

00	EMISSÃO INICIAL	FAB	19/08/2016	INICIAL
REVISÃO	DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA	EMISSÃO

TITULAR:



PROJETO:

CGH IMBAÚ 2
POTÊNCIA INSTALADA 2.500 kW
RIO IMBAÚ – PARANÁ

DOCUMENTO	DESCRÍÇÃO	DATA
PB.CGH.IB2.REL.001	MEMORIAL DESCRIPTIVO	19/08/2016
 Av. Marechal Floriano Peixoto, nº 804, 9º andar, Centro, CEP: 80.010-130 /Curitiba– PR (41) 3016-6688 / fluz@fluz.eng.br	<p>RESP. TÉCNICO: Eng. ALVARO ZIMMER NETO (CREA/PR 89.434/D)</p> <p>COORD. TÉCNICO: Eng. AISLAN SILVEIRA ZAPZALKA CREA/PR 67.026/D)</p>	

SUMÁRIO

1. Introdução	3
2. Dados Cadastrais do Empreendimento.....	4
3. Localização e Acessos	5
4. Descrição da CGH Imbaú 2.....	8
4.1. Alternativas Locacionais e Soluções Tecnológicas Utilizadas	9
4.2. Níveis e Reservatório	13
4.3. Canal de aproximação.....	14
4.4. Canal Adutor	15
4.5. Câmara de Carga	16
4.6. Conduto Forçado.....	17
4.7. Casa De Força	20
4.8. Canal de Fuga.....	22

1. INTRODUÇÃO

A Central Hidrelétrica Geradora - CGH Imbaú 2 é uma usina hidrelétrica com potência instalada total 2.500 kW que aproveita um desnível concentrado de quedas do Rio Imbaú.

A pretendente visa explorar a usina através de produção de energia elétrica com foco na comercialização no mercado livre, tendo como mercado os consumidores livres ou potencialmente livres, inclusive acessando incentivos previstos a classe de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs e CGHs) como fontes incentivadas. Tal incentivo vem pelo fato da fonte ser renovável e de baixo impacto ambiental.

Enquadrada como CGH, que são usinas hidrelétricas com potência instalada igual ou inferior a 3.000 kW, tal empreendimento dispensa outorga de concessão ou autorização conforme previsto na Lei nº 9074/1995, devendo apenas solicitar registro para fins de cadastro junto ao órgão regulador ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, ato que o presente estudo antecede, pois, as informações básicas aqui determinadas serão referência para os processos de registro e licenciamento ambiental.

2. DADOS CADASTRAIS DO EMPREENDIMENTO

Tabela 1 – Dados Cadastrais da Empresa Interessada

Razão Social:	DAYANE SOVINSKI RODRIGUES EIRELI ME
CNPJ:	07.766.438/000124
Endereço:	ROD DO CAFE BR 376 KM 383 S/N, CENTRO, IMBAU – PR, 84.250000
Contato:	JUNIO REIS / DAYANE SOVINSKI RODRIGUES (Sócio) / JULIANA SCHREDER (Administrativo)
Fone/Fax:	(42) 3278-2008
E-mail:	trsreis@bol.com.br /adm-reis@bol.com.br

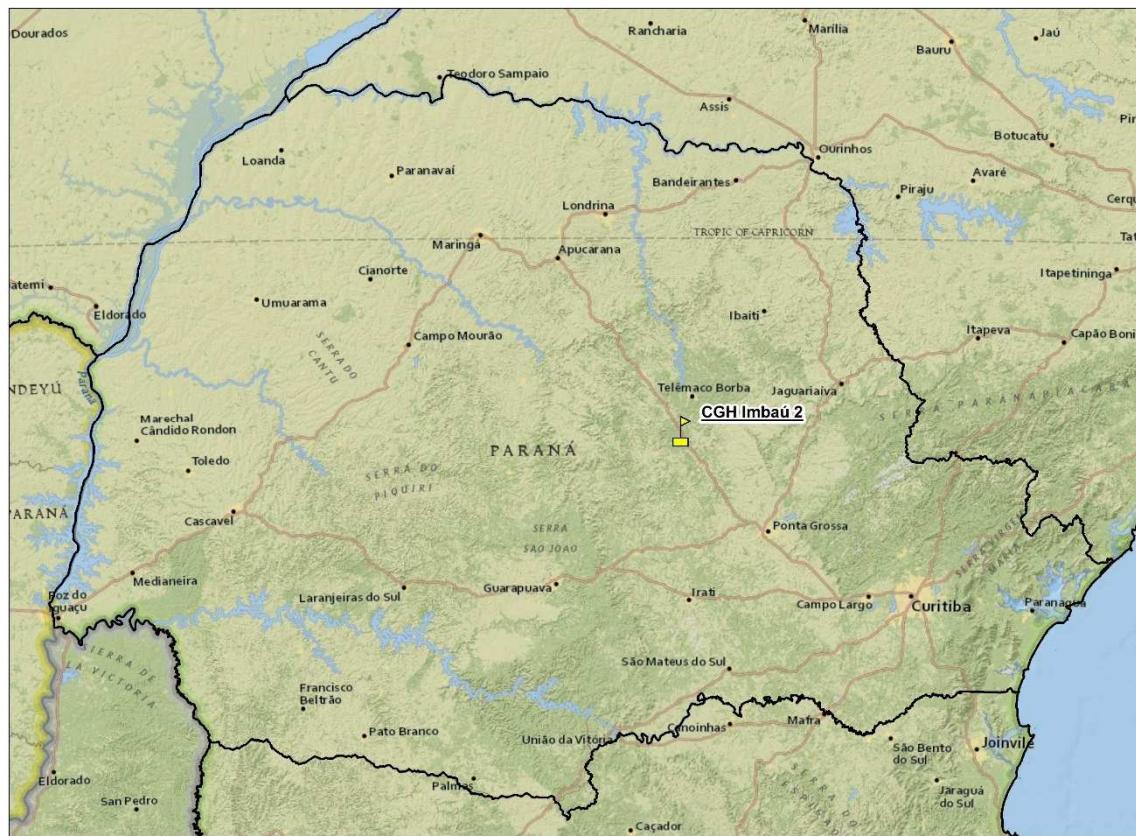
Tabela 2 – Dados Cadastrais do Empreendimento

Nome:	CGH Imbaú 2
Potência Instalada:	2.500 kW
Curso d'Água:	Rio Imbaú
Sub-bacia:	64 – Rios Paraná, Paranapanema.
Município:	Tibagi
Estado:	Paraná
Coordenadas Geográficas:	<p>Captação: lat 24°31'43,05"S / long 50°41'34,93"O E=531095 m / N=7287211 m MC: -51°</p> <p>Restituição: lat 24°31'39,32"S / long 50°41'25,24"O E=531365 m / N=7287327 m MC: -51°</p>

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A CGH Imbaú 2 está situada no Rio Imbaú, entre os municípios de Tibagi e Imbaú, na região central do Estado do Paraná, conforme apresentado na Figura 1.

