

1. JUSTIFICATIVA

Um dos principais riscos ambientais envolvendo a formação dos reservatórios artificiais compreende a possibilidade de degradação e o comprometimento dos patrimônios paisagísticos locais. Nos casos onde existem limites institucionais com jurisprudência estabelecida – tais como no caso das unidades de conservação, sítios arqueológicos e áreas tombadas – entende-se, em específico, que as alterações provocadas pelas atividades de origem humana – tais como aquelas de engenharia - não podem resultar em efeitos deletérios descontrolados na qualidade dos geossistemas estabelecidos.

A regulamentação historicamente desenvolvida na legislação ambiental e setorial brasileira condiciona que as obras de engenharia sejam empreendimentos cada vez mais bem gestados; com uma relação equilibrada entre as *potencialidades almejadas*, as *possibilidades técnicas* e os *custos reais*. O desenvolvimento científico e a apropriação de conhecimento técnico provindo da experiência e dos estudos nas últimas décadas motivam que os órgãos ambientais – gestores dos recursos naturais do país - se empenhem em promover e manter a segurança ambiental dos territórios. Assim, os remodelamentos de projetos técnicos de obras civis são cada vez mais solicitados, orientando à minoração de conflitos de ordem legal e social. Em muitos casos, no entanto, a garantia de operacionalidade dos projetos é subavaliada deixando o empreendimento sem condições de lucratividade, fato que conseqüentemente diminui as possibilidades de ação da iniciativa privada.

Nessas circunstâncias reside o impasse no licenciamento ambiental prévio da PCH Cherobim. O IAP - Instituto Ambiental do Paraná recomendou em abril de 2009 através do Ofício Nº 079/2009-IAP/DIRAM-DLE a alteração de cota da barragem (alternativa locacional), objetivando o não comprometimento do regime hidráulico do rio dos Papagaios e o não alcance dos limites da APA - Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana. O órgão gestor encontra base legal para esta solicitação no que rege o Decreto Paranaense nº 1231/92 - legislação criadora da APA da Escarpa Devoniana, além do Plano de Manejo da referida UC. Em ambos os documentos proibi-se um rol de usos de solo naquela área.

Salienta-se que a determinação, entretanto, está baseada em exemplos circunscritos, que, nem sempre regem os fatos. Casos omissos ou diferenciados devem supor uma avaliação individualizada, com rigor sob suas reais implicações das ações sobre o território e os recursos. Desta forma atividades dantes proibidas podem ser compatibilizadas sob certos entendimentos, dependendo da interlocução entre órgão gestor e interessado e da comprovação de circunstâncias atenuantes.

Na direção dessa compreensão lembra-se que a interferência de processos e estruturas de origem antrópica nas Unidades de Conservação de Uso Sustentável (como é o caso da APA da Escarpa Devoniana) se torna possível, tendo amparo legal na definição contida no artigo 15º da Lei nº 9985/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC e no capítulo VII do Decreto nº 4340/2002. Inclusive esta última legislação faculta, sob autorização expressa do órgão gestor e em condições disciplinadas, a exploração dos recursos naturais naquele tipo de UC.

Nessa perspectiva é que se debruça justificativa para ao prosseguimento do processo de licenciamento da PCH Cherobim. Inicialmente o reservatório projetado interceptava

uma extensão marginal do Rio Iguaçu, inserida em aproximadamente cinco hectares na APA da Escarpa Devoniana. Na nova proposta os eixos do projeto básico e da alternativa diferem em sua posição locacional original, sendo o eixo da alternativa selecionada situado aproximadamente dois quilômetros à jusante do eixo da alternativa do projeto básico. Além disso, a elevação do reservatório, previamente situada na El. 829,00 fora alterada para a El. 824,00, não comprometendo desta forma o regime hidráulico do rio dos Papagaios e diminuindo consideravelmente a interceptação sobre a APA da Escarpa Devoniana. Foi também eliminada na alternativa selecionada um dos dois diques auxiliares existentes na alternativa do projeto básico diminuindo consideravelmente a extensão alagada. A perspectiva e os cálculos trabalharam com a possibilidade do empreendimento não mais incidir sobre a APA. No entanto, após a finalização do projeto observou-se a elevação da lâmina d'água ainda alagava uma ínfima parcela da Unidade de Conservação.

Salienta-se que, embora o projeto da PCH Cherobim permaneça interceptando a APA, a nova proposta para o barramento tratou de reduzir drasticamente a incidência. Aproximadamente 50% da área alagada prevista pelo projeto original foi suprimida, sendo que a interferência sobre a APA resultou em apenas 2,39 hectares¹ divididos em três pequenos polígonos irregulares na margem direita do Rio Iguaçu (aproximadamente 0,55 hectare, 0,84 hectare e 1,00 hectare em respectivo). Essa condição vinculou aliar melhor alternativa técnica possível para a alternativa de barramento (Figura 01).

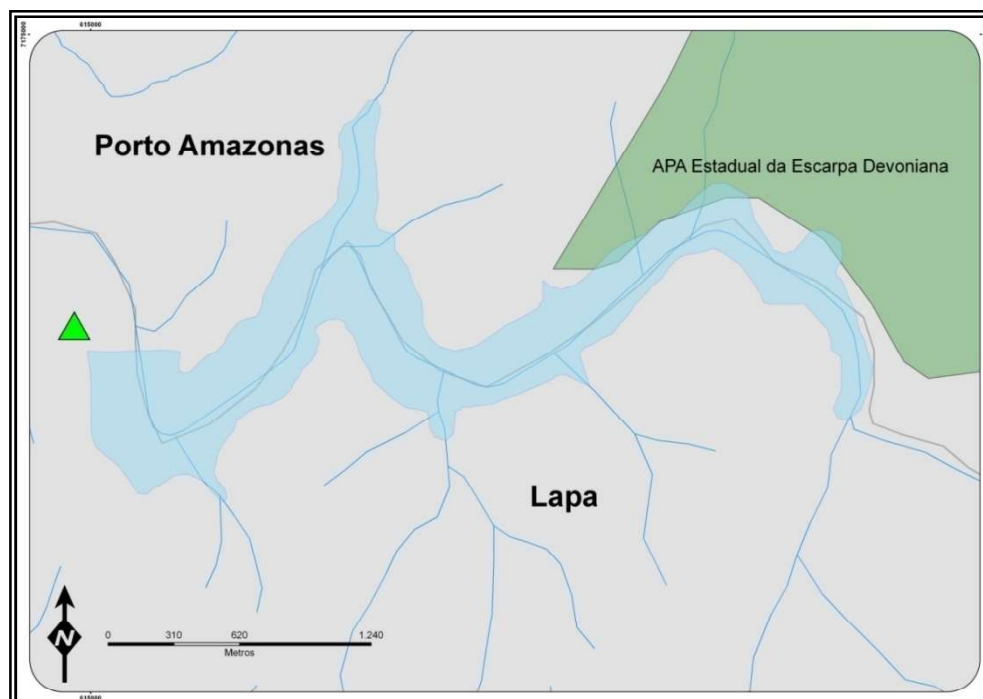


Figura 01 – Ilustração esquemática do cruzamento do projeto do reservatório com a APA da Escarpa Devoniana.

