

## **CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

### **1. INTRODUÇÃO**

Segundo o art. 225 da Constituição Federal de 1988, o Meio Ambiente constitui direito fundamental de interesse difuso e bem de uso comum de toda a sociedade, cabendo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Demais interesses, mesmo públicos, devem ser estabelecidos de maneira a não interferir neste direito.

Em função dessa determinação constitucional, cabe ao Poder Público “*exigir, na forma da lei, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade*” (art. 225, § 1º). Esta obrigação é também abordada na Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

Com a criação do SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente e do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente pela Lei 6.938/81, estabeleceram-se as competências e a estrutura do processo de avaliação de impactos ambientais. Os dispositivos legais que estabeleceram os procedimentos do processo de avaliação consistem basicamente nas resoluções 001/86 e 237/97 do CONAMA. A primeira, em seu Artigo 1º, descreve como impacto ambiental *qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:*

- *a saúde, a segurança e o bem estar da população;*
- *as atividades sociais e econômicas;*
- *a biota;*
- *as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*
- *a qualidade dos recursos ambientais.*

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

A Resolução CONAMA 237/97 detalha o processo de licenciamento ambiental, conforme se segue:

*Art. 2º. A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.*

*§ 1º. Estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos e as atividades relacionadas no Anexo 1, parte integrante desta Resolução.*

*§ 2º. Caberá ao órgão ambiental competente definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e a complementação do Anexo 1, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade.*

Quanto às licenças cabíveis a empreendimentos sujeitos à avaliação de impactos ambientais, a Resolução CONAMA 237/97 estabelece, no art. 8º, o que se segue:

*Art. 8º. O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:*

- Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;*
- Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;*
- Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade ou*

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

*empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.*

*Parágrafo único - As licenças ambientais poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.”*

O Artigo 10º fornece as etapas que o procedimento de licenciamento ambiental deverá obedecer. Diz esse artigo:

*Art. 10 - O procedimento de licenciamento ambiental obedecerá às seguintes etapas:*

*I - Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;*

*II - Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;*

*III - Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;*

*IV - Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;*

*V - Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;*

*VI - Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;*

*VII - Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;*

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

*VIII - Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.*

No Estado do Paraná, o licenciamento prévio de empreendimentos geradores de impactos sobre o meio ambiente devem seguir o escopo do Termo de Referência Padrão do IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Em tal documento, lê-se que o desenvolvimento de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) têm, por finalidade, “embasar, subsidiar e justificar a solicitação de licenciamento / autorização ambiental de empreendimentos / atividades efetiva ou potencialmente impactantes”. Segundo o documento, tais estudos devem “conter informações técnicas e legais que demonstrem a viabilidade ambiental, sob os aspectos técnico-científicos, jurídicos, administrativos e locacionais de um empreendimento / atividade”. E ainda, “Os meios e fatores ambientais que devem ser abordados e avaliados em um Estudo Ambiental são aqueles preliminarmente sugeridos / indicados na MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTAIS, instituída e aprovada conforme Portaria IAP Nº 158/2009”.

O presente documento compreende o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA) do aproveitamento hidrelétrico PCH Confluência, outorgado à empresa Confluência Energia S/A através da Resolução Autorizativa ANEEL n.º 61, de 18 de fevereiro de 2004. Tal estudo e seu respectivo RIMA foram desenvolvidos obedecendo-se ao disposto no Termo de Referência do IAP, tendo sido elaborados pela equipe multidisciplinar da IGPlan Inteligência Geográfica Ltda. Os estudos têm como subsídio os conhecimentos acumulados por diversos especialistas para o diagnóstico das áreas temáticas e análise ambiental. Espera-se, portanto, que os trabalhos aqui desenvolvidos tenham plena coerência e aplicação dentro da visão de sustentabilidade e mínimo impacto pretendidos para o empreendimento em questão.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A****1.1. Informações Sobre o Empreendimento****1.1.1. Caracterização do Empreendedor**

Conforme citado, o aproveitamento hidrelétrico PCH Confluência foi outorgado à empresa Confluência Energia S/A através da Resolução Autorizativa ANEEL n.º 61, de 18 de fevereiro de 2004, como Produtor Independente de Energia Elétrica, conforme referências a seguir:

**RAZÃO SOCIAL:** Confluência Energia S/A  
**CNPJ:** 05.104.205/0001-30  
**ENDEREÇO:** Rua Bruno Filgueira, 2434 - Curitiba/PR  
CEP 80.410-070;  
Telefone: 41-3091-1500  
E-Mail: andre@eppenergia.com.br

**DIRETORIA EXECUTIVA:****Diretor Executivo:**

Luiz Fernando Cordeiro

*Eng. Civil*

**Responsável Técnico:**

Marco Aurélio Sprenger Ribas

*Eng. Civil*

*CREA: 13471/D*

**1.1.2. Caracterização da Empresa de Consultoria Ambiental**

Os estudos de diagnóstico, avaliação de impactos, proposição das medidas de controle e de programas de acompanhamento de impactos, o prognóstico ambiental e demais aspectos técnicos desse estudo cabem à empresa IGPlan Inteligência Geográfica Ltda. e a seus consultores associados e contratados, conforme se segue:

**RAZÃO SOCIAL:** IGPlan Inteligência Geográfica Ltda.

**CNPJ:** 04576573/0001-19



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**  
**INSCRIÇÃO ESTADUAL:** Isento

**ENDEREÇO:** Tv. Rui Leão, 33 - Curitiba – Paraná

CEP: 80030-090

Telefone: 41- 3024-4477

E-Mail: igplan@igplan.com.br

**CTF:** 40.028

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:** Francisco L. P. Lange J.

*Engenheiro Agrônomo, M.Sc.*

*CREA nº PR-13386/D*

**EQUIPE EXECUTIVA:**

**Coordenador Geral:**

Francisco L. P. Lange J.

*Engenheiro Agrônomo, M.Sc.*

*CREA-PR 13386/D*

**Coordenador Executivo:**

Marina Marins de Souza

*Bióloga, Esp.*

*CRBio – 50398-07/D*

**Supervisão Geral:**

Gilson Frohner

*Geógrafo*

*CREA –PR 28598/D*

**Coordenador Administrativo:**

Sabrina Lopes de Matos Vinotti

*Economista*

**Cartografia:**

Franco Amato

*Eng. Cartógrafo, Esp.*

*CREA-PR 37905/D*

**Geoprocessamento:**

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Karine Krunn

*Geógrafa**CREA-PR 74544/D*

Letícia Cristina Wuensch

*Engenheira Cartógrafa***Meio Físico:**

Fabiano Oliveira

*Geógrafo, Dr.**CREA-SC 052278-5***Meio Biótico:**

Sergio Augusto Morato

*Biólogo, Dr.**CRBio- 8478-07D*

Cleber Novacovski

*Eng. Florestal**CREA-PR 28946-D*

Luciano Ceolim

*Biólogo, M.Sc.**CRBIO – 50464-7-D/PR*

Euclides S.Grando Jr.

