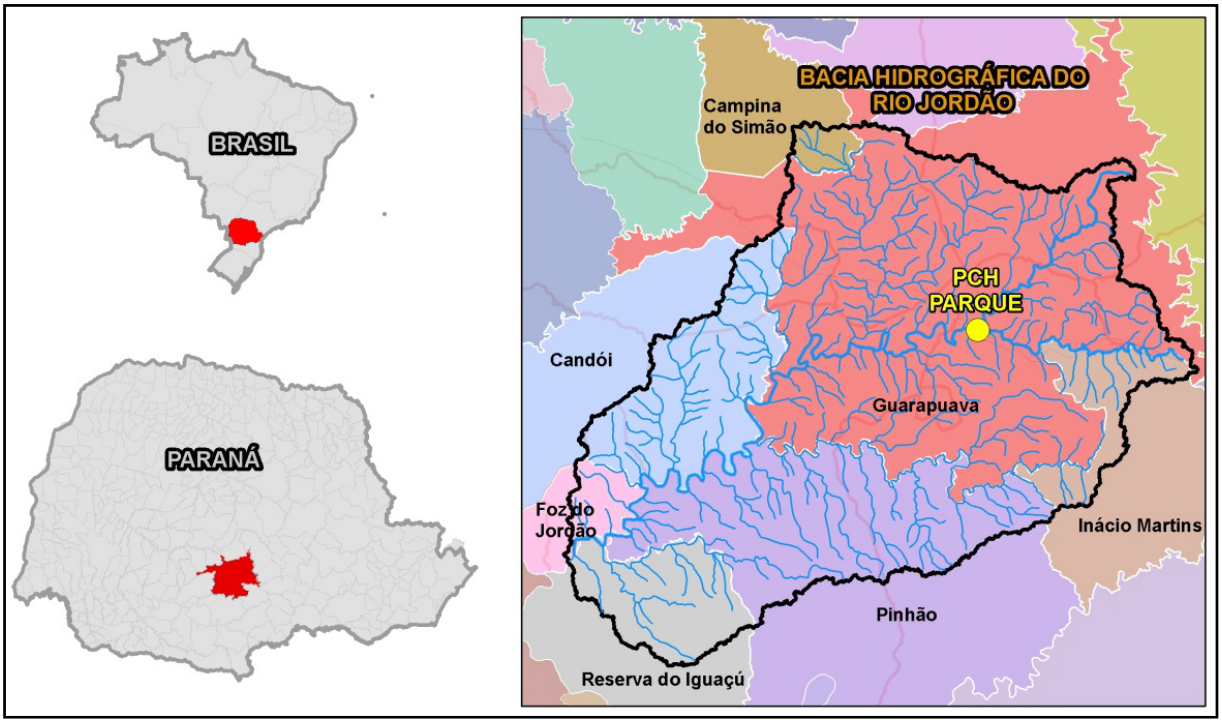
4 DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

4.1 INDICAÇÃO DO CURSO D'ÁGUA DO EMPREENDIMENTO E SUA CORRESPONDENTE BACIA HIDROGRÁFICA

O rio Jordão, sub-bacia 65, está localizado nos municípios de Pinhão, Foz do Jordão, Inácio Martins, Reserva do Iguaçu, Guarapuava, Candói e Campina do Simão, todos no estado do Paraná. O rio é formado pela confluência do rio das Pedras e do rio Bananas, os dois principais cursos d'água da bacia hidrográfica, a qual possui aproximadamente 4.670,5 km² de área total de drenagem. Seu curso d'água desenvolve-se no sentido nordeste – sudoeste e deságua no rio Iguaçu, um dos principais cursos d'água do estado do Paraná.

A localização da PCH Parque em relação à bacia do rio Jordão pode ser visualizada na Figura 4-13. Esta imagem também mostra a delimitação da bacia hidrográfica do rio Jordão.

Figura 4-13: Localização da bacia do rio Jordão e da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Na Tabela 4-2 é apresentada a descrição do empreendimento, sendo que o detalhamento de cada informação será dissertado ao longo deste capítulo.

Tabela 4-2: Descrição da PCH Parque.

GEOGRAFIA DO EMPREENDIMENTO			
Rio Aproveitado:	Rio Jordão (Sub-bacia 65)	Latitude:	25º 26' 24,98" S
Bacia Hidrográfica:	Rio Paraná (Bacia 6)	Longitude:	51º 27' 18,24" W
Município:	Guarapuava – PR	Área Total da Bacia:	4.670,5 km²
		Área Drenada na PCH Parque:	724,67 km²
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
NA da Crista do Vertedouro:	951,77 m	**ÁREA INUNDADA**	
Queda Bruta Máxima:	14,23 m	NA Max. Normal (951,77 m):	0,00 ha
NA de Jusante:	937,54 m	NA Mín. Normal (951,30 m):	0,00 ha
SISTEMA ADUTOR 1 – CANAL			
Adutor:	Canal	Comprimento:	299 m
Largura:	7,0 m	Material Construtivo:	PEAD e Rocha
SISTEMA ADUTOR 2 – CONDUTO FORÇADO (DUAS UNIDADES)			
Adutor:	Conduto	Comprimento unitário:	34,71 m
Diâmetro unitário:	2,71 m	Material Construtivo:	Aço carbono
SOLEIRA			
Estrutura Principal:	Concreto	Altura:	1,38 m
Comprimento Total da Crista:	105,90 m	Cota da Crista:	951,77 m
VERTEDOURO (INCORPORADO À SOLEIRA)			
Tipo:	Soleira Livre	Cota da Soleira:	951,77 m
Capacidade:	873,00 m³/s	Comprimento Total:	105,90 m
CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS			
Potência Unitária Nominal:	3.000 kW	Potência de Referência:	3,00 MW
Energia Média:	1.870 kWmed	Total de Unidades:	02
Tensão da LT:	34,5 kV	Tipo de Turbo-Gerador:	Kaplan Horizontal tipo “S”
CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS			
Vazão Média de Longo Termo:	21,5 m³/s	Mínima Média Mensal:	1,9 m³/s
Vazão Garantida (95%):	4,80 m³/s	Vazão Ecológica (50% $Q_{7,10}$):	0,71 m³/s
ASPECTOS SOCIAIS			
Propriedades Atingidas pelo reservatório:	-	Núcleos Urbanos:	Vila Jordão
Localização:	Área urbana	Unidades de Conservação:	Nenhuma
Re-locação de Estradas:	Não haverá	Áreas Tradicionais:	Nenhum

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.2 RESUMO DOS RESULTADOS DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS E VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Os estudos hidrológicos e energéticos efetuados para a PCH Parque foram elaborados com base nos dados hidrológicos disponíveis nas estações fluviométricas Ponte Pinhão e ETA – Guarapuava.

O resumo dos dados hidrológicos do projeto é mostrado na Tabela 4-3. O detalhamento do estudo hidrológico está contido no Capítulo 06 – Diagnóstico Ambiental, do presente Relatório.

Tabela 4-3: Vazões de Projeto para PCH Parque.

VAZÃO	VALOR	OBSERVAÇÕES
Média de Longo Termo	21,5 m³/s	-
Desvio Padrão da Vazão Média Diária	26,9 m³/s	-
Desvio Padrão da Vazão Média Mensal	17,1 m³/s	-
Mínima Média Mensal	1,9 m³/s	Novembro/1988
Máxima Média Mensal	119,9 m³/s	Julho / 1983
$Q_{95\%}$	3,7 m³/s	Curva de permanência diária
$Q_{95\%}$	4,8 m³/s	Curva de permanência mensal
$Q_{7,10}$	1,43 m³/s	Distribuição de Weibull
Vazão Ecológica (50% de $Q_{7,10}$)	0,71 m³/s	Conforme Norma de Outorga NO-003_RAH do Instituto das Águas do Paraná
Vazão Máxima Instantânea (TR = 10 anos) **obras galgáveis*	414,3 m³/s	Distribuição de Gumbel majorada pelo método de Fuller
Vazão Máxima Instantânea (TR = 25 anos) **obras não galgáveis*	507,7 m³/s	Distribuição de Gumbel majorada pelo método de Fuller
Vazão Máxima Instantânea (TR = 1.000 anos)	873,0 m³/s	Distribuição de Gumbel majorada pelo método de Fuller
Vazão Máxima Instantânea (TR = 10.000 anos)	1.099,8 m³/s	Distribuição de Gumbel majorada pelo método de Fuller
Vazão Específica	29,7 l/s.km²	Média de longo termo

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.3 ESTUDO DE LOCAÇÃO DO BARRAMENTO E DEFINIÇÃO DAS COTAS

Na área de implantação da PCH Parque já existe uma soleira vertente, construída em concreto, com crista na cota 951,77 metros. Este barramento foi construído várias décadas atrás e é formador de um reservatório que deste então se encontra em operação.

O aproveitamento será implantado em área urbana, onde existe algum fluxo de pessoas e veículos, sendo que no local existem equipamentos urbanos como pontes e um parque municipal. No local também existe uma fábrica de pasta mecânica, com algumas estruturas similares às de hidrelétricas. Esta fábrica será desativada para dar lugar à PCH Parque.

Os próximos itens explicarão detalhadamente a situação atual da região de implantação da PCH Parque, visando fornecer subsídios para a definição do melhor eixo e das cotas mais adequadas para implantação do aproveitamento.

4.3.1 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE NO SÍTIO DE IMPLANTAÇÃO DA PCH PARQUE

4.3.1.1 VILA JORDÃO

O aproveitamento está situado em área urbana do município de Guarapuava, sendo que próximo ao local existe um bairro denominado Vila Jordão. Esta vila é constituída por algumas edificações residenciais e comerciais, conforme ilustrado na Figura 4-14.

Figura 4-14: Entorno do sítio de implantação da PCH Parque.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Como se pode notar na Figura 4-14, qualquer alternação do nível de água normal do reservatório existente provocaria interferências na comunidade local. Desta forma, optou-se por manter os níveis de montante do reservatório existente.

4.3.1.2 PARQUE RECREATIVO JORDÃO

A PCH Parque estará localizada junto ao Parque Recreativo Jordão, que é um equipamento urbano administrado pela Prefeitura Municipal de Guarapuava (ver Figura 4-15 e Figura 4-16).

O parque está localizado na margem esquerda do rio Jordão e é freqüentado pela população de Guarapuava e região, principalmente nos finais de semana.

Figura 4-15: Parque Recreativo Jordão, localizado à margem esquerda do rio Jordão.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Figura 4-16: Detalhe do Parque Recreativo Jordão, localizado à margem esquerda do rio Jordão.

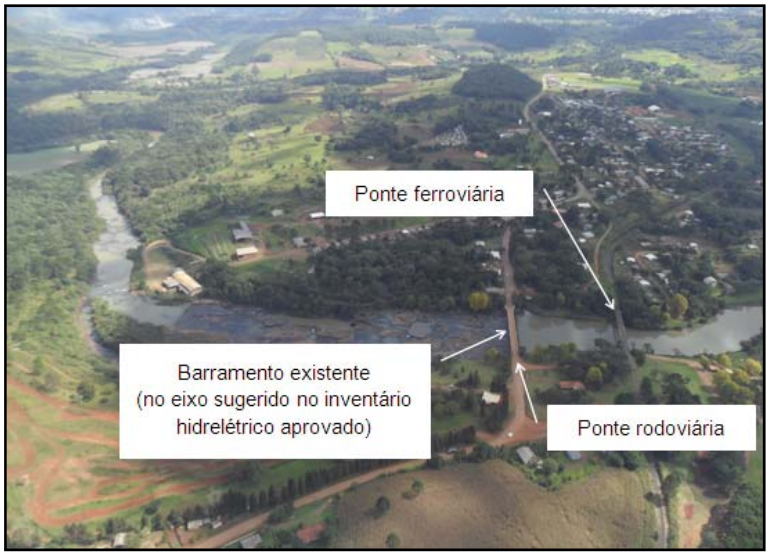
Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A existência deste parque enfatiza novamente a necessidade de manutenção dos níveis de montante atuais, além da necessidade da implantação do aproveitamento com o mínimo de interferências nas margens do rio Jordão.

4.3.1.3 PONTES EXISTENTES

Logo à montante do eixo do barramento sugerido no inventário aprovado, o rio Jordão é atravessado por uma ponte ferroviária. No local existe também uma ponte rodoviária, situada imediatamente à jusante do barramento (ver Figura 4-17 e Figura 4-18).

Figura 4-17: Pontes existentes no local.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Figura 4-18: Detalhe das pontes existentes no local.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Para minimizar os custos de relocação de interferências é importante a manutenção destas pontes nos locais atuais.

4.3.1.4 FÁBRICA DE PASTA BOESEL

No local onde está prevista a implantação da PCH Parque existe um aproveitamento pertencente a uma fábrica de pasta mecânica denominada Boesel, que aproveita parcialmente o potencial hidroenergético do rio Jordão.

A fábrica possui um barramento para represar a água, exatamente no eixo proposto no inventário hidrelétrico aprovado. Na margem direita do rio Jordão, existe uma tomada d'água, seguida pelo canal adutor, câmara de carga e dois condutos forçados, os quais conduzem a água às duas turbinas hidráulicas que movimentam dois desfibradores (ver Figura 4-19).

Figura 4-19: Fábrica de pasta mecânica existente no local de implantação da PCH Parque.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

O barramento existente foi construído em concreto com contrafortes e soleira vertente, com altura aproximada de 1,50 metros. A Figura 4-20 apresenta a fotografia registrada dessa estrutura.