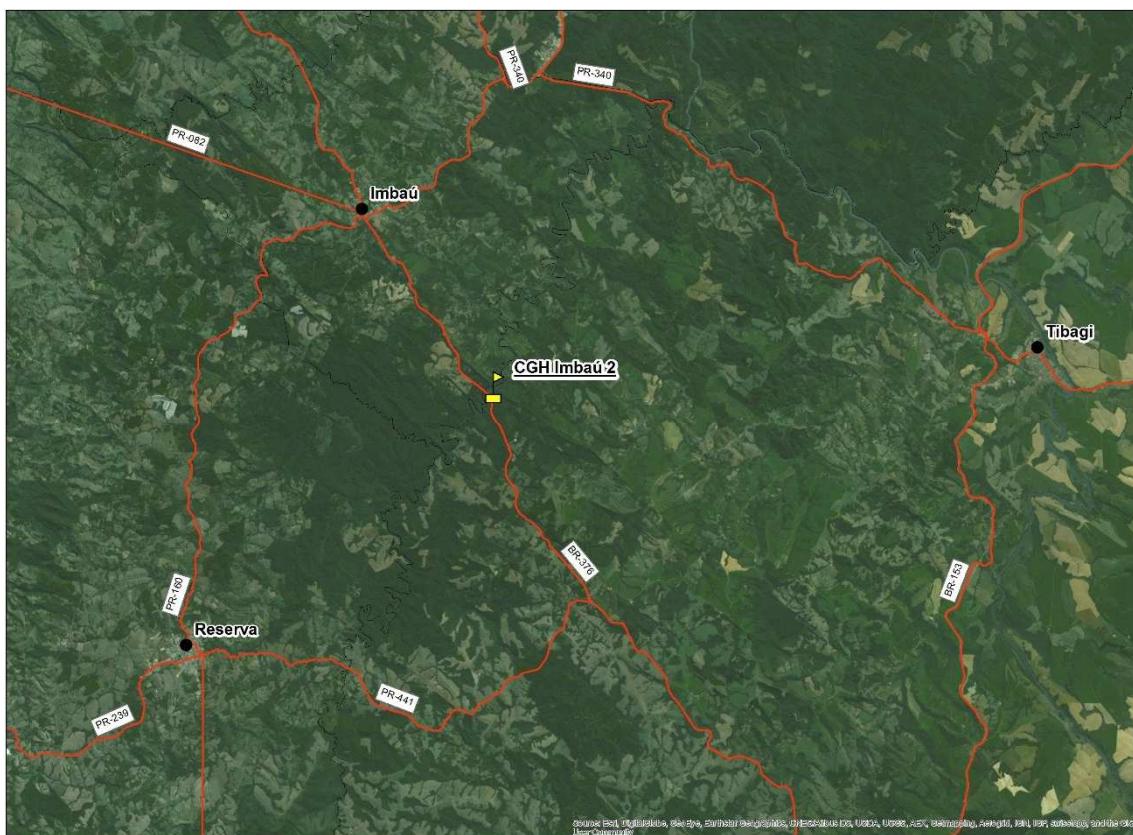
Figura 1 – Localização da CGH Imbaú 2 em relação ao Estado do Paraná.



Para acessar a CGH Imbaú 2 pode-se percorrer o seguinte itinerário: partindo da cidade do Imbaú, no entroncamento entre a BR376 e PR160, segue-se pela BR376 sentido Ponta Grossa por 11,5 km, onde tem-se a entrada da propriedade à esquerda; percorre-se mais 550 m em estrada particular cascalhada até o local do aproveitamento, à margem direita do rio Imbaú.

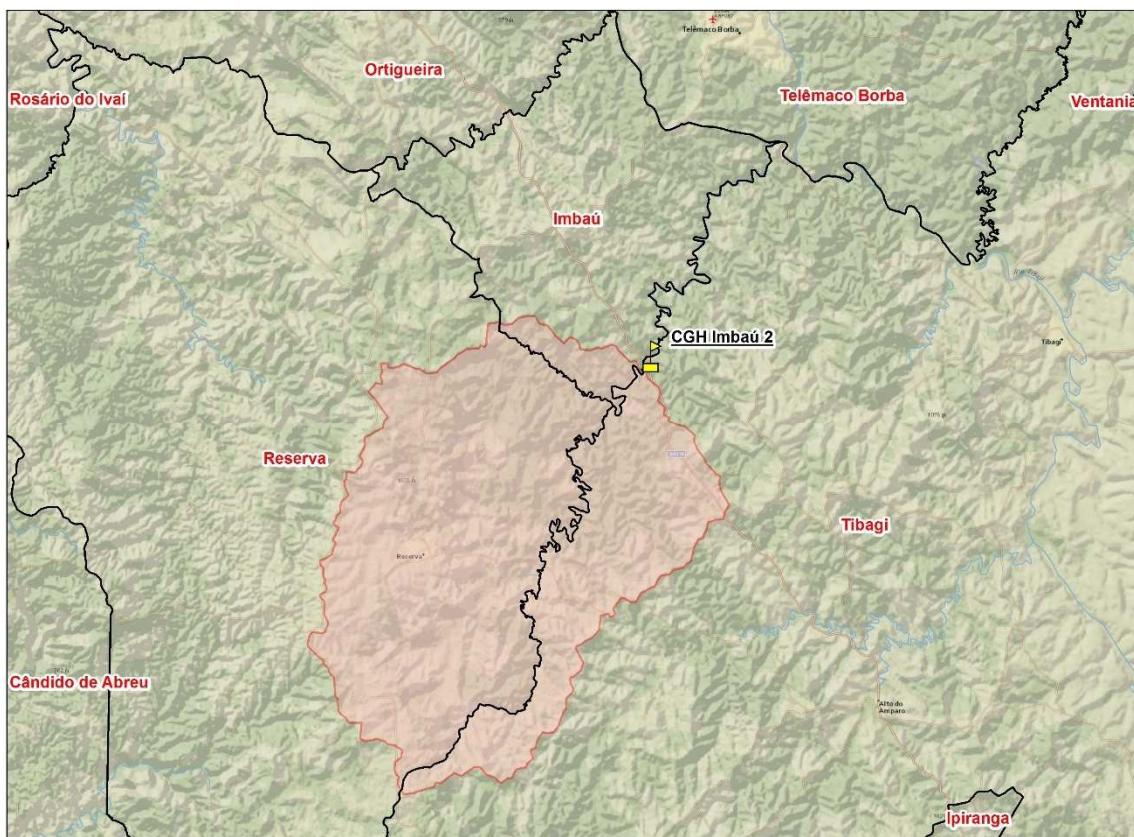
O itinerário descrito anteriormente é ilustrado na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Itinerário para acessar a usina a partir da cidade de Imbaú.



As coordenadas geográficas do eixo de captação são: latitude 24°31'43,05" S e longitude 50°41'34,93"O.

Quanto à distribuição territorial, a bacia do rio Imbaú com exutória no eixo da usina está inserida nos municípios de Reserva, Tibagi e Imbaú, conforme se pode visualizar na Figura 3, onde as linhas escuras indicam as divisões políticas municipais.