*Biólogo, M.Sc.**CRBIO- 07490-03-D***Sociologia:**

Carla Moraes

*Socióloga***Arqueologia:**

Luis C.P.Simanski

*Arqueólogo***Antropologia:**

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Lúcio Tadeu Mota

*Antropólogo, Dr***Prognóstico Ambiental:**

Vanuza Senes

*Eng. Ambiental, Esp.***Apoio Técnico Geral:**

Carla Aparecida Garzaro

*Gestora Ambiental*

Simoni Daniel

*Eng. Florestal***1.2. Objetivos e Justificativas para o Empreendimento**

O setor elétrico brasileiro, que no passado constituiu importante valor de expansão econômica, poderá ser um condicionador da velocidade desse crescimento, uma vez que a oferta de energia acompanhou a demanda num ritmo inferior. No período de 1991 a 1994, o consumo total de energia elétrica no Brasil aumentou a uma taxa média de 3,5% a.a., enquanto o PIB a 2,8% a.a. Nos seis anos seguintes, enquanto a taxa média do consumo subiu para 4,5% a.a. o PIB chegou apenas a 2,6% a.a. No entanto, nesse ínterim, a oferta de energia elétrica cresceu mais lentamente que o consumo: da década de 80 para a de 90 o crescimento da capacidade instalada caiu de 4,8% a.a. para 3,3% a.a. Como referência, nos últimos seis anos (de 1996 a 2000) o aumento da oferta de energia elétrica foi de 3,8% a.a., índice inferior ao do consumo.

Esta característica do mercado brasileiro de energia elétrica apresentar taxas superiores as do PIB, aliada ao descompasso entre o crescimento da oferta e da demanda, constitui um potencial entrave a rápida retomada do crescimento econômico.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Atualmente, o Brasil detém todas as condições para iniciar um novo ciclo de expansão ao longo desta década, com a taxa de inflação convergindo para patamares internacionais, os juros domésticos em queda e a dívida pública e o déficit em conta corrente assumindo trajetórias declinantes como percentagem do PIB. Perspectivas de crescimento como estas não ocorrem desde a época áurea dos anos 70, quando as reformas de 1964/1967 geraram, em um contexto externo favorável, bases para a expansão do desenvolvimento.

Na década de 80, apesar da estagnação da atividade, o consumo de energia elétrica no país continuou crescendo a taxas significativamente elevadas (5,9% a.a.), grande parte em função da maturação dos projetos industriais propostos no II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) e implantados ao final dos anos 70; e pela constante queda do nível tarifário. Nesse período, o PIB aumentou em média 1,6% a.a. Na década seguinte, o consumo passou para uma taxa média de 4,1% a.a., enquanto o PIB foi para 2,6% a.a.

A análise da evolução da capacidade nominal instalada com relação à geração de energia elétrica, no período de 1980 a 2000, indicava um risco crescente de déficit do sistema.

A expansão da capacidade instalada do sistema, observada entre os períodos 1981/1990 e 1991/2000, apresentou uma redução de sua taxa de 4,8% a.a. para 3,3% a.a., respectivamente, enquanto o consumo, apesar da queda observada, ainda se manteve elevado.

O sistema praticamente conviveu com uma situação de esgotamento da capacidade ociosa existente, uma vez que não se implementou nenhum tipo de racionamento do uso da energia. Esta situação limítrofe se sustentou, basicamente, em função dos projetos hidrelétricos implantados no passado possuírem um dimensionamento que previa o crescimento da demanda por diversos anos.

Apesar deste degrau de antecipação do investimento ser um procedimento inerente ao modelo baseado na hidroeletricidade, a oferta de nova capacidade é relativamente inelástica. A expansão observada nas duas últimas décadas, se deve

### **CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

basicamente ao modelo regulador anterior, de responsabilidade da ELETROBRÁS, que planejava o aumento da oferta com base no crescimento da demanda informada pelas distribuidoras, sem o estabelecimento de compromissos de compra futura e estimulada pela remuneração garantida baseada no custo de serviço, mesmo que apenas contábil, em função do controle tarifário do governo.

O parque gerador de energia elétrica brasileiro está predominantemente composto por usinas hidrelétricas (**71,2% da potência instalada total**). As usinas termoelétricas (**9% restantes**) são utilizadas nos sistemas interligados, na complementação da geração hidráulica nos períodos de seca e picos de demanda. A geração térmica também vem sendo utilizada no suprimento de sistemas isolados, principalmente nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil. A predominância da geração de energia de origem hidráulica deve perdurar ainda por um longo período, face ao amplo potencial hidrelétrico economicamente competitivo do país.

As PCH's surgem como uma alternativa de rápido desempenho face a demanda de custos reais competitivos e impactos ambientais significativamente reduzidos e localizados. O estado do Paraná se apresenta como o 3º estado com maior potencial de geração de energia hidrelétrica a partir de PCH's no Brasil, com localização em áreas de carência social e baixos IDH's.

A PCH Confluência não foge a esta tendência, e pode representar significativo aporte de energia para o desenvolvimento da região onde está inserida, que é reconhecida como uma das economicamente mais reprimidas do estado.

### **1.3. Localização do Empreendimento**

O empreendimento constituído pelo Aproveitamento Hidrelétrico tipo PCH Confluência situa-se no município de Prudentópolis em localidade conhecida como Faxinal da Boa Vista, embora o acesso seja feito via município de Turvo (figura 1.1). A localidade é naturalmente isolada da sede do município pelo acidente geográfico conhecido como Serra da Esperança.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

O acesso se faz a partir da cidade pólo de Guarapuava, através da rodovia estadual sentido Pitanga. Após a cidade de Turvo acessa-se a estrada a direita no sentido leste em um ramal secundário parcialmente pavimentado que dá acesso a fábrica da IBEMA CIA DE PAPEL. Na fábrica da IBEMA pode-se tomar tanto o acesso a esquerda - barragem/emboque quanto a direita — desemboque/casa de força.

Estes trechos finais já existentes deverão sofrer readequações suficientes ao tráfego e porte da obra.

A margem esquerda da obra situa-se no município de Turvo e a margem direita no município de Prudentópolis. O rio Marrecas, no caso, é o divisor municipal.

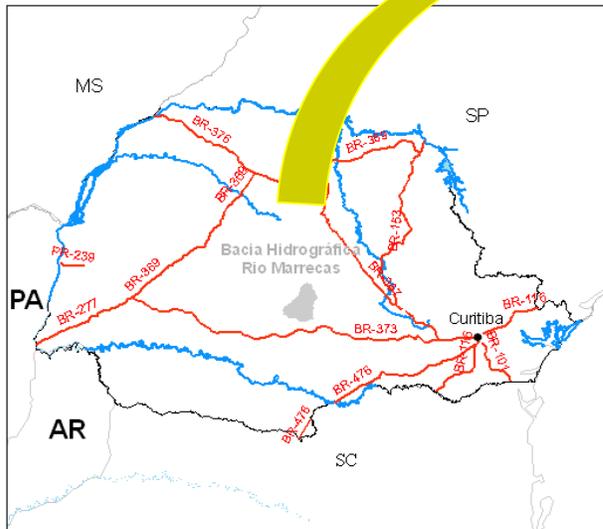
**Aspectos locacionais:**

- Latitude: 24 ° 55' 08"
- Longitude: 51 ° 24' 30"
- Bacia: Paraná 06
- Sub-Bacia: Ivaí 64
- Localizado nos municípios de Turvo e Prudentópolis - PR.

