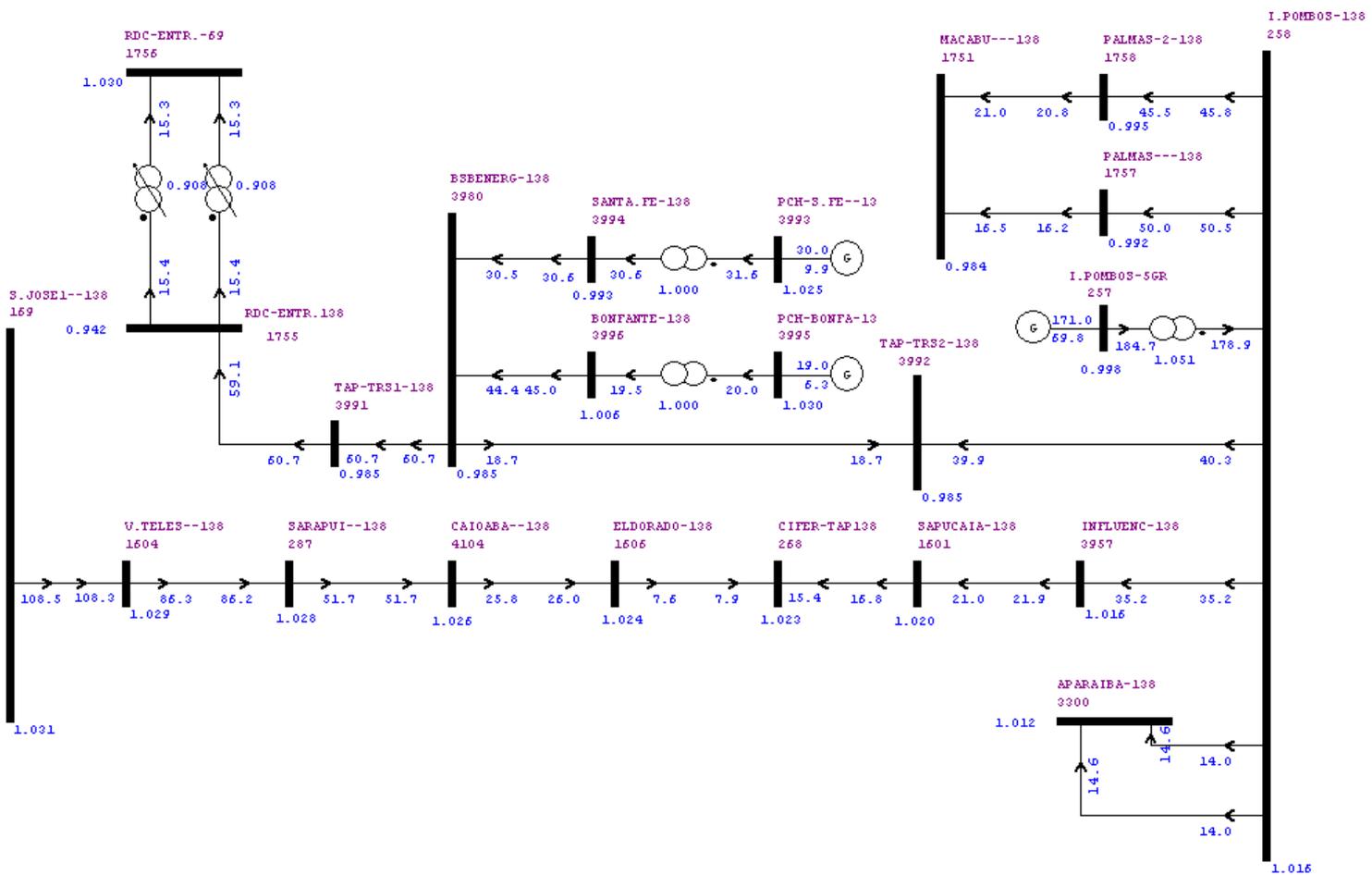
## 12.3.2. Perda da LI São José– Rio da Cidade 138 kV

Na perda da LI São José – Rio da Cidade 138 kV, conforme ilustrado na figura 12.3, observa-se que o maior carregamento verificado na linha remanescente LI Ilha – Rio da Cidade – são José 138 kV, situa-se no trecho entre as subestações São José e Vilar dos Teles, ou seja, 108,5 MVA representando uma elevação de 8,4 %; estes valores permanecem dentro dos limites permitidos para situações de emergência simples na rede elétrica que é de 188 MVA.

O menor nível de tensão observado durante a situação de emergência ocorre na subestação de Entroncamento Rio da Cidade, ou seja, 94,2 %, superior, portanto, ao limite mínimo permitido para situações de emergência que é de 90 %.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 12.3 – Situação de Perda da LI Ilha – Rio da Cidade 138 kV – Sem a Presença da UHE Itaocara I



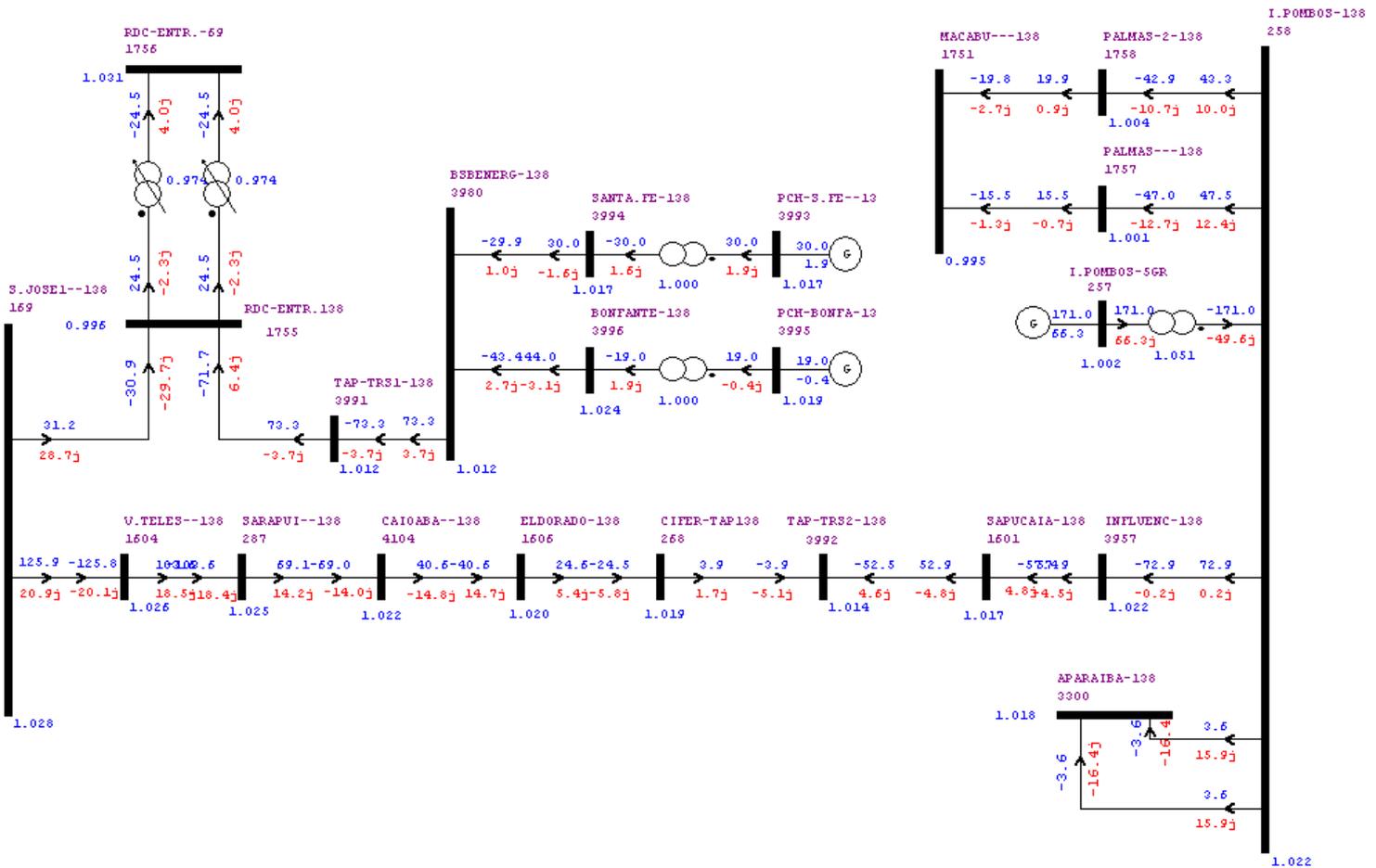
### 12.3.3. Perda da LI Ilha – BSB Energética 138 kV

Na perda da LI Ilha dos Pombos – BSB Energética 138 kV, a carga da SE Três Rios será automaticamente transferida para a LI Ilha – São José 138 kV, através de sua alimentação reserva. Dessa forma, a configuração de alimentação das cargas do tronco Ilha–São José, na região de influência da conexão da usina, será conforme ilustrado no diagrama da Figura 12.4. Observa-se que o maior carregamento verificado na LI Ilha – Rio da Cidade – São José 138 kV, situa-se no trecho entre as subestações São José e Vilar dos Teles, ou seja, 127,7 MVA dentro, portanto, dos limites permitidos em situações de emergência simples que é de 188 MVA.

O menor nível de tensão observado durante a situação de emergência ocorre na subestação de Macabu 138 kV, ou seja, 99,5 %, superior, portanto, ao limite mínimo permitido para situações de emergência que é de 90 %.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 12.4 – Situação de Perda da LI Ilha – BSB Energética – Sem a Presença da UHE Itaocara I



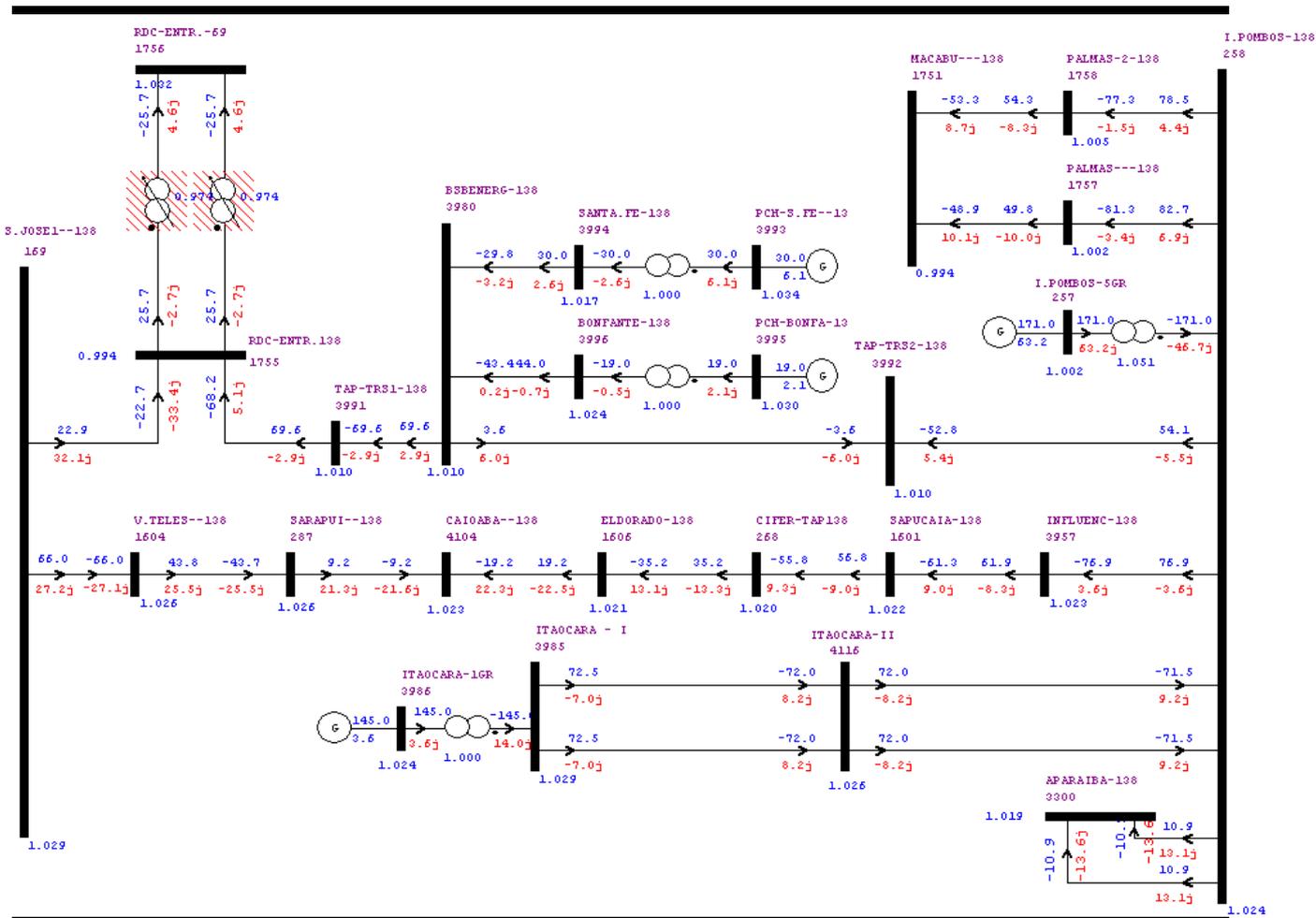
## 12.4. Alternativas de Conexão da UHE Itaocara ao Sistema Elétrico

### 12.4.1. Alternativa I – Conexão da UHE Itaocara na Barra da SE Ilha dos Pombos

Nesta alternativa a UHE Itaocara, despachada com 145 MW, será conectada ao sistema de distribuição da LIGHT SESA, através de uma linha em circuito duplo constituída de dois trechos, o primeiro trecho constituído de 25 km conectando o barramento duplo da SE UHE Itaocara I ao barramento duplo da SE Itaocara II e o segundo trecho constituído de 21 km conectando o barramento duplo da SE Itaocara II ao barramento duplo da UHE Ilha dos Pombos 138 kV, conforme ilustrado no diagrama da figura 12.5.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 12.5 – Diagrama Unifilar da Alternativa I – Conexão da UHE Itaocara na Barra da SE I. Pombos 138 kV



Considerando a usina conectada segundo a configuração acima descrita, observa-se as seguintes variações nos carregamentos das linhas na região de influência de conexão da usina:

- Redução de 39,5% no carregamento das linhas do tronco Ilha-São José 138 kV, proveniente da SE S. José 138 kV representando uma diminuição de 147 MW para 88,9 MW;
- Aumento de 84,5 % no carregamento das linhas do tronco Ilha-São José 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 71 MW para 131 MW;
- Aumento de 69,6 % no carregamento das linhas do tronco Ilha-Macabu 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 92,8 MW para 161,2 MW;
- Aumento de 419 % no carregamento das linhas de suprimento à Energisa Minas Gerais através das linhas Ilha-Além Paraíba 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 5,2 MW para 21,8 MW;
- Aumento de 16,3 % no carregamento da transformação Entroncamento Rio da Cidade 138/69 kV – 2x50 MVA de atendimento às cargas da AMPLA, observando-



## **PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I**

Considerando a usina conectada segundo a configuração acima descrita, observa-se as seguintes variações nos carregamentos das linhas na região de influência de conexão da usina:

- Redução de 37,7% no carregamento das linhas do tronco Ilha-São José 138 kV, proveniente da SE S. José 138 kV representando uma diminuição de 147 MW para 91,5 MW;
- Aumento de 181 % no carregamento das linhas do tronco Ilha-São José 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 71 MW para 128,5 MW;
- Aumento de 70 % no carregamento das linhas do tronco Ilha-Macabu 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 92,8 MW para 157,8 MW;
- Aumento de 2115 % no carregamento das linhas de suprimento à Energisa Minas Gerais através das linhas Ilha-Além Paraíba 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 5,2 MW para 115,2 MW;
- Aumento de 15,4 % no carregamento da transformação Entroncamento Rio da Cidade 138/69 kV – 2x50 MVA de atendimento às cargas da AMPLA, observando-se uma elevação de 44,2 MW para 51,0 MW, acarretando uma sobrecarga de 2,0 % na referida transformação em condições normais de operação;

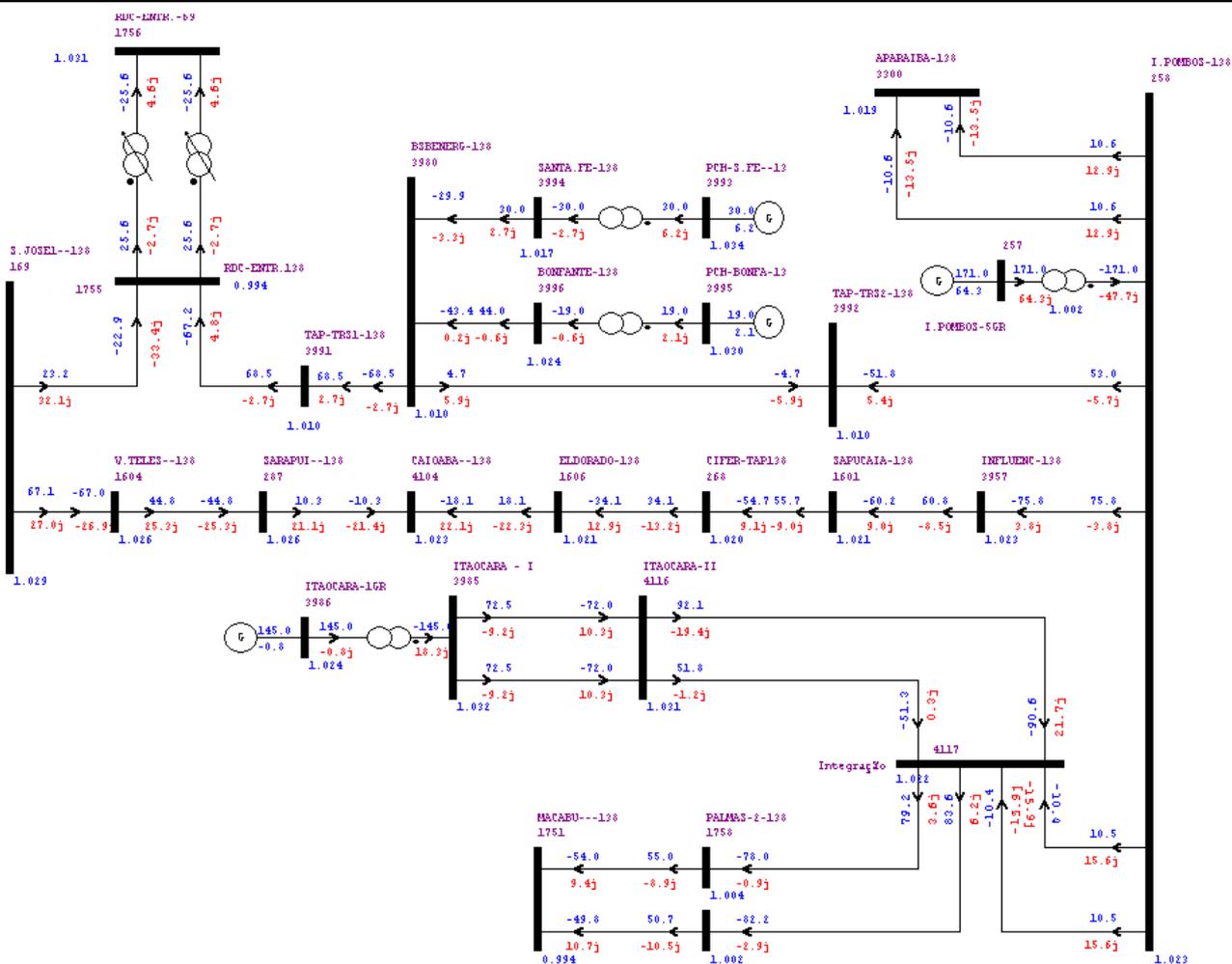
Relativamente às perdas elétricas, foi verificado que a conexão da UHE Itaocara no barramento 138 kV da SE Além Paraíba através de dois circuitos com bitola 795 MCM com 56 km de extensão, provoca um aumento de 7,9 MW nas perdas do sistema 138 kV da LIGHT, aumento de 42,3 MW para 50,2 MW; e redução de 17,3 MW no Sistema Elétrico Interligado, redução 3.813,3 MW para 3.796,0 MW.

### **12.4.3. Alternativa III – Conexão da UHE Itaocara na LI Ilha dos Pombos – Macabu**

Nesta alternativa a UHE Itaocara I, despachada com 145 MW, será conectada ao sistema de distribuição dada AMPLA, através de uma linha em circuito duplo constituída de cabos de bitola 795 MCM com 32 km de extensão, conectando-se à SE de barramento duplo Integração 138 kV abrindo “Duplo Loop” na LI Ilha-Macabu 138 kV, conforme ilustrado no diagrama da figura 12.7.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 12.7 – Diagrama Unifilar da Alternativa III – Conexão da UHE Itaocara na LI Ilha – Macabu 138 kV



Considerando a usina conectada segundo a configuração acima descrita, observa-se as seguintes variações nos carregamentos das linhas na região de influência de conexão da usina:

- Redução de 38,6% no carregamento das linhas do tronco Ilha-São José 138 kV, proveniente da SE S. José 138 kV representando uma diminuição de 147 MW para 90,3 MW;
- Aumento de 81,4,5 % no carregamento das linhas do tronco Ilha-São José 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 71 MW para 128,8 MW;
- Aumento de 307,7 % no carregamento das linhas do tronco Ilha-Macabu 138 kV, observando-se uma elevação de 92,8 MW para 160,2 MW no trecho entre a SE Integração de conexão da usina até a SE Palmas;
- Aumento de 176,9 % no carregamento das linhas de suprimento à Energisa Minas Gerais através das linhas Ilha-Além Paraíba 138 kV, provenientes da SE Ilha dos Pombos, observando-se uma elevação de 5,2 MW para 21,2 MW;

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

- Aumento de 15,4 % no carregamento da transformação Entroncamento Rio da Cidade 138/69 kV – 2x50 MVA de atendimento às cargas da AMPLA, observando-se uma elevação de 44,2 MW para 51,0 MW, acarretando uma sobrecarga de 2,0 % na referida transformação em condições normais de operação;

No tocante às perdas elétricas, observou-se nas simulações de fluxo de potência que a conexão da UHE Itaocara na LI Ilha – Macabu abrindo “Duplo Loop” através da ligação na SE Itaocara Integração 138 kV, utilizando dois circuitos com bitola 795 MCM com 57 km de extensão, provoca um aumento de 6,4 MW nas perdas do sistema 138 kV da LIGHT, aumento de 42,3 MW para 48,7 MW; e redução de 20,9 MW no Sistema Elétrico Interligado, redução 3.813,3 MW para 3.792,4 MW.

### 13. ANÁLISE DE CUSTOS ENTRE AS ALTERNATIVAS I, II e III

#### I) Custos de Investimentos

As tabelas 13.1, 13.2 e 13.2 apresentam os custos de investimentos das instalações para conexão da UHE Itaocara no sistema de distribuição em 138 kV, considerando as alternativas estudadas e analisadas no subitem 12.4.

Os valores de custos utilizados foram os constantes do relatório “Referência de Custos de Linhas de Transmissão e Subestações de Alta Tensão e Extra-Alta Tensão”, que constituem os Custos Modulares publicados pela Eletrobrás, em junho/2004, e considerados pela ANEEL para análises de Mínimo Custo Global entre as alternativas de conexão de agentes ao Sistema elétrico. Os mesmos foram considerados em R\$ e convertidos para US\$, considerando a cotação da moeda americana na relação de 1 para 1,75.

Os valores de custos das tabela 13.1, 13.2 e 13.3, refletem a média praticada pelo setor elétrico para aquisição de equipamentos, materiais e contratação de serviços de construção e montagem de linhas de transmissão e subestações.

Para classificação das subestações, foram levadas em conta as informações fornecidas pela Itaocara Energia Ltda., sendo as mesmas consideradas como subestações medias e de barra dupla. Os itens dessas subestações foram classificados conforme a orientação do manual de custos da Eletrobras, conforme detalhado abaixo.

#### – MÓDULO GERAL:

Escolhido em função da tensão mais alta da SE, seu porte na etapa final, (pequena, média ou grande) e seu arranjo de barras

#### – MÓDULO DE MANOBRA E TRANSFORMAÇÃO

Escolhido em função do nível de tensão, do tipo de arranjo e da função

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

O custo total de investimento das subestações foi obtido pela soma dos custos dos vários módulos de manobra, do módulo geral e dos equipamentos principais existentes em cada subestação.

**TABELA 13.1 - CUSTO DA ALTERNATIVA - I**

LT UHE Itaocara I - UHE Ilha dos Pombos 138 kV													
LT	Tensão (kV)	Comprimento (km)	T I P O			Cabo Condutor (CAA)			Cabo Pára-Raios			Custo	
			Estruturas para Circuito Duplo	Circuito	Fundação	Nº Cabo/Fase	Bitola	Código	Bitola (mm)	Código	Nº	10 <sup>3</sup> US\$/km	10 <sup>3</sup> R\$/km
							(AWG/MCM)						
LT UHE Itaocara I - UHE Itaocara II	138	25	Auto Portante	Duplo	Concreto	1	795	DRAKE	9,15	AÇO 3/8	2	100,5	175,9
LT UHE Itaocara II - UHE Ilha dos Pombos	138	21	Auto Portante	Duplo	Concreto	1	795	DRAKE	9,15	AÇO 3/8	2	100,5	175,9
<b>Sub-total LT</b>											<b>4.623,9</b>	<b>8.091,9</b>	

SUBESTAÇÕES DE USINA								
SE	TIPO	MÓDULO	ARRANJO	QUANTIDADE	CUSTO			
					Elementos		Total da SE	
					10 <sup>3</sup> US\$	10 <sup>3</sup> R\$	10 <sup>3</sup> US\$	10 <sup>3</sup> R\$
SE UHE Itaocara I	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
		Manobras e Transformação	Conexão de Transformador	2	843,8	1.476,6	1.687,5	2.953,2
			Transformador 3φ	2	1.088,6	1.905,0	2.177,1	3.810,0
			Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
SE UHE Itaocara II	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	4	1.100,0	1.925,0	4.400,0	7.700,1
		Manobras	Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
			Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
SE UHE Ilha dos	Média	Manobras	Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
<b>Sub-total SE</b>							<b>19.945,1</b>	<b>34.904,0</b>
<b>Custo Total da Alternativa I: Ramal + SE Paracambi</b>							<b>24.569,0</b>	<b>42.995,8</b>

**TABELA 13.2 - CUSTO DA ALTERNATIVA - II**

LT UHE Itaocara I - SE Além Paraíba 138 kV													
LT	Tensão (kV)	Comprimento (km)	T I P O			Cabo Condutor (CAA)			Cabo Pára-Raios			Custo	
			Estruturas para Circuito Duplo	Circuito	Fundação	Nº Cabo/Fase	Bitola	Código	Bitola (mm)	Código	Nº	10 <sup>3</sup> US\$/km	10 <sup>3</sup> R\$/km
							(AWG/MCM)						
LT Itaocara I - Itaocara II	138	25	Auto Portante	Duplo	Concreto	1	795	DRAKE	9,15	AÇO 3/8	2	100,5	175,9
LT Itaocara II - SE Além Paraíba	138	31	Auto Portante	Duplo	Concreto	1	795	DRAKE	9,15	AÇO 3/8	2	100,5	175,9
<b>Sub-total LT</b>											<b>5.629,1</b>	<b>9.851,0</b>	

SUBESTAÇÕES DE USINA								
SE	TIPO	MÓDULO	ARRANJO	QUANTIDADE	CUSTO			
					Elementos		Total da SE	
					10 <sup>3</sup> US\$	10 <sup>3</sup> R\$	10 <sup>3</sup> US\$	10 <sup>3</sup> R\$
SE UHE Itaocara I	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
		Manobras e Transformação	Conexão de Transformador	2	843,8	1.476,6	1.687,5	2.953,2
			Transformador 3φ	2	1.088,6	1.905,0	2.177,1	3.810,0
			Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
SE UHE Itaocara II	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	4	1.100,0	1.925,0	4.400,0	7.700,1
		Manobras	Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
			Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
SE Além Paraíba	Média	Manobras	Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
<b>Sub-total SE</b>							<b>19.945,1</b>	<b>34.904,0</b>
<b>Custo Total da Alternativa I: Ramal + SE Paracambi</b>							<b>25.574,2</b>	<b>44.754,9</b>

