5. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

5.1. ARRANJO GERAL

Após a análise do conjunto de possibilidades imaginado para o empreendimento, a opção de maior mérito que minimizou as dificuldades foi à apresentada já na primeira alternativa, com adução pela margem direita, contemplando diversos aspectos que influenciam na viabilidade do conjunto. A alternativa selecionada pode ser melhor visualizada no Arranjo Geral - EASTAGUA – 05, Arranjo Geral (detalhe do reservatório) EASTAGUA – 05A e Arranjo Geral (imagem do Google) EASTAGUA – 05B que se encontra no Volume II. No mapa EASTAGUA – 06 encontra-se o detalhamento do Canteiro de Obras da PCH Taguá.

- Facilidades construtivas e risco de obra;
- Custo de implantação e geração;
- Perdas hidráulicas / Produção energética;
- Condicionantes ambientais;

As discussões que serão apresentadas a seguir visam justificar as soluções adotadas em cada estrutura.

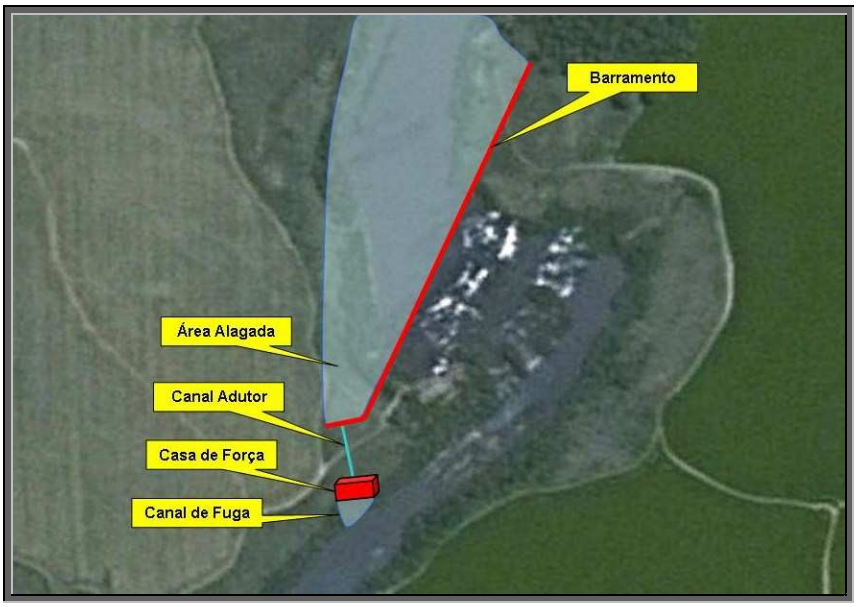


Figura 5.1. Representação do arranjo geral.



Figura 5.2. Vista parcial de onde será inserida a PCH.

5.2. BARRAMENTO

5.2.1. Tipo de Barragem

O arranjo proposto para este eixo deve conter um trecho vertedor livre, devidamente dimensionado para cheia de projeto (TR 10.000 anos média diária) de 2.434,00m³/s, com uma elevação do nível de água a montante de 2,50 m, devido ao remanso formado.

No Volume II encontra-se o mapa de Vista da Planta e Perfil da Barragem – EASTAGUA – 07 e Seções da Barragem – EASTAGUA – 08.

- Barragem vertedor central com comportas tipo basculante com 256,00m de extensão;
- 16 adufas de desvio, com 4,00m de largura e 3,00m de altura, posteriormente incorporadas ao vertedor;
- A adução se dará pela direta, cuja tomada de água está localizada na ombreira direita. A descarga de fundo estará posicionada no final da barragem na margem direita.



Figura 5.3. Foto do local onde será inserido o barramento.



Figura 5.4. Foto do eixo do barramento.

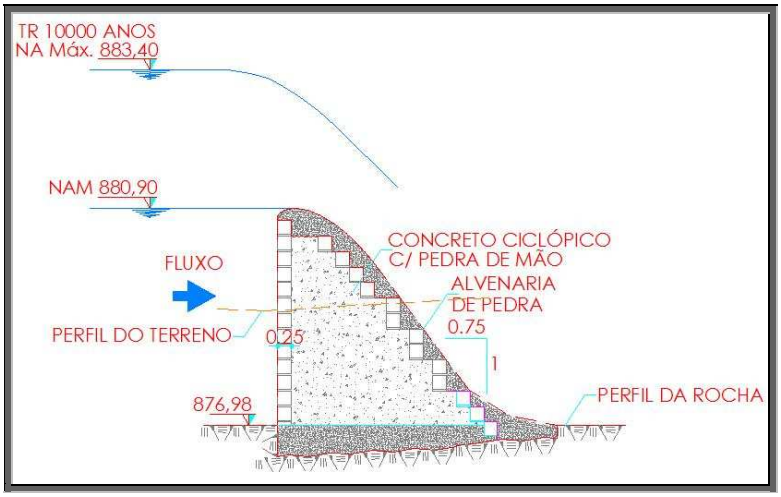


Figura 5.5. Seção transversal da barragem.