Figura 4-20: Barragem existente no local de implantação da PCH Parque.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.3.2 DEFINIÇÃO DO EIXO E DA COTA DA BARRAGEM

O eixo escolhido para implantação do barramento é o próprio eixo do barramento existente, e a cota de montante escolhida é justamente a cota do reservatório existente. São fatores que subsidiam estas escolhas:

1) Este eixo possibilita um circuito hidráulico de pequena extensão, aliado ao aproveitamento integral da queda natural existente no local, pois se localiza imediatamente a montante das corredeiras existentes (ver Figura 4-21);

Figura 4-21: Trecho de quedas e corredeiras.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

2) Os levantamentos topográficos e geológicos indicaram que o local fica sobre um platô de rocha basáltica de boa qualidade (ver Figura 4-22);

Figura 4-22: Trecho de quedas e corredeiras.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

3) Já existe um barramento construído neste local, desta forma, não haverá maiores interferências na Vila Jordão e no Parque Municipal;

4) Não será necessária a relocação das duas pontes;

5) O ecossistema aquático não será afetado, visto que o reservatório existente há várias décadas não será modificado.

4.3.3 RESUMO DOS ESTUDOS ENERGÉTICOS

Em aproveitamentos hidrelétricos similares à PCH Parque dificilmente a energia média gerada pela usina corresponde à sua potência instalada. Isso acontece, principalmente, devido às variações hidrológicas da bacia hidrográfica na qual os empreendimentos se inserem. Por recomendação da ELETROBRAS, o correto dimensionamento de um aproveitamento hidrelétrico deve ser feito para um fator de capacidade de referência de no mínimo 55%. Isso indica que, no caso da PCH Parque, a energia média por hora gerada pela usina deverá ser no mínimo 55% da potência instalada de 3 MW.

Após definidas as cotas, com o valor de montante fixado em 951,77 e o de jusante igual a 937,54 m, faz necessária a avaliação energética para a esta configuração. A Tabela 4-4 mostra os dados de entrada do modelo energético utilizado.

Tabela 4-4: Dados do estudo energético para NA_m = 951,77 m e NA_j = 937,54 metros.

DADOS DO ESTUDO ENERGÉTICO	
Estrutura de Desvio	Soleira vertente
Cota de Fundo do Rio no Local da Estrutura de Desvio	949,30 m
Altura Adotada para a Estrutura de Desvio	1,38 m
Reservatório (Já Existente)	0,17 km²
Nível de Água Normal de Montante	951,77 m
Nível de Água Mínimo de Montante	951,30 m
Nível de Água Médio	951,77 m
Nível de Água Normal de Jusante	937,54 m
Queda Bruta Hb (m)	14,23 m
Perda Hidráulica no Circuito Adutor (%Hb)	1,77%
Queda Líquida Hl (m)	13,98 m
Rendimento Médio do Conjunto Turbina/Gerador	90,84%

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Iniciando a análise pela Tabela 4-5, a qual mostra os diversos valores de vazão turbinada, energia média gerada e fator de capacidade para cada potência instalada, é possível observar que para a potência instalada de 3 MW, a vazão a ser desviada do rio Jordão quando a usina estiver gerando em plena capacidade é de

24,10 m³/s e a energia média gerada será de 1,87 MWméd, fornecendo um fator de capacidade igual a 0,623.

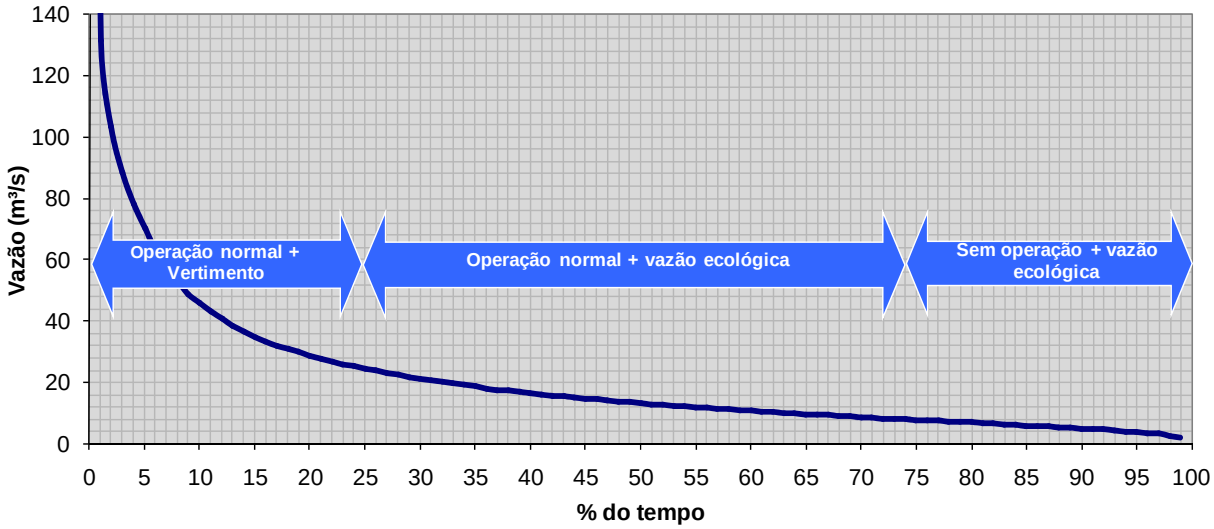
Tabela 4-5: Resultados do estudo energético para NA_m = 951,77 m e NA_j = 937,54 metros.

POTÊNCIA INSTALADA (MW)	VAZÃO TURBINADA (m³/s)	GARANTIA FÍSICA (MWm)	FATOR DE CAPACIDADE
1,0	7,92	0,89	0,89
1,4	11,12	1,18	0,84
1,8	14,32	1,41	0,78
2,2	17,52	1,60	0,73
2,6	20,72	1,75	0,68
3,0	**24,10**	**1,87**	**0,62**
3,4	27,30	1,96	0,58
3,8	30,60	2,03	0,53
4,2	33,80	2,06	0,49
4,6	37,10	2,08	0,45
5,0	40,35	2,09	0,42

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Avaliando as vazões médias mensais no ponto onde será instalada a PCH Parque, com os dados fluviométricos de 1975 a 2011, é possível perceber que em aproximadamente 25% do tempo o valor médio de vazão igual a 24,10 m³/s é igualado ou superado (ver Figura 4-23). Essa porcentagem pode ser considerada ótima, indicando que a instalação de 3 MW ocasionará um excelente aproveitamento do potencial energético do curso d'água. Além disso, o fator de capacidade do empreendimento (f = 0,62) com essa configuração seria melhor do que o recomendado pela ELETROBRAS, que é de 0,55.

Figura 4-23: Curva de operação da PCH Parque com as vazões de permanência mensal.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

No que diz respeito à viabilidade econômica, o valor de 24,10 m³/s para a vazão turbinada é aceitável. O porte das estruturas hidráulicas para essa vazão é compatível com os aspectos técnicos e econômicos que balizam os estudos de viabilidade.

Para essa alternativa escolhida (NA_m = 951,77 m e NA_j = 937,54 m), sob o ponto de vista ambiental, não haverá alagamento das margens do rio Jordão em relação à configuração ambiental atual do local, visto que o barramento já existente no local opera com as mesmas cotas de jusante e montante. Esse fator é bastante importante, pois garante que os impactos ambientais causados pela instalação da PCH Parque sejam mínimos.

A vazão mínima necessária para a operação da PCH Parque é da ordem de 7,2 m³/s, isto porque abaixo deste valor a operação do empreendimento é inviável devido às características técnicas da turbina. Esta característica técnica é inerente à praticamente todas as turbinas hidráulicas, pois abaixo de 30% da vazão de projeto ocorre o fenômeno da cavitação[1].

[1] A cavitação é um fenômeno originado em quedas repentinas de pressão, geralmente observado em sistemas hidráulicos. A combinação entre a pressão, temperatura e velocidade resulta na liberação de ondas de choque e micro-jatos altamente energéticos, causando a aparição de altas tensões mecânicas e elevação da temperatura, provocando danos na superfície atingida.

Com relação à vazão ecológica, que para o aproveitamento em questão é de 0,71 m³/s, esta será vertida através de orifício devidamente dimensionado e localizado na porção central da soleira vertente, próximo ao centro do leito do rio.

Sob o ponto de vista operacional, com a vazão turbinada de 24,10 m³/s, o empreendimento irá gerar energia em grande parte do tempo, configurando um empreendimento bastante robusto e que também gera energia em épocas de seca, onde a demanda por termoelétricas sobe expressivamente.

4.4 ALTERNATIVAS DE ARRANJO

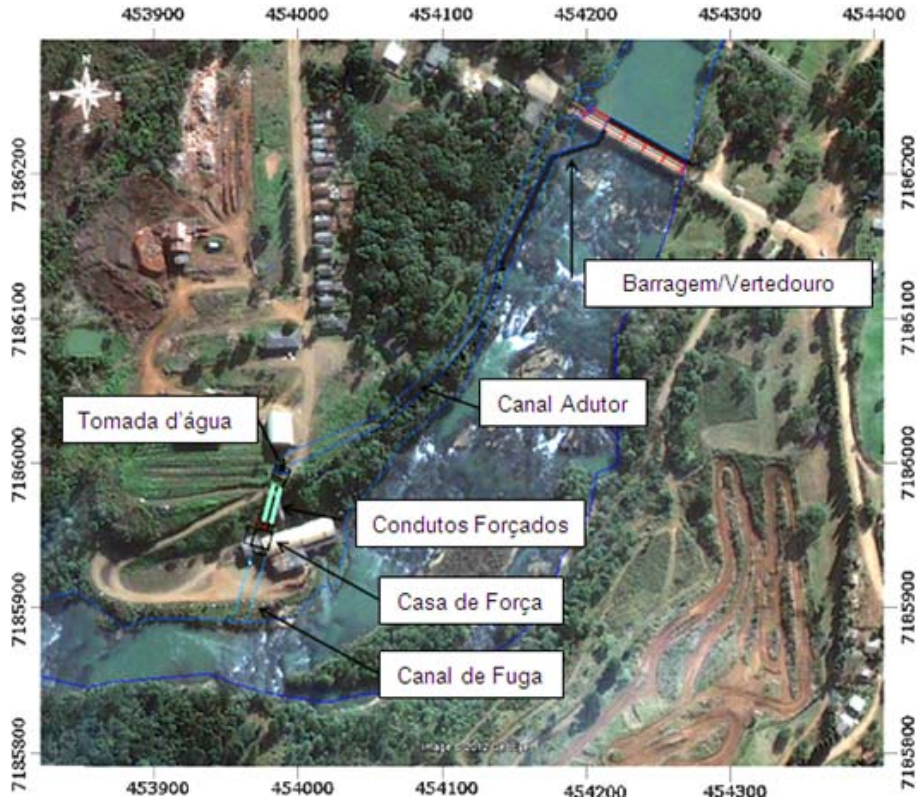
Conforme justificado anteriormente, o nível da água de montante selecionado para a PCH Parque é o NA_m 951,77 m e o nível da água de jusante é o NA_j 937,54 metros.

Considerando o trecho compreendido entre estes níveis da água, são possíveis diversas configurações de uso, isto é, existem diversas alternativas de arranjo para o aproveitamento hidroenergético desta queda.

Estes arranjos podem ter circuitos adutores por qualquer uma das margens, canais ou túneis, barragens ou soleiras, barragens em solo ou barragens em concreto, soleiras em concreto ou em madeira, enfim são possíveis “n” configurações para um mesmo empreendimento hidrelétrico.

Para a seleção do arranjo final da PCH Parque foram estudadas diversas configurações que objetivaram avaliar e identificar a solução que conjugasse viabilidade econômica com o mínimo possível de impactos ambientais. De todas as alternativas estudadas, o arranjo ilustrado na Figura 4-24 se mostrou a configuração mais viável do ponto de vista econômico e ambiental.

Figura 4-24: Estruturas hidráulicas do arranjo definitivo selecionado para a PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

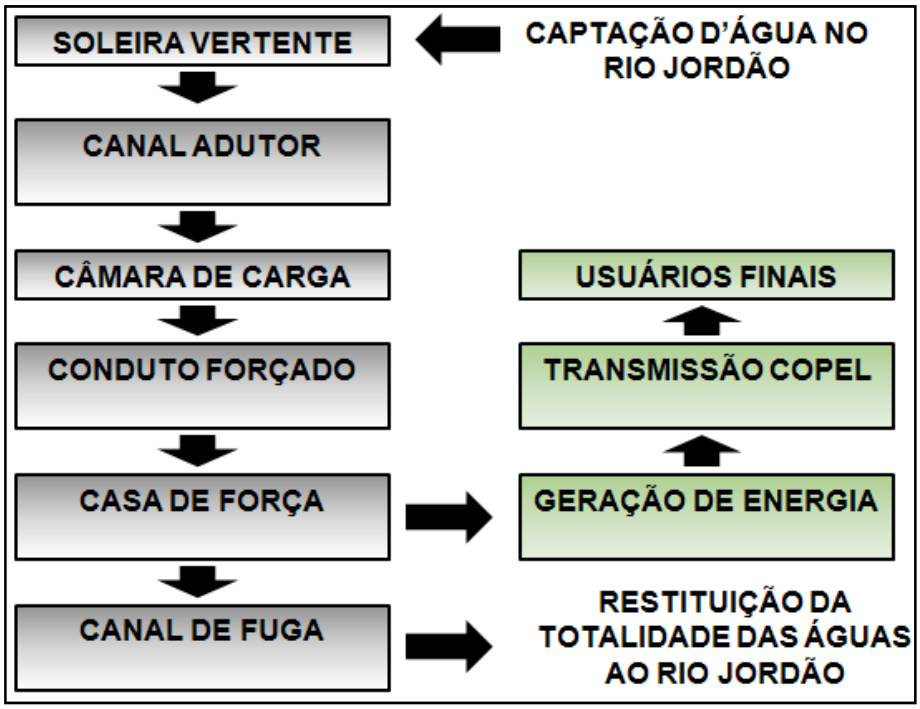
4.4.1 MEMORIAL DESCRITIVO DO EMPREENDIMENTO

O arranjo final selecionado para a PCH Parque tem como estruturas principais:

- Barragem de concreto a gravidade;
- Vertedouro do tipo soleira livre (incorporado na barragem);
- Canal adutor (margem direita do rio);
- Câmara de carga (margem direita do rio);
- Condutos forçados (margem direita do rio);
- Casa de força (margem direita do rio);
- Canal de fuga (margem direita do rio).