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

TABELA 13.3 - CUSTO DA ALTERNATIVA - III

LT Itaocara I - Ilha dos Pombos 138 kV													
LT	Tensão (kV)	Comprimento (km)	T I P O			Cabo Condutor (CAA)			Cabo Pára-Raios			Custo	
			Estruturas para Circuito Duplo	Circuito	Fundação	Nº Cabo/Fase	Bitola (AWG/MCM)	Código	Bitola (mm)	Código	Nº	10 <sup>3</sup> US\$/km	10 <sup>3</sup> R\$/km
LT Itaocara I - Itaocara II	138	25	Auto Portante	Duplo	Concreto	1	795	DRAKE	9,15	AÇO 3/8	2	100,5	175,9
LT Itaocara II - Ponto Li Ilha - Macabu	138	15	Auto Portante	Duplo	Concreto	1	795	DRAKE	9,15	AÇO 3/8	2	100,5	175,9
<b>Sub-total LT</b>											<b>4.020,8</b>	<b>7.036,4</b>	

SUBESTAÇÕES DE USINA								
SE	TIPO	MÓDULO	ARRANJO	QUANTIDADE	CUSTO			
					Elementos		Total da SE	
					10 <sup>3</sup> US\$	10 <sup>3</sup> R\$	10 <sup>3</sup> US\$	10 <sup>3</sup> R\$
SE UHE Itaocara I	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	2	1.100,0	1.925,0	2.200,0	3.850,0
		Manobras e Transformação	Conexão de Transformador	2	843,8	1.476,6	1.687,5	2.953,2
			Transformador 3φ	2	1.088,6	1.905,0	2.177,1	3.810,0
			Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
SE UHE Itaocara II	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	4	1.100,0	1.925,0	4.400,0	7.700,1
		Manobras	Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
			Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
SE Itaocara Integração	Média	Geral	Barra Dupla	1	3.085,7	5.400,0	3.085,7	5.400,0
			Elemento de Linha	6	1.100,0	1.925,0	6.600,0	11.550,1
		Manobras	Interligação de Barra	1	554,5	970,3	554,5	970,3
<b>Sub-total SE</b>							<b>27.985,3</b>	<b>48.974,3</b>
<b>Custo Total da Alternativa I: Ramal + SE Paracambi</b>							<b>32.006,1</b>	<b>56.010,7</b>

Para a Análise de Mínimo Custo Global, foram considerados apenas os custos de investimentos entre as alternativas I, II e III uma vez que os custos de variação de perdas da alternativa 1 são inferiores às das alternativas 2 e 3 que também possuem custos de investimentos superiores ao da alternativa 1.

Pela análise dos custos de investimentos constantes das Tabelas 13.1, 13.2 e 13.3, verifica-se que a Alternativa I de conexão da usina ao sistema de distribuição da LIGHT tem custo R\$ 1.759,10 x 10<sup>3</sup> inferior ao da Alternativa II e R\$ 13.014,90 x 10<sup>3</sup> inferior ao custo da Alternativa III, sendo portanto a alternativa escolhida para integração das instalações da UHE Itaocara I ao sistema elétrico de distribuição.

## 14. ANÁLISES DE CURTO-CIRCUITO DA ALTERNATIVA I

Sob o ponto de vista de curto-circuito, cumpre observar que os disjuntores das subestações da LIGHT, em 138 kV, na região de influência da conexão, são de 40 kA. A influência da conexão da UHE Itaocara I no barramento 138 kV da usina de Ilha dos Pombos sobre os níveis de curto-circuito implica numa elevação de cerca de 2,29 kA nos níveis de curto do barramento desta subestação, sendo verificado um valor máximo de 42,36 kA no barramento 138 kV da SE São Jose -A (Tabela 8.1). Pelos valores observados de Níveis de Curto Circuito, todas as subestações da região estariam com seus disjuntores atendendo os critérios de superação de Capacidade de Interrupção de Disjuntores, ou seja, 90 % do limite estabelecido:

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

<b>Tabela 14.1 – Níveis de Curto-circuito (kA) – Conexão na SE UHE Ilha dos Pombos</b>												
<b>SE 138 kV</b>	<b>Sem a UHE Itaocara I</b>						<b>Com a UHE Itaocara I</b>					
	<b>Ncc 3<math>\phi</math> (kA)</b>			<b>Ncc 1<math>\phi</math> (kA)</b>			<b>Ncc 3<math>\phi</math> (kA)</b>			<b>Ncc 1<math>\phi</math> (kA)</b>		
	<b>Mod</b>	<b>Ang</b>	<b>X/R</b>									
SE São Jose A	42.36	-86.98	18.96	39.21	-87.64	24.26	42.38	-86.98	18.93	39.22	-87.64	24.24
SE São Jose B	43.28	-86.86	18.21	40.00	-87.57	23.54	43.43	-86.83	18.07	40.09	-87.55	23.40
BSB Energética	4.79	-78.91	5.10	4.32	-79.14	5.21	4.90	-78.91	5.10	4.38	-79.12	5.20
SE Além Paraíba	7.58	-76.67	4.22	6.09	-77.72	4.59	8.89	-76.94	4.31	6.83	-77.4	4.48
SE Palmas	3.57	-75.46	3.85	3.65	-77.39	4.47	3.57	-75.46	3.85	3.65	-77.39	4.47
SE Macabu	11.41	-75.73	3.93	8.66	-78.83	5.07	11.80	-75.64	3.91	8.82	-78.80	5.05
UHE I. Pombos	9.13	-79.60	5.45	7.64	-80.97	6.29	11.42	-81.03	6.33	9.31	-81.39	6.61
SE Rio de Cidade	8.27	-78.55	4.94	6.57	-79.6	5.46	8.36	-78.47	4.90	6.62	-79.55	5.42
UHE Itaocara I	---	---	---	---	---	---	7.31	-84.85	11.09	7.64	-85.92	14.02

Os níveis de tensão apresentados consideram a seguinte configuração no sistema, por ser a situação mais conservativa sob o ponto de vista de análise de curto-circuito:

- Entrada em operação do novo terminal 500/138 kV, alternativa Nova Iguaçu, em face do esgotamento dos terminais existentes na região metropolitana do Rio de Janeiro;
- Entrada em operação da usina termonuclear Angra III;
- Instalação do quinto banco de transformadores 345/138 kV – 225 MVA na SE Jacarepaguá.
- Permanência do auto-produtor CSN no sistema de 500 kV.

### 14.1. Contribuições de Curto-Circuito para Curtos na SE Itaocara I

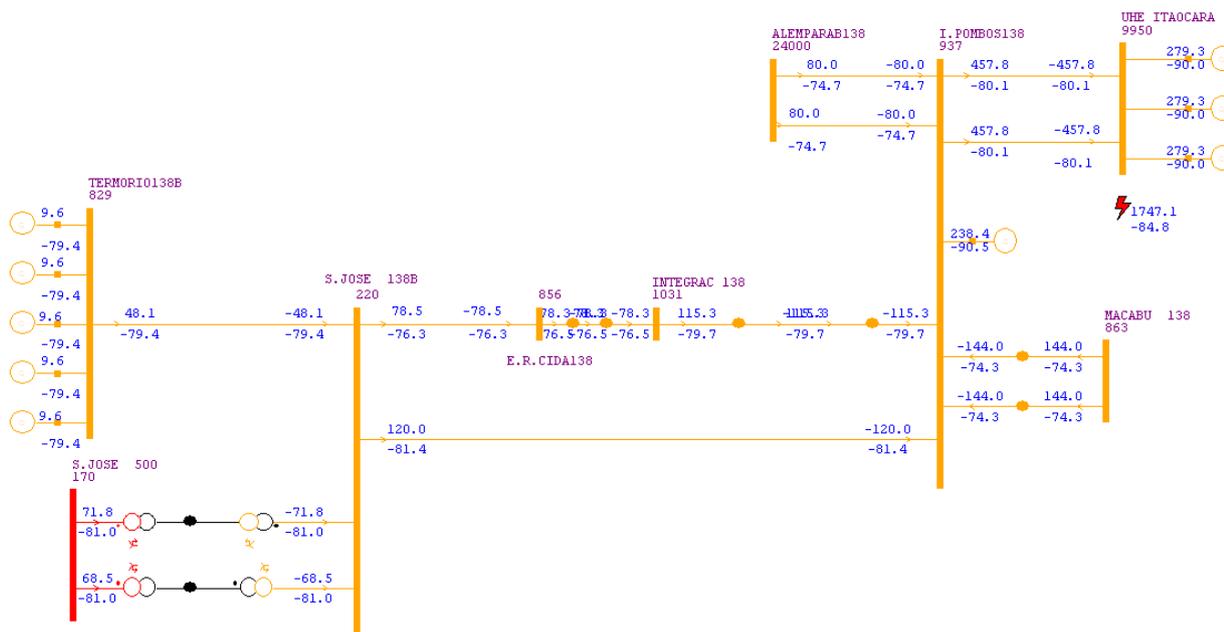
#### I) Contribuições para Curto-Circuito Trifásico

A figura 14.1 apresenta as contribuições de curto-circuito considerando a aplicação de um curto-circuito trifásico na barra 138 kV da UHE Itaocara I. Os valores das contribuições estão na unidade MVA.

Observa-se que a contribuição da barra 138 kV da UHE Ilha dos Pombos para o ponto de aplicação do curto é de 915,6 MVA e que a contribuição das máquinas da UHE é de 837,9 MVA.

# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Figura 14.1 – Contribuições de Curto-Circuito para Curto Trifásico na Barra 138 kV da SE Itaocara I

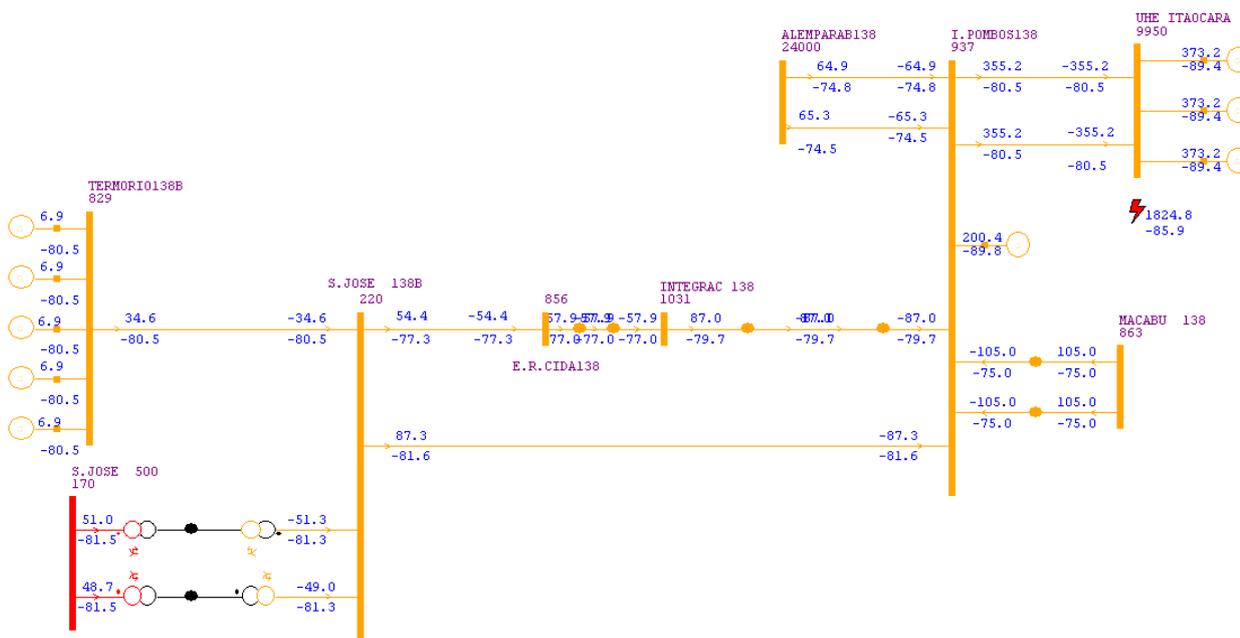


## II) Contribuições para Curto-Circuito Monofásico

Na figura 14.2 estão ilustradas as contribuições de curto-circuito para a aplicação de um curto-circuito fase-terra na barra 138 kV da UHE Itaocara I. Os valores apresentados estão na unidade MVA.

Verifica-se que a contribuição da barra de Nilo Peçanha para o ponto de aplicação do curto é de 1.843,7 MVA e que a contribuição das máquinas da UHE é de 326,7 MVA.