5.2.2. Níveis d'Água

Nenhuma benfeitoria será diretamente atingida, uma vez que não existem moradores próximos as margens do rio Jordão no trecho onde está implantada a PCH TAGUÁ.

As características do reservatório foram bem avaliadas quanto aos aspectos de tempo de enchimento, remanso, assoreamento entre outros. Algumas destas considerações são comentadas no capítulo hidrologia.

5.3. ESTRUTURAS EXTRAVASORAS

5.3.1. Comporta para Descarga de Fundo

Quanto aos níveis a serem atingidos para montante, visando à passagem da onda de cheia pelo vertedor, o mesmo foi dimensionado para escoar a cheia decamilenar. De qualquer forma, será adotada uma comporta para descarga de fundo, capaz de escoar uma vazão em torno de 66,09 m³/s, sem elevar o nível do reservatório, conforme o gráfico apresentado a seguir.

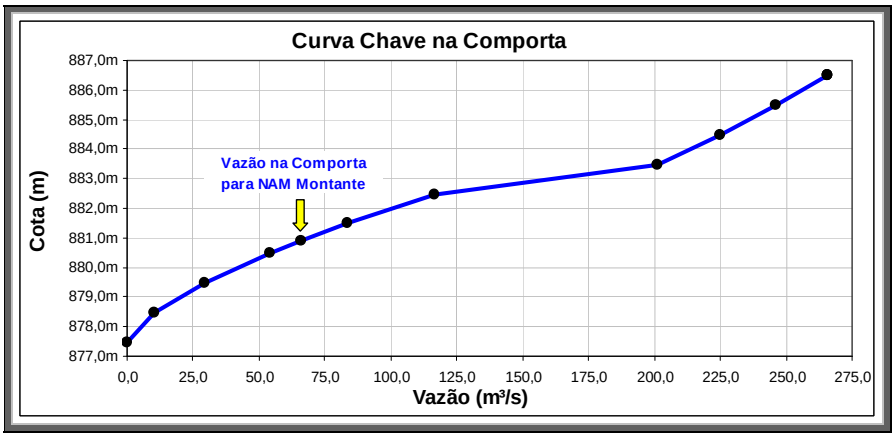


Figura 5.6. Curva chave na comporta para descarga de fundo.



Figura 5.7. Vista de montante para jusante da comporta para descarga de fundo.



Figura 5.8. Modelo de descarga de fundo a ser construído

5.3.2. Vertedor Perfil Creager

Os 256,00m de vertedor são suficientes para o escoamento da cheia decamilenar de 2.434,00m³/s com uma lâmina d'água de 2,50m. O piso de operação da tomada d'água e da comporta de descarga de fundo será na elevação 884,40m.

Para vertedores de PCHs recomenda-se dimensionar o perfil Creager para um coeficiente de descarga de projeto estimado de 2,10. O vertedor, operando em ultimate capacity suporta uma vazão de 4.225,33m³/s.

Os estudos de remanso efetuados não indicaram nenhuma interferência maior para montante. Assim, as interferências como o ambiente na região do lago ocorreriam em cheias excepcionais, poucas vezes ao ano e em área desocupada.