O fluxograma de operação é mostrado na Figura 4-25 e os detalhes de cada estrutura são mostrados nos subitens a seguir. O arranjo final da PCH Parque pode ser visualizado no mapa *PCH-PAR-RAS-06*, do Volume II do presente Relatório Ambiental Simplificado.

Figura 4-25: Fluxograma de Operação da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.4.1.1 BARRAMENTO (SOLEIRA VERTENTE)

A barragem proposta para a PCH Parque consiste em aproveitar o barramento existente (ver Figura 4-26), adaptando sua forma para uma barragem em concreto à gravidade, com soleira vertente.

Figura 4-26: Estrutura existente no local do barramento/vertedouro da PCH Parque.
(detalhe para o vão entre os pilares da ponte)

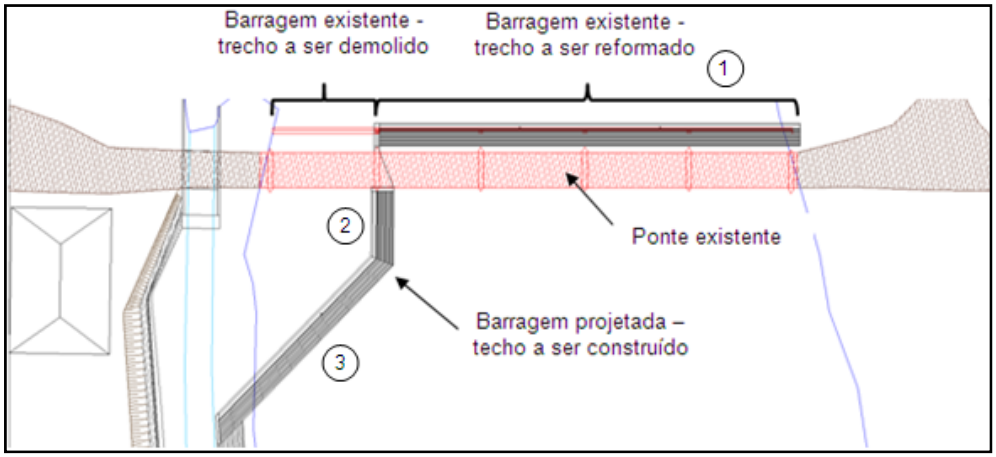
Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A estrutura existente será utilizada como forma de preenchimento da barragem. Os esforços externos serão contrabalanceados exclusivamente por efeito do seu próprio peso. Este trecho da barragem é considerado o principal.

Além do trecho principal, que fará uso das estruturas da barragem existente no local, serão construídos dois pequenos trechos não perpendiculares ao rio, visando adequar o arranjo para o bom desempenho do circuito hidráulico de adução.

A Figura 4-27 ilustra de forma esquemática o arranjo proposto para o barramento da PCH Parque.

Figura 4-27: Arranjo do barramento da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A Tabela 4-6 apresenta a descrição dos trechos do barramento previstos para a PCH Parque.

Tabela 4-6: Trechos da barragem da PCH Parque.

TRECHO	CARACTERÍSTICA	LOCAÇÃO	EXTENSÃO
1	Reforma do barramento existente	Perpendicular ao fluxo	62,50 m
2	Construção	Paralelo ao fluxo	9,95 m
3	Construção	46º em relação ao fluxo	33,45 m

Fonte: ELETROBRAS (2000).

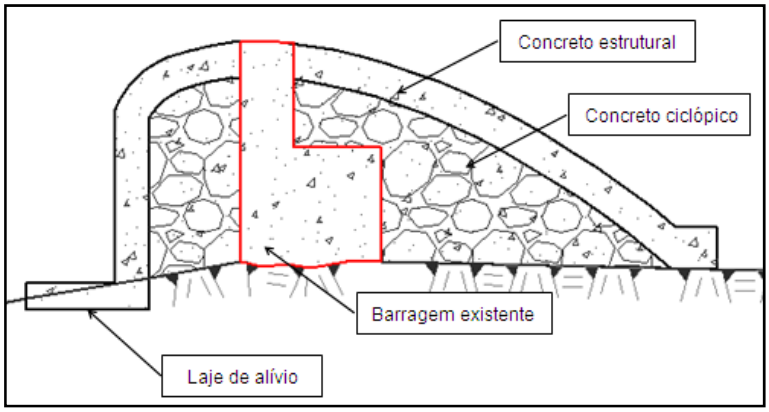
O comprimento total do barramento será de 105,90 metros, sendo que em toda sua extensão ele terá o vertedouro incorporado, do tipo soleira livre com perfil Creager. A altura máxima da barragem é de 1,38 metros. A crista da soleira foi projetada na El. 951,77 metros.

Os trechos da barragem terão o paramento de montante vertical e de jusante inclinados na razão 1,00V:0,80H. Além disso, os trechos serão escalonados em blocos com extensão máxima de 20,00 metros.

Os blocos serão construídos separadamente, sendo que foram previstas juntas de dilatação entre eles. Essas juntas de dilatação serão engastadas na rocha, seguindo pelo paramento de montante até a crista da barragem.

A Figura 4-28 apresenta o corte típico da barragem, indicando a concepção adotada para aproveitar o barramento existente, no caso do trecho principal.

Figura 4-28: Corte típico da barragem da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

O resumo das características do barramento pode ser observado na Tabela 4-7.

Tabela 4-7: Características básicas do barramento.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS – BARRAMENTO	
Tipo	A gravidade
Paramento de Montante	Vertical 90º
Paramento de Jusante	Inclinado 1,0V:0,80H
Comprimento Total	105,90 m
Cota da Crista do Barramento	951,77 m
Altura Máxima (desconsiderando a laje de alívio)	1,38 m
Altura Máxima (considerando a laje de alívio)	1,52 m

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.4.1.2 VERTEDOURO

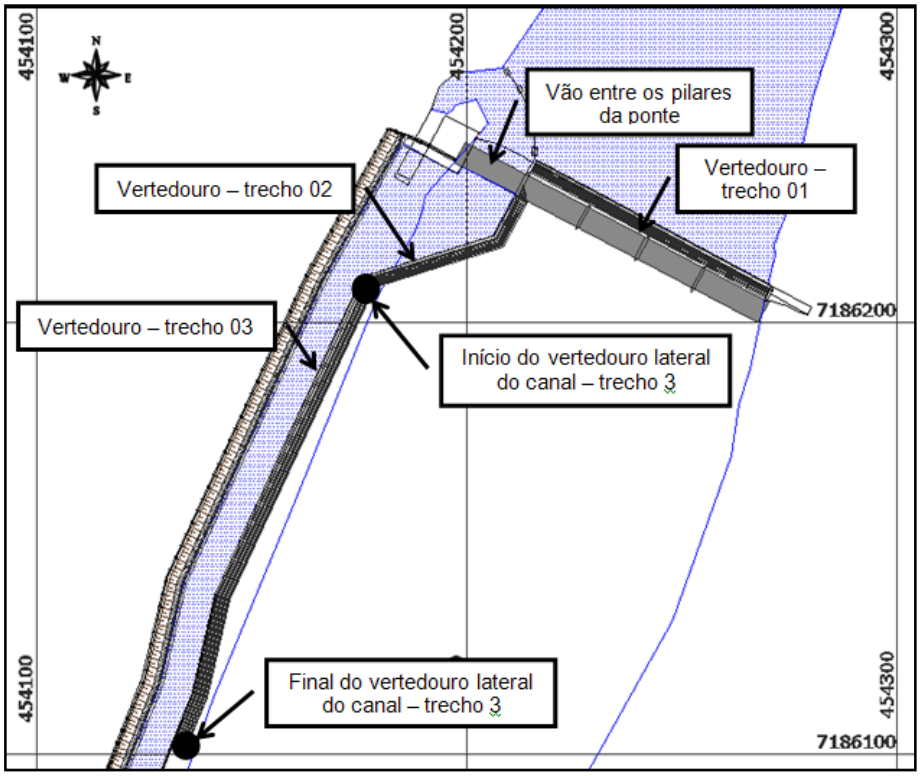
O vertedouro da PCH Parque foi dimensionado para cheia de projeto equivalente à TR 1.000 anos (873,0 m³/s), porém com capacidade de suportar vazões acima de TR 10.000 anos (1.099,8 m³/s) com total segurança.

A PCH Parque foi projetada com três estruturas de vertedouro. A primeira é um vertedouro de soleira livre com perfil Creager, incorporado ao barramento e perpendicular ao fluxo do rio, com extensão de 62,50 metros. Na mesma seção deste primeiro trecho, existe um vão entre os pilares da ponte, o qual permite o escoamento do fluxo para jusante, onde estão localizadas a segunda e a terceira estrutura.

A segunda estrutura também é incorporada ao barramento, a jusante da ponte, e possui comprimento de 43,40 metros. A terceira estrutura corresponde a um vertedouro lateral do canal de adução com comprimento de 113,50 metros.

A Figura 4-29 apresenta de forma esquemática a planta do vertedouro projetado para a PCH Parque.

Figura 4-29: Representação do vertedouro da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

O nível de água máximo estabelecido para a PCH Parque foi definido na cota 953,58 metros. A elevação do nível citado elevaria a área alagada do reservatório, causando sérios prejuízos. Para evitar a elevação, decidiu-se por estender os vertedouros até o canal de adução de modo a extravasar a parte excedente do fluxo que é direcionado à jusante da ponte.

4.4.1.3 CANAL DE ADUÇÃO

A PCH Parque terá um canal de adução de 299,00 m de comprimento, com função de direcionar o escoamento do reservatório até a câmara de carga, localizada na margem direita do rio. O canal possuirá base de 7,00 m de largura e profundidade de 4,50 m no nível normal.

No local já existe um canal em operação, sendo que as obras da PCH Parque consistirão em revitalizar a estrutura, de modo a garantir a segurança do aproveitamento. A Figura 4-30 apresenta uma fotografia deste canal.

Figura 4-30: Canal já em operação no local de implantação da PCH Parque.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Em função da topografia acidentada da margem esquerda do canal de adução, em alguns trechos serão executados muros em concreto, evitando a necessidade de grandes aterros.

Nos primeiros 113,50 m de canal será executado um vertedouro lateral escavado em rocha e preenchido em concreto com soleira no formato perfil Creager. Este vertedouro possuirá crista na cota 952,10 m e deverá auxiliar no escoamento do fluxo em caso de cheias.

Os próximos 122,00 m consistirão em um muro lateral em concreto armado com contrafortes, possuindo crista na cota 957,00 metros.

No terceiro trecho (últimos 64,50 metros) haverá somente escavação em solo e rocha, não havendo a necessidade de muros de concreto.

O dimensionamento do canal de adução foi feito considerando valores de vazão turbinada, inclinação dos taludes, velocidade, comprimento, altura da lâmina de água, largura da base e coeficiente de rugosidade. A Tabela 4-8 contém todas as características do canal de adução.

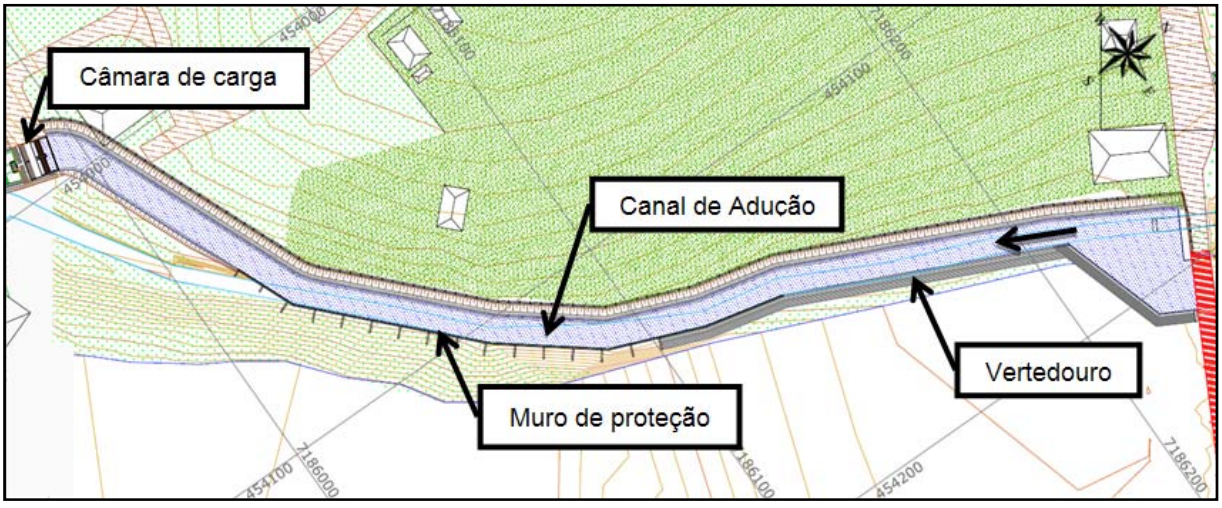
Tabela 4-8: Dados do Canal de Adução.