¹ O confronto entre a planta topográfica do empreendimento e o Mapa do Zoneamento da APA da Escarpa Devoniana resultou no referido valor, embora se saiba que, pelo mapeamento realizado para o Plano de Manejo (Escala 1:250.000), torna-se impossível assegurar a real dimensão do impacto do empreendimento sobre a Unidade de Conservação.

Além disso, o projeto técnico da PCH Cherobim coaduna atividades e condições que favorecem a ratificação da locação do empreendimento hidroenergético. A saber:

- a) a dimensão da área afetada pelo alagamento não altera sob nenhuma circunstância a qualidade do patrimônio geológico espeleológico vinculado as feições ruiformes das escarpas dos diamictitos Furnas. A característica geomorfológica da área a se inundar compreende integralmente terrenos em rampas de radial aberto, preenchidos com deposição sedimentar cenozóica de colúvios pedogeneizados. A área do empreendimento estende-se sobre pedimentos cenozóicos locados sobre substrato arenítico bastante alterado. Praticamente inexitem afloramentos destacando-se apenas os alteritos estratificados de composição areno-argilosa de coloração vermelha já diagramados durante os ensaios de sondagem;
- b) Segundo a compreensão recente da evolução fisiográfica da paisagem do segundo planalto paranaense, a denominação Escarpa Devoniana pode ser considerada indevida, já que a abertura epigênica em forma de canhão que caracteriza a formas de dissecação fluvial nalguns rios só foram obtidas a partir do abaulamento do embasamento cristalino criada pelo Arco de Ponta Grossa, de idade muito mais recente. Da mesma forma a sedimentação coluvionar típica que se processou sobre as rochas da formação Furnas prevalece como uma marca singular na paisagem local, não caracterizando a ocorrência de afloramentos alveolares tais quais encontradas no Parque de Vila Velha;
- c) o uso de solo regional (dentro dos limites da Unidade de Conservação) comprova atividades claramente conflitantes ao Plano de Manejo da APA da Escarpa Devoniana estabelecido em 2004, especialmente no tocante a expansão da agricultura mecanizada com utilização de defensivos e a silvicultura do pinheiro americano. Tais atividades são inclusive muito mais impactantes ao patrimônio natural por ocorrerem em múltiplos níveis. Os principais efeitos são a perda do solo e a degradação constante dos espeleotemas pseudocársticos, furnas e lapas, além dos ecossistemas de brejos e estepes. Cabe destacar ainda que a conclusão da análise ambiental integrada, avaliação com base em método empírico consagrado, ratifica que a área adjacente ao projeto como um ambiente claramente impactado;
- d) as obras de engenharia passíveis de licenciamento ambiental são obrigadas a desenvolver os denominados programas ambientais. Os programas se munem de atividades controladas e disciplinadoras voltadas a mitigação de conflitos, diminuição de problemas em diversas ordens e escalas e melhoria da qualidade das interfaces ambientais. Nessa circunscrição, cabe destacar para o processo da PCH Cherobim o compromisso da empresa executora em (re)vegetação das encostas e zonas ripárias areníticas, atendendo os objetivos de proteção integral das margens, conforme Resolução 303/2002 do CONAMA, além de aumento de áreas de cobertura florestal com plantio de mudas de espécies nativas. O programa de controle a erosão também está vinculado e planeja em sua alçada, ações de proteção e monitoramento das encostas, bem como no mapeamento e proteção dos afloramentos em média e alta encosta e feições localizados na área diretamente afetada pelo empreendimento;

- e) Possibilidade de desenvolvimento, quando na fase de licenciamento correspondente, de atividades de Educação Ambiental e em regime de parceria e cooperação com corpo técnico e o conselho gestor da APA da Escarpa Devoniana.

Levando em consideração as situações e condicionantes específicas elencadas, o empreendimento assume os compromissos com a verdade perante os fatos. Dessa forma acredita-se, na possibilidade de aprovação do local escolhido sob o prisma da responsabilidade social do empreendimento, da obediência da normatização e recomendações estabelecidas pelo órgão ambiental em prol de um meio ambiente mais bem equilibrado e conservado.

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO

2.1. Informações Gerais

2.1.1. Nome do Empreendimento

Pequena Central Hidrelétrica – PCH Cherobim.

2.1.2. Localização do Empreendimento

O empreendimento está localizado no limite dos municípios de Porto Amazonas e Lapa, estado do Paraná, a aproximadamente 70 quilômetros da capital Curitiba (Figura 02). O aproveitamento hidrelétrico proposto situa-se especificamente no rio Iguaçu, na região do Salto Caiacanga. O eixo da barragem está projetado para se localizar entre as coordenadas 615511E e 7173481N; e 615069E e 7173465N (Anexo 01).