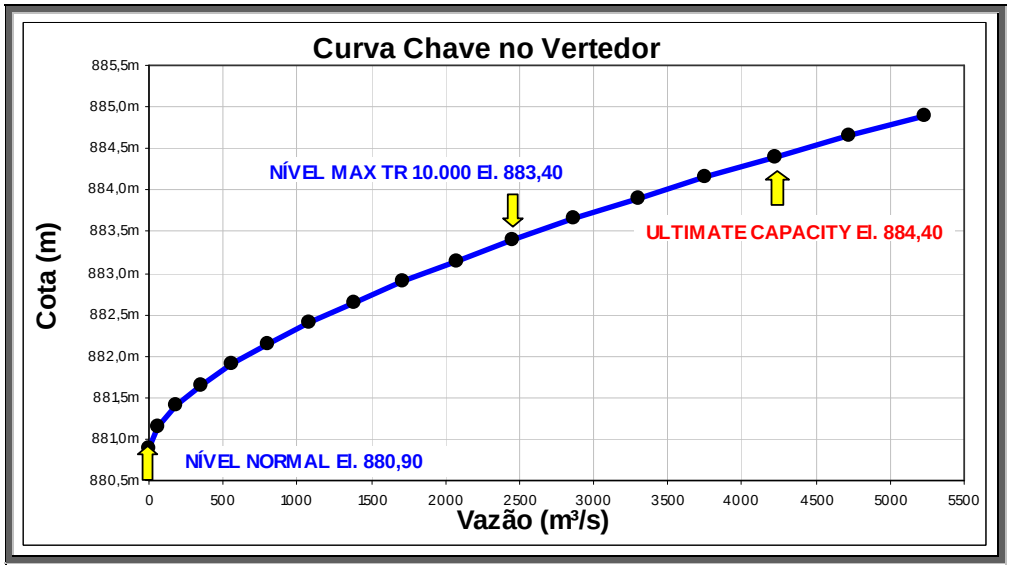


Figura 5.9. Curva chave no vertedor com comporta.



Figura 5.10. Modelo de vertedor a ser implantado

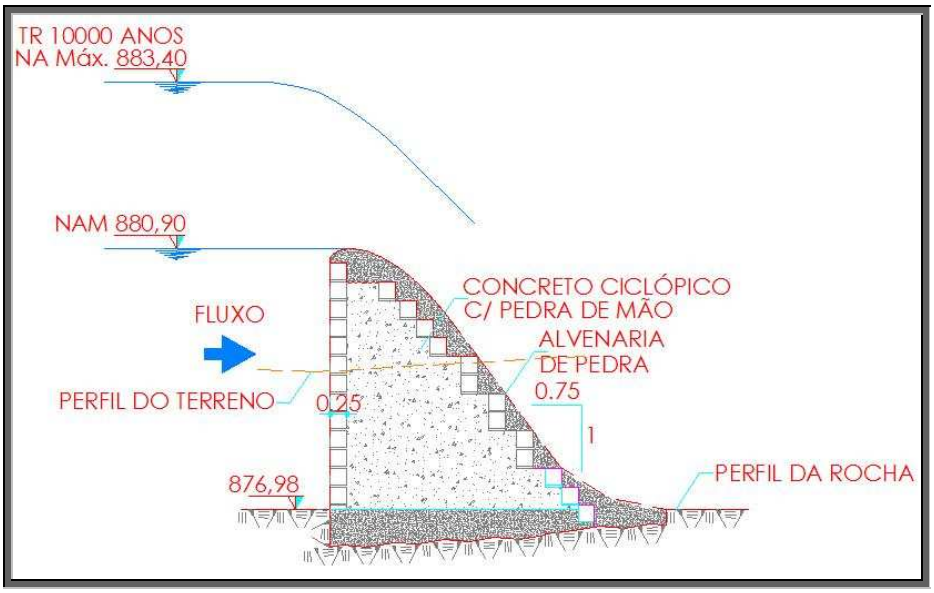


Figura 5.11. Seção transversal do vertedor e do perfil creager.

5.4. CIRCUITO HIDRÁULICO

O circuito hidráulico deve ser projetado visando a menor perda de energia do fluxo desde o reservatório até seu ponto de restituição ao curso natural do rio, dentro de um traçado exequível e com custos compatíveis.

No caso da PCH TAGUÁ, variantes determinam a utilização de canal adutor, conduto forçado e finalmente canal de fuga, que restitui a água ao seu curso natural na calha do rio.

Com o arranjo estabelecido e devidamente dimensionado, foram verificadas as perdas de carga nas diversas estruturas para o regime de funcionamento a plena carga com engolimento nominal de 84,29m³/s. A perda de carga total dissipada ao longo do circuito hidráulico corresponde a uma perda de 0,39m de queda. As perdas apresentam-se distribuídas de acordo com o gráfico de pizza abaixo.

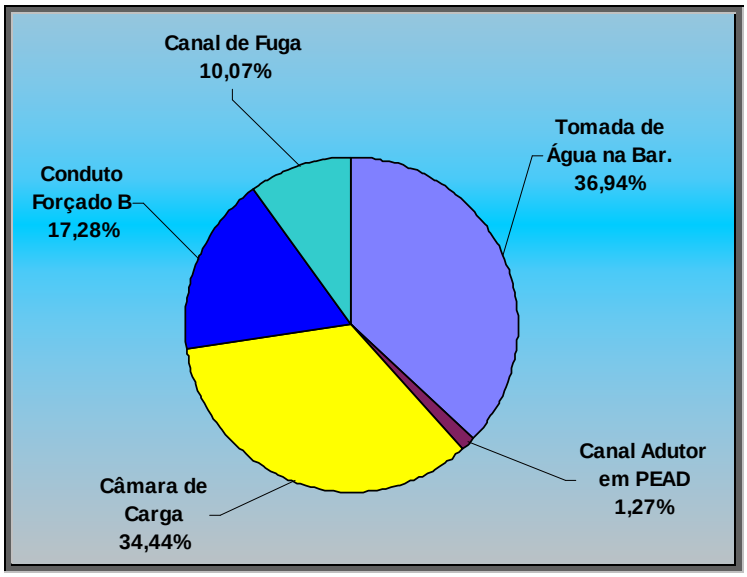


Figura 5.12. Visualização gráfica das perdas de carga no circuito hidráulico.