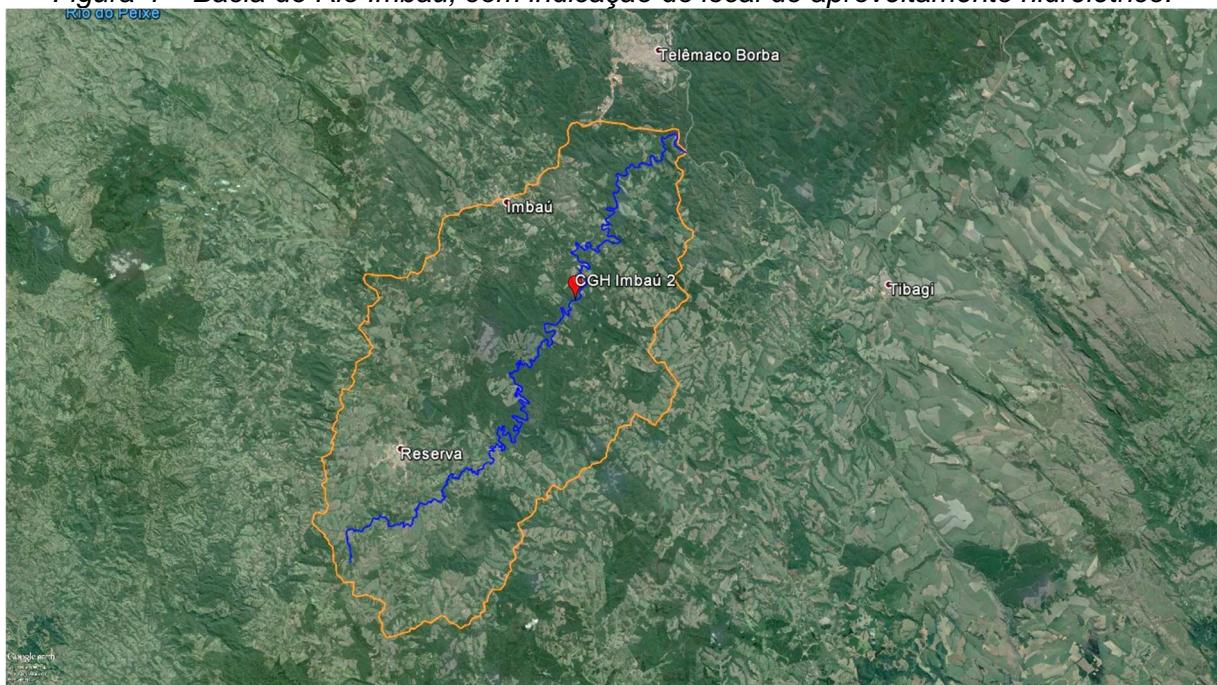
Figura 3 – Bacia hidrográfica do rio Imbaú sobre divisão política municipal.

Nota-se que o rio Imbaú, na região do aproveitamento é a divisa física entre os municípios de Tibagi e Imbaú. O circuito hidráulico foi lançado pela margem direita e o arranjo prevê a captação sem barragem, portanto a usina está integralmente inserida no município de Tibagi – PR.

4. DESCRIÇÃO DA CGH IMBAÚ 2

A CGH Imbaú 2 é uma usina hidrelétrica de pequeno porte, com potência instalada de 2.500 kW a ser instalada no rio Imbaú, afluente do rio Tibagi. No eixo de captação a bacia conta com uma área de 645 km².

Figura 4 – Bacia do Rio Imbaú, com indicação do local do aproveitamento hidrelétrico.



Seu arranjo é tipo derivativo, onde se capta a água em um ponto do rio e a devolve à jusante em cota mais baixa, utilizando o desnível do trecho, associado à vazão captada para produzir energia.

Para a CGH Imbaú 2, apesar de o aproveitamento não dispor de barramento, está prevista a manutenção da vazão sanitária correspondente a 50% da vazão Q7,10, igual a 0,49 m³/s. No entanto, é dispensada a instalação de uma estrutura de manutenção de vazão sanitária, uma vez que a mesma estará em tempo integral disponível na calha do rio.

Neste processo de geração de energia não há uso consumutivo da água, sendo que toda a vazão que é captada na tomada de água é restituída ao rio através do canal de fuga.

O local onde se situa a usina sobre o Rio Imbaú é caracterizado por uma série de desníveis concentrados, o que motivou para a escolha do eixo para construção da usina,

uma vez que permite o aproveitamento de maior queda, sem a necessidade de construção de barramento, além de apresentar circuito derivativo curto. A queda principal da usina é ilustrada na figura a seguir.

Figura 5 – Queda principal do aproveitamento da CGH Imbaú 2.



O circuito hidráulico foi proposto pela margem direita pela facilidade de acesso a partir da cidade de Imbaú e condição topográfica facilitada. A adução inicia em um poço de captação escavado na margem do rio e daí segue em canal a céu aberto por uma encosta suave até a câmara de carga, a partir de onde o fluxo segue com pressurização em um conduto metálico até a casa de força. Após passar pela turbina a água é restituída ao rio através de um canal de fuga escavado na margem direita rio.

4.1. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS UTILIZADAS

A usina com arranjo derivativo tem arranjo trivial com captação à montante da cachoeira, circuito hidráulico em canal e conduto e casa de força ao final do agrupamento de corredeiras. Pela simplicidade de arranjo e outros aspectos de logística já citados o arranjo em linhas gerais tem solução única e não contestada através de outras alternativas.

O arranjo não dispõe de barramento, sendo sua captação direta no leito do rio através da execução de um poço de captação rebaixado na margem direita do rio. No eixo de captação o terreno apresenta relevo com baixa declividade, que se acentua à medida em que se percorre o canal de adução.

O canal de adução que é escavado em rocha a céu aberto margeia o rio Imbaú pela sua direita, paralelamente às corredeiras que proporcionam as quedas naturais do aproveitamento. O final do canal de adução se dá na câmara de carga, que tem a função de efetuar a transição do escoamento regido pelas forças da gravidade para o escoamento pressurizado.

Buscou-se maximizar o circuito em canal adutor, pois este tem menor custo de implantação e menor perda de carga contínua que o conduto forçado, para o qual se reservou apenas o trecho pressurizado final.

O trecho pressurizado é caracterizado pela forte declividade do terreno e segue até a casa de força. Após a passagem pelas turbinas a vazão turbinada é restituída para o leito do rio através de um canal de fuga também escavado em rocha. Assim como no canal de adução, esse trecho do terreno se apresenta com declividades suaves seguindo até o leito do rio no final das corredeiras. O canal de fuga buscou um remanescente de queda à jusante da casa de força, extraíndo o máximo do desnível deste trecho do rio.

A Figura 6 ilustra o arranjo da CGH Imbaú 2, onde se pode visualizar a barragem, circuito hidráulico e casa de força, bem como o trecho atalhado do rio Imbaú.

Figura 6 – Arranjo Geral em planta.