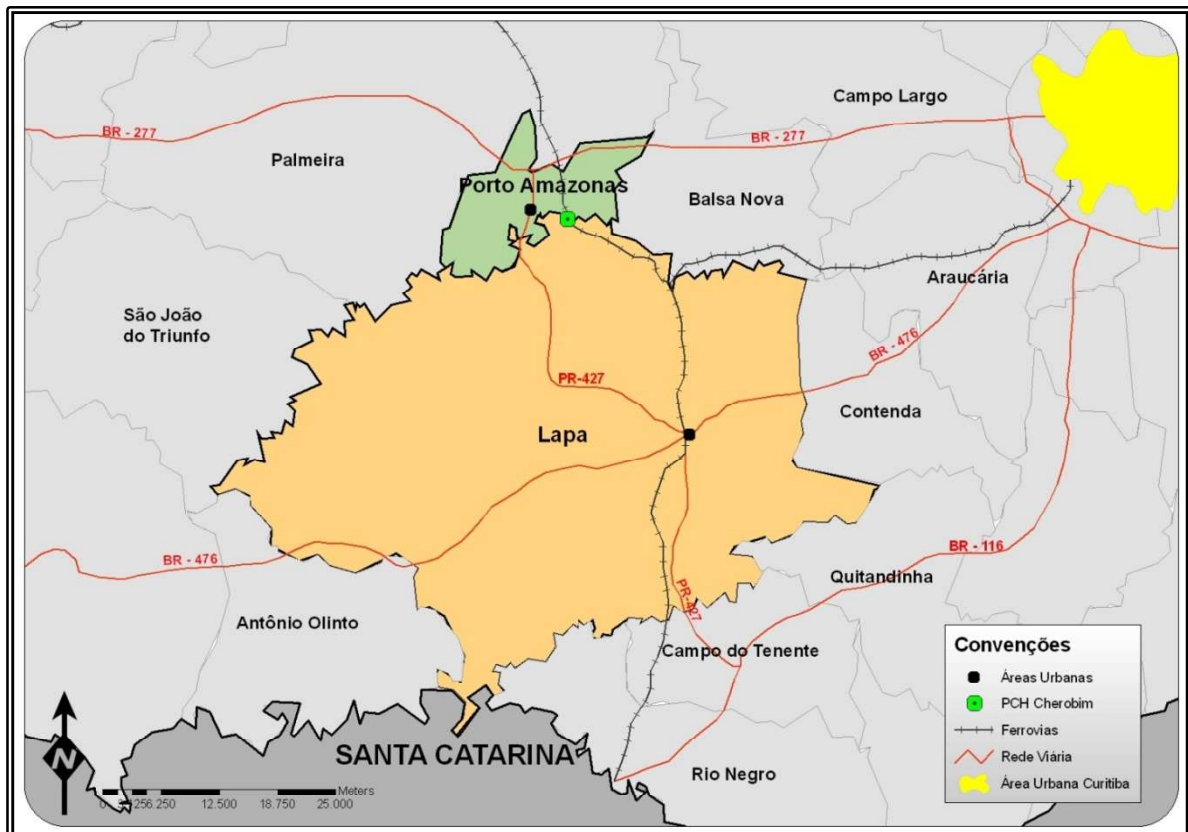


Figura 02 - Mapa de Localização da área de estudo.

O acesso ao empreendimento, a partir de Curitiba, é feito pela BR-277 na direção Oeste. Percorrem-se 63 km até o município de Osório Santos, no entroncamento da rodovia estadual PR-427. Tomando a PR-427 segue-se na direção Sul por 6 km até chegar à sede do município de Porto Amazonas. A partir daí o trajeto é feito por estradas vicinais, margeando o rio Iguaçu no sentido montante por cerca de 5 km.

Outra alternativa de acesso é passar pelo município de Porto Amazonas e continuar seguindo a PR-427. Após cruzar o rio Iguaçu, percorre-se cerca de 700 metros e toma-

se a direção leste, seguindo uma estrada vicinal por cerca de 3 km. Em seguida toma-se a direção norte, percorrendo 1 km até alcançar a margem esquerda do empreendimento, local onde serão instalados o canal de adução e a casa de força (Anexo 02).

O rio Iguaçu é considerado o maior rio paranaense e nasce próximo da Serra do Mar, formado pela união dos rios Iraí e Atuba na parte leste do município de Curitiba, na divisa com os municípios de Pinhais e São José dos Pinhais. O curso do rio segue o sentido leste/oeste com algumas partes servindo de divisa natural entre os estados do Paraná e Santa Catarina, bem como em certo trecho do seu baixo curso faz a fronteira entre o Brasil e a Argentina (província de Misiones) até desaguar no rio Paraná.

No Estado do Paraná, a bacia hidrográfica do Iguaçu cobre uma superfície de 55.024 km². Considerando a soma das áreas do Brasil e da Argentina, a bacia do rio Iguaçu cobre uma superfície de 70.800 km² (SEMA, 2009).

O curso do rio Iguaçu não apresenta quedas significativas até chegar ao local do Salto Caiacanga. A região do salto é formada inicialmente por elevações de pequenas alturas e, ao longo do percurso do rio, formam-se planos levemente ondulados.

2.1.3. Dados do Empreendedor

Nome ou Razão Social: Cherobim Energética S/A

- Inscrição Estadual: 9024000874
- CNPJ: 04469360/0001-98
- Rua Comendador Araujo, 143. Conjunto 74 – Curitiba/PR
- CEP: 80429-900
- Telefone: (41) 3232-2020

Representante Legal: Guilherme Weege

- Rua Comendador Araujo 143 Conjunto 74 – Curitiba/PR
- CEP: 80429-900
- Endereço eletrônico: recepcao@dobreveenergia.com.br
- Telefone: (41) 3232-2020

Contatos: Paulo Cesar Leal

- CPF: 376.927.559-49
- Endereço: Rua Coronel Américo, 95 – São José/SC
- CEP: 88117-310
- Endereço eletrônico: leal.terra@gmail.com
- Telefone/Fax: (48) 3034-4439 / (48) 3034-4439

2.2. Caracterização do Empreendimento

A consolidação do projeto básico da PCH Cherobim desenvolvido pela PAB Engenharia atende em grande parte ao Ofício N° 079/2009- IAP/DIRAM-DLE emitido pelo IAP - Instituto Ambiental do Paraná em 07 de abril de 2009, solicitando alteração

de cota da barragem (alternativa locacional) para o não comprometimento do regime hidráulico do rio dos Papagaios e do objeto de proteção da APA da Escarpa Devoniana.

Os eixos do projeto básico inicial e da alternativa selecionada diferem em sua posição locacional, sendo que o eixo da alternativa selecionada encontra-se aproximadamente dois quilômetros à jusante do eixo da alternativa do projeto básico. Além disso, a elevação do reservatório, previamente situada na El. 829,00 foi alterada para a El. 824,00

Os estudos de projeto foram desenvolvidos de acordo com as instruções preconizadas para elaboração dos projetos de PCHs e normas da ANEEL, normas brasileiras específicas, orientados ainda por estudos anteriores sobre o local de aproveitamento.