5.4.1. Tomada de Água

No início do circuito hidráulico, será posicionada a tomada de água, visando a proteção e controle do fluxo de água para o canal adutor. A tomada d'água a ser construída deve ser em concreto armado e propiciar a transição gradual do fluxo pela comporta.

A cota do piso de operação da tomada d'água foi estabelecida na el 884,40m, configurando um *free board* de 1,00m em relação ao nível máximo esperado para cheia decamilenar. Em cada transição tomada/canal será instalada uma comporta metálica do tipo vagão que terá forma retangular de 3,70m x 3,70m e seu acionamento será automático. Melhor detalhe no Volume II, no mapa de Vista de Planta e Perfil da Tomada D'água – EASTAGUA – 09.



Figura 5.13. Modelo de tomada d`água a ser implantada.

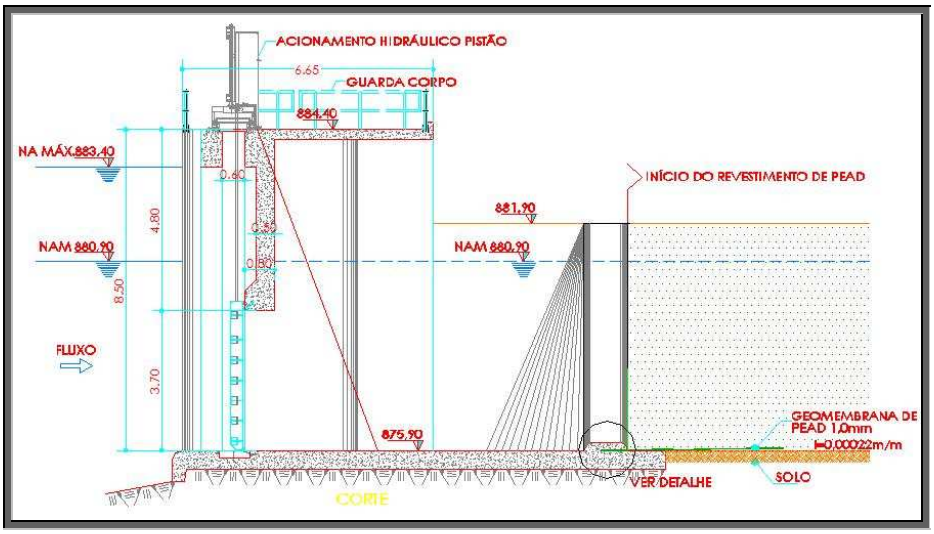


Figura 5.14. Secão transversal da tomada d'água.

5.4.2. Canal Adutor

O circuito hidráulico da PCH Taguá é composto por um canal adutor que será escavado em rocha sã sem a necessidade de revestimento em manta PEAD.

O traçado do canal adutor terá aproximadamente 30,00m de extensão, com base acentada na el. 875,90 e declividade de fundo de 0,04%. O nível de lâmina de água adotado para o bom

funcionamento do canal foi estabelecido em 5,00m, garantindo assim baixa velocidade, ideal para reduzir perdas neste tipo de adução e área molhada suficiente para escoar a vazão de projeto.

A velocidade inicialmente admitida para dimensionamento foi de 1,53m/s, objetivando a perda de carga mínima ao longo do canal de adução.

Paralelamente ao canal adutor, na margem direita, será construída uma estrada de manutenção e cerca com objetivo de impedir que objetos indesejáveis venham a cair no canal, consolidando o material de corte disposto lateralmente. Estes detalhes podem ser observados no Volume II – Anexos, no desenho EASTAGUA - 10, que demonstra seções típicas do canal em questão.



Figura 5.15. Modelo de Canal adutor a ser implantado.