DADOS DO CANAL DE APROXIMAÇÃO	
Comprimento	299,00 metros
Largura da base	7,00 metros
Altura da lâmina da água	4,50 metros
Inclinação dos taludes (em rocha)	0,15 m/m
Inclinação dos taludes (em solo)	1,00 m/m
Velocidade	0,70 m/s

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A Figura 4-31 mostra o projeto do canal de adução em planta, sendo que seu detalhamento pode ser visualizado no desenho PCH-PAR-RAS-06 do Volume II do presente Relatório Ambiental Simplificado.

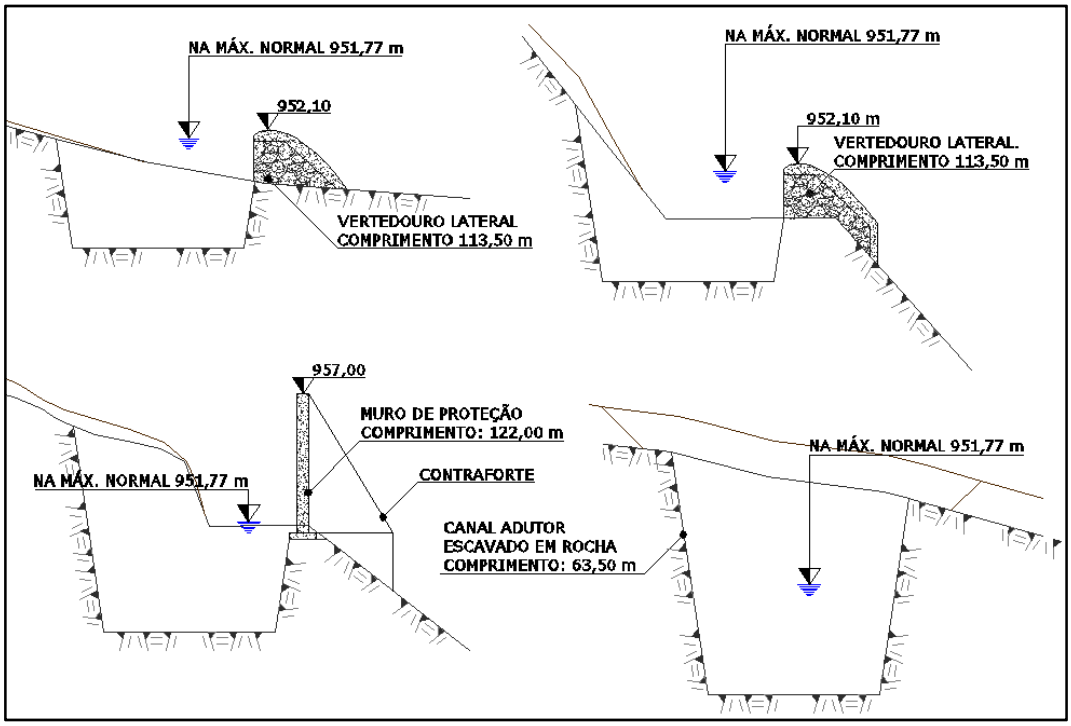
Figura 4-31: Planta do Canal de Adução.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A Figura 4-32 apresenta de forma esquemática os cortes típicos dos diversos trechos do canal de adução da PCH Parque.

Figura 4-32: Cortes típicos do Canal de Adução.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Com o propósito de proteger e garantir a segurança de pessoas e da fauna existente no local será construído uma cerca de proteção em ambas às margens do canal de adução.

A cerca será composta de tela alambrado com malha retangular de 7,5 cm de abertura, em arame galvanizado de alta qualidade com galvanização pesada para garantir uma vida longa à cerca.

Para fixação da cerca serão utilizados postes de concreto, com curva de 45°, altura de 3,00 m e seção de 12 x 12 cm, com espaçamento de 8,00 m entre os mesmos.

4.4.1.4 CÂMARA DE CARGA

A câmara de carga foi projetada na margem direita do rio Jordão, ao final do canal de adução. Essa estrutura visa disciplinar a entrada do fluxo de água no conduto forçado, além de impedir a entrada de corpos flutuantes e realizar a transição entre o escoamento de baixa pressão e o escoamento de alta pressão.

Basicamente a câmara de carga da PCH-PAR é uma estrutura análoga a uma caixa d'água, porém mais robusta. A estrutura terá o comprimento de 11,29 metros, largura na base de 10,40 m e altura de 13,10 metros. As características básicas são apresentadas na Tabela 4-9.

Tabela 4-9: Características básicas da câmara de carga.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS – CÂMARA DE CARGA	
Vazão Nominal Turbinada Máxima	24,10 m^3/s
Nível de Água Normal a Montante	951,77 m
Submergência (Adotada)	4,00 m
Dimensões das Comportas	3,50 x 3,50 m
Velocidade nas Comportas	0,98 m/s
Dimensões da Grade	4,40 x 5,60 m
Velocidade na Grade	0,53 m/s
Nível do Fundo da Câmara de Carga	944,20 m

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A Figura 4-33 mostra a integração entre a câmara de carga e o conduto forçado de uma CGH edificada no lajeado Passo dos Índios (SC).

Figura 4-33: Câmara de Carga e Conduto Forçado, edificados na CGH Aurora (SC).

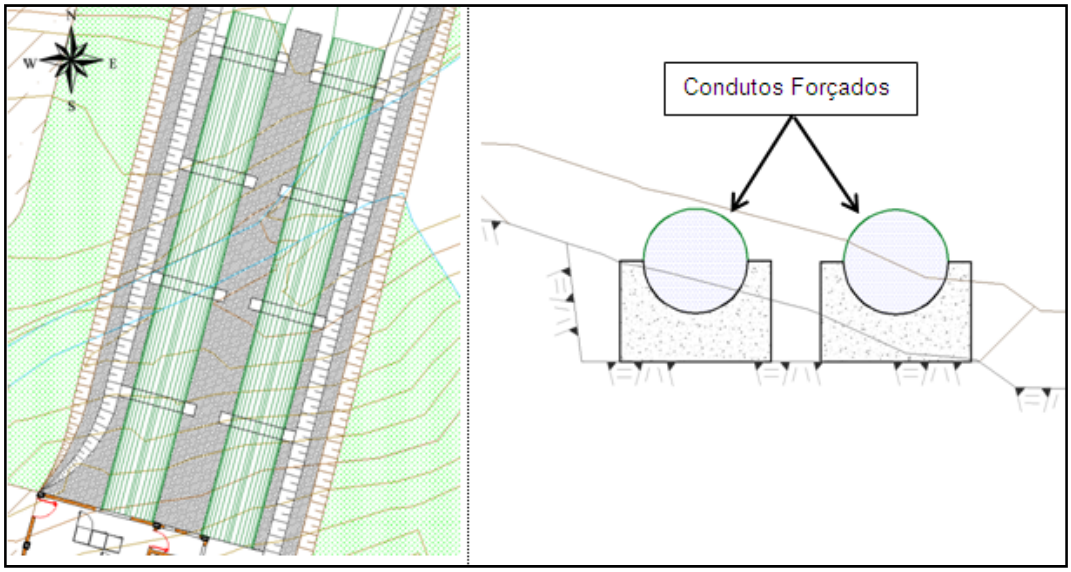
Fonte: COMAX (2009).

4.4.1.5 CONDUTOS FORÇADOS

O conduto forçado ou conduto adutor é uma estrutura que tem como finalidade pressurizar a água para que ela possa mover a turbina hidráulica.

Na PCH Parque, serão construídos dois condutos forçados paralelos, que se iniciam nas transições metálicas envelopadas com concreto estrutural e ancoradas na rocha pela estrutura da câmara de carga. Estas transições terão seção inicial quadrada de 3,50 x 3,50 m passando para a seção circular com diâmetro de 2,71 m dos condutos forçados. Os condutos terminam nas unidades geradoras.

Figura 4-34: Planta e corte dos condutos forçados da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

O Conduto Forçado foi considerado em aço tipo ASTM A-36, soldado e com juntas construtivas nos blocos de ancoragem. A espessura das chapas foi calculada conforme a NB-1380 que trata do dimensionamento de condutos forçados para Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). O dimensionamento das chapas resultou em espessura de 8,00 milímetros.

O conduto será fixado através de blocos de ancoragem, a fim de absorver os esforços provenientes das cargas geradas pelas mudanças de direção horizontal e/ou vertical, bem como dos esforços de dilatação oriundos da variação térmica. No trecho entre blocos de ancoragem o conduto será apoiado por berços de apoio, entre a interface de concreto e o conduto forçado, será disposto papelão grafitado, a fim de minimizar o atrito entre as faces.

A Tabela 4-10 resume as principais características obtidas no dimensionamento dos condutos forçados da PCH Parque.

Tabela 4-10: Condutos Forçados – PCH Parque.

CARACTERÍSTICAS – CONDUTO FORÇADO	
Número de Condutos	2
Diâmetro Interno Unitário	2,71 m
Comprimento Unitário	34,75 m
Vazão Nominal por Conduto	12,05 m³/s
Inclinação Máxima do Conduto com a Horizontal	15° graus
Peso Estimado	38,24 t

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A Figura 4-35 apresenta um exemplo de conduto forçado, existente em outra Pequena Central Hidrelétrica.

Figura 4-35: Exemplo de Conduto Adutor ligado com a Casa de Força.

Fonte: CERPCH (2011).

4.4.1.6 CASA DE FORÇA

A casa de força da PCH Parque será do tipo abrigada, em concreto estrutural e situa-se na margem direita do rio Jordão, cerca de 350,00 metros do barramento.

Esta estrutura foi projetada com a finalidade de abrigar duas unidades geradoras com turbina tipo Kaplan “S”, bem como os equipamentos mecânicos,

elétricos e eletromecânicos responsáveis pelo controle e operação de toda a usina hidrelétrica, a casa de força ainda será provida de área de montagem.

O local para a construção foi selecionado baseando-se em fatores econômicos, topográficos, geológicos e de segurança, permitindo a concordância do eixo da tubulação.

As turbinas Kaplan “S” serão de eixo horizontal, rotação de 400,00 rpm, potência no eixo de 1.547 kW em cada unidade, volante de inércia, dois geradores elétricos de 400,00 rpm e potência aparente de 1.800 kW, bem como os equipamento mecânicos, elétricos e eletromecânicos responsáveis pelo controle e operação de toda a usina hidrelétrica.

As dimensões principais da casa de força foram definidas com base nas dimensões principais das turbinas, dos geradores e seus respectivos espaços necessários para montagem e manutenção. A sala de comando foi dimensionada em função dos equipamentos elétricos de controle e automação.

A Figura 4-36 ilustra a parte externa e interna de uma de Casa de Força edificada no rio do Peixe, município de Videira (SC).

Figura 4-36: Casa de Força edificada para a PCH Rio do Peixe (SC).

Vista Externa

Vista Interna

Fonte: CELESC (2009).

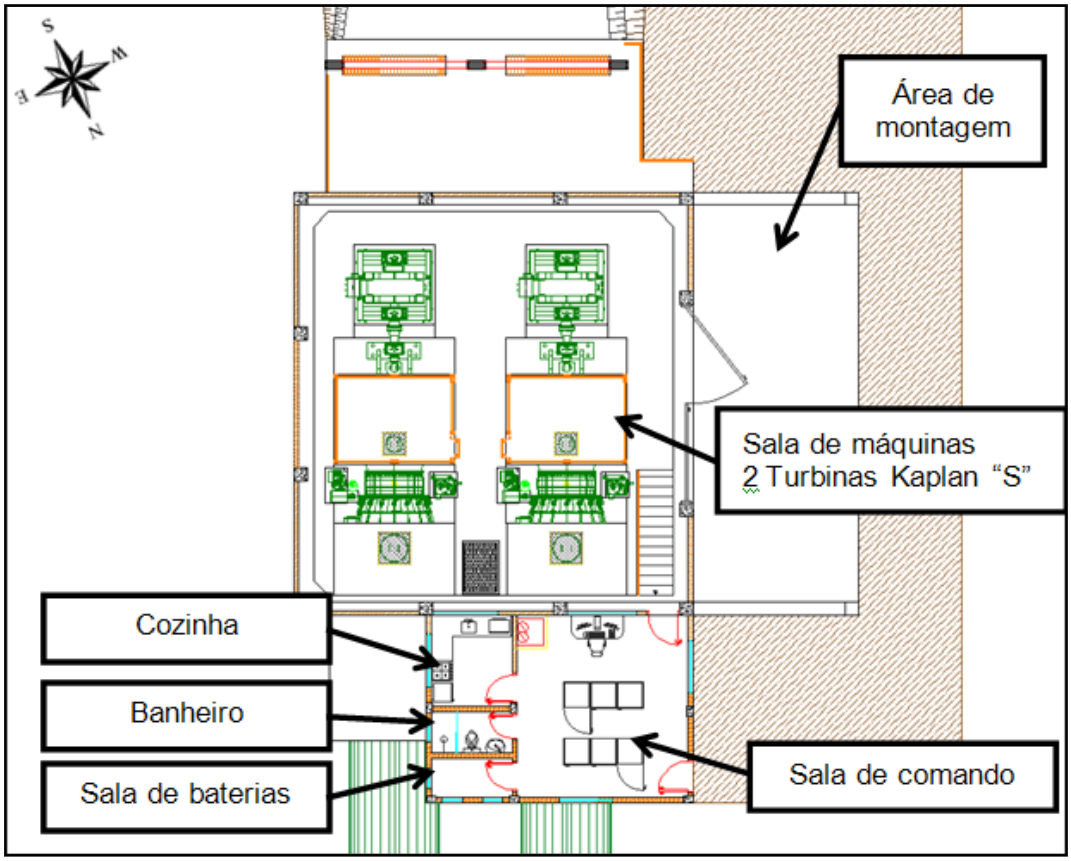
As cotas da casa de força foram definidas em relação aos níveis de água de jusante e de submergência da turbina. Adotou-se a cota de proteção da casa de

força na cota 941,50 metros, configurando um *free-board* de 1,43 m em relação ao nível do TR 1.000 anos (El. 940,07 metros).