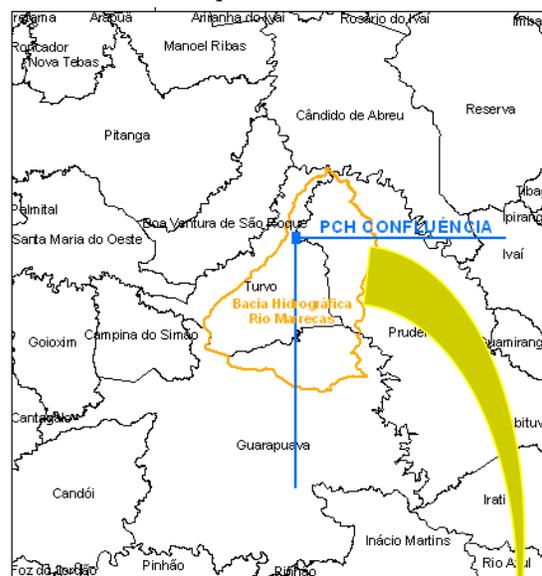
## CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

**Figura 1.1:** Localização e Acessos da PCH Confluência

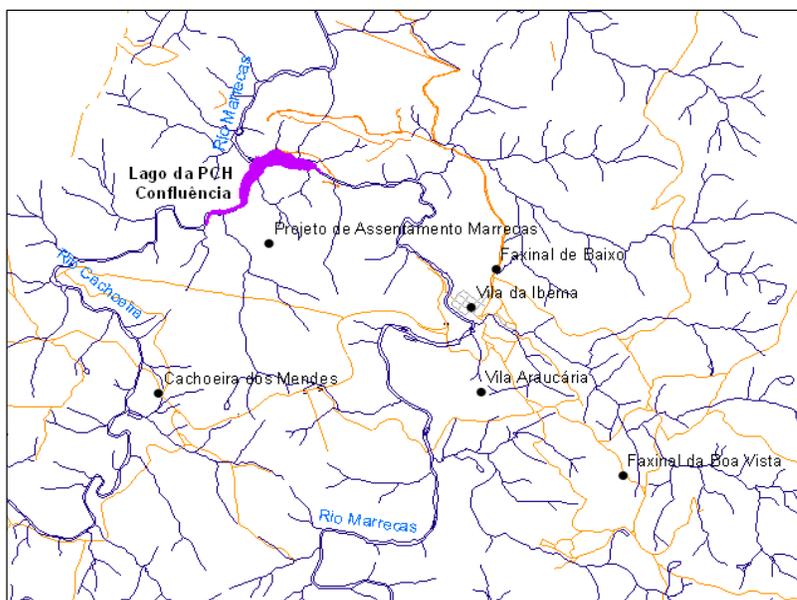
*No Estado do Paraná*



*Na Divisão Municipal do Estado do Paraná*



*PCH Confluência – Principais Acessos*



## **CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

### **1.4. Análise de Alternativas**

#### **1.4.1. Alternativas Tecnológicas**

O atual Plano Decenal de Expansão para o ciclo 2008-2017 apresenta a expansão da oferta de energia elétrica com predominância da exploração de recursos hídricos e prevê ainda um aumento da participação termelétrica.

Mesmo com um aumento da geração termelétrica, o potencial hidrelétrico ainda será o grande responsável pela geração de energia. Isto decorre da alta competitividade econômica do potencial hidrelétrico. Além disso, os reservatórios das hidrelétricas, dentro da ótica de usos múltiplos da água, possibilitam que tais empreendimentos sejam considerados inserção regional.

As restrições levantadas aos empreendimentos hidrelétricos são, de um modo geral, de ordem sócio-ambiental. Atualmente, contudo, o setor elétrico tem reorientado suas ações no sentido de consolidar e sistematizar o conhecimento nessa área, de avaliar e caracterizar os custos e benefícios sócio-ambientais, de intensificar e ampliar as ações mitigadoras e, por fim, de ampliar a participação da sociedade no processo de decisão de programas e projetos. Essas ações visam atenuar os aspectos negativos e ampliar os aspectos positivos dos empreendimentos, cabendo à sociedade como um todo a responsabilidade de estabelecer a medida de exploração desse potencial, a partir de uma perspectiva de desenvolvimento sustentado.

A opção pelas usinas hidrelétricas foi a trajetória tecnológica escolhida pelo País em razão da ampla disponibilidade de potenciais hidráulicos, a custos não excessivamente elevados e, sobretudo, em razão da falta de disponibilidade nacional de combustíveis fósseis.

Hoje, a participação hidrelétrica, fonte primária comum para a geração de energia elétrica no Brasil, alcança cerca de **90%**.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

A fim de atender ao crescente consumo de energia elétrica no país, principalmente no que se refere às regiões Sul e Sudeste, o governo brasileiro vem desenvolvendo uma política abrangente de planos e programas de investimento para o Setor Elétrico Brasileiro, visando inclusive diversificar a matriz energética do país.

Dentre esses programas, destaca-se o Programa Prioritário de Termelétricas, que tem por objetivo aumentar a oferta de energia no país, a partir da implementação de diversas usinas termelétricas em vários estados brasileiros. Esse programa pretende promover uma alteração da matriz energética brasileira aumentando a geração de energia de origem térmica nos próximos anos.

Essa nova concepção da matriz energética brasileira, principalmente com a utilização de gás natural, propicia condições de atendimento ao mercado a curto prazo e permite ganhos de confiabilidade e eficiência no sistema gerador de energia elétrica. Dessa forma, a participação do gás natural na matriz energética nacional deverá aumentar sensivelmente.

A alternativa hidrelétrica ainda é mais atrativa, tanto do ponto de vista técnico e econômico, como estratégico e ambiental. Isto, mesmo com o aumento previsto da participação termelétrica, cuja quantidade a ser adicionada ainda é marginal em relação ao potencial de desenvolvimento da hidreletricidade.

A expansão da geração termonuclear, por sua vez, está comprometida, uma vez que o planejamento oficial prevê apenas a implantação de Angra 3, dando a entender que esta deverá ser a última usina nuclear brasileira.

Quanto as Fontes Alternativas de Energia, a curto e médio prazo, o quadro que se apresenta é o de limitarem a ser uma alternativa suplementar e estratégica, que pode se tornar uma oportunidade de negócio que atraia os interesses da iniciativa privada.

É sabido que a experiência vivida pelos países desenvolvidos aponta para a necessidade de um meio de incentivo para tornar as Fontes Alternativas competitivas em relação às Fontes Convencionais. No Brasil em particular, este

### **CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

aspecto se reveste de maior gravidade pelo baixo custo da energia de origem hidráulica, hoje a maior parte amortizada, e pela incorporação de energia térmica com o uso de gás natural cujo preço, apesar de superior ao da energia de origem hidráulica, é bastante competitivo quando comparada às demais alternativas.

#### **1.4.2. Alternativas Locacionais**

Os critérios de dimensionamento para a seleção de alternativas locacionais para a PCH Confluência buscaram explorar todas as variantes cabíveis em termos de solução de traçado, aspectos hidráulicos e operacionais, frente ao conjunto de limitações naturais de ordem geotécnica, custos e dificuldades construtivas. O organograma orientativo ao estudo de alternativas.

Paralelamente, considerações quanto aos aspectos de meio ambiente, ao nível de dificuldade de execução e nível de incerteza também fizeram parte das avaliações. Assim, buscou-se a partir de uma alternativa básica, avaliar os prós e contras de outras soluções alternativas para cada eixo ou estrutura individualmente.

A queda bruta explorável do aproveitamento foi definida considerando que:

- Para jusante existe a viabilidade de implantação do aproveitamento UHE Ariranha no rio Ivaí cujo lago alcançaria a el. 480,00, apesar de esta ser uma consideração remota, devido ao grande alagamento e o fato do reservatório atingir áreas indígenas e a foz de vários rios importantes. A implantação deste aproveitamento **não afeta** de qualquer modo a divisão de quedas proposta no inventário e esta afirmação é válida para a PCH Confluência que possui cota de jusante na el. 529,72 bem acima do referido valor do lago, el. 480,00.
- O nível de jusante natural do rio está na el. 530,60 no prolongamento do eixo do conduto forçado até a margem. O canal de fuga projetado, escavado paralelamente ao curso d'água, permite o ganho de aproximadamente 1,0 m de queda em um trecho de 60,0 m. O nível de jusante no ponto exato de restituição está na el. 529,60. A conformação do terreno impede que se explore um desnível adicional para jusante, pois há uma curva e um paredão na margem direita, impossibilitando o avanço do circuito hidráulico.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

- Para montante existe a PCH Boa Vista II, em funcionamento, cuja cota de restituição se encontra na el. 641,50. Neste capítulo serão abordados em detalhe os estudos de remanso a partir do vertedor da PCH Confluência. O limite para não interferência do vertedor da PCH Confluência com a PCH Boa Vista II seria uma soleira vertente na el. 635,00.