Figura 14.2 – Contribuições de Curto-Circuito para Curto Monofásico na Barra 138 kV da SE Itaocara I



# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

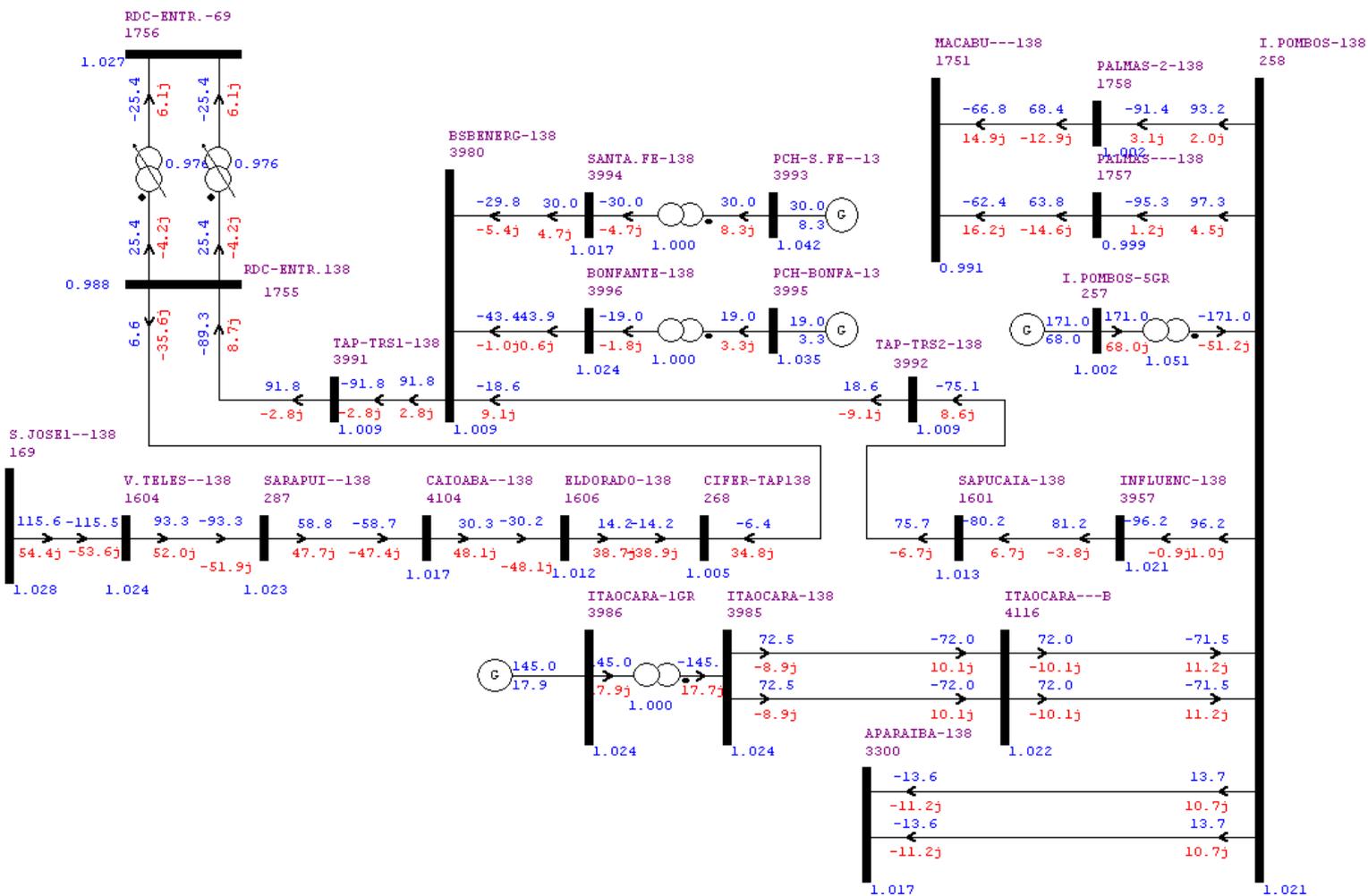
## 15. DESEMPENHO DA REDE ELÉTRICA EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA COM ITAOCARA I

### 15.1. Perda da LI Ilha – São José 138 kV

Com perda da LI Ilha dos Pombos – São José 138 kV, as cargas alimentadas por esta LT serão automaticamente transferidas para a LI Ilha – Rio da Cidade – São José 138 kV, através das alimentações reserva das subestações. A configuração de alimentação das cargas das citadas subestações, na região de influencia da conexão da usina, passarão a ficar conforme ilustrado no diagrama da Figura 15.1. Observa-se que o maior carregamento verificado na LI Ilha – Rio da Cidade – São José 138 kV, situa-se no trecho entre as subestações São José e Vilar dos Teles, ou seja, 127,8 MVA dentro, portanto, dos limites permitidos em situações de emergência simples que é de 188 MVA.

O menor nível de tensão observado durante a situação de emergência ocorre na subestação de Entroncamento Rio da Cidade, ou seja, 98,8 %, superior, portanto, ao limite mínimo permitido para situações de emergência que é de 90 %.

Figura 15.1 – Situação de Perda da LI Ilha – São José – Com a Presença da UHE Itaocara I



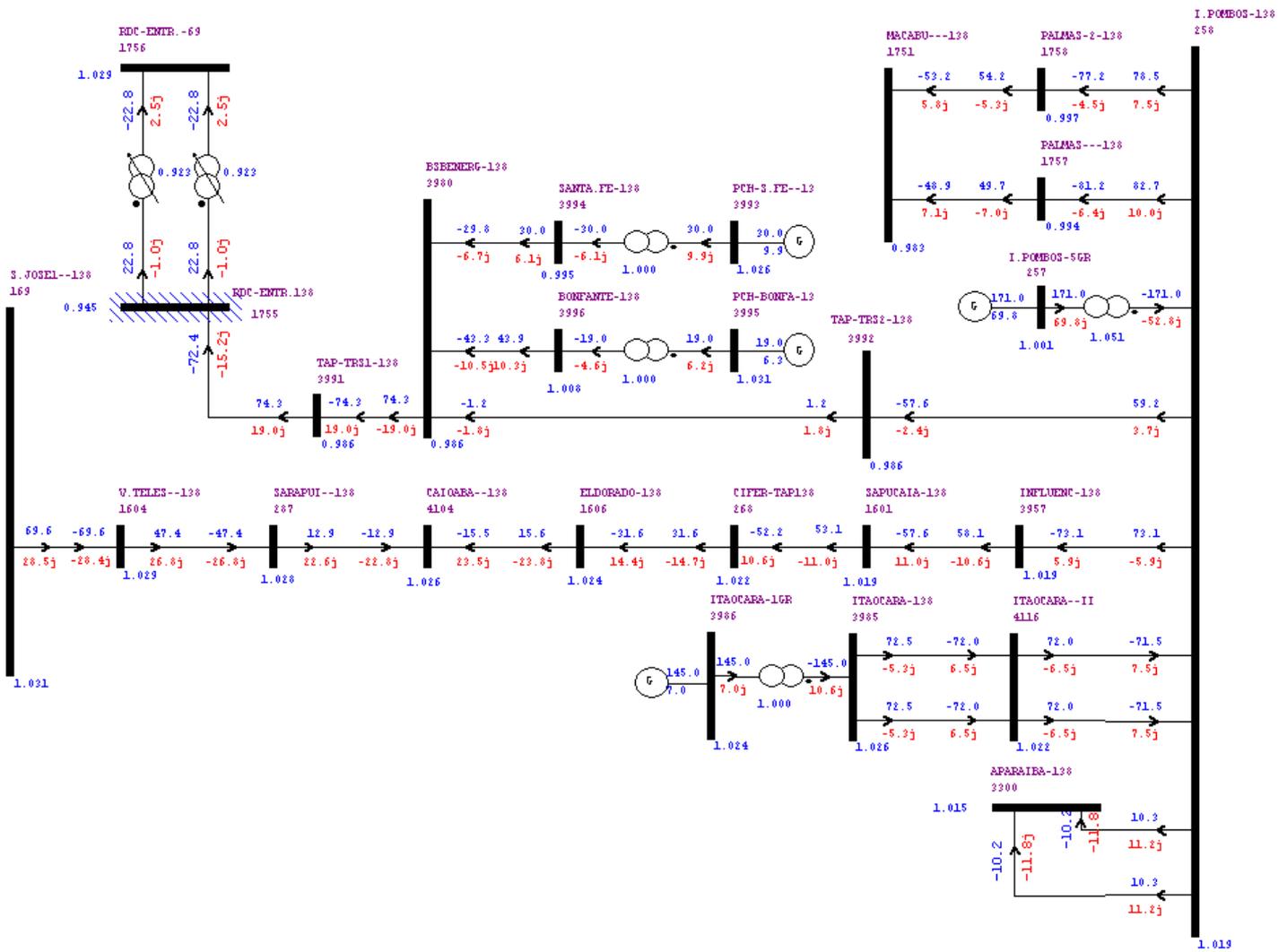
# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 15.2. Perda da LI São José– Rio da Cidade 138 kV

Na contingência da perda da LI São José – Rio da Cidade 138 kV, conforme ilustrado na figura 15.2, verifica-se que o maior carregamento observado na linha remanescente, LI Ilha – Rio da Cidade – são José 138 kV, situa-se entre as subestações São José e Vilar dos Teles, ou seja, 75,2 MVA representando uma redução de 30,69 % em relação ao caso sem a UHE Itaacara I; estes valores permanecem dentro dos limites permitidos para situações de emergência simples na rede elétrica que é de 188 MVA.

O menor nível de tensão observado durante a situação de emergência ocorre na subestação de Entroncamento Rio da Cidade, ou seja, 94,5 %, superior, portanto, ao limite mínimo permitido para situações de emergência que é de 90 %.

Figura 15.2 – Situação de Perda da LI Ilha – Rio da Cidade 138 kV – Com a Presença da UHE Itaacara I



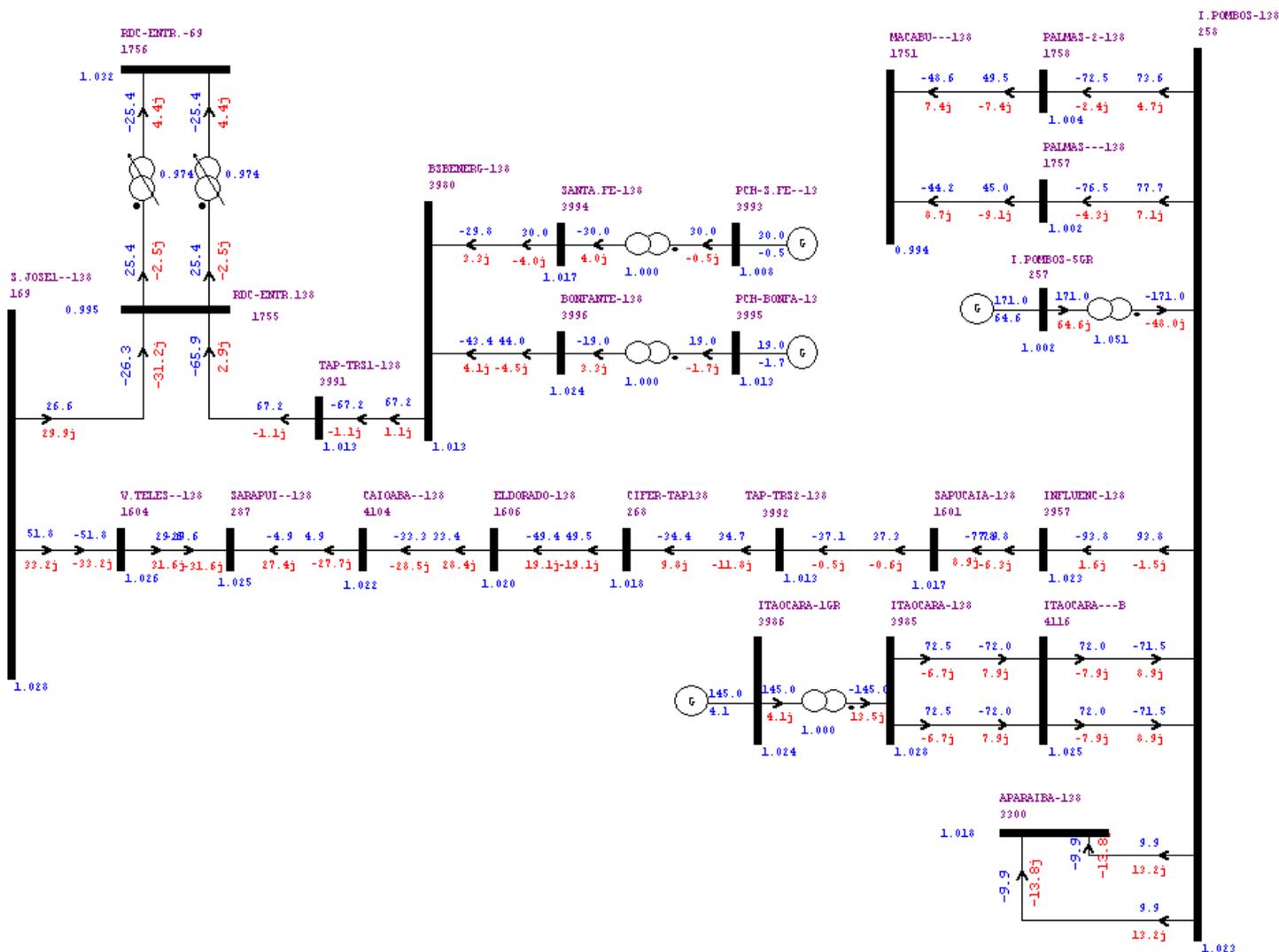
# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 15.3. Perda da LI Ilha – BSB Energética 138 kV

Na contingência de perda da LI Ilha dos Pombos – BSB Energética 138 kV, a carga da SE Três Rios será automaticamente transferida para a LI Ilha – São José 138 kV, através de sua alimentação reserva. A configuração de alimentação das cargas do tronco Ilha-São José, na região de influência da conexão da usina, ficará conforme ilustrado no diagrama da Figura 15.3. Observa-se que o maior carregamento verificado na LI Ilha – Rio da Cidade – São José 138 kV, situa-se no trecho entre as subestações Ilha dos Pombos e Influência, ou seja, 93,8 MVA dentro, portanto, dos limites permitidos em situações de emergência simples que é de 188 MVA.

O menor nível de tensão observado durante a situação de emergência ocorre na subestação de Macabu 138 kV, ou seja, 99,4 %, superior, portanto, ao limite mínimo permitido para situações de emergência que é de 90 %.

Figura 15.3 – Situação de Perda da LI Ilha – BSB Energética – Com a Presença da UHE Itacara I



# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## 16. ANÁLISE DE ESTABILIDADE ELETROMECÂNICA DA USINA

Os estudos e análises de estabilidade eletromecânica indicaram que os sistemas de controle e os ajustes implementados nesses sistemas de controle, resultam em comportamento estável do sistema com oscilações amortecidas no tempo, considerando a aplicação de impactos nos sistemas de controle da usina bem como na rede elétrica.

As simulações para verificação do comportamento dinâmico do sistema e das máquinas da usina, foram realizadas utilizando o programa ANATEM V10.4.3 e a base de dados para estudos de estabilidade eletromecânica disponibilizada no sítio do ONS.

Os modelos dos sistemas de controle representados na base de dados do ANATEM, bem como os parâmetros e ajustes dos parâmetros ajustáveis, estão descritos no item 16.1 a seguir.