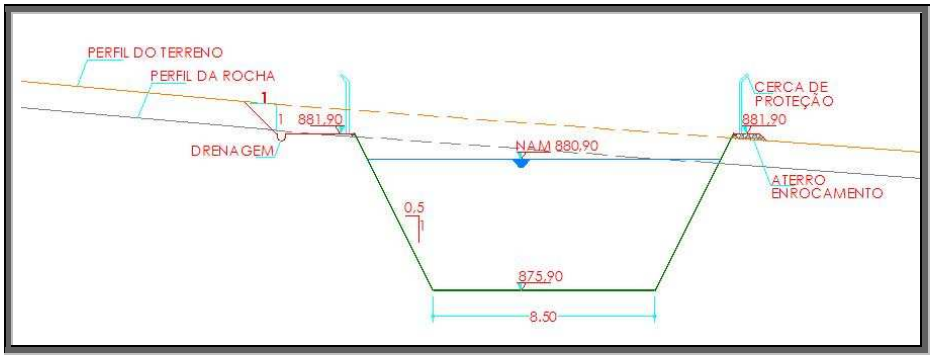


Figura 5.16. Seção do canal adutor.

5.4.3. Câmara de Carga

A câmara de carga é a estrutura de transição entre o canal adutor e o conduto forçado. Sua função é propiciar o fluxo d'água sem ocorrência de turbulências, vórtices e arraste de ar para o duto.

Nesta estrutura estão posicionadas as grades finas que impedem a entrada de objetos nocivos diretamente para a turbina, tais como galhos, pedras e lixo em geral.

Outra função da câmara de carga é abastecer o conduto em regime de partida, atuando como um pulmão. Ainda, a câmara de carga é dotada de comporta de fechamento *stop log* acionamento com pistão hidráulico para paradas e manutenção do conduto.

No caso da PCH Taguá a grade foi dimensionada para uma velocidade limite de 2,11m/s. A câmara de carga propriamente dita foi verificada quanto à submergência mínima.

A cota de operação do fundo da comporta situa-se na el. 872,44m, já a cota do piso superior da câmara deve ficar na el. 883,40 mantendo um freboard de 1,50m.

As comportas localizadas na câmara de carga são dotadas de pistão hidráulico com acionamento automático, e tem dimensões 4,40m x 4,40m. Após a seção das comportas existe uma transição metálica com saída de 4,40m para encaixe dos condutos forçados.

A câmara de carga pode ser visualizada em detalhes no Volume II, desenho EASTAGUA - 11.



Figura 5.17. Modelo de câmara de carga a ser construída.

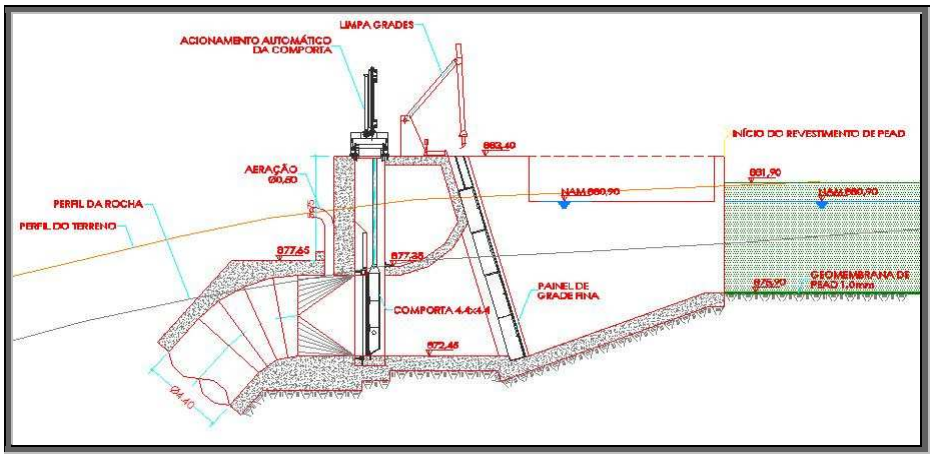


Figura 5.18. Seção transversal da câmara de carga.

5.4.4. Conduto Forçado

Foram adotados neste caso dois condutos forçados que abastecerão as duas unidades geradoras, sendo que cada conduto apresenta diâmetro de 4,40m, e conduz por cerca de 15,00m a água às turbinas com velocidades de 2,77m/s.

O conduto forçado foi considerado em material aço tipo COS AR COR, soldado e com juntas construtivas nos blocos de ancoragem.

O conduto foi dimensionado para uma sobre-pressão de 35%. O dimensionamento de chapas partiu de uma espessura mínima de 6,35mm, conforme preconiza o manual da Eletrobrás, no entanto os mínimos calculados extrapolaram este valor, chegando ao valor de 12,25mm em função do diâmetro, sendo adotado uma chapa de 12,70mm de diâmetro. O peso total de chapas para os dois condutos forçados resultou em cerca 41,45ton.