Devido ao acima exposto o desnível máximo aproveitável, contido entre as elevações 635,00 (NA montante) e 529,60 (NA jusante) seria de 105,40 m. As discussões que serão apresentadas a seguir visam justificar as soluções adotadas em cada estrutura buscando aproveitar este desnível, de modo mais econômico e seguro.



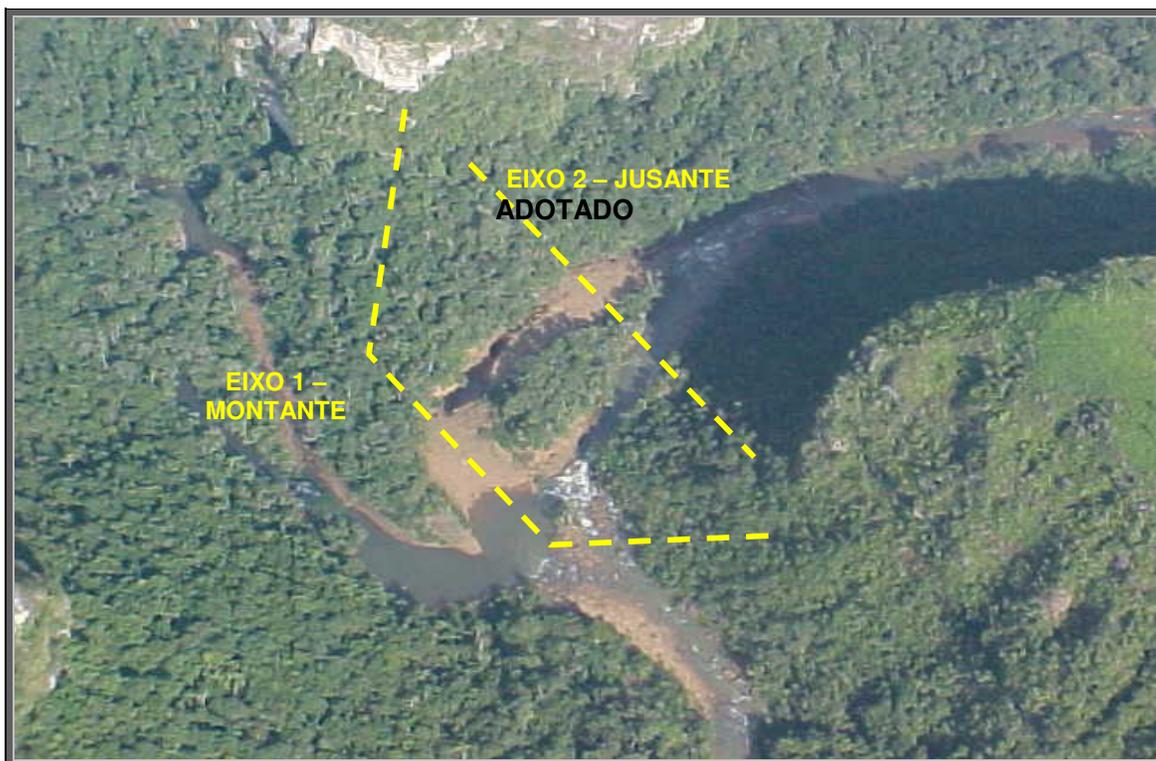


Quanto à solução de barramento para a PCH Confluência buscou-se um ponto de maior estricção do rio visando menor volume de barragem. Foram consideradas duas possibilidades de eixo, ambas levantadas topograficamente e posicionadas próximas ao local da confluência. Possíveis eixos mais para jusante não foram investigados, pois a tendência natural do terreno é uma declividade constante para jusante da ordem de 2%.

O **eixo 1** está posicionado mais a montante, no exato ponto de confluência do rio Cachoeira com o do rio Marrecas, com um traçado mais longo, porém as facilidades de desvio do rio seriam notáveis. O alinhamento deste eixo buscaria as ombreiras em arenito de forma ortogonal resultando em um eixo arqueado. O terreno apresenta-se entulhado de matações de porte variável com uma espessura média de 7 a 8 metros sobre o arenito, conforme resultado de sondagens.

O **eixo 2** situa-se cerca de 120 m a jusante do eixo 1 com alinhamento interceptado por uma ilha, aproveitada para os trabalhos de desvio do rio. O comprimento total do eixo 1 alcança cerca de 260 m contra apenas 170 m do eixo 2. O eixo de jusante possui cota de fundação de apenas 1,0 m inferior a alternativa de montante. Os encontros nas ombreiras em ambas as margens para os dois eixos terminam em paredão de arenito. O eixo 2 foi a posição adotada para a implantação da barragem. A figura 1.2 a seguir ilustra a posição dos eixos estudados e as características naturais do terreno.

**Figura 1.2:** Vista superior da posição dos eixos estudados para o barramento PCH Confluência.



### 1.5. Aspectos do Inventário Hidrelétrico

Encontram-se em operação duas usinas pertencentes a indústria brasileira de Papéis – IBEMA: uma no rio Marrecas (PCH Boa Vista – 1600 kW – 56m de queda) e outra no rio Cachoeira (PCH Januário de Nápoli – 2700 kW – 97 m de queda). As usinas são responsáveis pelo suprimento total das instalações da fábrica e vila de operadores, em regime isolado. Nos períodos de estiagem a IBEMA interliga quatro grupos diesel fornecendo uma potência térmica total de 3000 kW. A interligação da fábrica até a subestação da COPEL nas cidades de Guarapuava ou Pitanga demandaria a construção de uma linha de transmissão de aproximadamente 55 km, no primeiro caso e 47 km no segundo.

Foram efetuados pela Companhia Paranaense de Energia - COPEL investigações na região do rio Marrecas, como parte do trabalho Estudo do Potencial Remanescente do Estado do Paraná e também pelo catálogo de PCHs do Estado do Paraná.



Posteriormente foram identificados dois locais no rio Marrecas e um no rio Cachoeira e foram estudados a nível de pré-viabilidade no trabalho do Catálogo de PCHs da COPEL – Pinto, A A, 1995. Os aproveitamentos apresentavam bons indicativos de viabilidade e foram estudados pelo modelo FLASH – Feasibility Level Analysis of Small Hidropower – Santanna, R.F.

O modelo FLASH otimizava a potência instalada do aproveitamento em função de suas características físicas, hidrologia e cenários econômicos. Baseava-se na elaboração de orçamentos (curvas de custo) para diversas potências instaladas e análise dos benefícios oriundos da comercialização da energia, disponibilizando rapidamente resultados com bom nível de confiabilidade.

A análise energética destes estudos anteriores desconsiderou o desconto da vazão ambiental e foi feita através da integração da curva de permanência de vazões médias diárias obtida através de regionalização de vazões – Projeto HG 77, Regionalização de Vazões para o Estado do Paraná – Kruger e Kaviski.

Os três locais foram abordados de maneira independente, resultando naquela ocasião em aproveitamentos com as seguintes características:

**Tabela 1.1:** Aproveitamentos identificados no rio Marrecas – Estudos anteriores

Aproveitamento	Área bacia km <sup>2</sup>	Queda bruta m	Vazão turbinada m <sup>3</sup> /s	Potência Instalada MW
Marrecas Montante	450	165	11,26	15,2
Cachoeira	345	60	8,42	4,08
Marrecas/Cachoeira	800	60,0	20,13	9,87

Em 1995 a IBEMA iniciou o estudo de projeto básico da PCH Boa Vista II. Neste a queda detectada no estudo da COPEL – Marrecas Montante, seria encampada resultando em um único aproveitamento, desativando a PCH Boa Vista I. A nova usina aproveitaria a barragem e canal existente, prolongando o mesmo e descendo com um conduto forçado até a posição prevista da casa de força da PCH Marrecas Montante. O desnível total do projeto resultou 208m de queda.