Foram projetados os seguintes ambientes na casa de força da PCH Parque (ver Figura 4-37):

- Área de Montagem com piso na cota 942,00 m e área de 59,90 m²;
- Sala de Máquinas para abrigar duas turbinas e dois geradores, com piso na cota 936,50 m e área interna de 127,27 m²;
- Sala de comando com piso na cota 942,00 m e área interna de 28,38 m²;
- Banheiro com piso na cota 942,00 m e área interna de 3,10 m²;
- Cozinha com piso na elevação 942,00 m e área interna de 6,73 m²;
- Sala de baterias com piso na elevação 942,00 m e área interna de 2,93 m².

Figura 4-37: Casa de força – Planta.



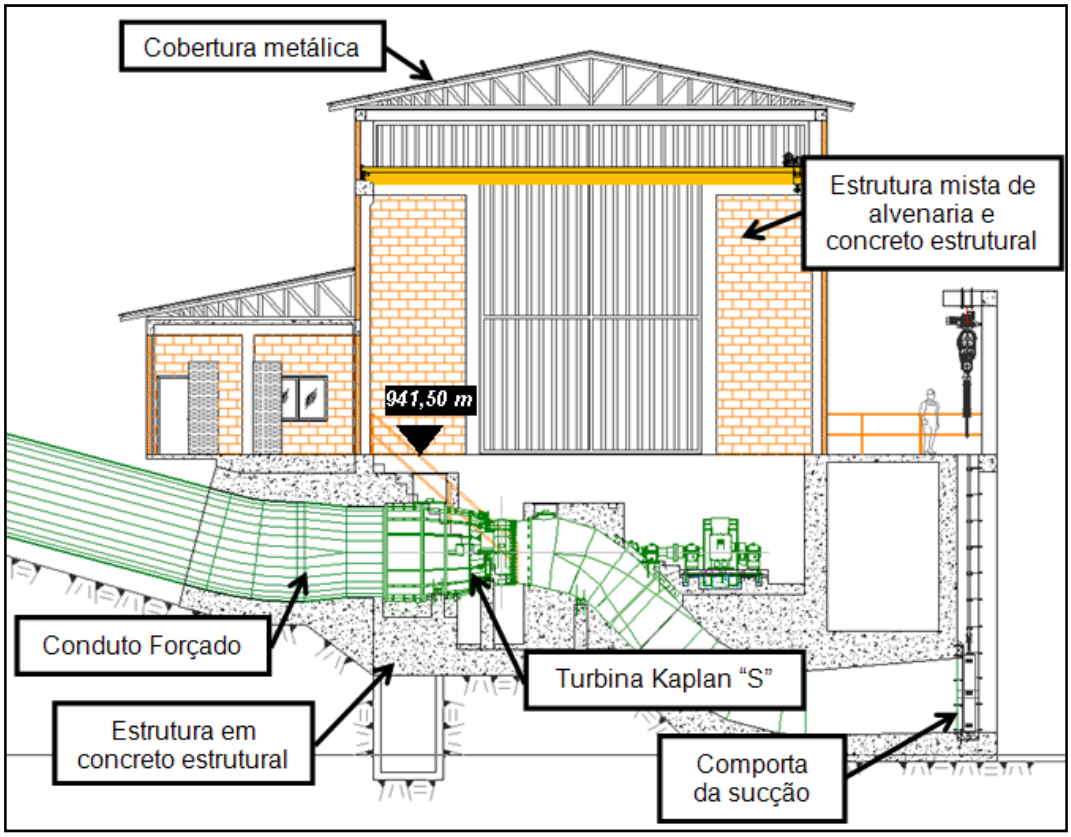
Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

A sala de máquinas será equipada com ponte rolante com capacidade de 200 kN, para as operações de montagem e manutenção dos equipamentos.

A parte da Casa de Força situada abaixo da elevação 941,50 m será totalmente construída em concreto armado, contendo os blocos para apoio das turbinas, dos geradores e tubos de sucção. Existirão galerias para a extração do ar de resfriamento dos geradores, além de um poço de drenagem para esgotamento e passagem das águas servidas através de bombeamento para fora da casa de força, passando pelos elementos filtrantes antes de retornarem ao leito do rio.

A estrutura acima da elevação 941,50 m será mista, em alvenaria de tijolos para a vedação externa e entre salas e em concreto estrutural para apoio de elementos e trânsito da ponte rolante, conforme Figura 4-38.

Figura 4-38: Casa de Força – Corte.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

O sistema de ventilação da casa de força foi projetado para trabalhar em convecção forçada, de maneira que o ar deverá circular através de quatro exaustores posicionados acima da elevação 941,50 m e por aberturas localizadas na sala de máquinas.

No piso da sala de máquinas haverá canaletas rebaixadas para o posicionamento dos cabos elétricos e tubulações hidráulicas pertinentes ao funcionamento de todo o conjunto eletromecânico.

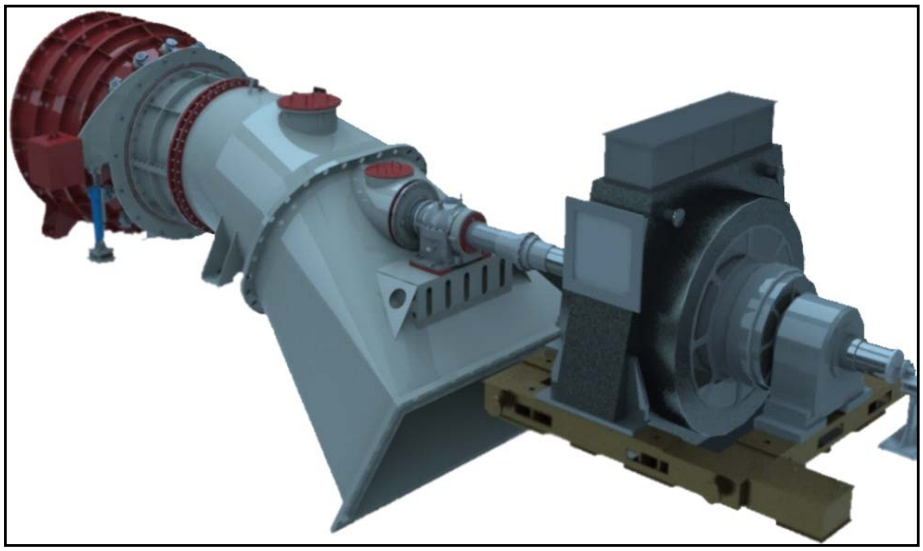
A cobertura foi projetada com telhas metálicas, autoportantes, galvanizadas e apoiadas sobre estruturas metálicas.

Com relação aos equipamentos que serão utilizados na Casa de Força da PCH Parque, foram especificadas duas turbinas do tipo "Kaplan", com rendimento de 91,15%, e gerador horizontal com rendimento de 97%.

A turbina Kaplan é adequada para operar com baixas quedas e baixas vazões, o que é adequado ao caso do empreendimento em questão. A boa faixa de operação deste tipo de turbina ocorre devido a um *servomotor* montado dentro do cubo do rotor da turbina. Este *servomotor* varia o ângulo das pás da turbina de acordo com a vazão turbinada e por isso maximiza o rendimento operacional.

A Figura 4-39 mostra a turbina Kaplan e o gerador horizontal que serão utilizados na Casa de Força da PCH-PAR.

Figura 4-39: Tipologia de Turbina Kaplan e Gerador Horizontal a ser instalado na PCH-PAR.



Fonte: Hacker (2010).

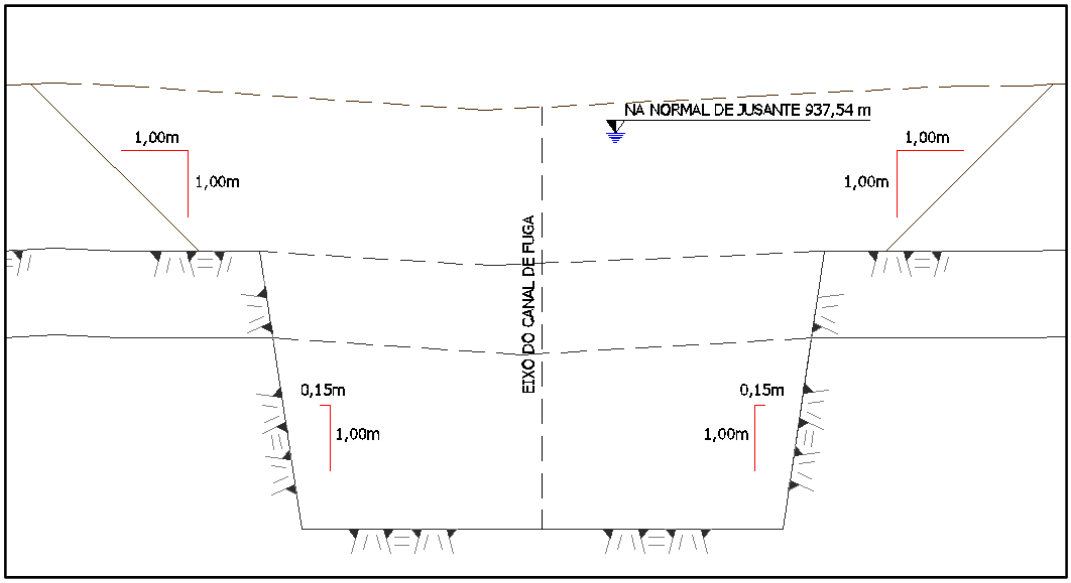
Com relação aos sistemas de transmissão, proteção e comunicação da PCH-PAR, foram especificados os padrões recomendados pela COPEL, que garantem a confiabilidade e robustez na operação.

4.4.1.7 CANAL DE FUGA

O canal de fuga terá o seu início sob a casa de máquinas e terá a função de escoar a água turbinada e restituí-la integralmente ao rio. O mesmo será escavado em solo e parte em rocha, com um comprimento total de 46,85 metros, restituindo as águas ao curso natural do rio Jordão.

O canal terá seção transversal trapezoidal e seção livre de escoamento com dimensão variável (ver Figura 4-40). O nível d'água na seção do encontro do canal com o curso d'água se encontra na cota 937,54 metros, podendo chegar à cota máxima de 940,07 m no caso de uma enchente correspondente ao tempo de retorno de 1.000 anos.

Figura 4-40: Canal de Fuga – Corte.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Na Figura 4-41 é possível observar exemplo de um canal de fuga que foi construído para a Usina Hidrelétrica de Itatinga localizada na Serra do Mar, no rio Itatinga, estado de São Paulo.

Figura 4-41: Canal de fuga da Usina Itatinga (SP).

Fonte: Salgado (2008).