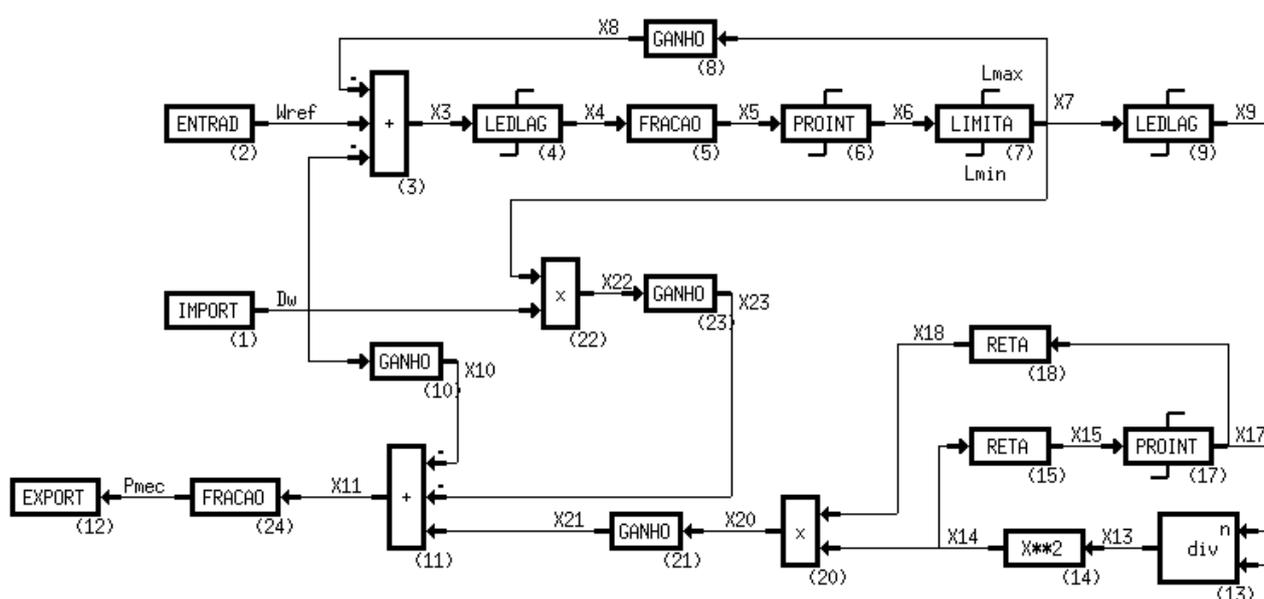
### 16.1. Sistemas de Controle da UHE Itaocara

#### I) Função de Transferência do Regulador de Velocidade e Turbina

A Figura 16.1 mostra o diagrama de blocos do RV incluindo a parte referente à turbina. Para efeitos de simulação, modelou-se a válvula proporcional como um atraso real de segunda ordem, e a válvula distribuidora e distribuidor como sendo um integrador limitado cada um.

Para modelagem da turbina Kaplan, foi feita a representação por uma composição de sinais do distribuidor e da roda, passando em seguida por um bloco avanço-atraso de fase não mínima (turbina). Esta situação é válida para pontos de operação bem definidos, com o comportamento dinâmico sendo observado através da aplicação de degraus de pequena amplitude.

Figura 16.1 – Função de Transferência da Malha de Controle de Velocidade



## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

DESCRIÇÃO DE BLOCOS					
Bloco	Função	Bloco	Função	Bloco	Função
4	$X_4(s) = \frac{1}{1 + s \#T_f} X_3(s)$	9	$X_9(s) = \frac{1}{1 + s \#T_g} X_7(s)$	18	$X_{18} = X_{17} - \#Q_{nl}$
5	$X_5 = \frac{1}{\#r_p} X_4$	10	$X_{10} = \#D D_w$	21	$X_{21} = \#A_t X_{20}$
6	$X_6(s) = \frac{1 + s \#T_r}{s \#T_r} X_5(s)$	15	$X_{15} = -X_{14} + 1.0$	23	$X_{23} = \#D_t X_{22}$
8	$X_8 = \#R X_7$	17	$X_{17}(s) = \frac{1}{s \#T_w} X_{15}(s)$	24	$P_{mec} = \frac{\#PB_{tur}}{\#PB_{maq}} X_{11}$

PARÂMETROS – UNIDADES GERADORAS G1 E G2							
UNIDADES	#At	#D	#Dt	#Lmax	#Lmin	#PBmaq	#PBtur
G1 e G2	1.2	1.0	0.2	0.914	0.0	71.	71.
	#Qnl	#R	#rp	#Tf	#Tg	#Tr	#Tw
	0.08	0.05	0.50	0.05	0.5	5.0	1.5

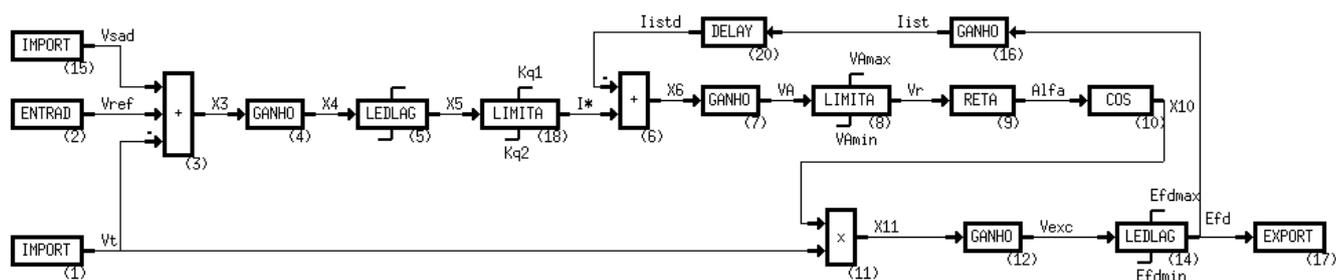
### II) Função de Transferência do Regulador de Tensão e Excitatriz

O Sistema de Excitação da usina está provido por um conjunto de dispositivos, para executar o controle de tensão, corrente ou controle de potência reativa. Destes componentes fazem parte o Conversor, elementos de potência tais como a Ponte de Tiristores, Regulador de Tensão (RT), Compensador de Corrente Reativa CCR, Estabilizador de Sistemas de Potência (ESP), Limitador de SubExcitação (LSE), Limitador de Máxima Corrente de Campo (LCC), Limitador de Máxima Corrente Estatórica (LCE), Limitador Volts/Hertz (LVHz.) e outras funções tais como sinalização e alarmes.

A Figura 16.2 ilustra a função transferência do controlador principal do regulador de tensão, e o modelo do sistema de excitação estática com polarização co-senoidal.

As lógicas dos limitadores do Regulador de Tensão estão mostradas nas Figuras 10.3 a 10.6.

**Figura 16.2 – Diagrama de Blocos da Função de Transferência do Regulador de Tensão e Excitatrizes**



## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

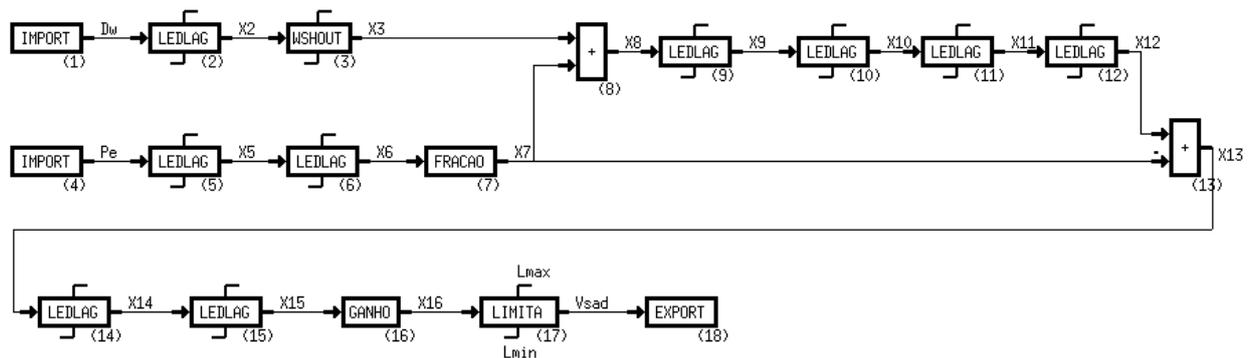
DESCRIÇÃO DE BLOCOS					
Bloco	Função	Bloco	Função	Bloco	Função
4	$X_4 = \#K_a X_3$	9	$\text{Alfa} = \#A_1 V_r + 1.8981$	16	$I_{\text{ist}} = \#\mu_s E_{\text{fd}}$
5	$X_5(s) = \frac{1 + s \#T_a}{1 + s \#T_b} X_4(s)$	12	$V_{\text{exc}} = \#K_g X_{11}$		
7	$V_A = \#K_i X_6$	14	$E_{\text{fd}}(s) = \frac{1}{\#K_e + s \#T_e} V_{\text{exc}}(s)$		

PARÂMETROS – UNIDADES GERADORAS G1 E G2								
UNIDADES	#A1	#Efdmn	#Efdmx	#Ka	#Ke	#Kg	#Ki	#Kq1
G1 e G2	-0.8663	0.25	5.0	52.0	0.3333	1.9477	2.42	3.45
	#Kq2	#Ta	#Tb	#Te	#us	#VAmáx	#VAmin	
	0.0	1.034	1.5	0.8	1.0	1.5865	-0.831	

### III) Função de Transferência do Estabilizador de Sistemas de Potência – ESP

O objetivo do Estabilizador de Sistema de Potência (ESP) é amortecer oscilações eletromecânicas. Para isso, é utilizado o sinal derivado da integral da potência acelerante, que é processado e aplicado ao somador do Sistema de Regulação. A malha de controle que representa o ESP está mostrada na Figura 16.3

**Figura 16.3 – Diagrama de Blocos da Função de Transferência do Estabilizador de Sistemas de Potência - ESP**



## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

PARÂMETROS – UNIDADES GERADORAS G1 E G2					
2	$X_2(s) = \frac{1}{1 + s \cdot 0.02} D_w(s)$	7	$X_7 = \frac{0.5}{\#H} X_6$	12	$X_{12}(s) = \frac{1}{1 + s \cdot \#T_2} X_{11}(s)$
3	$X_3(s) = \frac{s \cdot \#T_1}{1 + s \cdot \#T_1} X_2(s)$	9	$X_9(s) = \frac{1 + s \cdot \#T_{2x4}}{1 + s \cdot \#T_2} X_8(s)$	14	$X_{14}(s) = \frac{1 + s \cdot \#T_3}{1 + s \cdot \#T_4} X_{13}(s)$
5	$X_5(s) = \frac{1}{1 + s \cdot 0.02} P_e(s)$	10	$X_{10}(s) = \frac{1}{1 + s \cdot \#T_2} X_9(s)$	15	$X_{15}(s) = \frac{1 + s \cdot \#T_5}{1 + s \cdot \#T_6} X_{14}(s)$
6	$X_6(s) = \frac{\#T_1}{1 + s \cdot \#T_1} X_5(s)$	11	$X_{11}(s) = \frac{1}{1 + s \cdot \#T_2} X_{10}(s)$	16	$X_{16} = \#K X_{15}$
2	$X_2(s) = \frac{1}{1 + s \cdot 0.02} D_w(s)$	7	$X_7 = \frac{0.5}{\#H} X_6$	12	$X_{12}(s) = \frac{1}{1 + s \cdot \#T_2} X_{11}(s)$

PARÂMETROS – UNIDADES GERADORAS G1 E G2						
UNIDADES	#H	#K	#Lmax	#Lmin	#T1	#T2
G1 e G2	4.076	10.0	0.1	-0.1	3.0	0.2
	#T2x4	#T3	#T4	#T5	#T6	
	0.8	0.3	0.02	0.3	0.02	

### IV) Dados Básicos das Unidades Geradoras

Dados Básicos das Máquinas Síncronas								
UNIDADES	Faixa Operativa				H (s)	Curva de saturação		
G1 e G2	MW		Mvar			tipo	Ag	Bg
	Min.	Máx.	-	+				
		15,0	72,5	21,2	35,0	4,076	2	0,0212
	Xd	Xq	X'd	X''d	XI	T'do	T''do	T''qo
	125.6	71.0	31.31	20.02	14.200	9.50	0,05	0,085

### 16.2. Testes de Validação dos Modelos

Nos testes de validação dos modelos de representação do Sistema de Regulação de Tensão e Velocidade e do Estabilizador de Sistemas de Potência, foram efetuados impactos de degraus de 5% na referência do regulador de tensão e do regulador de velocidade, considerando uma condição de carga pesada e todas as máquinas em operação.

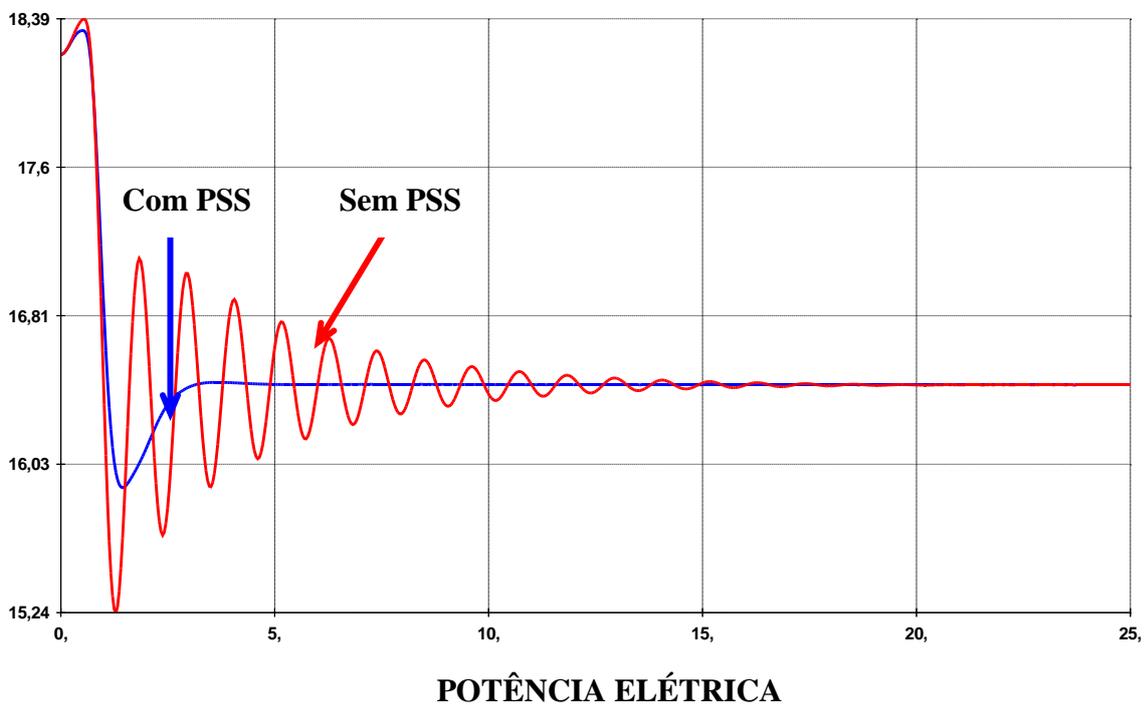
## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

As simulações foram realizadas para as condições com e sem a presença do Estabilizador. Pela análise das curvas de resposta no tempo, verificou-se que os ajustes implementados, tanto para os reguladores de velocidade quanto para os de tensão, proporcionam desempenho adequado às solicitações devido às perturbações.