O projeto aprovado junto ao DNAEE processo MME nº 48.100.002.253/95-32, para uso exclusivo de autoprodutor no sistema isolado, apresentava uma potência



instalada de 5500 kW. Como o setor papelero atravessou forte crise no período de 1996 a 1999, o projeto não foi implantado e apenas PCH Boa Vista I continuou em operação.

Visando atender o crescimento da demanda interna e também garantir suprimento para a expansão da fábrica, a IBEMA retomou o empreendimento, elaborando um projeto Básico para o mesmo local com potência prevista de 8000 kW (Rischbieter Engenharia set/2000), atualmente em fase de aprovação pela ANEEL. O projeto apresenta potência instalada inicial de 8000 kW, sendo que seu circuito adutor está dimensionado para 12000 kW – ampliação em paralelo, sem paradas, podendo chegar a 16000 kW caso o canal seja revestido – ampliação com parada longa.

Com relação às interferências entre os rios Marrecas e Ivaí, o nível de água em sua Foz no rio Ivaí está na el. 461,3.

O reservatório da UH Ariranha, segundo informações prestadas pela empresa COPEL, estará situado na cota 480,00, atingindo parte do vale do rio Marrecas. Neste trecho, entretanto, não foi detectado nenhum aproveitamento hidrelétrico pois, além das margens serem muito planas e o rio apresentar baixa declividade natural, não ocorrem desníveis concentrados, impossibilitando a viabilização de aproveitamentos.

Acima da área da reserva indígena Marrecas o rio ainda apresenta alguns desníveis. Entretanto, a pequena área de drenagem limita a potência a instalar, motivo pelo qual não foi contemplado este trecho.

#### **1.5.1. Partição de quedas**

Dentro das limitações e critérios acima expostos o presente estudo de partição de quedas identificou inicialmente oito aproveitamentos, todos com potência inferior a 10 MW, a exceção da PCH BOA VISTA II que apresenta potencial de 16 MW para sistema interligado. Posteriormente em uma revisão a proposta final passou para sete aproveitamentos, com significativas vantagens construtivas, além de uma otimização energética. Os aproveitamentos estão distribuídos nos cursos d'água como descrito no Quadro Resumo.



De uma maneira geral o rio Marrecas pode ser dividido em quatro segmentos quanto à possibilidade de aproveitamento hidroenergético:

- PCH MARRECAS km 23;
- PCH CONFLUÊNCIA km 33;
- PCH BOA VISTA II km 40 (em fase final de construção);
- PCH CABECEIRA km 52;

Na proposta final do estudo de inventário o aproveitamento PCH Confluência substitui outras duas usinas a PCH Paredão e PCH Costaneira.

### **1.5.2. Aproveitamentos Identificados no Rio Marrecas**

#### **- PCH Marrecas km 23**

A PCH Marrecas (figura 1.3) é o último aproveitamento identificado no rio Marrecas, drenando uma área de 873 km<sup>2</sup> sendo que a vazão média de longo termo neste eixo é de 19,5 m<sup>3</sup>/s. Seu arranjo geral prevê um barramento logo no topo de uma corredeira, com altura máxima sobre fundações de 18 m, formando um lago com área aproximada de 20 ha.

O barramento pode ser todo em concreto ou apenas o trecho central de soleira vertente em concreto, com ombreiras em argila compactada. Devem ser confirmadas as condições de fundação e desvio do rio, haja vista no local da obra ser dominante a formação rio do rastro e não tendo sido verificado nenhum afloramento expressivo. O vale do rio no eixo é ligeiramente espraiado, resultando em uma extensão total de barragem de 120 m.

O nível de montante do aproveitamento mimosa encontra-se na el. 525,00. O circuito adutor previsto na margem esquerda inicia em tomada d'água em concreto seguida por conduto ou túnel de baixa pressão e chaminé de equilíbrio.

O conduto adutor de baixa pressão fica apoiado em corte na encosta, seguindo por 300 m sendo previsto apenas um bloco de ancoragem intermediário. A chaminé de equilíbrio, com base na el. 520,00, faz a conexão entre o conduto de baixa pressão e



o conduto forçado. Aparentemente a encosta apresenta boas condições de ancoragem dos blocos do conduto com alguns afloramentos de matacões rolados.

O local previsto da casa de força está junto à margem esquerda do rio restituindo água ao curso natural na el. 500,00.

Este aproveitamento não será atingido futuramente pelo reservatório da UHE Ariranha (el. 480,00 segundo informações do inventário do rio Ivaí - em revisão COPEL). Prevê-se prevendo neste inventário o posicionamento da casa de máquinas respeitando o limite natural do pé das corredeiras do trecho. O desnível total bruto desta usina é de 25,0 m.

Na casa de força estão previstas duas turbinas, com engolimento total de 22,85 m<sup>3</sup>/s, integralizando uma potência instalada de 4,70 MW. Os estudos energéticos demonstraram que a geração média anual desta usina é de 24790 MWh/ano, com um fator de capacidade médio de 0,60.

A extensão total de linha de transmissão até a subestação da COPEL em Pitanga é de 50km. Recomenda-se neste caso empregar-se uma tensão de transmissão de 34,5kV.