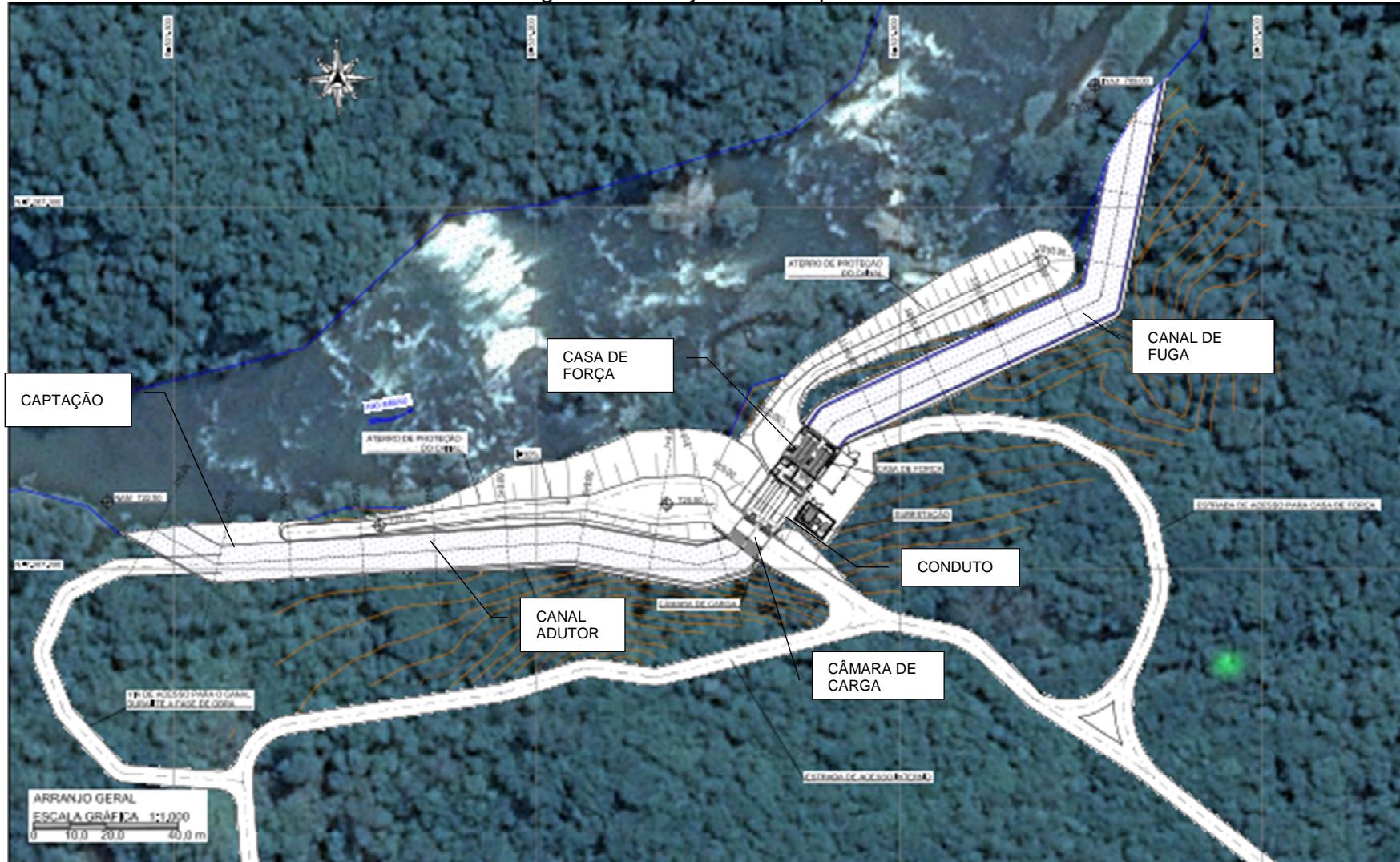
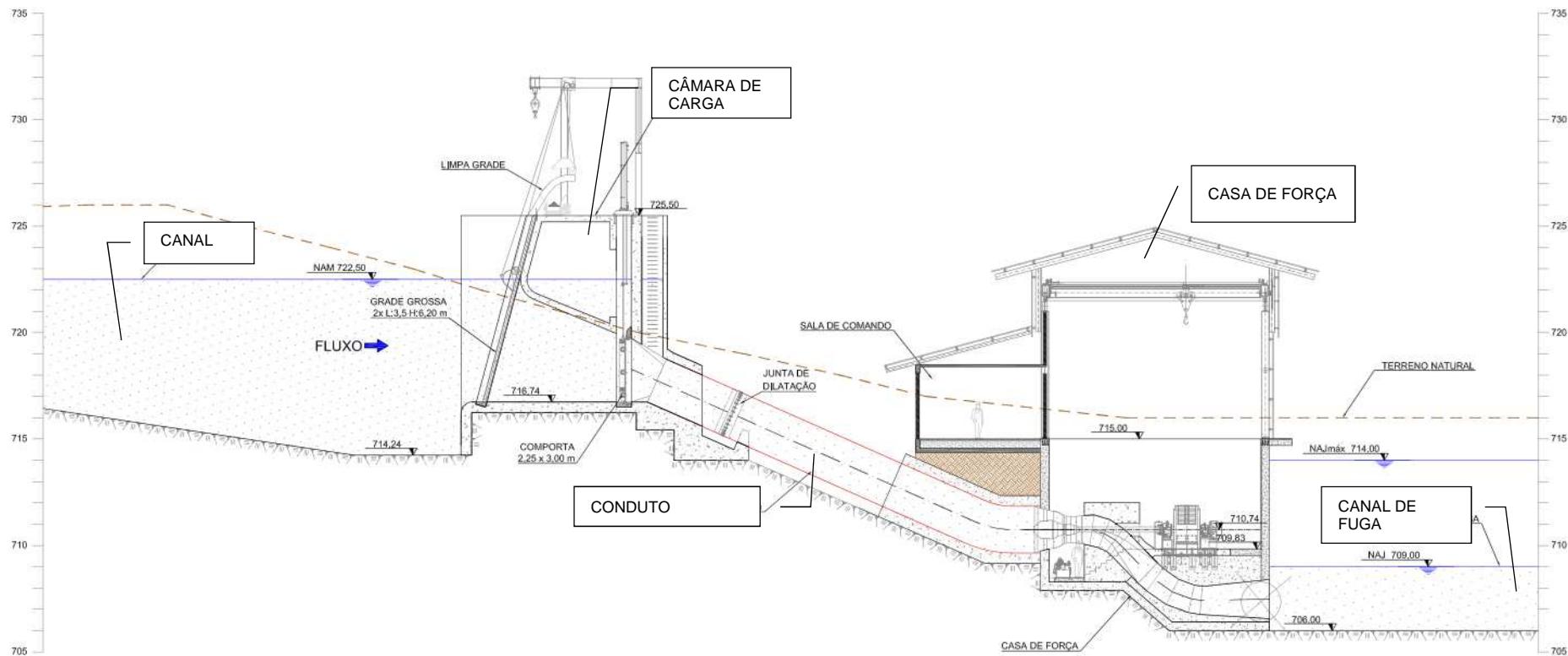


Figura 7 –Arranjo Geral em perfil.



A seguir descreve-se de forma sucinta cada uma das estruturas que compõe a usina.

4.2. NÍVEIS E RESERVATÓRIO

A CGH Imbaú 2 aproveita uma queda bruta de 13,50 m, contida entre as elevações NAM 722,50 m (Nível Normal de Montante) e NAJ 709,00 m (Nível Normal de Jusante).