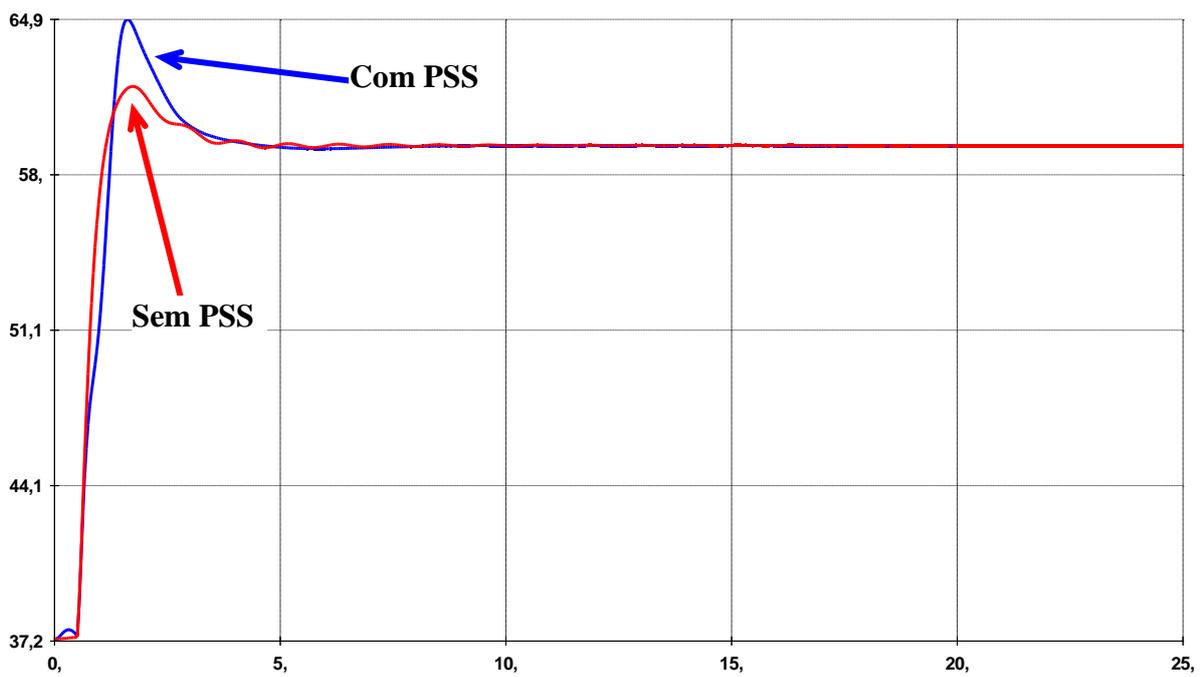
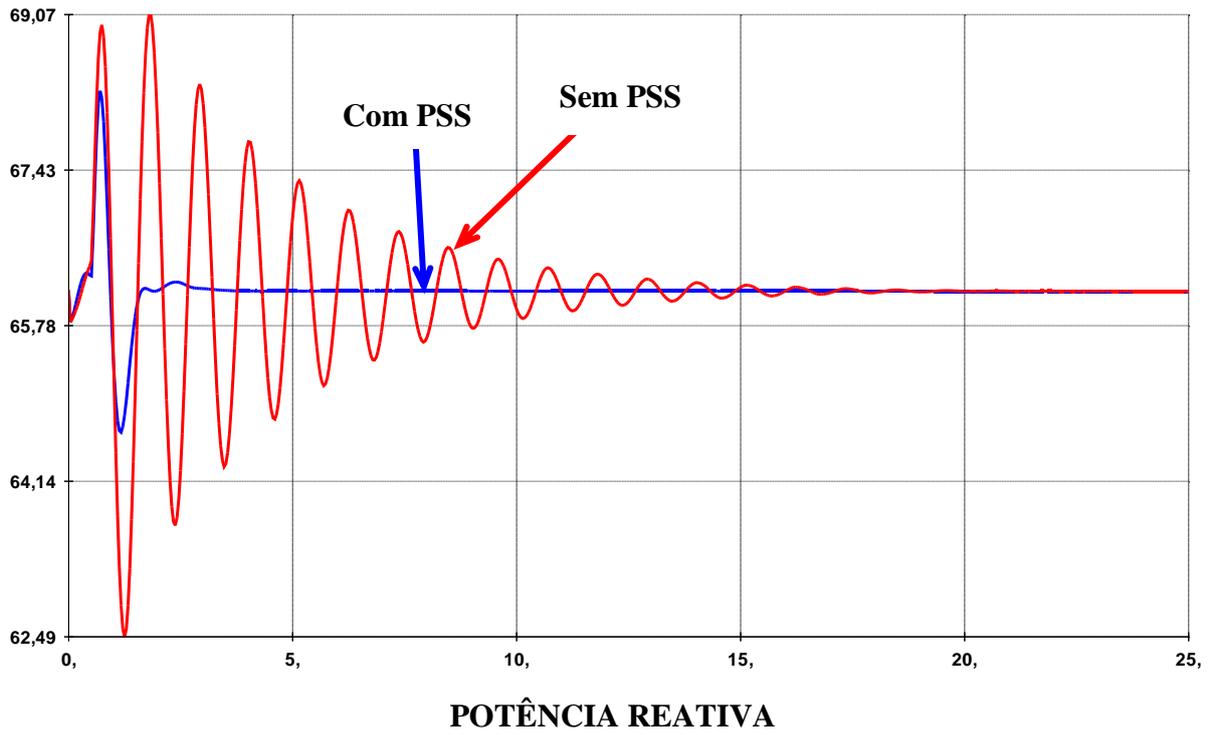
Da mesma forma, considerando a implementação dos Estabilizadores de Sistemas de Potência, com os ajustes propostos, observou-se uma significativa melhoria nas respostas dos sistemas de controle e no desempenho eletromecânico das máquinas da usina, aos impactos a que os mesmos foram submetidos.