Após investigações de campo e análise dos estudos já existentes, pode-se dizer, com segurança, que o local determinado para a respectiva PCH apresenta boas condições para sua implantação, dentro dos critérios estabelecidos pela ANEEL e IAP. A implantação do referido empreendimento tem como finalidade fornecer energia elétrica a custo competitivo ao mercado consumidor.

Os estudos de viabilidade econômica contemplaram inicialmente, a hipótese de duas e três unidades geradoras. Para todas as potências analisadas, verificou-se que a opção de duas unidades geradoras é mais economicamente viável, sendo, portanto, a alternativa escolhida.

A seleção da potência instalada foi efetuada a partir da análise do custo incremental de geração para duas unidades geradoras, censurando a potência no valor de referência igual ao valor médio de comercialização da energia considerado como R\$ 160,00/MWh.

Verificou-se que a potência instalada de 29 MW é a mais economicamente viável uma vez que possui custo incremental de geração de R\$ 137,32/MWh, inferior ao limitado pela venda de energia.

O reservatório receberá a contribuição de uma área de drenagem de 3620 Km² e formará um lago com área total de aproximadamente 140 ha, incluindo a calha natural do rio.

A mão-de-obra direta e indireta estimada é de aproximadamente 200 pessoas de média e 380 de pico, sendo que a estimativa do custo é de cento e trinta milhões de reais. O prazo de construção está estabelecido em 36 meses.

2.2.1. Alternativa locacional

A consideração do órgão ambiental sobre as propostas de alternativa locacional nos casos de empreendimentos hidronegéticos é muitas vezes objeto de conflitos administrativos, além de entendimentos controversos. O fato da pré-existência dos denominados estudos integrados de inventário de Bacia Hidrográfica – apresentado a ANEEL - com identificação dos pontos passíveis de barramento não permite que os projetos previstos possam ser relocados radicalmente, sob pena de inviabilidade econômica e funcional.

Entende-se assim que mais do que uma situação locacional nitidamente estéril, a finalidade do empreendimento também deva garantir a segurança ambiental da área seja prescrevendo medidas que primeiro justifiquem a possibilidade aventada, e segundo que sustentem a qualidade do ambiente em questão sob condições minimamente satisfatórias².

Lembra-se que conforme apresentado nas linhas anteriores, o projeto original ocupava uma extensão restrita de terras, porém conflitante a usos prescritos e juridicamente regulamentados. A compreensão do Instituto Ambiental do Paraná também evidenciava preocupação com uma área vulnerável ambientalmente – a foz do rio dos Papagaios - fato que levou o referido órgão ambiental a solicitar um remodelamento do projeto.

Salienta-se, portanto que essa condição foi respaldada com rigor pela equipe técnica responsável pelos estudos, sendo considerada a deliberação contida no ofício. Porém devido a impossibilidade de maiores ajustes no projeto técnico, o escopo da solicitação não foi atendido completamente, sendo portanto justificado sob o prisma ecológico e ambiental (detalhado no capítulo 1 – justificativa).

2.2.2. Arranjo Geral do Empreendimento

O arranjo geral da PCH Cherobim é composto pela barragem e vertedouro fechando o leito do rio, pelo o circuito hidráulico de geração na margem esquerda dotado de tomada de água do canal de adução, canal de adução, dique auxiliar atuando como câmara de carga, tomada d'água dos condutos forçados, casa de força e canal de restituição.

A barragem mista é composta por enrocamento impermeabilizado por núcleo de argila na margem direita e estruturas em concreto compactado com rolo contendo as adufas de desvio do rio em sua margem esquerda, além de soleira livre vertente em seu trecho central composto por degraus, contando com bacia de dissipação em concreto, tendo capacidade de escoar a cheia milenar, cuja vazão de projeto é igual a 1.800,00 m³/s.

O circuito hidráulico de geração, localizado na margem esquerda do rio Iguaçu, com cerca de 1.120 m de extensão, é constituído de tomada de água localizada junto à ombreira esquerda da barragem, canal adutor com cerca de 961,25 m de extensão no seu trecho inicial, em seção semi-hexagonal com largura de 7,50 m, borda livre de 2,00 m, com variação de nível interno de um metro controlada através de sensores na tomada de água. Dique auxiliar constituído por enrocamento e núcleo impermeável, o segundo trecho de canal adutor, com cerca de 158,75 m de extensão, que em sua extremidade final possui tomada de água para os dois condutos forçados com 3,80 m de diâmetro. A casa de força, dotada de duas unidades geradoras tipo Francis Vertical com potência instalada na usina de 29 MW. Ao lado da casa de força está situada a subestação da usina. O arranjo geral das obras pode ser visto no Anexo 02.

² Embora o entendimento pareça simples, essa situação necessita de estrutura filosófica coerente que embase e padornize a responsabilidade social do empreendimento evitando os arranjos pontuais que se tornão alvos de críticas pela excepcionalidade.

2.2.3. Reservatório

O reservatório da PCH Cherobim será formado em um trecho do rio Iguaçu com cerca de 5.310,00 m de extensão, situado próximo ao município de Porto Amazonas. O barramento com altura máxima de 28,00 m proporcionará a formação do lago, com profundidade máxima de 23,00 m, que no nível d'água máximo normal, situado na El. 824,00 m possuirá volume de $10,17 \times 10^6 \text{ m}^3$ e área inundada de aproximadamente 140 hectares, incluindo-se a área já ocupada hoje pelo leito do rio. O tempo de enchimento do mesmo, considerando a vazão média de longo termo é em média de 2 (dois) dias.

2.2.4. Desvio do Rio

A construção do barramento foi prevista para ser executada em duas fases, considerando as características morfológicas do local. Foi adotada a solução clássica de desvio do rio, sendo previsto o mesmo através de três adufas, sob o bloco da barragem em concreto, adjacente à estrutura do vertedouro, na margem esquerda.