Por não dispor de barramento, não haverá a formação de reservatório para o aproveitamento, sendo a vazão de turbinamento das máquinas captada diretamente no leito do rio.

Para o caso da ocorrência da passagem de uma vazão de cheia correspondente à vazão com tempo de recorrência de 10.000 anos, ou TR 10.000, o nível d'água no eixo de captação atingirá a elevação 724,75 m.

O aspecto do rio no trecho de captação e restituição é ilustrado na Figura 8 e Figura 9.

Figura 8 – Trecho do eixo de captação.



Figura 9 – Trecho do eixo de restituição.



Os eixos serão locados logo à montante e a jusante de uma série de corredeiras. Nestes pontos é observado baixa profundidade para afluências normais, afloramento basáltico no leito do rio e encosta suave na margem direita, onde serão locados o poço de captação e desemboque do canal de fuga.

O desvio do rio para implantação do aproveitamento será feito em uma fase através da construção de duas ensecadeiras, sendo uma no eixo de captação e outra no eixo de restituição, e a vazão sanitária a ser mantida para a alça atalhada do rio Imbaú é igual a $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3. CANAL DE APROXIMAÇÃO

Chama-se de canal de aproximação o trecho inicial do canal adutor e onde será escavado o poço no leito do rio para captação da vazão de turbinamento.

No arranjo proposto para a CGH Imbaú 2, o canal de aproximação tem 40 m de extensão e será escavado em rocha com uma calha maior que o canal adutor. Tem a sua esquerda hidráulica margeando o rio Imbaú e a direita hidráulica escavada em rocha.

O canal de aproximação foi projetado de maneira a fazer a transição direta entre a captação no leito do rio para o canal de adução.

4.4. CANAL ADUTOR

O traçado escolhido para o canal adutor tem diretriz lançada paralela ao rio até a projeção da cachoeira principal, quando se afasta da margem e segue pela borda do terreno sobre a encosta íngreme.

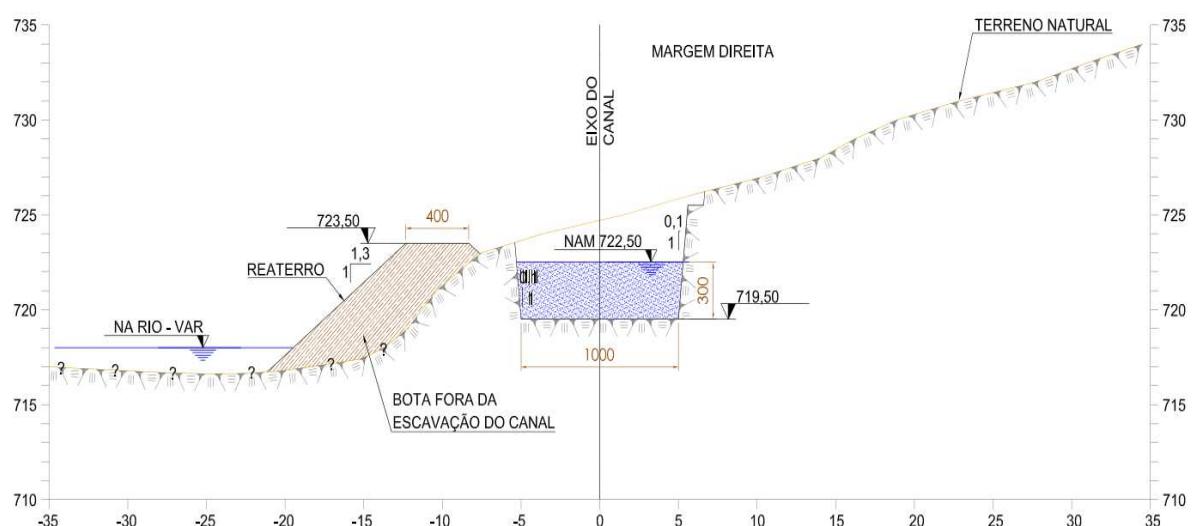
Está previsto um canal mais encaixado no terreno buscando corte pleno em rocha e sem revestimento. Este trecho de extensão de 166 m e seção hidráulica trapezoidal com 10,0 m de largura por 3,0 m de lâmina de água. As paredes do canal estão projetadas para serem escavadas com inclinação igual a 0,1:1 (H:V).

O canal foi dimensionado para que na vazão máxima da usina seja observado um regime permanente de fluxo, mantendo-se a seção constante e igualando às perdas de carga unitárias à inclinação, que é de 0,26 m/km.

Para possibilitar manutenção no canal está previsto uma estrada com 4,0 m de largura junto à margem esquerda do canal. Essa estrada será executada com o material proveniente do corte da seção do canal e servirá também de proteção contra galgamento do canal de adução.

Figura 10 – Canal Adutor – Seção típica.

SEÇÃO TÍPICA DO CANAL DE ADUÇÃO



4.5. CÂMARA DE CARGA

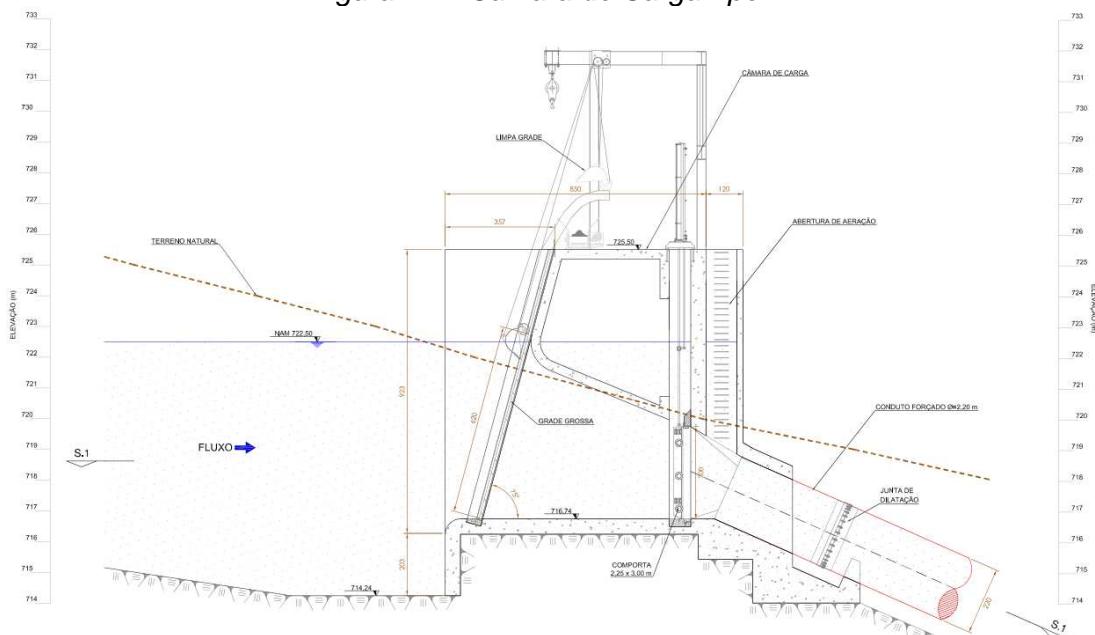
A transição do fluxo a céu aberto para pressurizado ocorre na Câmara de Carga. Esta estrutura consiste em uma caixa de concreto armado que confere volume suficiente (pulmão) para a partida das máquinas até que a velocidade da água no canal se estabilize no regime permanente. Também tem a função de absorver a onda provocada por paradas bruscas.