### 16.2.1. Teste Com Degrau de 5% na Referência do Regulador de Tensão

#### DEFASAMENTO ANGULAR

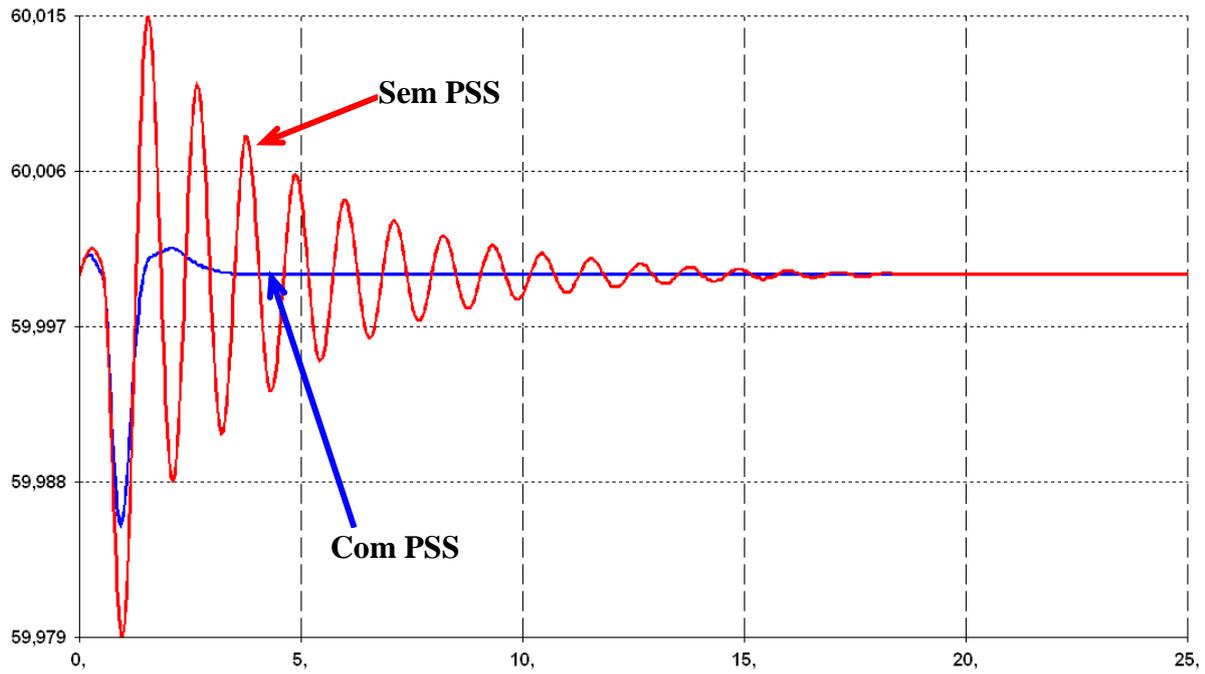


# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

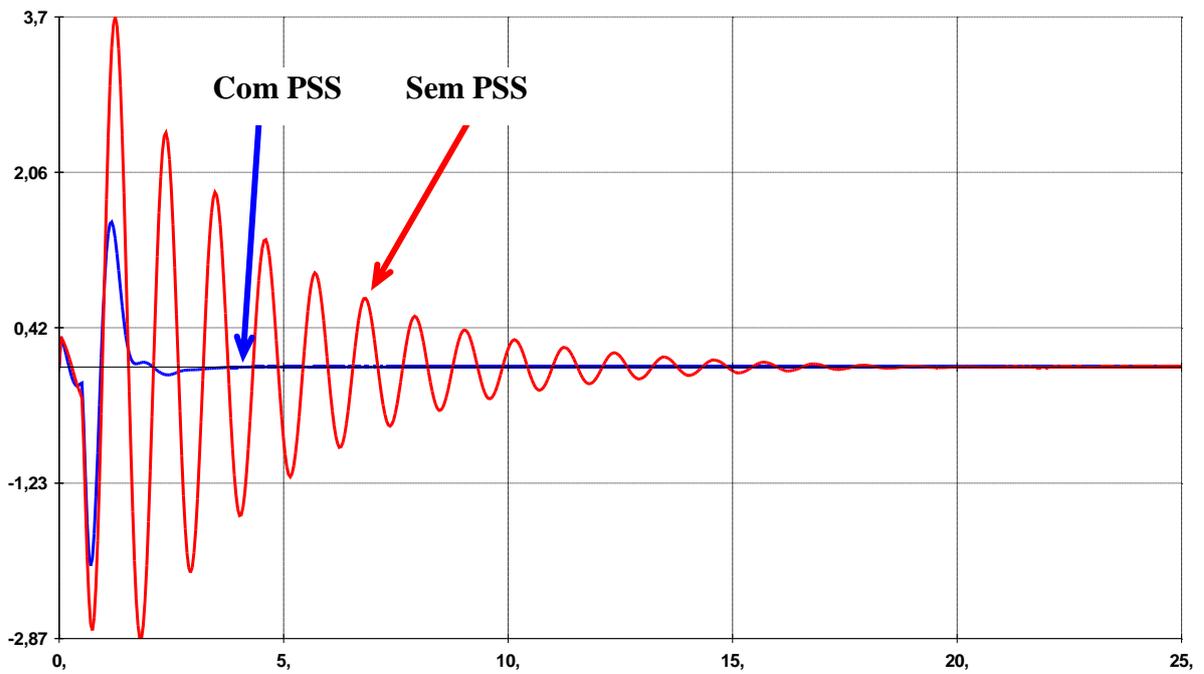


# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## FREQUÊNCIA DA MÁQUINA

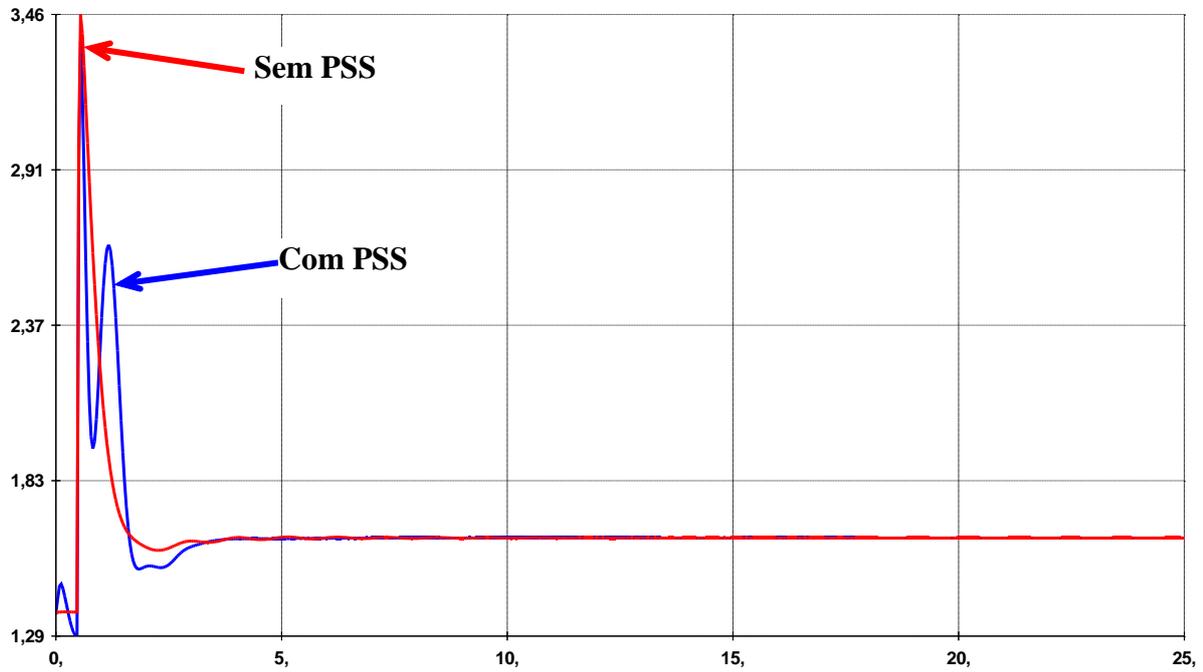


## POTÊNCIA ACELERANTE

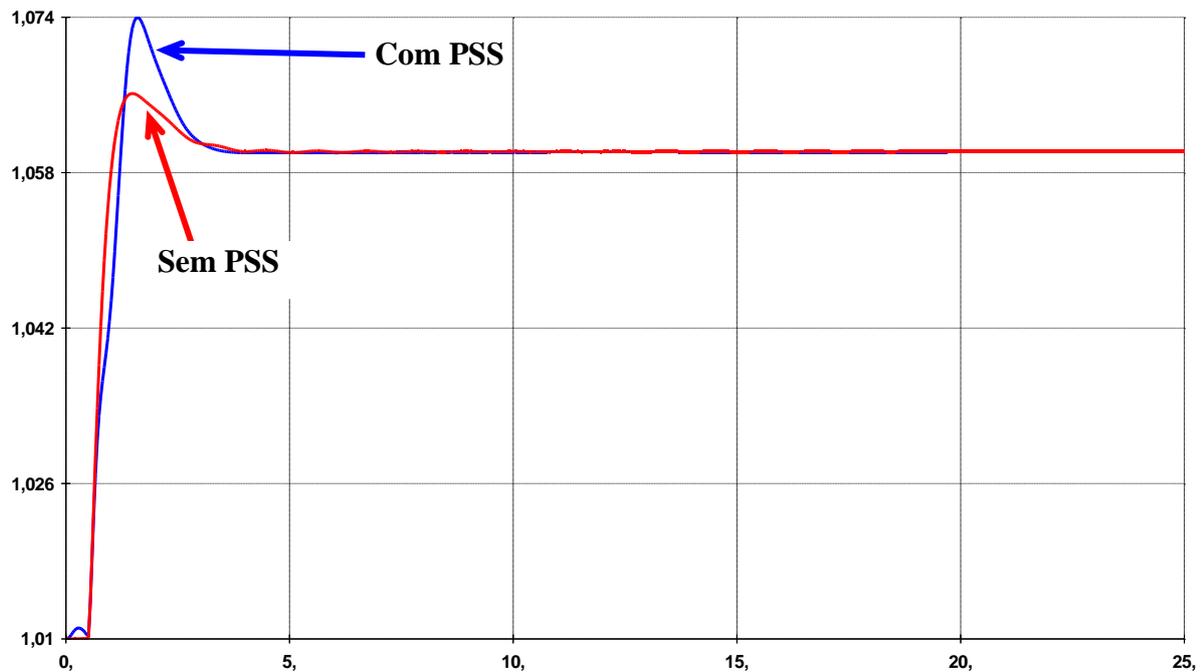


# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## TENSÃO DE CAMPO (Efd)

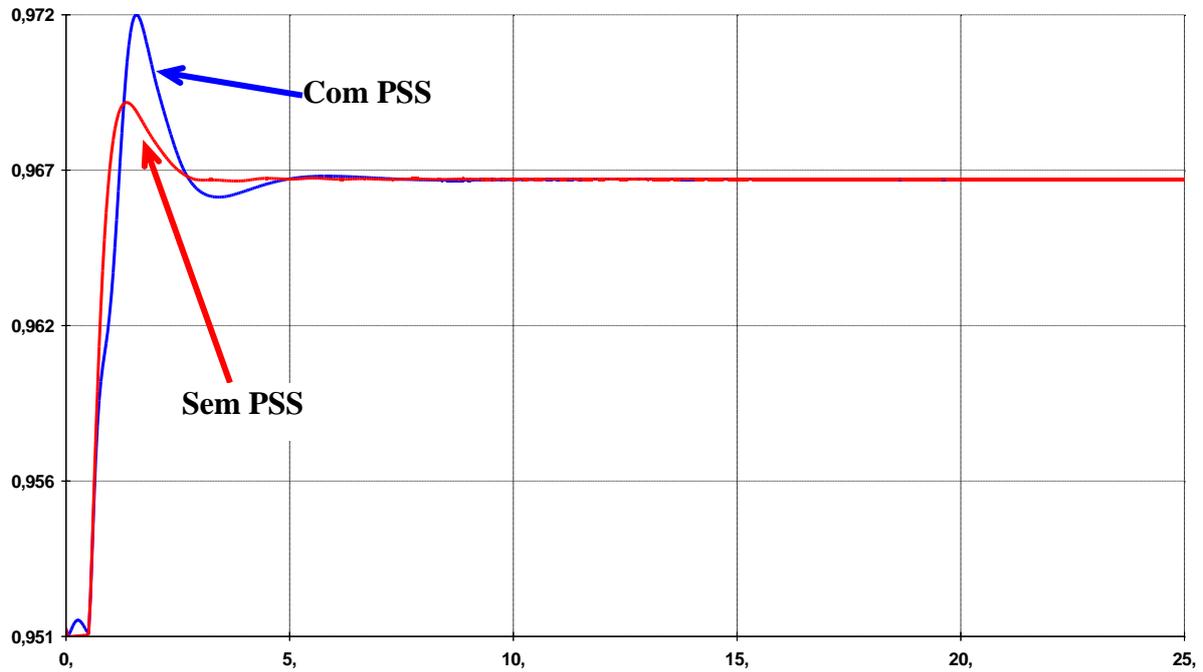


## TENSÃO DA BARRA TERMINAL DA MÁQUINA



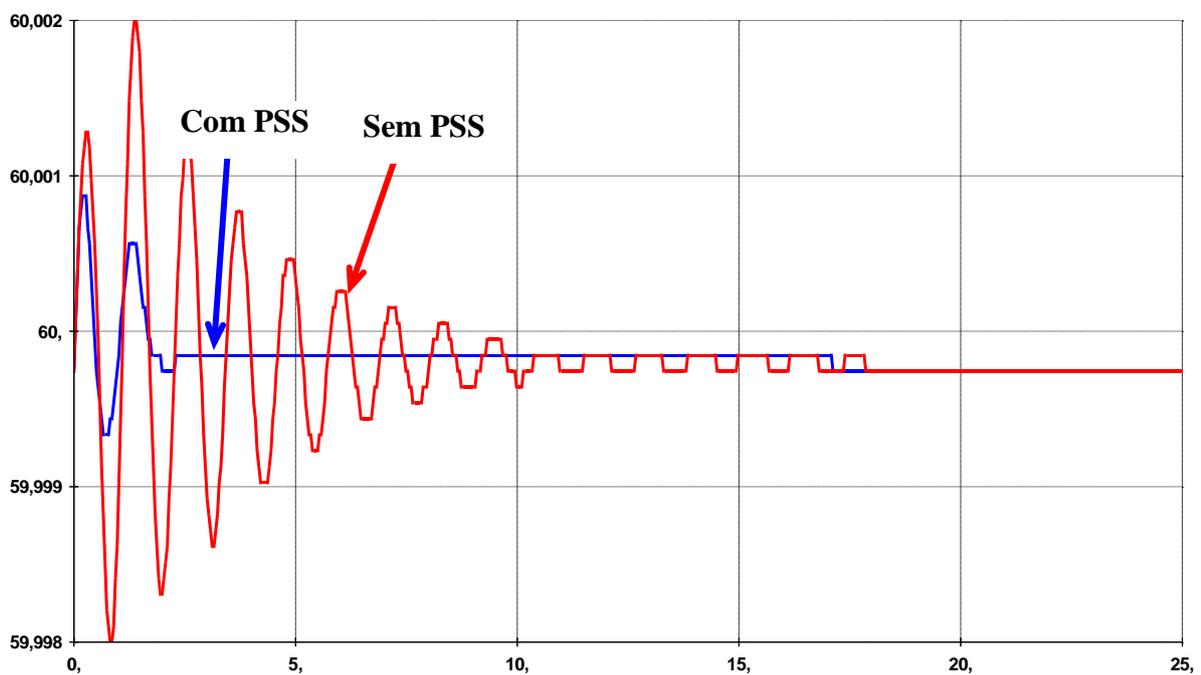
# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## TENSÃO DA BARRA 138 kV DA USINA



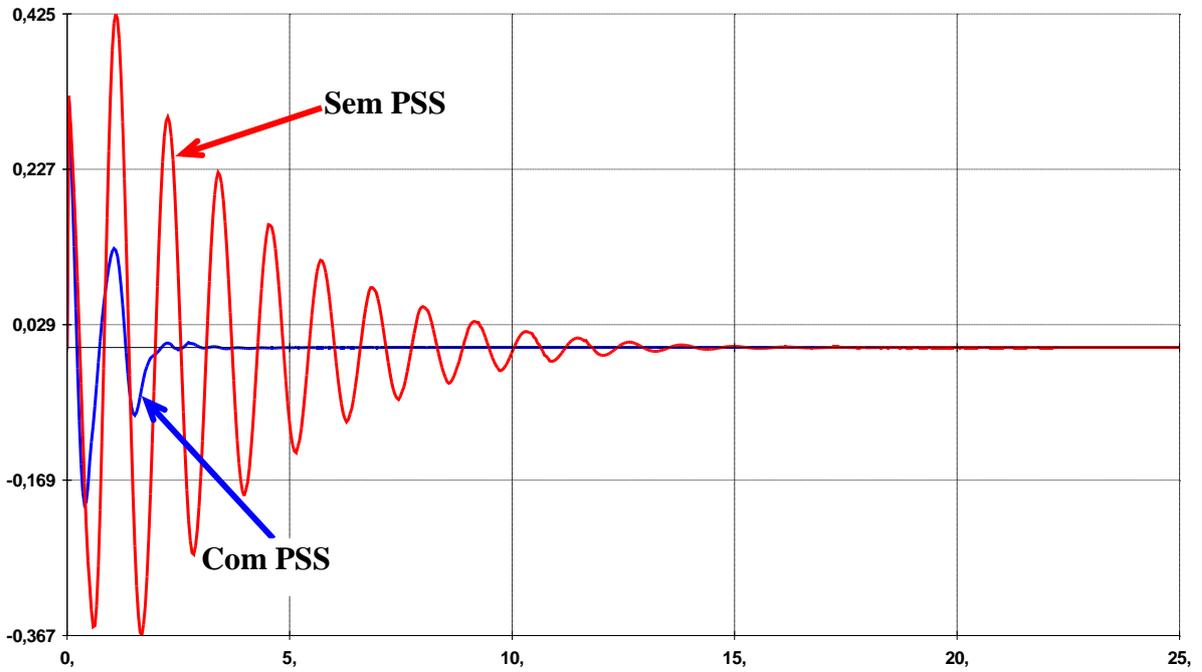
### 16.2.1. Teste Com Degrau de 5% na Referência do Regulador de Velocidade

## FREQUÊNCIA DA MÁQUINA

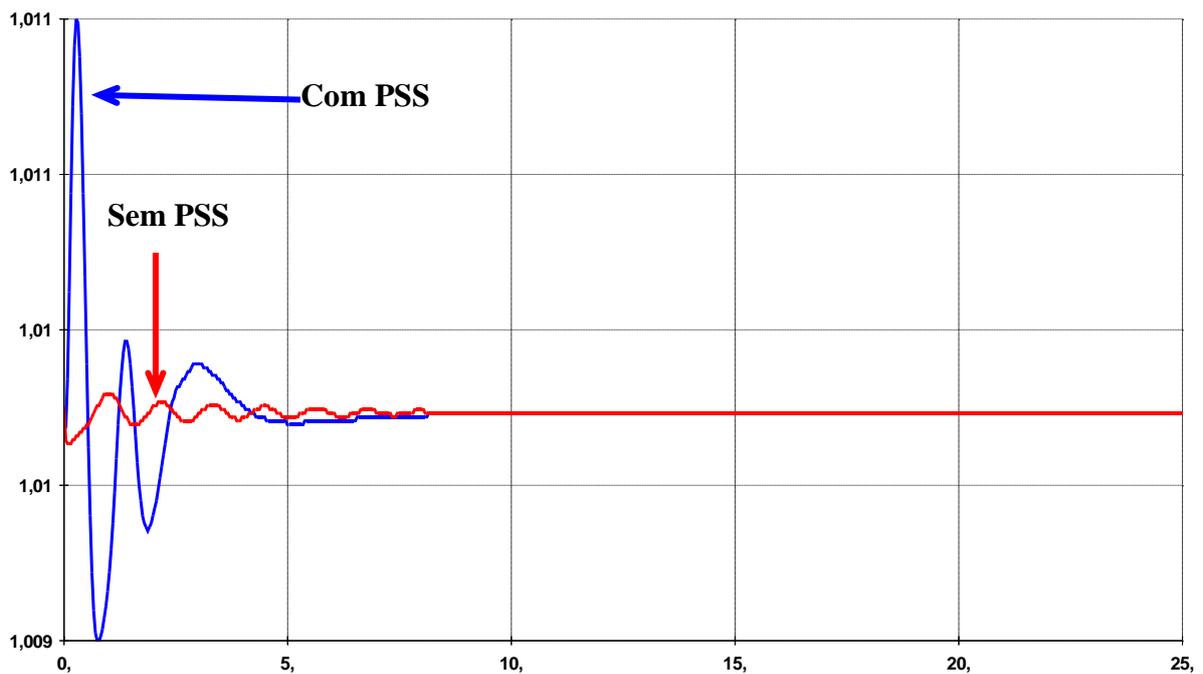


# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## POTÊNCIA ACELERANTE

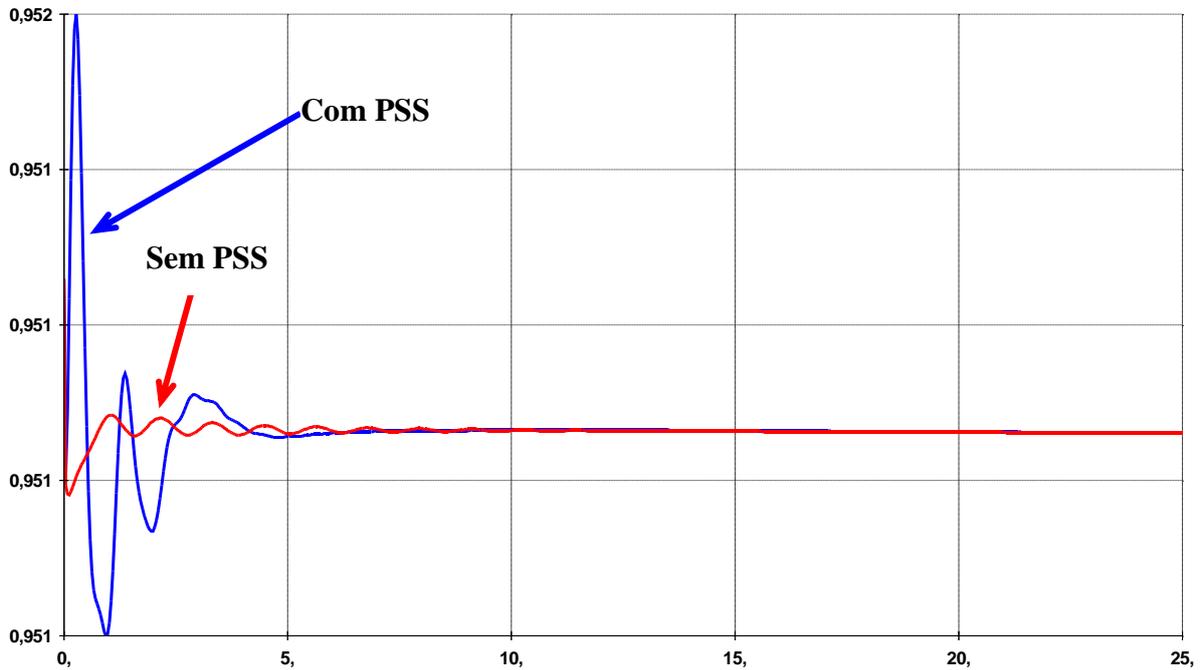


## TENSÃO DA BARRA TERMINAL DA MÁQUINA



# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## TENSÃO DA BARRA 138 kV DA USINA



### 16.3. Simulações de Estabilidade Eletromecânica

#### 16.3.1. Critérios Utilizados Para a Análise de Desempenho da Estabilidade Transitória e Dinâmica

Para as análises de desempenho das máquinas da UHE Itaocara e, do sistema elétrico, frente a impactos, foram utilizados os critérios definidos pelos Procedimentos de Rede, bem como aqueles considerados pelo antigo GCOI (Grupo Coordenador para Operação Interligada) e referendados pelo ONS (Operador Nacional do Sistema), cujos principais pontos são destacados a seguir.