Está previsto a instalação de apenas um bloco de ancoragem na curva de inflexão para entrada na casa de máquinas. O conduto forçado pode ser visualizada em detalhes no Volume II, desenho EASTAGUA - 11.

Tabela 5.1. Dimensionamento da espessura do conduto.

e (mm)	Pi (m)	HB (m)	Vão (m)	Peso esp. (kg/m)	Comp. (m)	Peso (kg)
4,00	18,18	13,47	10,33	442,11	0	0
5,00	24,24	17,96	11,50	552,64	0	0
6,35	32,42	24,02	12,90	690,80	0	0
7,93	42,00	31,11	14,34	870,41	0	0
9,52	51,64	38,25	15,63	1036,20	0	0
11,11	61,27	45,39	16,79	1215,81	0	0
12,70	70,91	52,53	17,86	1381,60	15	20724
14,28	80,48	59,62	18,84	1547,39	0	0
15,87	90,12	66,76	19,76	1727,00	0	0
17,46	99,76	73,89	20,62	1892,79	0	0
19,05	109,39	81,03	21,42	2072,40	0	0
25,40	147,88	109,54	24,25	2763,20	0	0



Figura 5.19. Exemplo de tubulação a ser usada.

5.4.5. Canal de Fuga

O Canal de fuga da PCH TAGUÁ está orientado de forma a encontrar o curso normal d'água do Rio Jordão sem causar turbulência. Devido aos taludes laterais serem previstos em rocha não será necessário revestimento. O nível d'água na seção do encontro do canal com o curso d'água se encontra na el. 869,40m representando desta forma o nível de jusante da usina. O canal de fuga será bem curto.



Figura 5.20. Modelo de canal de fuga a ser implantado.

5.5. CASA DE FORÇA

A casa de força da PCH foi estudada para abrigar os conjuntos turbina/gerador em um arranjo compacto, seguro e prático.

O acesso e o posicionamento da subestação pode ser feito contínuo à casa aproveitando a encosta em cota salvo da enchente decamilenar, que deverá ficar na el 879,30m. A casa de foça pode ser visualizada em detalhes no Volume II, desenho EASTAGUA - 12.



Figura 5.21. Modelo estrutural da casa de força a ser implantada.

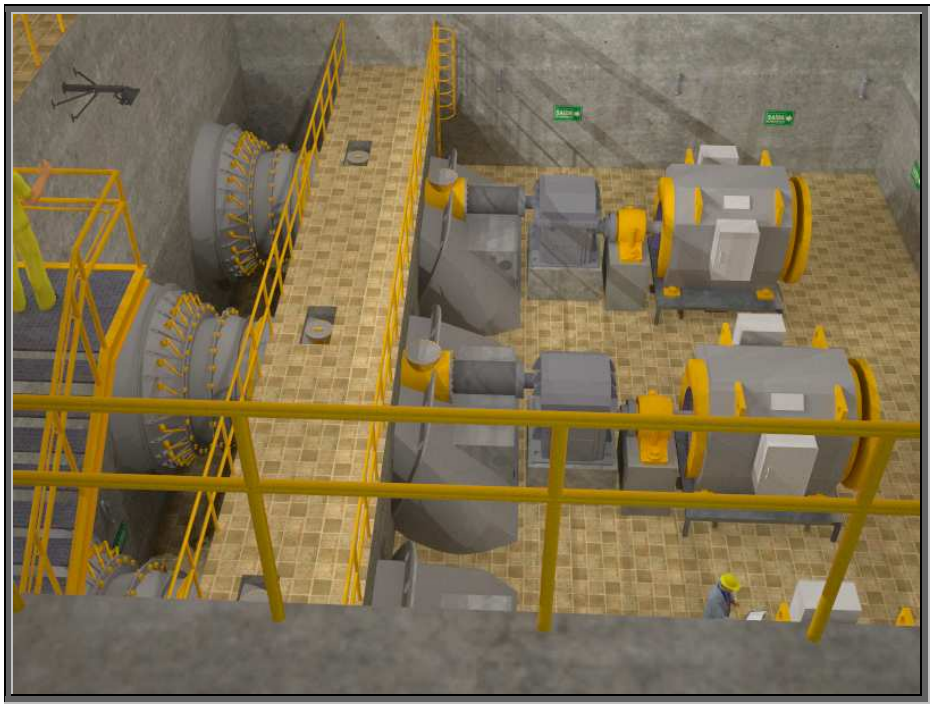


Figura 5.22. Modelo de distribuição das turbinas e geradores dentro da casa de força.