A câmara de carga conta com duas comportas vagão com vão livre de 2,25 m x 3,00 m que serão manobradas através de um cilindro hidráulico a partir do topo da estrutura. Estas comportas serão manobradas para manutenções eventuais dos condutos forçados, paradas prolongadas da usina ou em situação de emergência.

Esta estrutura conta também com um painel de grade fina que protege as turbinas contra a entrada de objetos possam vir a danificá-las. A grade será fabricada com barras chatas com 6,3 mm de espessura e serão espaçadas em 100 mm. O vão hidráulico da grade é de 3,50 m de largura por 6,20 m de altura e a disposição dos painéis ficam inclinados em 75º em relação à horizontal para facilitar a limpeza.

À jusante das comportas existe uma tubulação de aeração para aliviar as pressões negativas nos condutos forçados caso ocorra um fechamento brusco da comporta com a usina operando.

Figura 11 – Câmara de Carga - perfil.



4.6. CONDUTO FORÇADO

Da câmara de carga partem duas linhas de tubulação com diâmetro Ø2,20 m e 21,00 m de extensão para atenderem as turbinas a serem instaladas na casa de força.

O conduto forçado ancora-se em blocos de concreto armado que envolvem a tubulação de forma a suportar os esforços resultantes de pressão, velocidade, dilatação e contração térmica. O trecho reaterrado do conduto forçado existente na entrada da casa de força deve também ser totalmente envelopado em concreto.

O trecho livre entre os dois blocos conta com uma junta de dilatação flangeada para reduzir os esforços de dilatação e contração termina.

A tubulação será fabricada em aço USI SAC 350, dispensando pintura de proteção, pois tem a característica de se auto proteger da corrosão através de uma camada de pátina que se cria ao ser exposto às intempéries.

Figura 12 – Planta do conduto forçado.

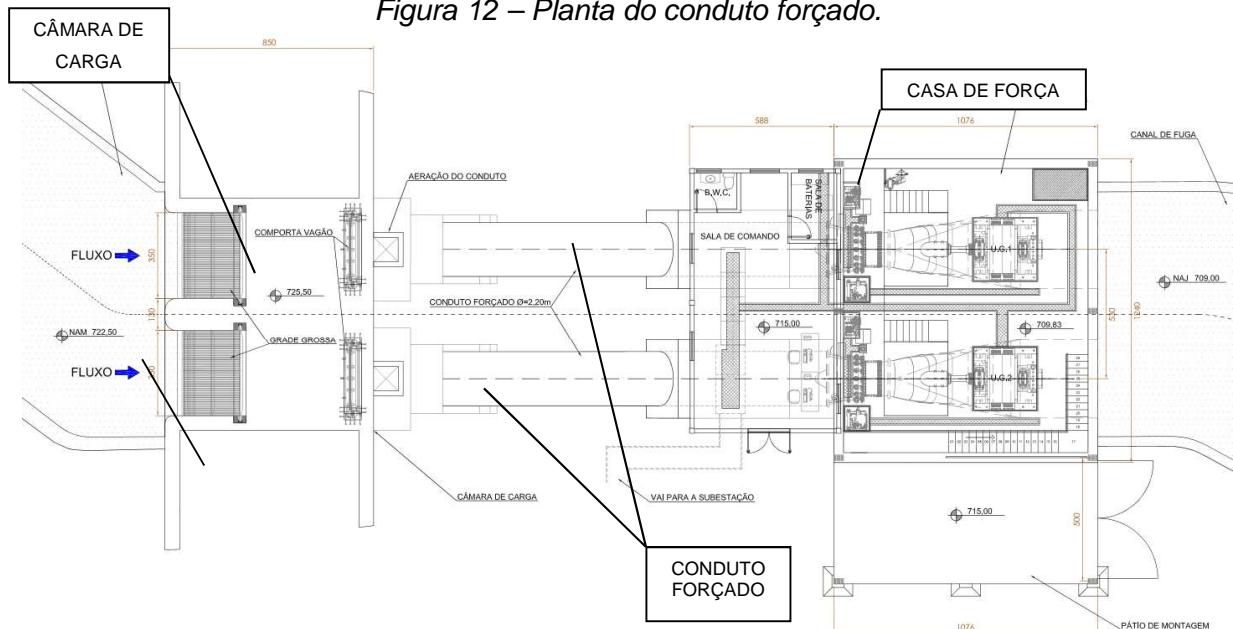
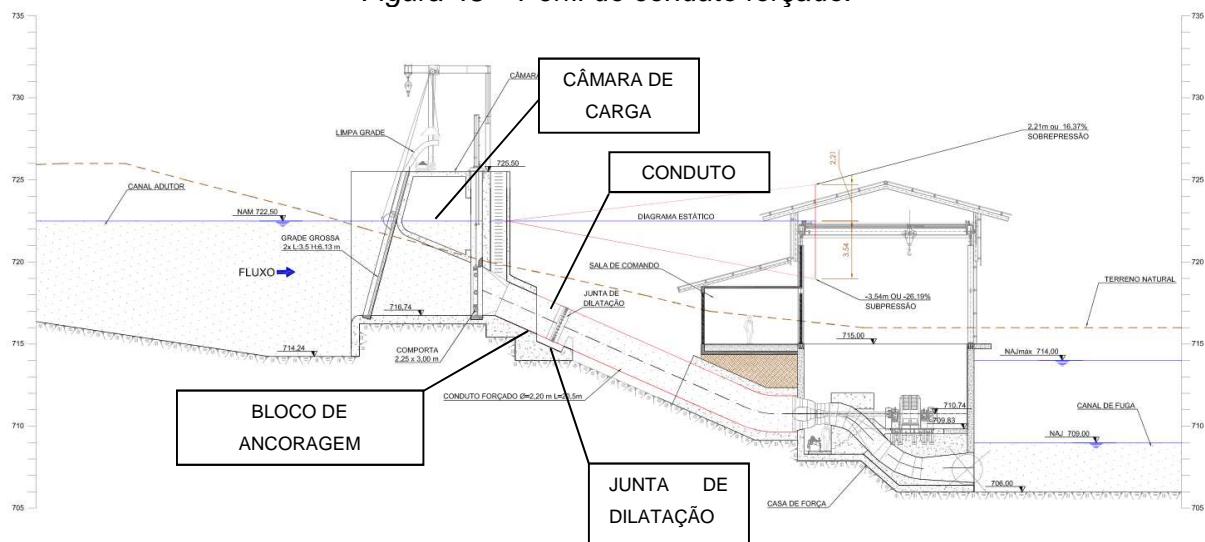


Figura 48 – Perfil do conduto forçado.



Um pré-dimensionamento efetuado indicou a necessidade de executar estas tubulações com chapa mínima de #6,35 mm de espessura conforme cálculo demonstrados nas tabelas a seguir.