- Primeira Fase

Inicialmente o rio Iguaçu será estrangulado em sua margem direita através do lançamento da ensecadeira de 1ª fase, sendo então construída a ombreira esquerda da barragem em concreto compactado com rolo, as adufas, os canais de entrada e saída do desvio, o canal de aproximação da tomada d'água e parte do vertedouro. As escavações serão protegidas por septos naturais que deverão ser removidos assim que as obras estiverem sido concluídas e o rio for desviado através das adufas, que foram dimensionadas para a proteção contra enchentes associadas a período de retorno de 25 anos ($642,00 \text{ m}^3/\text{s}$). Caso o cronograma de execução da usina não permita que as obras de desvio sejam efetuadas dentro desse período (novembro a abril), o sistema deverá ser redimensionado considerando a vazão de pico associadas ao novo período do desvio.

- Segunda Fase

Na segunda fase será efetuado o lançamento das ensecadeiras de montante e jusante após remoção da ensecadeira de primeira fase, desviando o rio Iguaçu através das adufas. Durante esta etapa serão concluídas as obras do vertedouro e ombreira direita da barragem.

As adufas de desvio são constituídas de 3 (três) células de 4,00 m de largura por 6,00 m de altura, piso de entrada na El. 799,00 m e cota da soleira na El. 799,50 m com declividade igual a 2,0%.

2.2.5. Ensecadeiras

Cada ensecadeira será composta por um cordão de enrocamento com vedação interna devidamente protegida por camada de transição. Estão dimensionadas para proteção de enchentes associadas a período de retorno de 25 anos ($642,00 \text{ m}^3/\text{s}$) durante os seis meses mais chuvosos (identificado nas avaliações hidrológicas como os meses compreendidos entre novembro a abril). A ensecadeira de primeira fase possui coroamento na El. 811,00. A ensecadeira de montante de segunda fase possui coroamento na El. 812,80 e a ensecadeira de jusante de segunda fase possui

coroamento na El. 805,75. As seções típicas das ensecadeiras estão detalhadas nos desenhos anexos a este documento.

2.2.6. Barragem

A barragem mista possui na margem direita seção típica em solo, impermeabilizada por núcleo de argila e devidamente dotada de transição. A largura da crista situada na EL.829,26 é de 6,00 m, o talude de montante possui inclinação 1V:2,5H, o de jusante possui inclinação de 1V:2,5H, sendo seu eixo retilíneo com comprimento de aproximadamente 216,00 m. Seu núcleo em argila possui filtro de transição com inclinação de montante 1V:0,5H e paramento de jusante vertical.

Um muro de abraço em concreto compactado com rolo possibilitará a transição entre a ombreira e o vertedouro. Neste trecho da barragem o muro contará com transição solo/enrocamento, sendo a inclinação do paramento de montante e jusante de 1V:1,3H. O paramento de montante do muro de abraço possui inclinação única de 1V:0,25H, e o paramento de jusante possui as inclinações variáveis de 1V:0,25H, 1V:0,61H e 1V:0,80H, possibilitando a adequada aderência do enrocamento ao núcleo de concreto compactado com rolo. A crista do muro, com 6,00 m de largura, junto ao vertedouro encontra-se na elevação 828,26 m, com rampa ascendente até atingir a seção em solo da barragem na elevação 829,26 m.

A barragem da margem esquerda possui seção típica de concreto compactado com rolo, estando sua crista situada na EL. 829,26 com largura de 6,00 m. O seu talude de montante possui inclinação de 1H:1V e o de jusante possui inclinação de 1V:0,8H. Seu eixo é retilíneo com aproximadamente 94,00 m de comprimento.

2.2.7. Vertedouro

O vertedouro caracteriza-se por uma estrutura que permite a passagem segura das enchentes, protegendo a barragem e garantindo sua integridade.

A escolha do tipo de vertedouro foi determinada pela topografia do local, que favorece a implantação de uma soleira vertente com bacia de dissipação do tipo convencional.

Optou-se então pela solução do vertedouro em perfil *Creager*, ou seja, constituído de uma soleira vertente, definido com base nos critérios e recomendações constantes das publicações especializadas "*Hydraulic Design Criteria – HDC*" do "*U.S. Army Corps of Engineers*". Dimensionado para o escoamento da vazão de 1.800 m³/s, com recorrência milenar. A soleira é sem controle, com crista na El. 824,00 e com um comprimento de 140,00 metros.

Como o escoamento a jusante de soleiras vertedouras exige uma preocupação especial com a dissipação da energia cinética, para que o escoamento na base do vertedouro não ponha em risco a segurança da barragem, a calha em degraus foi concebida visando reduzir a energia residual ao pé do vertedouro através da completa aeração do fluxo ao longo da calha

2.2.8. Circuito Hidráulico de Geração

O circuito hidráulico de geração é constituído por canal de adução escavado parte em solo e parte em rocha, com seção semi-hexagonal, provido de estrutura de tomada de água no seu emboque, dique auxiliar, além de conduto forçado a céu aberto também provido de tomada de água, que alimenta cada uma das turbinas *Francis* Verticais.

Tomada de água do canal de adução

A tomada de água do canal de adução é uma estrutura em concreto aliviada e encaixada em rocha, com a crista na elevação 829,26 m. Possui dois vão de 4,60 m de altura por 3,40 m de largura com soleira na elevação 819,50 m, provida de ranhuras para operação de comportas do tipo vagão, que serão dotadas de sensores responsáveis pela manutenção da variação do nível interno do canal de adução limitado em um metro.

O paramento de montante da tomada terá inclinação de 1V:0,2H e sobre ele serão montadas as grades para retenção de detritos provenientes do reservatório. A movimentação das comportas e das grades será efetuada por uma talha monovia.

A geometria da tomada de água foi definida de maneira a produzir aceleração progressiva e gradual do escoamento afluente até o trecho onde está situada a comporta vagão. A partir daí há uma desaceleração gradual até o canal de adução.

Canal de adução

O canal de adução tem seção tipo semi-hexagonal com 7,50 m de base e 2,00 m de borda livre. Possui aproximadamente 961,25 m em seu trecho inicial desde o emboque na tomada de água até o dique auxiliar e 158,75 m em seu trecho final entre o dique auxiliar e a tomada de água do conduto forçado, totalizando 1120,00 m de extensão.

Sua lâmina normal na El. 824,00 m foi projetada de forma a variar em 1,00 m estando limitada até a El. 825,00 m. Esta variação na sua lâmina deverá ser efetuada através de sensores localizados nas comportas vagão da tomada de água do canal de adução.