4.4.1.8 LINHA DE TRANSMISSÃO E LOCALIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO MAIS PRÓXIMA, NÍVEL DE TENSÃO DE ACESSO E REDE PARA ACESSO

Para a interligação da PCH Parque, foram pesquisadas nas proximidades do empreendimento quais subestações existentes ou previstas poderiam absorver a produção energética prevista para a usina. O objetivo seria obter o mínimo custo global de acesso ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

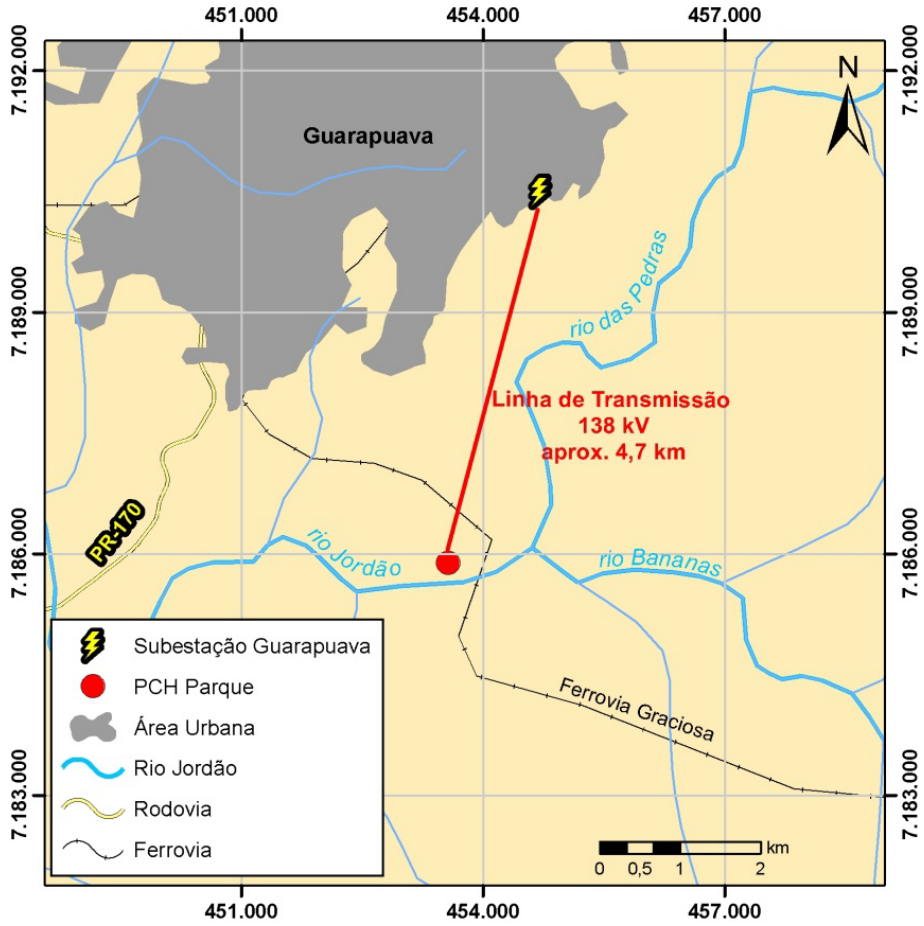
A PCH Parque situa-se próxima a subestação SE Guarapuava, a uma distância aproximada de 4,3 km. Esta subestação é atendida nas tensões de 13,8 kV, 34,5 kV, 69 kV e 138 kV.

Após consulta a COPEL, respondida através do documento IAC 80/2012 de 1º de novembro de 2012, foi indicada para a PCH Parque a SE Guarapuava. Essa alternativa apresenta o menor custo global para a conexão (ver Anexo 06 – Informação de Acesso - COPEL).

A conexão da usina na referida subestação será realizada por uma linha de transmissão com aproximadamente 4,7 km de extensão.

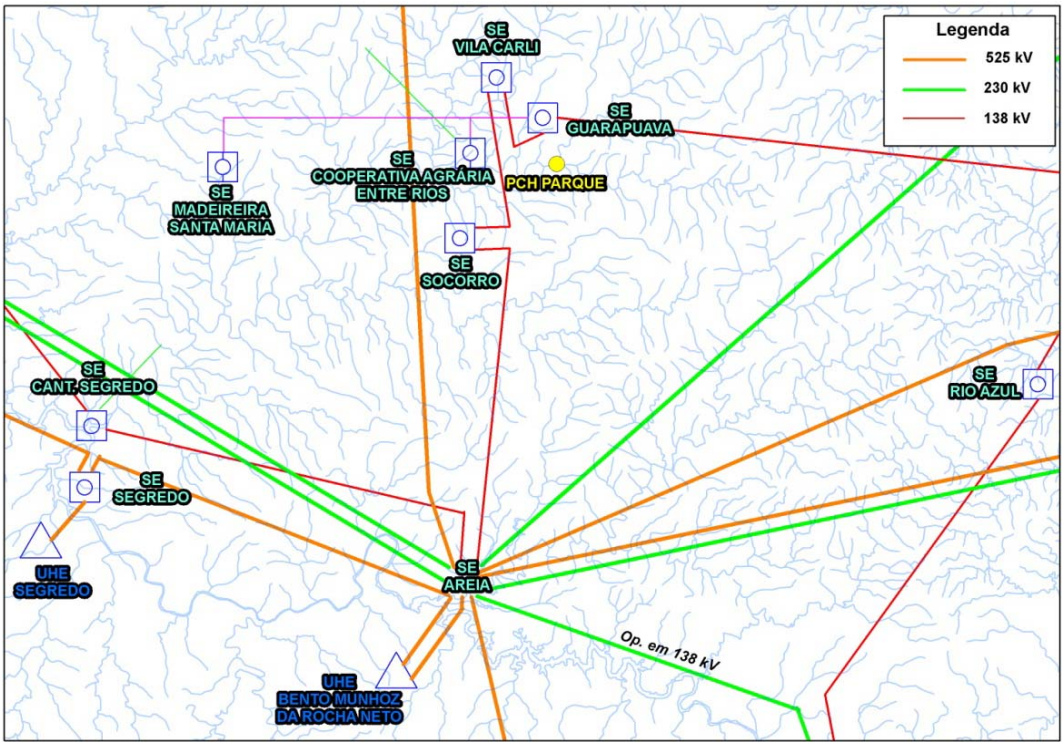
O trecho será construído em circuito simples, com cabos CAA 1/0 AWG – Raven. A linha será construída em postes de concreto, conforme normas ABNT e diretrizes da COPEL.

Figura 4-42: Localização geográfica da usina e ponto de conexão.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Figura 4-43: Localização geográfica das SE e LT na região.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.4.2 ÁREA E VOLUME DO RESERVATÓRIO

A PCH Parque aproveitará o reservatório já existente no rio Jordão, ocasionado pela construção de uma soleira há várias décadas atrás.

O reservatório existente possui área superficial de 16,52 ha (0,17 km²) para o nível da água normal de operação. O volume médio acumulado é de aproximadamente 118.700 m³. A Tabela 4-11 apresenta os níveis operacionais da PCH Parque.

Tabela 4-11: Níveis de operação da PCH Parque.

NÍVEIS OPERACIONAIS		
Nível Normal de Montante	951,77	m
Nível Mínimo de Montante	951,30	m
Nível Médio de Montante	951,80	m
Nível Normal de Jusante	937,54	m
Nível Mínimo de Jusante (Uma unidade em potência mínima)	937,50	m
Nível Médio de Jusante	937,53	m

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.4.3 TEMPO DE RESIDÊNCIA NO RESERVATÓRIO

O tempo de residência médio é dado pela seguinte equação:

Eq.: $$T_R = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

Onde *V* é o volume do reservatório e *Q* é vazão média de longo termo. O volume do reservatório da PCH Parque será de 118.700 m³, como citado anteriormente, já a vazão média de longo termo é igual a 21,5 m³/s. Sendo assim, o tempo de residência médio será de 1,5 horas. Esse valor é insignificante e não causará alterações nas características hidrológicas do rio Jordão.

4.5 DESCRIÇÃO DA INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA PARA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

4.5.1 LOGÍSTICA

Como os materiais de construção poderão ser adquiridos no próprio município de Guarapuava, polarizando a infraestrutura urbana e o comércio na região, o transporte será feito pela BR-277 e depois pelas ruas que ligam a cidade até o empreendimento.

O trajeto de acesso ao local do empreendimento se encontra em boas condições de trafegabilidade, até pelo fato de ser uma via constantemente utilizada pelos moradores da região.

Tendo por base os dados do projeto, os tipos de materiais de construção e as recomendações do planejamento, as obras da PCH Parque necessitarão de materiais, equipamentos e mão-de-obra convencionais e de fácil mobilização. Os equipamentos geradores serão adquiridos de empresas nacionais especializadas, que se responsabilizarão por sua montagem nas especificações técnicas e ambientais correspondentes.

4.5.2 CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras da PCH Parque ocupará área de cerca de 300 m² e será implantado na margem direita do rio Jordão, próximo a casa de força. A área é plana e encontra-se ocupada pela fábrica de pasta mecânica que dará lugar à usina (ver Figura 4-44 e Figura 4-45).

Figura 4-44: Localização do canteiro de obras da PCH Parque.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Figura 4-45: Fotografia aérea do local de implantação do canteiro de obras da PCH Parque.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

O local contará com estruturas como escritório central, almoxarifado, central de armação; pátio de carpintaria e refeitório, que será instalado para o conforto e comodidade da equipe de implantação.

Serão disponibilizadas instalações sanitárias dotadas de serviços de água e esgoto, necessárias para atender a equipe envolvida na construção da PCH. O esgoto doméstico será lançado em fossa séptica adequadamente dimensionada e instalada no canteiro. A água para consumo humano será suprida pela rede de abastecimento da SANEPAR, que já atende o local.

Não se prevê, pela proximidade com a cidade de Guarapuava, a necessidade de instalar dormitórios para o pessoal em serviço, ou estender os serviços em regimes contínuos (24 horas). Estima-se em 50 o número de colaboradores do ramo de construção civil para a construção do empreendimento.

4.5.3 MÃO DE OBRA

Os estudos sobre o volume dos trabalhos também definiram a quantidade e as especialidades da mão de obra que deverá ser contratada para fazer frente às

necessidades do empreendimento. Pode-se antecipar, baseando-se em outras experiências similares, que serão ofertados trabalhos temporários para engenheiro civil, engenheiro eletricista, engenheiro mecânico, topógrafo, nivelador, operadores de máquina, serventes, pedreiros, marteleiros, motoristas, eletricistas, carpinteiros, armadores, técnicos em segurança do trabalho, soldadores, encanadores, cozinheiros, enfermeiros, apontadores, supervisores e auxiliares técnicos.

A área ambiental contará com os trabalhos profissionais das formações da engenharia ambiental, engenharia florestal, biologia, geologia, engenharia civil e sociologia.

A operação do empreendimento necessitará de sete colaboradores permanentes, sendo três operadores, um eletricista, um auxiliar de serviços gerais, um administrador e um contador.

A operação e a manutenção serão feitas por moradores vizinhos. Ao privilegiar os moradores da região para operar a PCH Parque, o empreendedor eleva a renda das pessoas e melhora as condições econômicas do entorno.

4.6 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS, LOCACIONAIS E DE NÃO DE IMPLANTAÇÃO

4.6.1 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

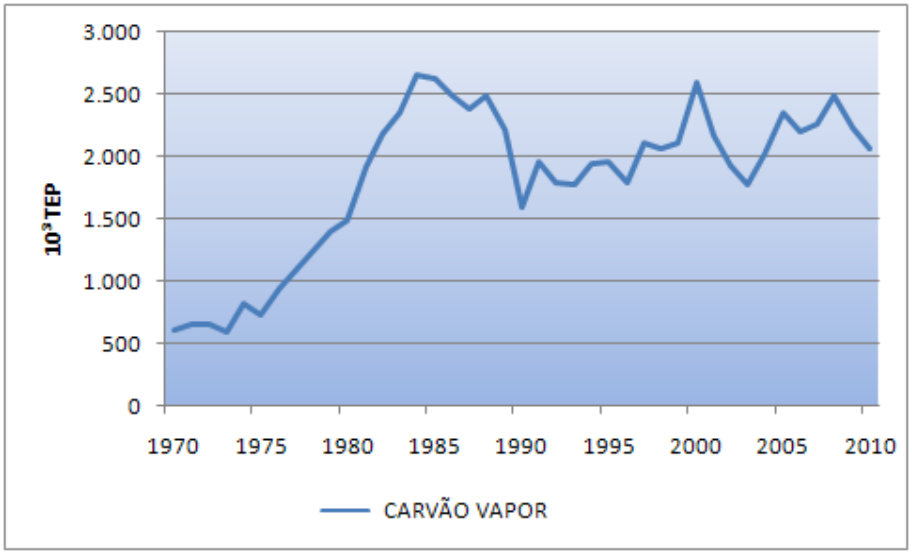
Os estudos de alternativas tecnológicas para empreendimentos de geração de energia elétrica devem considerar as mais diversas formas de obtenção da mesma quantidade de energia. As fontes mais viáveis técnica e economicamente são as decorrentes da queima de combustíveis fósseis e da geração nuclear. As mais viáveis ambientalmente são as energias renováveis, como as fontes hidrelétricas, eólicas e solares.

Para uma mesma fonte existem distintas soluções técnicas, econômicas e ambientais. Os estudos de viabilidade técnica devem contemplar todas as alternativas possíveis para um mesmo empreendimento. As fontes comuns são:

A. GERAÇÃO TERMOELÉTRICA A CARVÃO

O Brasil dispõe de reservas de carvão na região Sul, que embora não significativas em nível mundial, totalizam 32.446 bilhões de toneladas, correspondendo a uma potência instalável de 100 GW. A utilização deste combustível, entretanto, esbarra em custos ainda não competitivos com o da geração de origem hidráulica, e nos problemas ambientais que as usinas termelétricas a carvão apresentam, destacando-se àqueles ligados à emissão de gases de efeito estufa (CO_2), de óxidos de Nitrogênio (NO_x) e de Enxofre (SO_x) na atmosfera, responsáveis pela chuva ácida. A minimização de tais emissões, demanda a instalação de onerosos equipamentos para lavagem e tratamento dos gases de exaustão, diminuindo ainda mais sua competitividade econômica e ambiental.

Figura 4-46: Produção de energia primária no Brasil – Carvão Vapor.



Fonte: MME (2011).