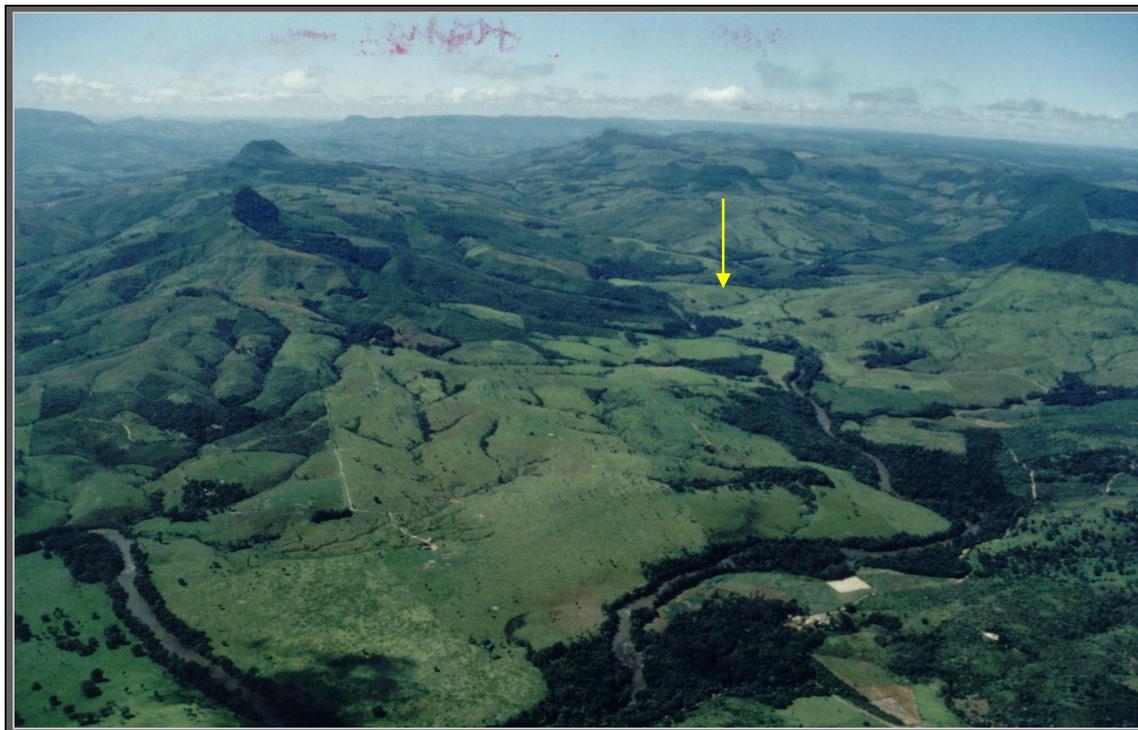

**QUADRO RESUMO DOS APROVEITAMENTOS IDENTIFICADOS NA DIVISÃO DE QUEDAS RIO MARRECA E AFLUENTES**

RIO	ÁREA	NÍVEL	NÍVEL	QUEDA	ALTURA	ADUÇÃO	PERDA DE	TURBINA	ÁREA	VAZÃO	VAZÃO	VAZÃO	POTÊNCIA
	BACIA	MONTANTE	JUSANTE	BRUTA	MAXIMA		CARGA		ALAGADA	MÉDIA	AMBIENTAL	TURBINADA	INSTALADA
					BARRAGEM				(preliminar)		50%Q10,7		
	km <sup>2</sup>	NAM	NAJ	m	m		% Hb	tipo	h a	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	MW
<b>RIO MARRECA</b>	<b>894</b>												
PCH MARRECA km 23	830	525,0	500,0	25,0	18,0	200m de túnel, chaminé , conduto forçado, casa de força na margem esquerda	4,00%	KAPLAN TUBULAR	20	19,5	0,53	22,85	4,70
PCH CONFLUÊNCIA km 33	822	635,0	529,6	105,4	24,0	tomada de água, túnel em arenito 950m, chaminé de equilíbrio e 180m de conduto	3,50%	FRANCIS ROTOR SIMPLES	24	19,3	0,53	22,67	19,50
PCH BOA VISTA II (Existente em operação) km40	459	849,5	641,5	208,0	3,0	1400+1800m canal, câmara de carga,430m conduto forçado, canal de fuga 30m	4,00%	FRANCIS ROTOR SIMPLES	1,2	10,6	0,29	4,89 ATUAL 10,19 FUTURA	8 ATUAL 16,19 FUTURA
PCH CABECEIRA km 52	402	871,0	856,0	15,0	4,0	tomada de água, canal pela margem esquerda 70m conduto forçado 40m	3,00%	KAPLAN TUBULAR	5	9,4	0,26	11,03	1,36
<b>SUB TOTAL</b>				<b>353,4</b>					<b>50,2</b>				<b>41,56</b>
<b>RIO CACHOEIRA</b>	<b>345</b>												
PCH PAREDINHA km 1	342	700,0	645,0	55,0	7,0	350m conduto baixa pressão , 300m de túnel, conduto forçado com 120m	4,00%	FRANCIS ROTOR SIMPLES	2	8,0	0,22	9,38	4,20
PCH JANUÁRIO DE NÁPOLI (Em operação) km3	340	802,0	705,0	97,0	3,0	conduto de baixa pressão pela margem direita, conduto forçado vertical	5,00%	FRANCIS ROTOR SIMPLES	2	8,0	0,29	3,31 ATUAL 9,25 FUTURA	2,7 ATUAL 7,6 FUTURA
PCH SALTO DA PONTE km6	332	825,0	807,0	18,0	6,0	tomada de água na margem esquerda, cond. forçado com 70m, canal de fuga curto	3,00%	KAPLAN TUBULAR "S"	10	7,80	0,21	9,12	1,35
<b>SUB TOTAL</b>				<b>170,0</b>					<b>14,0</b>				<b>13,2</b>
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>523,4</b>					<b>64,2</b>				<b>54,7</b>

Autor e responsável - eng. Alberto de Andrade Pinto

\* CONSIDERANDO AS USINAS JÁ EXISTENTES MOTORIZADAS AO FATOR DE CAPACIDADE DE 0,8

**Figura 1.3:** Vista aérea do aproveitamento PCH Confluência. Para jusante o rio já não apresenta desníveis concentrados.



**- PCH Confluência km 33 - Alternativa em substituição à PCH Paredão e PCH Costaneira.**

A PCH Confluência km 33 está posicionada exatamente na confluência dos rios Marrecas e Cachoeira a montante de uma forte corredeira, sendo seu desnível total bruto de 105,40 m provido em parte pela barragem com 24 m de altura o restante pelas quedas naturais (Figura 1.4). A área de contribuição da bacia é de 822 km<sup>2</sup> sendo que a vazão média de longo termo neste eixo é de 19,30 m<sup>3</sup>/s.

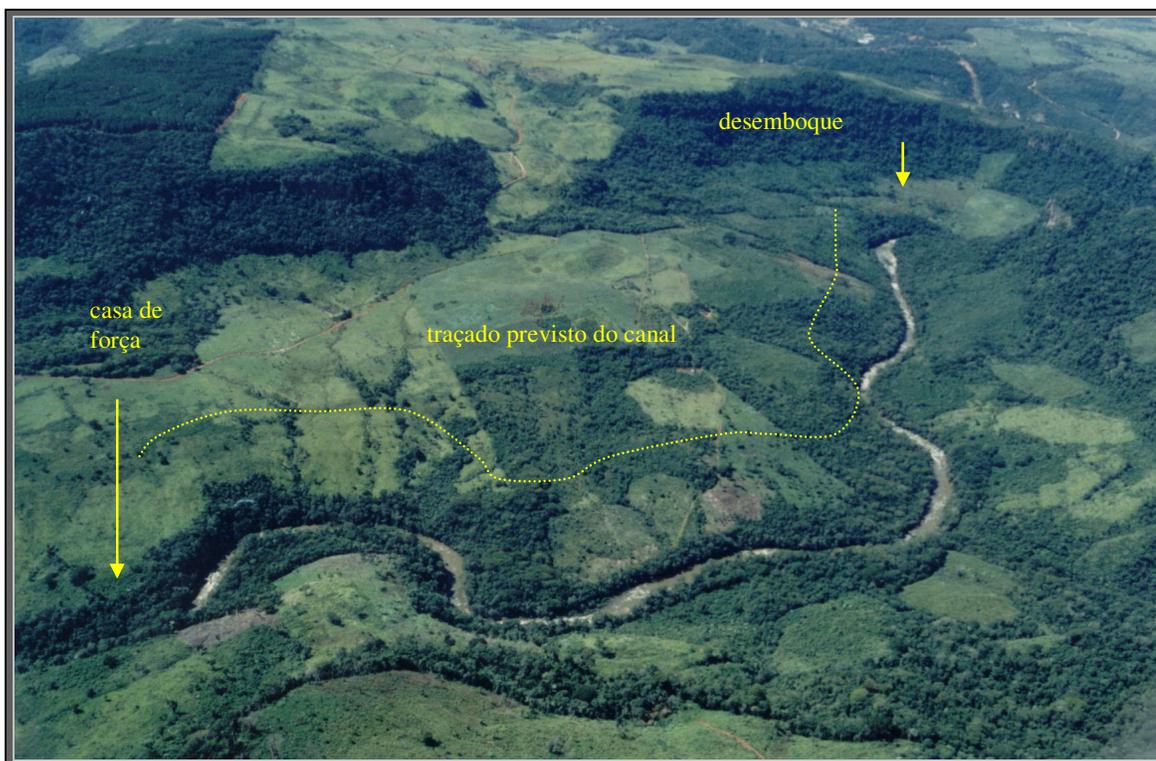
O lago formado pela PCH Confluência tem nível de montante na el. 635,00, restando uma folga de cerca de 5,0 m até o canal de fuga da usina de montante (PCH Boa Vista II – recém implantada).