Dique e Extravasor

Ao final do canal de adução foi prevista construção de um dique, para o fechamento da sela topográfica entre o trecho inicial do canal de adução e o trecho final onde está localizada a tomada de água do conduto forçado. O dique será constituído de aterro executado com os materiais originários das escavações sendo impermeabilizado por material argiloso. Sua seção típica de montante em argila terá inclinação 1V:2,5H, transição com inclinação 1V:1H e à jusante seu talude em enrocamento terá inclinação de 1V:2H. Seu eixo adequado às condições topográficas será curvilíneo com 255,00 m de extensão, 25,00 m de altura máxima e crista na EL. 826,00.

O lago formado, com cerca de 7.234,00 m², deverá operar como reservatório de compensação, tendo a mesma função de uma câmara de carga e propiciando desta forma a atenuação das ondas oscilatórias no canal de adução.

De forma a garantir a integridade do dique, foi previsto um extravasor com características de vertedouro do tipo tulipa, porém tendo sua seção limitada à configuração da topografia da região. Este extravasor foi selecionado por poder ser utilizado internamente ao lago, independente do corpo da barragem, além de ser recomendado para o caso de barragens e diques de terra ou enrocamento.

O extravasor constituído de soleira vertente se une a um poço vertical e a este último segue-se uma curva circular, que termina em uma galeria que em sua extremidade final possuirá bacia de dissipação com o objetivo de conter eventual processo de erosão. O dimensionamento deste extravasor satisfaz sua função principal que é a de conduzir adequadamente e com segurança a vazão de projeto, até um local à jusante do dique.

O extravasor com 22,30 m de extensão possuirá crista na EL.824,00 e paramento de montante vertical com altura máxima de 4,78 m. A bacia de dissipação com 11,45 m de largura e 28,00 m de extensão terá sua soleira na EL. 800,90 m.

Tomada d'água do Conduto Forçado

A tomada de água do conduto forçado será uma estrutura em concreto aliviada e encaixada em rocha, com a crista na EL. 827,00 m. Possui dois vão de 3,80 m de altura por 3,40 m de largura com soleira na elevação 815,00 m, provida de ranhuras para operação de comportas do tipo ensecadeira e vagão.

O paramento de montante da tomada terá inclinação de 1V:0,15H e sobre ele serão montadas as grades para retenção de detritos provenientes do canal de adução. A movimentação das comportas e das grades será efetuada por um pórtico rolante.

Conduto Forçado

Os condutos forçados possuem diâmetro de 3,80 m e 223,00 m de comprimento, sendo confeccionados em aço com 1/2" de espessura. Estarão locados a céu aberto e assentados sobre rocha, possuindo emboque na Elevação 815,00 m e bloco de ancoragem assentado na EL. 793,81.

2.2.9. Casa de Força

A casa de força será uma estrutura de concreto dotada de superestrutura com fechamento em alvenaria convencional e concreto, do tipo abrigada, e a infra-estrutura será assente em rocha. Estão previstas duas unidades geradoras do tipo Francis

Vertical com potência unitária máxima de 15.094 kW para a queda líquida de projeto considerada de 38,60 m e rendimento de máquina de 92,5%. Sendo o rendimento do gerador a plena carga de 97% a potência ativa nos terminais do gerador será de 14.642 kW.

Em seu corpo principal, com aproximadamente 44,90 m de comprimento e 24,25 m de largura, estarão localizadas a sala de arquivo técnico, sala de ventiladores, sala de telecomunicações, sala de manutenção eletro/eletrônica, sala de manutenção mecânica, sala de diesel gerador e área de montagem.

Estão contemplados na casa de força a área de montagem, galeria elétrica, galeria mecânica, poço de drenagem e poço de esgotamento

A restituição das vazões turbinadas será feita através de canal de fuga escavado em rocha, com piso de saída no tubo de sucção, inclinação de 1V:6H e subindo em seguida até a cota do leito do rio.

2.2.10. Linha de Transmissão para interligação com o Sistema

A distribuição da energia elétrica gerada na usina se dará por uma Linha de Transmissão de 138 kV e aproximadamente 21 quilômetros de extensão, que interligará a Subestação da PCH Cherobim, situada no município de Porto Amazonas à Subestação Palmeira, situada no município de Palmeira.

2.2.11. Equipamento de Controle de Vazão Sanitária

O dispositivo de vazão sanitária localiza-se na ombreira esquerda, junto às adufas de desvio, com entrada na EL. 812,00 m e saída também na EL. 812,00 m. Está dimensionada de forma a assegurar a passagem da vazão de 3,95 m³/s relativa à 50% da vazão $Q_{7,10}$, que representa a menor média em sete dias consecutivos com recorrência de dez anos. Este dispositivo é constituído por tubo de aço, com 1,1 m de diâmetro, dotado por montante de guias para grade de 1,60 m de largura e 1,60 de altura e de válvula dispersora de 0,80 m de diâmetro.

Segundo as diretrizes de estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas da Eletrobrás, a determinação das vazões mínimas a jusante do barramento da PCH Cherobim deve considerar os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental local. Considerou-se, portanto, a legislação pertinente ao estado do Paraná, que recomenda através do decreto nº 2.791 de 27 de dezembro de 1996 a liberação de 50% da vazão $Q_{7,10}$, que representa a menor média em sete dias consecutivos com recorrência de dez anos.

Estes estudos foram efetuados a partir da estação fluviométrica Porto Amazonas (65035000), devido a sua qualidade e extensão. Para a obtenção da $Q_{7,10}$ foi obtido para cada ano, o menor valor referente às médias móveis com sete dias de duração. Ajustou-se a estes dados as distribuições de extremos *Gumbel* e *Weibull*, sendo os parâmetros dos ajustes estimados através do método dos momentos.

2.2.12. Equipamentos Mecânicos

Os equipamentos mecânicos a serem instalados na PCH Cherobim são:

Turbinas Hidráulicas: serão colocadas em operação 2 (duas) turbinas hidráulicas idênticas, tipo Francis de eixo vertical, com reguladores de velocidade do tipo eletrohidráulico digital, acoplada diretamente a um gerador síncrono de corrente alternada para 60 Hz, fator de potência 0,90, com 16,30 MVA cada. As turbinas serão instaladas para operar de forma contínua, sendo do tipo eixo vertical, com caixa espiral em chapas de aço soldadas, embutida na estrutura de concreto da casa de força.