5.5.1. Número de Unidades e Tipo de Turbina

Foram estudadas várias possibilidades de turbinas e arranjos para a potência final a ser instalada de 8,20MW, para a queda líquida calculada de 11,11m e uma vazão de 84,29m³/s. Duas unidades tipo Kaplan seriam as mais adequadas para esta queda e vazão. No Volume II, encontra-se melhor detalhado nos mapas EASTAGUA – 13, EASTAGUA – 14 e EASTAGUA – 15 as Seções da Casa de Maquinas.

As turbinas tipo Kaplan adotadas resultariam em um conjunto com rotação de 180rpm.

O rendimento do conjunto, considerado no estudo energético seria:

- Turbina - 0,93;
- Gerador – 0,96;
- Conjunto – 0,893.

O conjunto que melhor se adequou à necessidade da usina seriam duas máquinas Kaplan, com rotor de 2,70m e altura de sucção -1,65m. A rotação específica Ns seria de 708,27rpm e o Nq de 192,05rpm.



Figura 5.23. Tipo de turbina a ser utilizada.

5.5.2. Cotas de Proteção e Alturas de Sucção

A casa de força deve ser protegida contra enchente. O nível máximo calculado para a cheia decamilenar seria na el. 879,30m, segundo curva chave para o rio na lateral da casa. Este nível se traduz em uma elevação do nível d'água de 11,30m em relação ao NA Normal medido. A cota de proteção adotada, até a qual a casa permanece estanque é na el. 850,30m.

A casa de força foi projetada para atender a condição de submergência esperada para o caso da cheia decamilenar, comparando os esforços de "up lift" com o peso próprio e providenciando as ancoragens adicionais, evitando assim possível flutuação em caso de cheia.

A casa possuirá sistema de drenagem contra águas de infiltração, vazamentos eventuais e vazamentos contínuos de refrigeração e alívio dos mancais de escora.

A variação de nível no canal de fuga é pequena não deve afetar significativamente a geração de energia. Para regimes de vazão normal a variação deve ficar próxima de 1,00m. Mantendo-se a queda praticamente constante.

A altura de sucção deve ser calculada para determinar a elevação de assentamento da turbina, podendo ser utilizada à metodologia indicada na norma NBR 12591, a qual fixou a altura de sucção para este caso em -1,65m.

A curva chave para o canal de fuga, baseada em dados topográficos levantados, é apresentada no capítulo 4.

5.6. SUBESTAÇÃO E INTERLIGAÇÃO

Visando adequar a tensão dos geradores à tensão do sistema elétrico no ponto de conexão, deverá ser construída uma subestação elevadora nas proximidades da casa de força. A estrutura da subestação deverá ser montada com postes de concreto e cruzetas de aço galvanizado, seu perímetro deverá ser cercado e conter placas de advertência, como ilustrado a seguir.

Os transformadores deverão ser instalados em bases de concreto providas de um sistema de separação de água/óleo.

A conexão da PCH Taguá com o Sistema Elétrico Nacional – SIN será na tensão 23 kV na subestação da COPEL, município de Guarapuava estado do Paraná. A viabilidade de conexão no ponto indicado depende de análise da concessionária. A consulta de viabilidade de acesso já foi protocolada e encontra-se em trâmite na devida agência.

A linha de transmissão terá aproximadamente 33,00 km (distância em linha reta) de extensão.



Figura 5.24. Modelo de Subestação Elevadora.



Figura 5.25. Linha de Transmissão PCH Taguá.

5.7. FICHA TÉCNICA

Identificação do empreendedor		
Razão Social do Empreendedor:	Taguá Energia Ltda.	
Endereço:	Av. Pater Josef Stefan	522 Colônia Vitória
CNPJ:	n°14.092.532/0001-00	
Município: Guarapuava	Estado: Paraná	
CEP: 89.139-400	Fone: (49) 3433-3008	

Identificação do empreendimento		
Nome do empreendimento:	Pequena Central Hidrelétrica Taguá	
Rio:	Rio Jordão	
Distância da foz:	91,3 Km	
Bacia:	Bacia 6 do Rio Paraná	sub-bacia 65

Coordenadas geográficas		
Barramento:	Latitude: 25º 31’ 24” S	Casa de força: Latitude: 25º 31’ 36” S
	Longitude: 51º 47’ 01” W	Longitude: 51º 47’ 04” W
Município: Guarapuava	Estado: Paraná	

Topografia	
Datum altimétrico de referência:	Marégrafo/Imbituba - Santa Catarina
Marcos topográficos utilizados:	RBMC 96049 e 96048

Geologia			
Tipo de Rocha Predominante no Local:		Basalto	
Espessura média estimada de Solo:		1,50m	
Disponibilidade de materiais de construção:	Argila:	Sim (X)	Não ( )
	Areia:	Sim ( )	Não (X)
	Rocha:	Sim (X)	Não ( )
	Cascalho:	Sim ( )	Não (X)
Ocorre alinhamento geomórfico em uma das margens:		Sim (X)	Não ( )
Qual? Nas duas			