Como observação, a cota de proteção da casa de força da PCH Boa Vista II é a el. 647,00, até a qual a casa se mantém estanque, segundo dados do projeto executivo da Rischbieter Engenharia.

A área aproximada do lago é de 24 ha. O local apresenta condições para implantação de barramento, entretanto espera-se encontrar camadas espessas de matações e areia fina sobre o arenito, o que dificultará as obras de desvio e a execução da fundação da barragem.

Por se tratar de um cânion (Figura 1.5 e 1.6), que justamente nesta seção sofre uma contração formando uma garganta, a tendência é o acúmulo deste material rolado, proveniente das camadas superiores da bacia na área onde predomina o Basalto.

**Figura 1.4:** Vista aérea do aproveitamento PCH Confluência. Adução em canal pela margem direita.



**Figura 1.5:** Vista do cânion formado na confluência dos rios Marrecas – esquerda e Cachoeira – direita. Destaque para o espesso depósito de material rolado, de difícil remoção.



O circuito adutor previsto na margem direita inicia em tomada d'água em concreto, da qual parte diretamente o túnel de baixa pressão com extensão aproximada de 950 m no arenito desembocando em um canal adutor. O canal deve ser integralmente revestido em concreto armado evitando problemas de desestabilização de encosta. Ao final do canal estará posicionada uma câmara de carga como estrutura de transição para o duto forçado. O conduto forçado tem comprimento previsto de 300 m, levando a água até a casa de força, locada encostada na própria margem, abrigando duas turbinas tipo Francis simples horizontal. A restituição ao curso natural ocorre na el. 529,60.

Os estudos energéticos apontaram uma potência é instalada de 19,5 MW para o local, correspondendo a uma geração média anual de 102.755 MWh/ano e um fator de capacidade de 0,60.

A alternativa de interligação deste potencial deve visar a subestação da COPEL em Pitanga. Há possibilidade de construção e compartilhamento conjunto de um ramal único de interligação visando desenvolver os potenciais vizinhos. Recomenda-se neste caso empregar-se uma tensão de transmissão de 34,5 kV ou mesmo 138 kV.

**Figura 1.6:** Vista aérea de jusante do cânion formado na confluência. Destaque para o local do desemboque e arranque do canal.



#### - PCH Boa Vista II km 40.

O arranjo da PCH Boa Vista II km 40, em execução, aproveita um trecho de altíssima queda natural no rio Marrecas, porém já a montante da foz de seu principal afluente, o rio Cachoeira.

O arranjo final surgiu do aproveitamento das instalações da usina Boa Vista I, pertencente a IBEMA, que deve ser mantida em paralelo para o caso de manutenção da nova PCH.

A área de contribuição da bacia é de 459 km<sup>2</sup> sendo que a vazão média de longo termo neste eixo é de 8,5 m<sup>3</sup>/s.

O lago formado pela pequena barragem tem nível de montante na el. 849,50 (852,5 – tabuleiro da ponte) e área aproximada de 1,2 ha.

A captação está posicionada na margem esquerda, sendo a adução em canal seção retangular revestido em alvenaria de pedras em uma extensão aproximada de 1400 m.



O novo canal a ser construído deverá ser sem revestimento conforme foi encontrada argila de boa qualidade ao longo de seu traçado de 1800 m.

Sua capacidade de transporte é de 7,23 m<sup>3</sup>/s na condição atual sem revestimento, podendo chegar a 10,0m<sup>3</sup>/s com o revestimento das paredes em concreto desempenado manualmente.

A vazão turbinada em uma primeira etapa é de 4,82 m<sup>3</sup>/s – para a potência Instalada de 8,0 MW.

A casa de força abriga duas turbinas tipo Francis rotor simples, com eixo horizontal e acoplamento ao gerador através do volante de inércia A potência final prevista no dimensionamento do circuito hidráulico é de 16,0 MW correspondendo a uma geração anual de energia de 96272 MWh/ano e um fator de capacidade de 0,60. O objetivo de se estudar os aproveitamentos já ocupados pela Ibema é apenas fornecer dados do potencial nas condições isoladas (atual) e interligados visando balizar futuras decisões da empresa.

Sem paradas longas para intervenção no canal adutor poderiam ser instalados até 12,0 MW.

A potência atual em instalação é de 8,0 MW correspondendo a uma geração anual de energia de 61145 MWh/ano e um fator de capacidade de 0,87. Esta motorização atende às necessidades de energia previstas na ampliação da atual fábrica de papel da IBEMA, na condição de autoprodutor isolado.

Há possibilidade de construção e compartilhamento conjunto de um ramal único de interligação visando desenvolver os potenciais vizinhos. Recomenda-se neste caso empregar-se uma tensão de transmissão de 69 kV. No sistema de distribuição local não há esta tensão de interligação obrigando a se adotar uma tensão superior de 138 kV.

#### **- PCH Cabeceira km 52.**

A PCH Cabeceira km 52 está posicionada logo a jusante da reserva indígena Marrecas dos índios Kaingang, aproveitando uma cachoeira concentrada (Figura 1.7).



Seu arranjo geral é bastante simples, constando basicamente de uma barragem de 4,0 m de altura, suficiente para criar as condições ideais de captação.

O lago a ser formado encontra-se na el. 871,00 e possui área estimada em 5,0 ha. O circuito hidráulico inicia em tomada de água, canal pela encosta, câmara de carga e conduto forçado, sendo seu desnível total bruto de 15 m provido em parte pela barragem com 4 m de altura e em parte pelas quedas naturais.

A área de contribuição da bacia é de 402 km<sup>2</sup> sendo que a vazão média de longo termo neste eixo é de 9,4 m<sup>3</sup>/s.

A casa de força fica locada encaixada na margem, abrigando duas turbinas tipo tubular rotor kaplan eixo vertical e acoplados ao gerador através de multiplicador de velocidade. A restituição ao curso natural ocorre na el. 856,00.

Os estudos energéticos apontaram uma potência instalada de 1,36 MW para o local, garantidos pelo engolimento de 11,03 m<sup>3</sup>/s, correspondendo a uma geração média anual de 7183 MWh/ano e um fator de capacidade de 0,60.

**Figura 1.7:** Vista aérea do local da PCH Cabeceira. Aproveitamento de um desnível concentrado e corredeiras agregadas.



A alternativa de interligação deste potencial torna-se mais crítica devido a grande distância envolvida, relativamente a potência da usina. O ponto de interligação seria a subestação da COPEL em Pitanga.

## **1.6. Caracterização Técnica do Projeto**

### **1.6.1. Dados Gerais**

O aproveitamento hidrelétrico PCH Confluência está localizado no rio Marrecas (sub-bacia 64), afluente direto do rio Ivaí (bacia 06), região central do estado do Paraná, tendo a sua margem esquerda o município de Turvo e a margem direita o município de Prudentópolis. Possui uma área de drenagem de 822 km<sup>2</sup>.



### 1.6.2. Reservatório

Devido aos fatores limitantes de afogamento da PCH Boa Vista II existente para montante, bem como o fator custo total do barramento, adotou-se como altura máxima à cota 635,00.

Neste nível é formado um lago com espelho d'água de 24 ha, ainda rodeado por uma faixa de proteção permanente proposta de 18,15 ha. A calha natural do rio representa 8,7 ha destes 24 ha.

As características do reservatório foram bem avaliadas quanto aos aspectos de depleção ótima, tempo de esvaziamento e permanência em regime de ponta, tempo de enchimento e assoreamento, entre outros. Os aspectos citados são abordados em detalhes no capítulo 4 – Estudos Hidrológicos.