Ponte Rolante da Casa de Força: terão por finalidade executar a montagem e manutenção das unidades geradoras e dos demais equipamentos associados da PCH Cherobim. A capacidade da Ponte Rolante será de 800 kN, definida preliminarmente para levantar o rotor do gerador completo e executar seu posicionamento no poço,

Talha Elétrica da Tomada de Água do Canal de Adução: será instalada ao tempo, com monotrilha preso em viga formato “L” de concreto, ao extremo montante da estrutura. A talha auxiliará na montagem e manutenção das grades da estrutura.

Condutos Forçados: a adução de água para as turbinas será efetuada através de dois condutos forçados autoportantes, com diâmetro interno nominal de 3.800 mm e

espessura constante não inferior a 12,50 mm em toda sua extensão, interligando a Tomada de Água do conduto à Casa de Força. Com comprimento aproximado de 223 m cada um, será conectado por solda, à seção de transição inicial no bloco de concreto da referida Tomada, e a jusante com uma redução em curva para o diâmetro de 3100 mm, faceando com a caixa espiral da turbina.

Comporta de Fechamento das adufas de Desvio: As comportas deslizantes destinam-se ao fechamento do rio, para formação do reservatório. Serão 03 (três) vãos, sendo que os nichos localizados à jusante das comportas serão concretados após a formação do reservatório. Em ranhuras localizadas na estrutura do bloco da adufa, na esquerda hidráulica da barragem, serão instaladas guias de aço embutidas no concreto, deste a soleira até o topo da plataforma de operação, por onde descera e apoiar-se-ão as comportas ensecadeiras em aço.

Grades das Tomadas de Água: As tomadas de água (do canal de adução e do conduto forçado) da PCH Cherobim deverão possuir um jogo de painéis de grades para proteção da captação da água com o objetivo de reter os detritos que naturalmente acompanham a correnteza dos rios e evitar que estes detritos entrem na turbina e danifiquem as pás diretrizes e o rotor. Em ambas as estruturas, as grades serão movimentadas através de Talha Elétrica instalada com monotrilha. Em se tratando da limpeza das mesmas, esta será efetuada periodicamente com o emprego de máquinas limpa-grades a serem instaladas no local das tomadas.

Máquina Limpa Grades: É um equipamento montado de forma integrada às estruturas civis que necessitam de seus serviços de remoção de detritos (folhas, pequenos troncos e galhos de árvores) e entulhos trazidos pela correnteza do rio e que se acumulam sobre os painéis das grades metálicas.

Comportas Ensecadeiras do Tubo de Sucção: Os tubos de sucção da Casa de Força da PCH Cherobim deverão ser fechados por 2 (duas) comportas ensecadeiras, constituídas por um único painel cada. As comportas ensecadeiras deverão ser movimentadas por uma talha elétrica monotrilha, com auxílio de uma viga pescadora.

Comporta Ensecadeira da Tomada de Água dos Condutos: será composta por um único painel dotado de vedação à jusante. A comporta deverá ser estocada no topo da ranhura, por meio de travas laterais articuladas. Suas ranhuras se localizarão imediatamente à montante das comportas vagão da estrutura. A comporta realizará fechamento de uma unidade geradora de cada vez,

Comporta Vagão da Tomada de Água do Canal de Adução: A Tomada de Água do Canal de Adução da PCH Cherobim deverá ter duas seções de adução independentes, sendo equipada com uma comporta vagão por seção, acionadas por servomotor para movimentação e fechamento de emergência, comandados por uma central óleodinâmica para ambas as comportas. A central óleodinâmica está instalada em local próprio, junto à estrutura da tomada de água.

Sistema de Drenagem: O sistema de drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o canal de fuga todas as águas do interior da Casa de Força, provenientes de percolação, infiltração, descarga de equipamentos, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos.

Sistema de Esgotamento e Enchimento: O sistema será composto basicamente de uma rede de tubulações para o esgotamento e para o enchimento de parte do conduto

forçado, caixa espiral e tubo de sucção. O sistema também será responsável pela adução das águas provenientes do poço de drenagem da usina, conseqüentemente pelo recalque de seus efluentes para o canal de fuga.

Sistema de Água de Resfriamento e Serviços: será constituído por duas captações de água bruta nos condutos forçados, tendo um filtro de limpeza automática para cada captação. As saídas dos filtros serão unidas através de um coletor único de baixa pressão que alimentarão 02 (duas) bombas, que funcionarão como *booster*, elevando a pressão do sistema, sendo uma em funcionamento e a outra em *stand by*, que elevará a pressão nominal na saída do sistema das bombas (acima de 200 kPa ou 2,0 bar), para posterior distribuição de água filtrada, através de uma rede de tubulações para os diversos equipamentos periféricos de cada unidade geradora.

Sistema de ar Comprimido de Serviço: O sistema de ar comprimido de serviço tem a finalidade de produzir, armazenar e suprir as necessidades de ar comprimido para serviços da usina. O sistema de ar comprimido de serviço é composto basicamente por dois grupos motocompressores de ar comprimido, sendo um principal e o outro auxiliar (como *stand-by*) e uma rede de tubulações para distribuição de ar para a Casa de Força. Após os compressores haverá um filtro para secagem e purificação do ar.

Sistema de Captação e Separação de água-óleo dos Transformadores: terá por finalidade captar e conduzir até um tanque separador a mistura água-óleo derramada nas bacias de contenção de óleo dos transformadores quando da ocorrência de um sinistro seguido de incêndio em um transformador, efetuando a separação do óleo isolante da mistura no referido tanque, descarregando a água separada no canal de fuga.

Sistema de Medições Hidráulicas: Este sistema compreende várias medições, detectadas por equipamentos próprios para a função, que se comunicam e interagem com o SDSC (Sistema Digital de Supervisão e Controle) da PCH. Dentre as principais medições estão: nível de água no reservatório, na tomada de água do conduto e no canal de fuga; perda de carga nas grades, detecção do equilíbrio de pressão nas comportas; pressão na entrada da caixa espiral; vazão turbinada; flutuação de pressão no cone do tubo de sucção.