Hidrometereologia/Fluviometria			
Área da bacia (Km^2):	2.210,00 km²		
Classificação Climática:	Köppen		
Temperaturas:	Cfb	Máxima: 22 Cº	Mínima: 18 Cº

Evapotranspiração potencial média	
Estações básicas utilizadas	Período de observação
Santa Clara	08/1949 - 12/2005
ETA Guarapuava	03/1985 - 12/2003
Fazenda Maracanã	11/1945 - 05/2005
Porto Vitória (Rio Espingarda)	11/1945 - 06/2005
Rio dos Patos	05/1930 - 12/2003
São Pedro	11/1983 - 12/2003

Hidrograma de vazões naturais		
Período:	1949 a 2011	
Vazão média ao longo do tempo:	60,48 m³/s	
Máxima vazão (07/1983):	848,00 m³/s	
Mínima vazão (05/2005):	8,25 m³/s	
Vazão específica de longo termo:	27,37 L/s/Km²	
Deflúvio anual médio: ***	Específicado em Estudos Hidrológicos	

Níveis de água naturais		
Altitude do NA determinado no canal de fuga:	869,40m	
Existe régua no local	Sim ( )	Não (X)

Reservatório	
Nível de água máximo normal (N.A. mxn):	880,90m
Nível de água mínimo normal (N.A. min):	880,90m
Depleção:	0
Área inundada no (N.A. mxn):	155,71 ha

Parâmetros Energéticos	
Queda Bruta Máxima (Hb1):	11,50m
Queda liquida Máxima (H1):	11,11m
Vazão Turbinada Média (H2):	84,29 m³/s
Energia firme:	4,51 MWméd
Energia média:	0,67 MWméd
Fator de capacidade de referência:	0,55
Potencia instalada (P):	8,20 MW

Sedimentometria		
Existe medição ou estudos na bacia:	Sim (X)	Não ( )
Há evidência de transporte sólido significativo:	Sim ( )	Não (X)
Estimativa de descarga sólida anual média: ****		

Terrenos e servidões
Terrenos e propriedades urbanas: 0
Terrenos e propriedades rurais: 06
Áreas atingidas
Mata Nativa: 72,20 ha
Lavoura: 26,00 ha
Relocações: 00 moradores

Casa de Força
Casa de Força: casco estrutural impermeável em concreto armado e lastro em concreto ciclópico
Potencia instalada unitária: 4,69 MW
Tipo de Turbina: Kaplan tipo S
Número de Unidades: 2
Potência de cada gerador: 4600,00 kVA
Velocidade síncrona (n): 180 rpm
Multiplicação de velocidade (relação turbina-gerador): não
Diâmetro do rotor (D_3): 2700 mm
Rendimento do conjunto turbina/gerador: 0,893
Vazão máxima turbinada unitária: 84,29\ m³/s
Vila dos Operadores: não

Desvio e Controle do Rio
Tipo de esquema
Localização da(s) adufa(s): margem direita
Dimensões da(s) adufa(s): 16 adufas de 4,0m de largura
Vazões de desvio: TR 25 anos 998,00m³/s

Barragens e Diques
Tipo:Perfil Creager com ombreiras
Altura máxima: 7,40m
Comprimento: 318,00m

Vertedouro
Tipo: Soleira vertente
Cheia de projeto (TR = 10.000 anos): 2434.00 m³/s
Extensão da soleira: 256.00 m
Estrutura de dissipação: Salto esqui
Nível de água máximo montante: 880,90 m
Nível de água máximo jusante: 869,40 m

Tomada d'água
Tipo: na ombreira direita do barramento
Descarga máxima: 84,29 m³/s
Altura máxima: 8,50 m
Número de Comportas: 02
Dimensões (livre) da comporta: 3,7m x 3,7m

Canal de Adução
Tipo: escavado em rocha
Largura de seção: 8,50m
Lâmina d'água: 5,00m
Comprimento: 30,00m
Descarga máxima: 84,29 m³/s
Revestimento: n/a

Conduto Forçado
Número de condutos: 02 unidade
Diâmetro: 4,40m
Comprimento médio: 15,00m
Descarga máxima: 84,29 m³/s

Canal de fuga
Tipo: corte em solo/rocha
Cota da soleira: 861,00 m
Número de comportas: n/a
Dimensões dos painéis: n/a

_____

Denny Rodrigo Kufner

Engenheiro Civil - CREA SC- n0 068997-7

CPF: 933.625.799-49

Xanxerê, Agosto de 2012.