Os custos de geração de energia através do carvão também são bastante elevados. O custo da produção de 1 MW/h chega a US$ 45,00 quando o carvão é proveniente de usinas a céu aberto e pode chegar até a US$ 57,00 quando a

matéria prima é oriunda de extração subterrânea. Desta forma, esta alternativa se mostra menos viável que a utilização do potencial hidráulico para geração de energia.

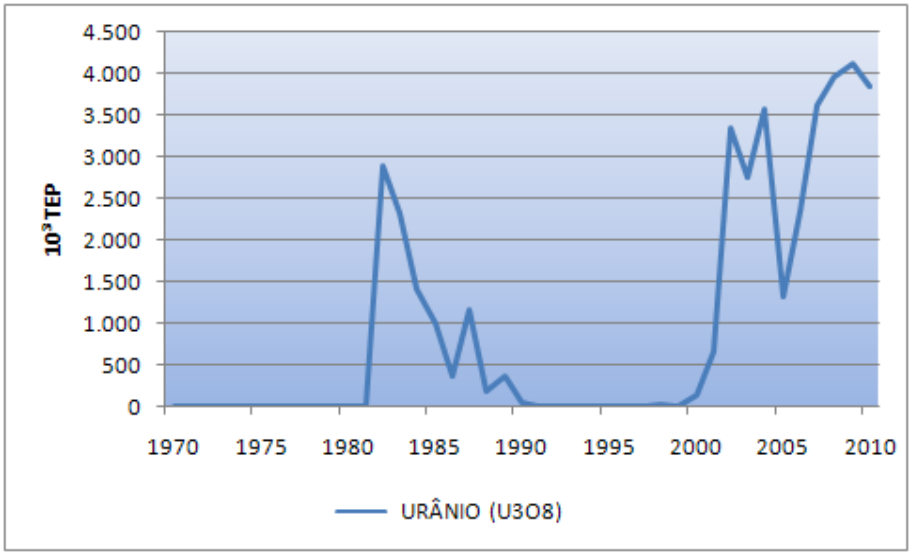
B. GERAÇÃO TERMONUCLEAR

Usinas Nucleares constituem outra opção de aproveitamento, em especial pela existência de duas usinas nucleares em operação no Brasil: Angra I e Angra II; e outra, em fase de negociação financeira e política para a construção, a usina Angra III (cuja construção foi aprovada em junho de 2007 pelo Conselho Nacional de Política Energética – CNPE), o que pressupõe uma capacitação tecnológica já solidificada. Outro fator determinante é a disponibilização, no Brasil, de uma reserva recuperável de óxido de urânio da ordem de 120.000 ton., equivalente a uma capacidade instalada de 26 GW.

Atualmente, fatos como o atraso nas datas previstas para o comissionamento de Angra II e III, a oposição pública à disseminação de reatores nucleares no país, desenvolvimento de tecnologias nacionais relativas ao ciclo do combustível e a construção de reatores de menor porte contribuíram para modificar a estratégia anterior de implantação de novas usinas nucleares, e de reavaliação do programa nuclear. No entanto, a supracitada terceira parte do 4º Relatório do IPCC também recomendou as usinas nucleares como tecnologia alternativa para mitigação ao aquecimento global.

Entrando no mérito comparativo entre as tecnologias, devido aspectos de aceitação pública das tecnologias, custos operacionais e tecnológicos, bem como, riscos e alterações ambientais, a alternativa de geração a partir de potencial hidráulico se mostra mais viável e favorável à realidade brasileira.

Figura 4-47: Produção de energia primária no Brasil – Urânio (U_3O_8).



Fonte: MME (2011).

Ainda em relação às Usinas Nucleares brasileiras, além de exigirem investimentos muito superiores aos das hidrelétricas, requerem tecnologia ainda não disponível ao setor privado no Brasil. Os problemas relativos à obtenção de combustível, manuseio e destino final dos resíduos de alta radioatividade, temor quanto à segurança das usinas, tornam sua adoção inviável ou bastante onerosa. Os custos de geração são superiores à US$ 52/MWh.

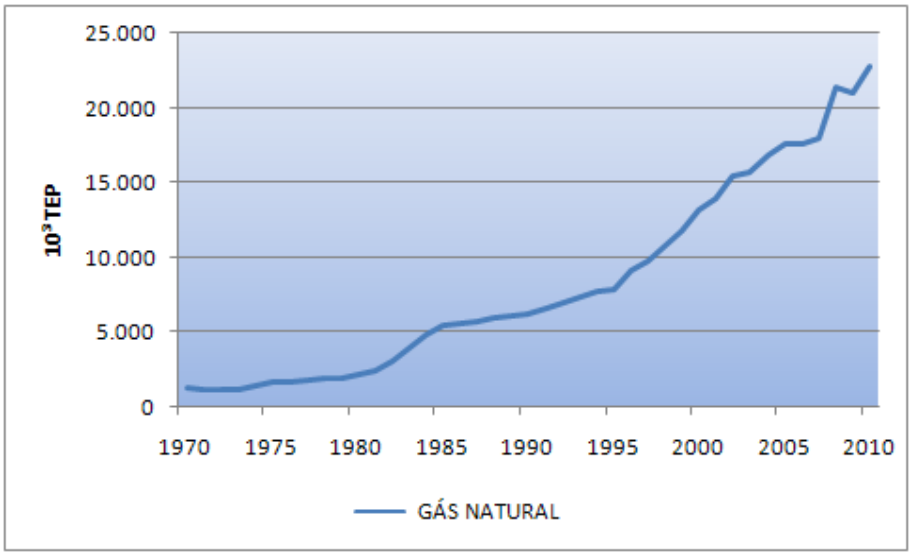
C. GERAÇÃO TÉRMICA À GÁS NATURAL

As perspectivas do programa termelétrico baseado nessa fonte energética sofreram mudanças significativas em função das recentes descobertas de reservas de gás natural no país. A instalação de centrais termoelétricas a gás natural passou a ser mais fortemente considerada como complementação da geração hidráulica. Por razões de estratégia geopolítica e econômica, a possibilidade mais promissora de aproveitamento deste combustível, em curto prazo, é a compatibilização do uso do gás nacional com o uso do gás importado da Bolívia, disponibilizado através do gasoduto Gasbol e do gás importado da Argentina e do Peru.

Entre as fontes de recursos para produção de energia primária que compõem a matriz energética brasileira, o gás natural foi a fonte de maior crescimento percentual, passando de 5,5% em 1989 para 8,9% em 2004.

No período de 2000 a 2003 foram incentivados diversos projetos de usinas a gás natural, devido à crise de energia do país. Porém os elevados custos do gás, cotado em dólar, entre outros aspectos geopolíticos não favoráveis, desestimularam os investimentos antes anunciados, sendo concretizada uma pequena parcela das usinas planejadas.

Figura 4-48: Produção de energia primária no Brasil – Gás Natural.



Fonte: MME (2011).

Os custos de geração são inferiores as alternativas de geração termelétrica, cerca de US$ 42/MWh para as usinas de ciclo combinado, mas ainda bastante superiores ao da geração hidráulica.

D. OUTRAS FONTES ALTERNATIVAS

O custo unitário maior e a percepção de risco mais elevada têm inibido os investimentos na geração elétrica através de fontes renováveis – Biomassa, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) e, notadamente, a energia Eólica e Solar. Nessas condições, o reduzido crescimento do mercado para o uso dessas tecnologias não promove ganhos de escala na fabricação dos equipamentos, de modo a minimizar e aperfeiçoar os custos dessas alternativas e torná-las mais competitivas em relação às fontes tradicionais.

No que diz respeito à geração de energia em escala, visando o abastecimento de cidades e indústrias de modo seguro, as pesquisas tecnológicas ainda precisam de maior desenvolvimento e aprofundamento, entretanto, a instalação de PCH e CGH têm se mostrado, normalmente, uma alternativa viável economicamente e ambientalmente, por acarretar em impactos reduzidos ao meio ambiente e demandar custos relativamente reduzidos para instalação quando comparada a outras alternativas de geração de energia elétrica.

A Tabela 4-12 apresenta um comparativo entre a geração de energia através de uma central hidrelétrica e uma termelétrica.

Tabela 4-12: Comparativo entre geração de energia via CGH e Termelétrica.

CARATERÍSTICAS DE GERAÇÃO	TERMELÉTRICA	HIDRELÉTRICA	COMPARATIVO
Potência de Referência	1.000 kW	1.000 kW	-
Fonte Energética	Óleo Diesel	Potencial hidráulico	Não renovável x Renovável
Consumo Comb./mWh	130 kg/mWh	0 kg/mWh	Consumo de produto industrializado de MP não renovável x ausência de consumo
Tempo de Implantação	50 dias	360 dias	Implantação rápida x implantação mais lenta
Vida Útil	87.600 horas	518.400 horas	6 vezes de diferença
Área Diretamente Afetada	2.520 ha	< 1,8 ha	1.400 vezes de diferença
Produção de CO_2 (10 anos)	26.925.373 ton	0 ton	Além do CO_2, a geração termelétrica gera NO_x (9,88 kg/mWh), SO_x (1,64 kg/mWh), MP (353,75 g/mWh) A produção de CO_2 de hidrelétricas é desprezível. Não há emissão de outros gases
Usos Múltiplos	Incompatíveis	Reservatório de mínimas proporções	Menor impacto ambiental por utilizar a calha natural do rio
APA	0,00 ha	7,2 ha de APP	Ganhos ambientais decorrentes da manutenção e recuperação da APP

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

4.6.2 ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Os estudos locacionais, onde as variáveis básicas consideradas são queda natural e vazão, apontaram a região de Guarapuava como sendo favorável na busca de locais passíveis de se implantar um empreendimento hidrelétrico de

pequeno porte, isto porque a região possui boa vazão específica e relevo acidentado.

Após avaliar as variáveis básicas de queda e vazão, foram empreendidos estudos mais detalhados sobre aspectos socioambientais e econômicos atinentes a cada trecho de rio estudado, como por exemplo, o uso do solo, condições geológicas, estado sucessional da cobertura vegetal, distância das linhas de transmissão, logística, mão de obra, entre outros.

Os estudos locacionais apontaram que o rio Jordão, na área de Guarapuava, reúne ótimas condições para a implantação de uma pequena central hidrelétrica, conforme indicado pelo resumo abaixo:

1. O rio Jordão possui inventário hidrelétrico aprovado pela ANEEL, sendo, portanto de ótima vocação energética;
2. A área da PCH Parque já se encontra antropizada, possuindo inclusive um reservatório em operação;
3. As condições geológicas do local são favoráveis às obras do porte de uma pequena central hidrelétrica;
4. A logística para implantação da PCH será simples, dada a proximidade do aproveitamento com a área urbana de Guarapuava;
5. Em função do grande número de obras de geração hidrelétrica, já implantadas na região de Guarapuava, existe disponibilidade de mão de obra já qualificada para as principais funções necessárias a construção da PCH Parque.

Ao estudar o rio Jordão com profundidade, observou-se que o trecho possui vocação hidroenergética devido às cachoeiras e corredeiras localizadas no trecho onde se pretende instalar o empreendimento. Esse trecho reúne boas condições topográficas e vazões apropriadas para a instalação da PCH.

Além de proporcionar queda natural de 14,23 metros, o trecho em questão já tem o reservatório formado, o que permite a construção da PCH sem causar outro alagamento.

A geologia neste trecho de rio é bastante favorável, pois se trata de basalto de excelente qualidade com solos argilosos. Outro aspecto relevante é que a PCH Parque não causará quaisquer tipos de alterações e influências nas vazões de captação outorgadas à montante e à jusante do empreendimento.

4.7 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA

A análise para implementação do empreendimento, assim como, a avaliação de suas características básicas, como: alternativas de arranjo, cotas de montante e jusante, teve como premissas básicas os seguintes itens:

- A geração de energia a partir de fonte limpa e renovável;
- A difusão, isto é, a descentralização da geração de energia elétrica no Brasil;
- O máximo de aproveitamento energético nas condições naturais encontradas na região, observando a queda natural disponível e a não acumulação de água;
- O aproveitamento do barramento e do reservatório já existente;
- A não supressão e/ou intervenção relevante em áreas preservadas;
- Geração média de energia de 1.870 kWméd;
- Distância conexão de aproximadamente 6 km, baixíssima para empreendimentos desse porte;
- Possibilidade de agregação de valor econômico às pequenas propriedades vizinhas bem como melhoria da qualidade de vida de seus moradores;

- A não geração de passivos ambientais nas diversas fases da implantação do empreendimento;
- Possibilidade de agregação de qualidade ambiental no entorno do sítio de implantação do empreendimento.

A adoção de outra fonte de energia, como por exemplo, óleo diesel ou gás natural, é contraproducente em relação à alternativa selecionada, levando em consideração a mesma energia produzida e os impactos decorrentes. Como mostrado na Tabela 4-12, a adoção de uma termoelétrica a diesel afetaria uma área consideravelmente maior em comparação com a PCH Parque e causaria transtornos à vizinhança que teria que conviver com o barulho e fumaça decorrentes de sua operação.

Uma termoelétrica geraria a emissão de gases estufa e demais gases tóxicos, acentuando o efeito estufa e suas conseqüências. Outra fonte de energia implicaria na necessidade do consumo de combustíveis não renováveis e eventualmente, de combustíveis nucleares, cujo manejo incorreto pode trazer conseqüências gravíssimas, além de possuírem uma baixa aceitação na sociedade como um todo.