- As máquinas síncronas devem manter o sincronismo durante a transição de uma situação operativa para outra causada por distúrbios de qualquer natureza;
- Qualquer planta deverá apresentar comportamento estável para curto-circuitos monofásicos, sem religamento, considerando a perda de qualquer um dos seus elementos de conexão tais como: carga, gerador, linha de transmissão ou transformador.
- No processo de simulação no tempo, após o período dinâmico, quando já se verificaram a atuação de todos os reguladores de velocidade, de tensão e dos sinais adicionais estabilizadores, o sistema deverá estar amortecido apresentando tensão mínima superior a 90 % em todos os seus barramentos.

#### 16.3.2. Caso de Estabilidade Simulado

## PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

Para análise da estabilidade transitória e dinâmica, foi efetuada a simulação com aplicação de um curto-circuito monofásico em 0,2 segundos na LT C. Paulista-Adrianópolis 500 kV, seguido da abertura da linha após 0,5 segundos de simulação com eliminação da falta

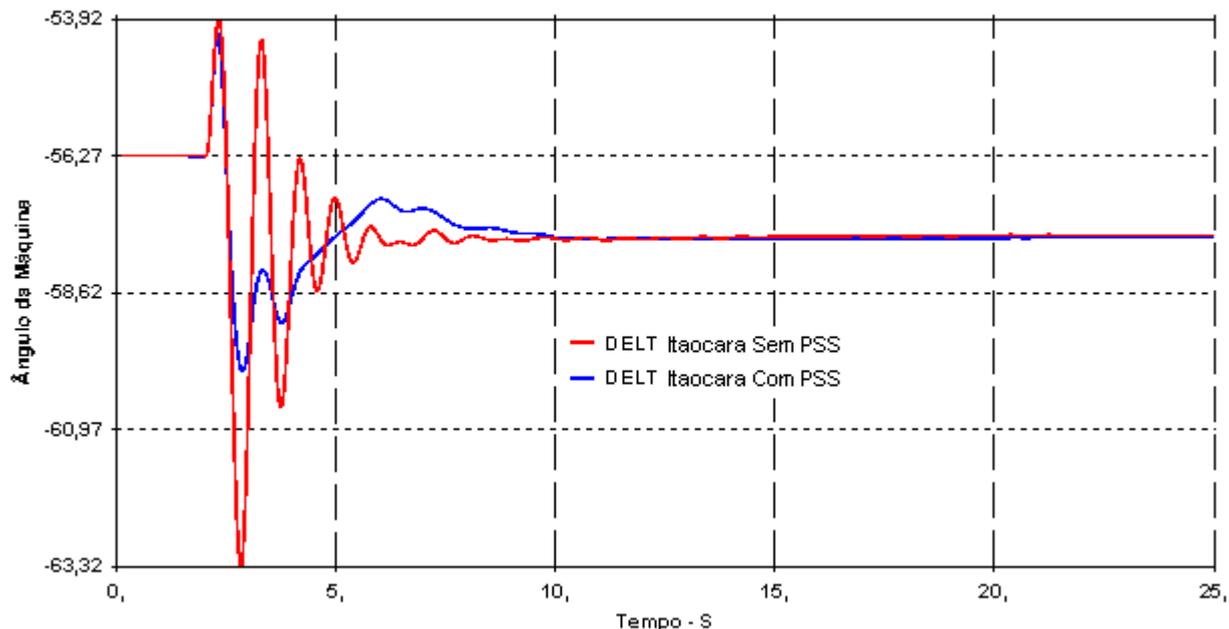
Apesar destes impactos no sistema elétrico, o mesmo apresentou desempenho satisfatório, passando os sistemas Norte-Nordeste e Sul-Sudeste a operarem com comportamento estável e com suas grandezas dentro dos limites e critérios estabelecidos. As máquinas da UHE Itaocara apresentaram comportamento adequado, permanecendo em sincronismo com as demais usinas do Sistema Sudeste e apresentando, no período dinâmico, amortecimento positivo com coeficiente de amortecimento dentro dos requisitos exigidos pelos critérios estabelecidos e observados para análises de estabilidade eletromecânica, quais sejam:

- ❖ Coeficiente de amortecimento superior a 5% para modos de oscilação inferiores a 0,4 Hz;
- ❖ Coeficiente de amortecimento superior a 10 % para modos de oscilação iguais ou superiores a 0,4 Hz.

### 16.3.3. Conclusões

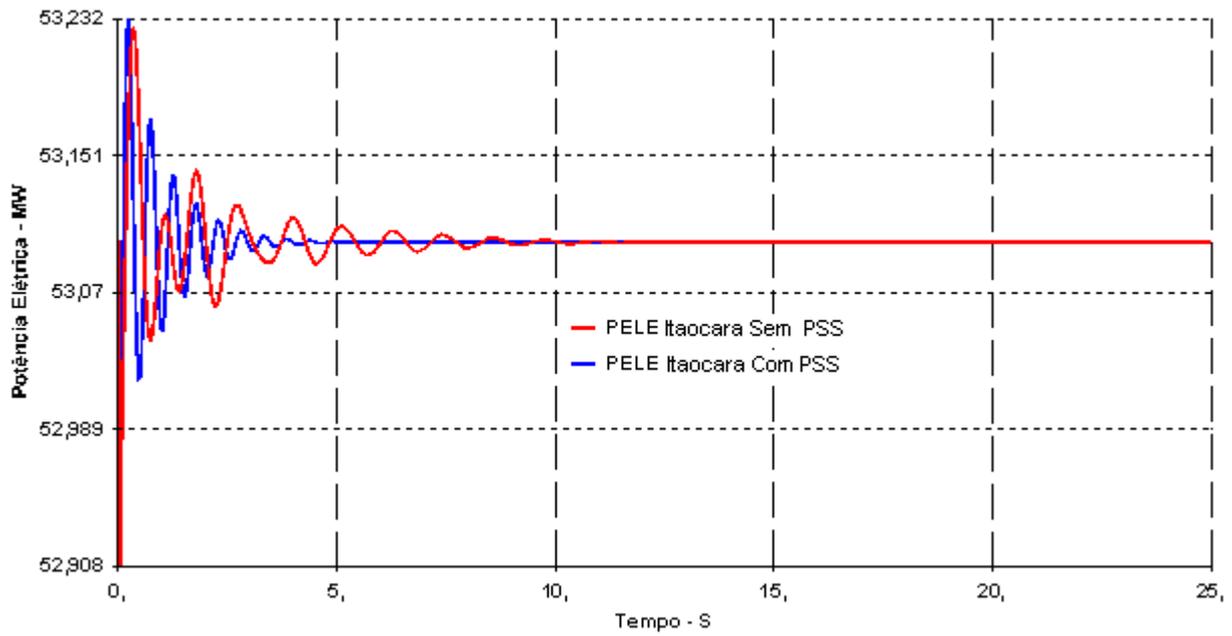
Pelo exposto acima e, pelo comportamento das curvas plotadas a seguir, verifica-se que tanto os modelos quanto os parâmetros implementados nas máquinas e nos sistemas de regulação da UHE Itaocara apresentam robustez para o amortecimento das oscilações nas frequências de modo local e inter-área entre as diversas áreas do Sistema Elétrico Brasileiro.

### DEFASAMENTO ANGULAR

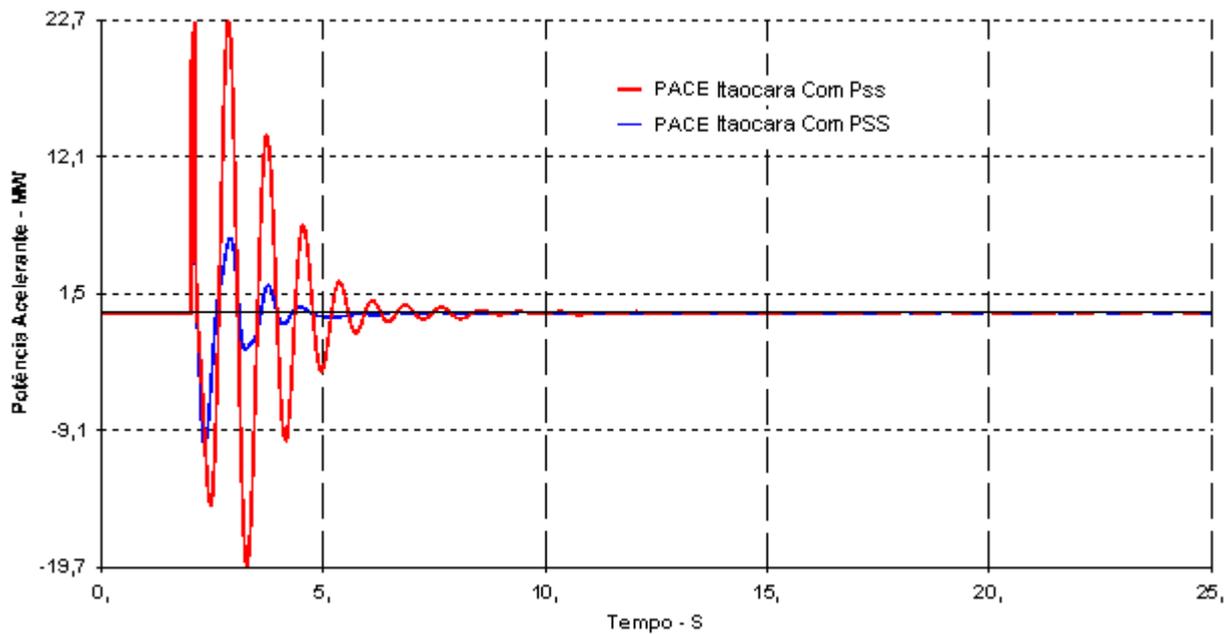


# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## POTÊNCIA ELÉTRICA

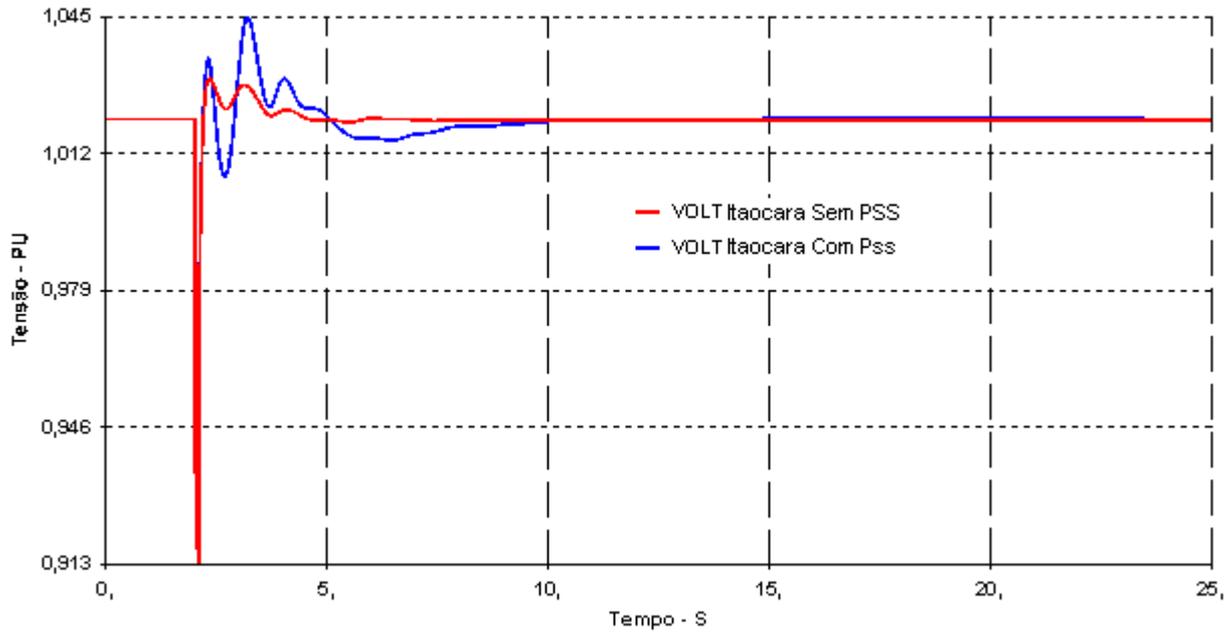


## POTÊNCIA ACELERANTE



# PARECER DE ACESSO DA UHE ITAOCARA – I

## TENSÃO TERMINAL DA MÁQUINA



## TENSÃO DA BARRA 138 kV DA USINA