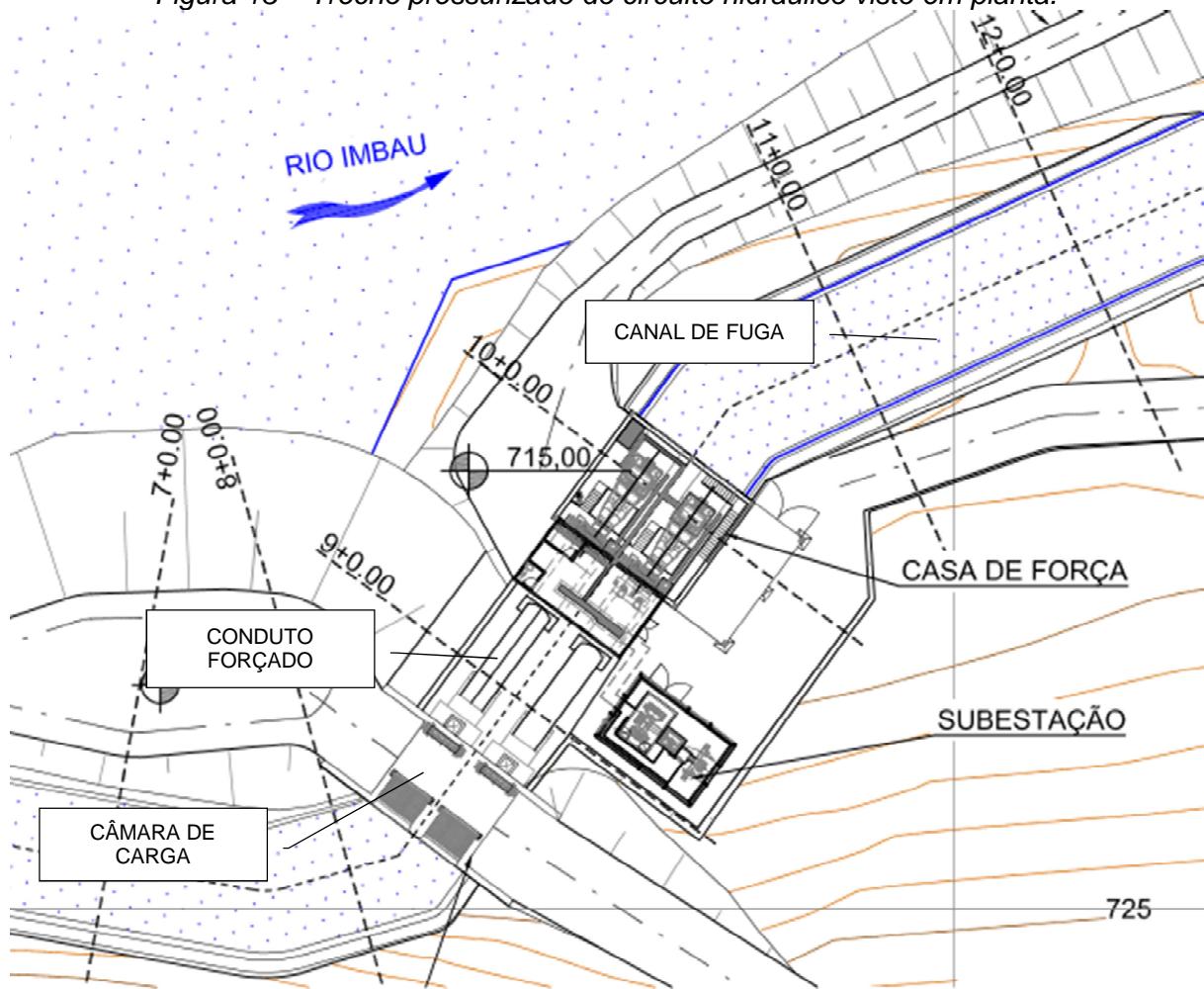
Tabela 3 – Dimensionamento do revestimento metálico do conduto forçado – trecho entre câmara de carga e bifurcação.

DIMENSIONAMENTO CHAPA CONDUTO FORÇADO			
Entre Câmara de Carga e Casa de Força			
Q	10,93	m^3/s	Vazão
D	220	cm	Diâmetro Interno
V	2,88	m/s	Velocidade do Fluxo
CARGA			
P_i	18,90	mca	Pressão Interna com sobre-
	1,89	kgf/cm^2	pressão
MATERIAL			
aço	USI-SAC-350		
σ_f	350	Mpa	Tensão de Escoamento do Aço
	3500	kgf/cm^2	
E	2050000	kgf/cm^2	Módulo de Elasticidade do aço
v	0,3		Coeficiente de Poisson
e_s	1	mm	Sobrespessura de corrosão
COEFICIENTES SEGURANÇA			
γ	1,4		Coeficiente de Segurança
k_f	0,8		Coef. Eficiência de Solda
CÁLCULO DA ESPESSURA DA CHAPA			
e_{calc}	2,04	mm	$e = \frac{\gamma \cdot P_i \cdot D}{2 \cdot \sigma_f \cdot k_f} + e_s$
e_{min}	6,75	mm	$e_{\min} = \frac{D + 500}{400} \geq 6,35$
e_{adotado}	6,35	mm	Espessura Adotada
PRESSÃO DE COLAPSO			
P_c	0,02122	kgf/cm^2	$P_c = 882.500 \left(\frac{e}{D} \right)^3$
CONSUMO DE MATERIAIS			
L	21	m	Comprimento do Trecho
Massa	7235	kg	Massa aplicada

4.7. CASA DE FORÇA

A casa de força da CGH Imbaú 2 é a céu aberto, parcialmente abrigada, posicionada ao pé de uma encosta íngreme e recuada cerca de 15 m da margem do rio.

Figura 13 – Trecho pressurizado do circuito hidráulico visto em planta.



A casa de força é composta por três ambientes principais em planta: sala de máquinas, sala de comando e pátio de descarga.

A sala de máquinas mede 12,40 m de comprimento por 10,76 m de largura. Foi projetada para abrigar duas turbinas tubular “S”, com eixo horizontal e rotor Kaplan, gerador com acoplamento direto à jusante e equipamentos acessórios.