A geração de energia de maneira difundida é fundamental para que o Brasil possa continuar crescendo e se desenvolvendo, e para tanto, é necessário conectar os empreendimentos de geração difundida no sistema nacional interligado, daí a seleção da PCH Parque que fica a 6 km da conexão com o sistema.

A não formação de novos alagamentos associada à inexistência de um barramento e recomposição da APP são variáveis importantes, pois permitem a instalação de uma PCH que traz possíveis ganhos ambientais para o contexto onde ela se insere.

4.8 ALTERNATIVA DE NÃO IMPLANTAÇÃO

No caso da não implantação da PCH Parque haveria a manutenção do atual cenário local, que se encontra consideravelmente antropizado e carente de atenção nos aspectos socioambientais. A fábrica de pasta mecânica se encontra em condições precárias de operação, o barramento existente é antigo e o canal existente está em más condições.

Haveria, ainda, a manutenção das mínimas condições locais de empregabilidade, renda e qualidade de vida em detrimento da geração de vários empregos diretos durante todas as fases de implantação e operação da PCH Parque, principalmente, porque o empreendedor tem como premissa a contratação de mão de obra local, em especial dos vizinhos do empreendimento.

Outro importante benefício advindo da instalação da PCH está relacionado à reconstituição da área de APP na região do empreendimento e entorno próximo, somada ao monitoramento da qualidade da água do rio Jordão, um dos programas ambientais a serem instaurados com a implantação do empreendimento em questão.

Mais um aspecto relevante é que a não implantação da PCH Parque abre espaço para a implantação de empreendimentos de geração de energia a partir de fontes sujas e não renováveis, como as termoelétricas e as usinas nucleares.

4.9 POSSIBILIDADE DE A EXPANSÃO DA GERAÇÃO OU REPOTENCIAÇÃO

No caso da PCH Parque, a instalação de uma terceira turbina é inviável economicamente de acordo com os estudos energéticos elaborados. O orçamento aumentaria consideravelmente, não compensando o pequeno acréscimo de energia que seria ganho.

A possibilidade de expansão ou repotenciação da PCH Parque é muito remota, por que os patamares atuais e as projeções futuras de tarifa estão longe dos cerca de R$ 500,00 / MW/h que viabilizaria a instalação de uma segunda turbina.

De outro lado, os estudos energéticos apontam, que as características hidrológicas do rio Jordão, no trecho em questão, não são favoráveis à instalação de potência superior a 3.000 kW/h.

4.10 DESCRIÇÃO DAS FASES DE PLANEJAMENTO, IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E DESATIVAÇÃO

4.10.1 PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO

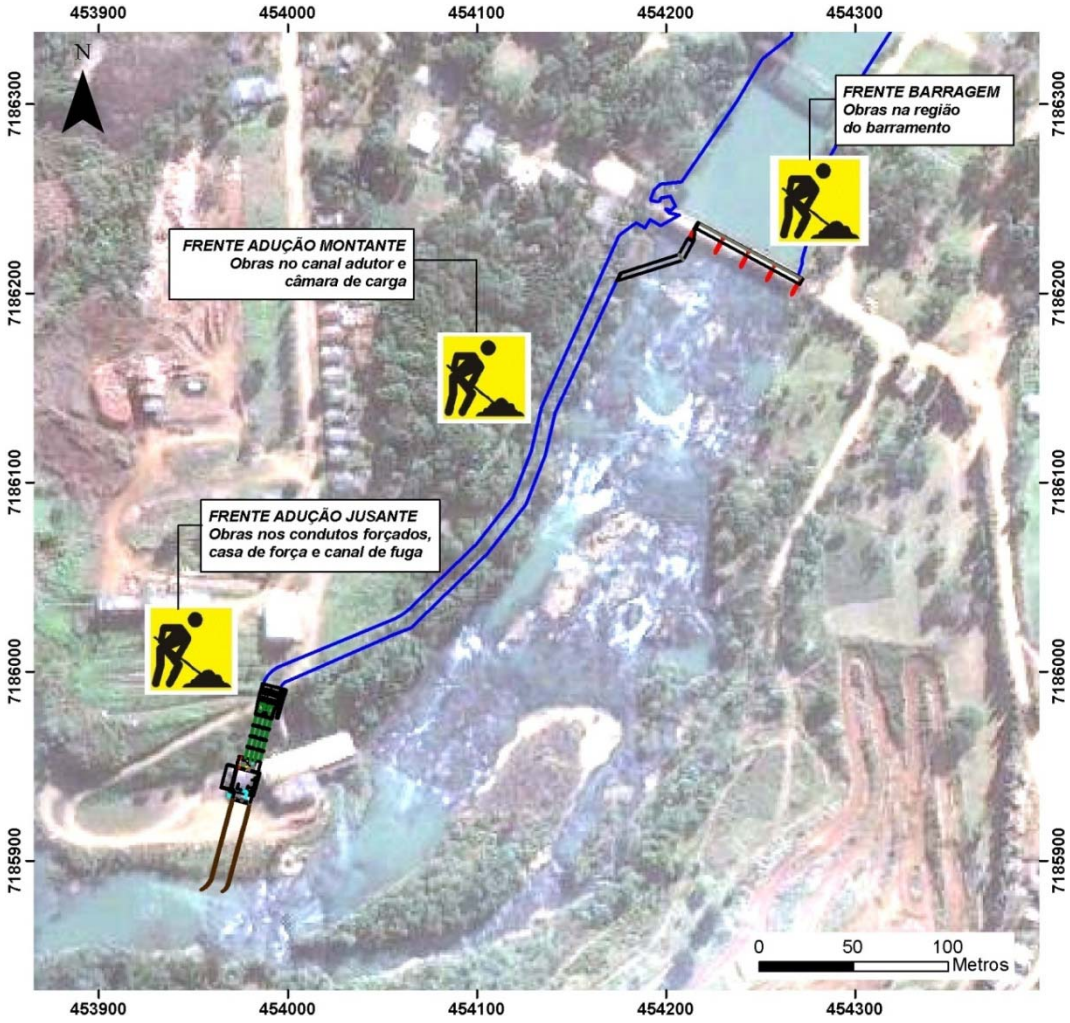
O prazo total para implantação das obras da PCH Parque foi planejado e definido em 12 meses a partir do início das obras.

Após a obtenção da Licença Prévia (LP), a Hidrelétrica Vale do Jordão Ltda. irá solicitar a Licença de Instalação (LI) junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP). No período que antecede a emissão da LI serão realizadas as contratações dos principais fornecedores do empreendimento.

Para garantir o cumprimento do prazo de doze meses, foi planejada a implantação de três frentes de serviço principais na obra civil:

- Frente Barragem (obras na região do barramento);
- Frente Adução Montante (obras no canal adutor e câmara de carga);
- Frente Adução Jusante (obras nos condutos forçados, casa de força e canal de fuga).

Figura 4-49: Esquema das frentes de serviço principais da PCH Parque.



Fonte: HydroFall Consultoria (2013).

Os serviços de montagem eletromecânica serão executados por uma equipe especializada, que será mobilizada pelo fornecedor dos equipamentos.

A interação entre as obras civis e montagem eletromecânica será gerenciada a partir de uma matriz interfaces. Este documento constará nos contratos firmados com as empresas contratadas e visa garantir o bom desempenho global da obra da PCH Parque.

4.10.1.1 MOBILIZAÇÃO

Os contratos para execução das obras civis e fornecimento/montagem eletromecânica devem ser assinados no **mês 0**. No prazo de 30 dias da assinatura

dos contratos, a Hidrelétrica Vale do Jordão Ltda. emitirá a ordem de serviço para mobilização das obras civis e início da fabricação eletromecânica na fábrica do fornecedor.

O canteiro de obras da PCH Parque, cujo detalhamento é apresentado no Capítulo 08 – Infraestrutura e Logística, será instalado no **mês 1** das obras. No primeiro mês também serão realizados os trabalhos de melhoria nos acessos à obra e de limpeza das áreas das estruturas que compõem o arranjo da PCH Parque.

Conforme citado ao longo do presente projeto, a PCH será construída em área urbana, muito próxima a pedreiras e concreteiras comerciais. Diante disso, optou-se pela importação dos volumes de agregado miúdo e de concreto demandados pela obra, não sendo necessária, portanto, a instalação de centrais de britagem e de concreto no canteiro.

4.10.1.2 OBRAS NA REGIÃO DO BARRAMENTO

As obras na região do barramento serão executadas por uma frente principal de serviço, denominada Frente de Barragem. Serão lançadas no **mês 2** as ensecadeiras de primeira fase na margem direita, possibilitando o início das obras do barramento nesta margem.

Após as escavações em solo e rocha, e do tratamento de fundação, eventualmente necessário, será dado o início a montagem das fôrmas e serviços de armação, para que a concretagem seja iniciada no **mês 6**. As obras na margem direita se estenderão até o **mês 8**.

No **mês 9** serão lançadas as ensecadeiras de segunda fase, a partir do material proveniente de estoque ou das escavações obrigatórias (graúdos) e de importação de comercializadoras da região (miúdos e finos). Desta forma, o rio será desviado sobre a soleira vertente da margem direita.

Com a execução da ensecadeira de segunda fase e com a preparação da margem esquerda, com limpeza e eventuais tratamentos da fundação, será iniciado

o trecho da barragem nesta margem, no **mês 10,** com concretagem prevista para ser finalizada no **mês 11**.

Como citado anteriormente, o reservatório já está em operação, entretanto, para utilizá-lo com fins de geração de energia elétrica, será necessária a obtenção da Licença de Operação (LO), junto ao Instituto Ambiental do Paraná. Este documento deve ser recebido no **mês 12**.

4.10.1.3 OBRAS NO CIRCUITO DE GERAÇÃO

Conforme citado no início deste capítulo, as obras civis no circuito de geração da PCH Parque serão executadas em duas frentes principais: a Frente Adução Montante (obras no canal adutor e câmara de carga) e a Frente Adução Jusante (obras nos condutos forçados, casa de força e canal de fuga).

Os trabalhos serão iniciados pela Frente Adução Montante no final do **mês 3**, pelas escavações em solo e rocha da casa de força, sendo que no mês seguinte serão iniciadas as detonações no canal de fuga. A escavação do canal de adução deve ser iniciada no **mês 4** pela Frente Adução Jusante, que partirá do emboque do canal.

No **mês 5** serão iniciados os serviços de armação e montagem das fôrmas do 1º estágio de concretagem da casa de força. Neste mês serão iniciados também os serviços predecessores às etapas de concretagem da câmara de carga.

A montagem eletromecânica na casa de força será iniciada ao fim do **mês 7** para a primeira turbina e no **mês 8** para o respectivo gerador.

A operação do reservatório está prevista para o **mês 12**, após a conclusão da montagem eletromecânica e a obtenção da Licença de Operação, para então serem iniciadas as operações de teste das unidades geradoras.

A geração comercial da PCH Parque será iniciada no **mês 13**, depois de concluídos os testes das duas unidades instaladas.

4.10.2 OPERAÇÃO

A operação do empreendimento será muito simples e necessitará de sete colaboradores permanentes, sendo três operadores (um para cada turno), um eletricista para manutenção preventiva, um auxiliar de serviços gerais, um administrador e um contador.

A operação e a manutenção da PCH Parque serão feitas por moradores vizinhos do empreendimento. Ao privilegiar os moradores da região o empreendedor eleva a renda das pessoas, cria laços de afinidade da população com o empreendimento e melhora as condições econômicas do entorno.

4.10.3 DESATIVAÇÃO

Encerrado o período de vida útil dos equipamentos geradores e das estruturas da PCH Parque, calculados em mais de 50 anos, e não havendo mais interesse em se manter as estruturas implantadas, se procederá à demolição das estruturas, observando-se a destinação do material nas melhores condições que existirem na época.

Alternativamente pode-se utilizar o empreendimento posteriormente como museu e atividades relacionadas a projetos de pesquisa na área de geração de energia. Em função das pequenas dimensões das estruturas que compõem o empreendimento, a recuperação ambiental das áreas após a desativação do mesmo será bastante simples e rápida.

4.11 CRONOGRAMA SIMPLIFICADO DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

As obras da PCH Parque se desenvolverão ao longo de 12 meses, sendo que a operação comercial das duas unidades geradoras será iniciada após 13 meses da obtenção da Licença de Instalação do empreendimento.

O cronograma de execução das obras do aproveitamento é apresentado na Tabela 4-13.

Tabela 4-13: Cronograma de execução da PCH Parque.

MARCO	DATA
Obtenção da Licença de Instalação - LI	Mês 0
Início da Montagem do Canteiro de Obras	Mês 1
Início das Obras Civis das Estruturas	Mês 2
Desvio do Rio Primeira Fase	Mês 2
Desvio do Rio Segunda Fase	Mês 8
Desvio do Rio Terceira Fase	Mês 12
Início da Concretagem da Casa de Força	Mês 5
Início da Montagem Eletromecânica das Unidades Geradoras	Mês 7
Início das Obras da Subestação e Linha de Transmissão de Interesse Restrito	Mês 9
Conclusão da Montagem Eletromecânica	Mês 11
Obtenção da Licença de Operação - LO	Mês 12
Início do Enchimento do Reservatório	Mês 12(*)
Início da Operação em Teste de Cada Unidade Geradora	Mês 12
Início da Operação Comercial de Cada Unidade Geradora	Mês 13

(*) O reservatório já se encontra em operação.

Fonte: HydroFall Consultoria (2013).