2.2.13. Canteiro de Obras

Estão previstos dois canteiros principais e um secundário. O canteiro principal de montante ficará situado na margem esquerda do rio e na proximidade da tomada de água do canal de adução e da barragem/vertedouro. O canteiro principal de jusante ficará também situado na margem esquerda, a cerca de três quilômetros a jusante do barramento. Este canteiro atenderá as escavações da casa de força, condutos forçados, tomada d'água e a concretagem destas estruturas. Adicionalmente, terá instalações apropriadas para o recebimento e montagens dos equipamentos eletromecânicos, dispondo de central de concreto, almoxarifado e oficina mecânica de apoio. Na margem esquerda, estará situado o canteiro secundário que dará apoio à escavação do canal de adução, à construção do dique, extravasor e à concretagem do revestimento do canal.

2.2.14. Materiais de Construção

Os materiais de construção como aço e cimento devem chegar por caminhão de centros de abastecimento mais próximos, por via terrestre até o local das obras, e de outros locais com fonte de suprimento adequado aos volumes exigidos pelas obras.

A madeira utilizada será proveniente da própria área do empreendimento, podendo ser extraída da área do futuro reservatório e entorno, ou podendo ser preparada nas serrarias da região.

Telhas, tijolos e cerâmicas virão de cerâmicas existentes na região. Todos os equipamentos eletromecânicos devem vir do sul e sudeste do país por rodovia até a obra.

A areia é extraída de jazida já identificada próximo ao canteiro de obras. A brita utilizada no concreto deverá provir de fonte comercial, sendo a mais próxima situada no km 135 da BR-277 (sentido Ponta Grossa - Curitiba) em Balsa Nova, a 62 km do local da obra, pois o material disponível no sítio não se mostrou suficiente para a execução de todas as estruturas.

2.2.15. Planejamento da Construção

O plano de implantação prevê a construção em 21 meses, com o início de operação da primeira unidade geradora no 20º mês e da segunda unidade no 21º.

O caminho crítico do empreendimento está vinculado ao prazo de fornecimento, montagem e comissionamento das unidades geradoras, que condicionam o cronograma de construção de forma global.

O arranjo final proposto para a PCH Cherobim prevê as estruturas da tomada d'água, do canal, do conduto forçado, da casa de força e canal de fuga junto à margem esquerda, aproveitando-se das melhores condições geológicas, topográficas e de acesso. O barramento misto será composto de um maciço de CCR – Concreto Compactado a Rolo, além de ombreira direita em solo, onde ao mesmo será incorporado um vertedouro livre.

Para a realização do desvio do rio, sua execução foi concebida para ser feita em duas etapas. Na primeira etapa será implantada uma ensecadeira, longitudinal ao fluxo do rio, paralela às margens, para que o rio seja estrangulado contra sua margem direita, possibilitando assim a execução da barragem e da soleira vertente no trecho ensecado da margem esquerda, que conterà as adufas de desvio. As obras serão compostas pela decapagem do material comum, escavação do canal de desvio, concretagem de um trecho da barragem da margem esquerda (cerca de 1/3 do leito do rio e até o nível da crista da ensecadeira de montante de segunda fase) e decapagem da margem direita (para facilitar o escoamento do rio durante a primeira fase de execução). Os septos das ensecadeiras de segunda fase serão construídos a seco antes da remoção da ensecadeira de primeira fase.

A segunda etapa do desvio será realizada após a remoção da ensecadeira de primeira fase na saída do canal de desvio. Será iniciada a execução das ensecadeiras de segunda fase, até a margem direita. O rio será desviado pelo canal de desvio e pelas

adufas de modo a possibilitar a construção do restante da soleira e da barragem de solo.

Considerando que a parte mais sensível da obra civil com relação ao prazo é a execução do conjunto da barragem, desvio do rio e sistema de adução, a construção foi planejada para ser realizada nas seguintes etapas:

Primeira Etapa

Esta etapa é caracterizada pela permanência do rio em seu leito natural, estrangulado por uma ensecadeira contra a margem direita, permitindo dessa forma o início das obras em todas as frentes de serviço na ombreira esquerda. Os principais serviços programados para esta etapa serão:

- Implantação e construção do canteiro de obras e das dependências administrativas e industriais;
- Início das escavações do canal adutor, da barragem (margem esquerda), das tomadas de água do canal de adução e do conduto forçado, do dique, da casa de força e do canal de fuga.
- Construção da ensecadeira de primeira fase (margem esquerda), juntamente com a construção das adufas de desvio e canais de aproximação e restituição, mantendo- seseptos a montante e a jusante.
- Construção de trecho da margem esquerda da barragem, em CCR.
- Início da concretagem das fundações das tomadas d'água e da casa de força, e
- Construção do sistema de vertimento do dique.
- Construção dos septos da ensecadeira da segunda fase.
- Remoção do septo deixado a montante do canal de desvio.

Segunda Etapa

Os principais serviços planejados para esta etapa serão:

- Construção das ensecadeiras de segunda fase (montante e jusante), e remoção da ensecadeira de primeira fase, sendo o rio desviado pelo canal de desvio e adufas (observar que os septos das ensecadeiras de segunda fase serão construídos a seco antes da remoção da ensecadeira de primeira fase).
- Esgotamento, escavação e limpeza da área do leito do rio, e início da construção e concretagem da estrutura do vertedouro.
- Início da construção da barragem em solo da margem direita.
- Início da montagem dos condutos forçados.
- Finalização da concretagem da casa de força.
- Realização de terraplenagem da área da subestação e início da construção das bases e canaletas do pátio dos equipamentos de alta tensão.

Terceira etapa

Os principais serviços planejados para esta etapa serão:

- Finalização da construção do corpo da barragem da margem direita.
- Finalização da concretagem do vertedouro.
- Finalização da escavação do canal e revestimento do mesmo.
- Finalização da concretagem da tomada de água do circuito de geração e montagem dos equipamentos hidromecânicos na estrutura.

- Finalização da concretagem da casa de foga e início da montagem dos equipamentos.
- Finalização da construção do dique.
- Finalização da montagem do conduto forçado em aço.
- Montagem eletromecânica.
- Implantação da subestação.
- Acabamentos gerais.

Quarta etapa

Os serviços conclusivos programados para a obra serão:

- Remoção da ensecadeira de jusante.
- Finalização da escavação do canal de fuga (retirada do septo).
- Fechamento das adufas da galeria de desvio.
- Enchimento do reservatório.
- Comissionamento.
- Testes e início da geração comercial.