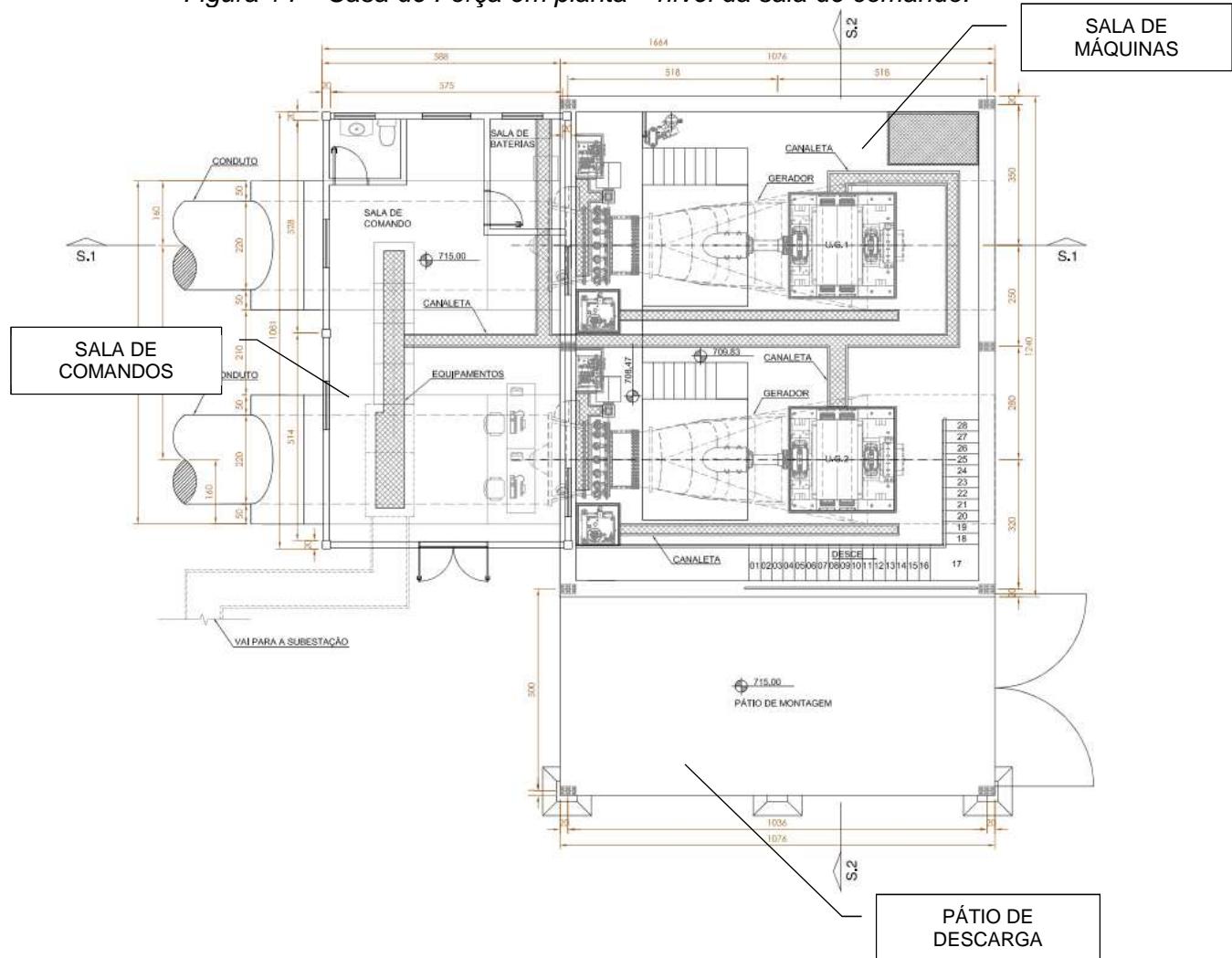
A sala de máquinas tem casco estrutural em concreto armado e paredes que lhe conferem estanqueidade até a cota livre de enchentes de recorrência estatística de 1.000

anos. Acima desta cota eleva-se um barracão de construção metálica típica industrial e fechamento em telhas metálicas, dotado de ponte rolante para lançamento dos equipamentos durante a montagem e eventual manutenção.

A sala de comando será disposta junto à parede de montante da sala de máquinas, na cota de proteção contra enchentes, com piso nivelado com o casco estanque da casa de força e mede em planta 10,81 x 5,88 m. Deve abrigar o cubículo de surtos e painel proteção e controle da usina, além de uma mesa de trabalho e vestiário entre outros ambientes para o operador.

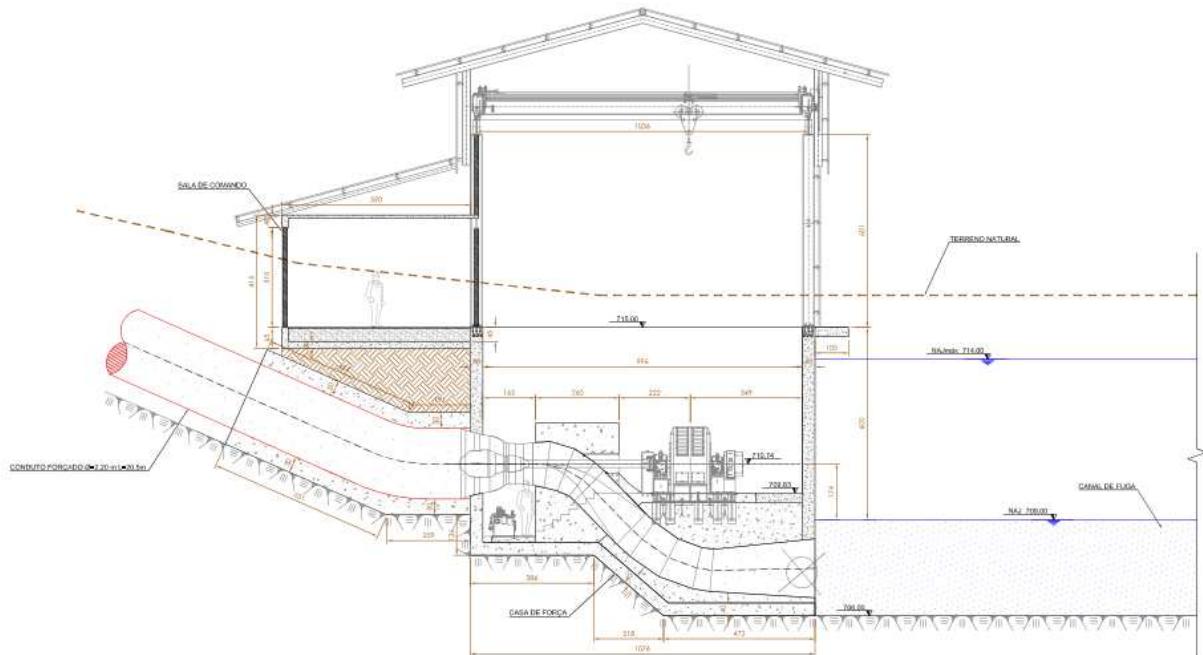
O banco de baterias foi posicionado internamente à sala de comandos e sala específica que deverá comportar também o retificador.

Figura 14 – Casa de Força em planta – nível da sala de comando.



Para a casa de força está sendo previsto a instalação de uma ponte rolante com capacidade de 25 toneladas para movimentação de cargas e dos equipamentos da casa de força. A ponte rolante irá percorrer longitudinalmente a casa-de-força e terá um vão de aproximadamente 10,36 m.

Figura 15 – Casa de Força – perfil longitudinal.



4.8. CANAL DE FUGA

O canal de fuga tem a função de restituir ao curso natural do rio a água desviada para produção de energia.

No arranjo proposto para a CGH Imbaú 2 o canal de fuga tem comprimento total de 140 m e é escavado na margem direita do rio.

Sua seção transversal é trapezoidal, escavada em rocha, e apresenta 10 m de largura, 3,00 m de lâmina d'água e paredes com inclinação igual a 0,1:1,0 m (H:V). Tanto o fundo quanto as paredes serão mantidas sem revestimento.

Figura 16 – Região de Escavação do Canal de Fuga.