O lago deverá tomar um tempo de enchimento estimado em 60 horas ou 2,5 dias para uma condição de afluência igual a vazão 60% de permanência, no caso 9,3 m<sup>3</sup>/s. Para uma afluência desfavorável poderia-se tomar 4 dias.

Recomenda-se evitar um enchimento demasiadamente rápido de modo a prejudicar a migração das espécies terrestres para faixas mais altas a salvo do futuro lago.

Nesse sentido o tempo de enchimento pode ser controlado, em caso de afluência alta, através da abertura da comporta.

Quanto ao tempo de residência da água no reservatório podemos afirmar que a renovação de seu volume total de 1,558x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> deve ocorrer em 22 horas em regime normal (vazão média Q<sub>mlt</sub>).

Este tempo relativamente curto acena para uma operação praticamente a fio d'água onde um pequeno volume deve ser garantido para operação plena da usina durante o horário de ponta. O armazenamento será garantido através de uma depleção unitária do reservatório, fornecendo um volume útil de 232.000 m<sup>3</sup>.



Este volume útil será o suficiente para manter a PCH Confluência funcionando por 3,3 horas em regime de ponta, turbinando 22,8 m<sup>3</sup>/s, em um cenário que considera a vazão afluente como a Q90% 3,28 m<sup>3</sup>/s.

Depleções maiores não agregariam benefícios significativos, mas apenas custos adicionais no circuito hidráulico, lembrando que existe um canal adutor com 3460 m e o mesmo sofre impacto direto de custo frente à depleção adotada, aprofundando toda a caixa do canal.

A figura 1.8 apresenta uma vista futura de jusante do barramento e reservatório.

**Figura 1.8:** Vista de jusante, em uma concepção artística.



### 1.6.3. Barragem

No local previsto para barragem ocorrem arenito fino e siltito arenoso em profundidade, de cor cinza clara, friáveis até as profundidades perfuradas (20 m). Estas rochas são pertencentes à Formação Pirambóia. Acima destas rochas ocorrem espessas cobertura de blocos e matacões de basalto (os quais podem ultrapassar de 5 m de diâmetro), rolados do platô basáltico que cobre os peraus.

É importante salientar que a baixa recuperação dos arenitos na sondagem rotativa se deu não somente devido a friabilidade da rocha, mas também pelo diâmetro da perfuração, que deveria ter sido maior (NW e HW).

A espessura do tálus ultrapassa os 10 m, no caso dos furos 02 e 05, mas nos demais furos, obtiveram-se uma média de 7 m. A interpretação dos resultados da



sondagem rotativa permite inferir que existe uma cobertura regular de material rolado com espessura média de 7,5 m.

A ombreira esquerda será mais íngreme que a direita, com o perau arenito-basáltico bem próximo do rio. Logo a jusante do eixo da barragem há grande quantidade de blocos no leito do rio.

#### **1.6.4. Desvio do Rio**

O desvio do rio Marrecas deverá ocorrer em duas fases através de ensecadeiras de argila e rocha. A vazão de desvio considerada é a de 2 anos de recorrência correspondendo a 161,30 m<sup>3</sup>/s. A existência de uma ilha no centro do vale do rio junto ao eixo da barragem deve facilitar os trabalhos de desvio.

Na primeira fase será construída uma ensecadeira pela cota 621,50 m, partindo da margem direita, montante, em direção a ilha. Uma vez enlaçada a margem direita, é possível a construção do bloco do vertedor inclusive com as estruturas de desvio adufas/galerias de desvio. Na área ensecada serão realizadas as escavações visando expor a fundação arenítica, tanto na barragem como na piscina de dissipação do vertedor. O material escavado, constituído boa parte por matacões de origem basáltica em estado são (seixos rolados), deverá ser empregado no corpo da barragem de enrocamento. Para tanto o material escavado deve ser estocado no pátio da ilha existente.

A segunda fase de desvio do rio iniciará com a construção de uma ensecadeira transversal a partir da margem esquerda na el. 620,50, em direção ao muro ala de encontro entre o vertedor e a barragem.

Com esta operação ficará liberada a margem esquerda para as escavações necessárias a vedação do plinto. O cordão da ensecadeira de primeira fase será removido à medida que se avance a ensecadeira de segunda fase, com lançamento em ponta de aterro em um nível inicial mais baixo permitindo a compactação e garantindo a vedação do material argiloso. A ensecadeira de segunda fase será incorporada parcialmente ao corpo da barragem.



Um cordão menor de ensecadeira também será lançado por jusante, impedindo o retorno de água.

A plataforma da ensecadeira será de 4,00 m, suficiente para se trabalhar com uma escavadeira e caminhões basculantes. A mesma será construída de argila compactada com enrocamento de pedra lançada do lado que será solicitado à ação hidrodinâmica da água. A inclinação do talude no lado molhado está prevista ser de 1,SH:1,OV.

Os materiais para construção da ensecadeira serão provenientes das próprias escavações para implantação das ombreiras. Em caso de haver falta de material, caixas de empréstimos poderão ser executadas, nas proximidades.

O fechamento final das adufas de desvio ocorrerá quando já estiver sido executado o barramento e túnel adutor, inclusive as estruturas de tomada de água. Para tanto serão baixados os painéis stop logs de concreto pré-moldado e serão concretados os nichos das adufas, ficando a passagem do rio Marrecas limitada apenas a descarga de fundo e ao vertedor. Ao final da obra será baixada a comporta de desvio e ocorrerá o enchimento do reservatório.

### 1.6.5. Vertedouro

<b>BARRAGEM E VERTEDOURO</b>	
Tipo de arranjo	Misto – enrocamento com face de concreto – vertedouro em concreto ciclópico
Ombreira esquerda	Barragem em enrocamento com face de concreto
Volume de enrocamento compactado	37.985 m <sup>3</sup>
Volume de escavação de matacões (barragem e vertedouro)	36.722 m <sup>3</sup>
Paramentos da face	Montante 1,3 H: 1 V Jusante 1,3 H: 1 V
Comprimento total da crista do vertedouro	80,00 m
Altura do bloco vertedouro máxima	28 m
Costa da crista do vertedouro	635,00 m
Vazão milenar TR1000 (Gumbel)	933,53 m <sup>3</sup> /s
PCH CONFLUÊNCIA	
EPIA - Estudo Prévio de Impactos Ambientais	



Vazão máxima do vertedouro central (Ultimate Capacity)	1607,0 m <sup>3</sup> /s
Dispositivo de manutenção da vazão sanitária	Abertura permanente do orifício desarenador da comporta
Vazão sanitária (SUDERHSA) 50% Q	0,53 m <sup>3</sup> /s
Fechamento adufa	Pranchões stop logs pré-moldados em concreto e posterior concretagem.

**Fonte:** PINTO, 2002.

### 1.6.6. 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 Confluência as variantes não escapam do trecho inicial em túnel. O circuito hidráulico da PCH Confluência será executada em arenito, com túnel mais um trecho de canal adutor até a câmara de carga e desta partindo em conduto forçado único até a casa de força. (Figura 1.9).

Todos os projetos estão cobertos por base topográfica conferida e devidamente nivelada e amarrada ao referencial oficial. A especificação da topografia ora levantada visou atingir os requisitos de precisão para a próxima fase – projeto executivo.

Após o túnel transpondo a encosta, a topografia é favorável ao traçado de um canal adutor. O mesmo foi lançado considerando o traçado o mais retilíneo possível com curvas de concordância de raio 20,0 m.

**Figura 1.9:** Trecho de jusante do circuito hidráulico – canal.



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 22,83 m<sup>3</sup>/s, tendo sido encontrada uma perda total de 3,68 m de queda, o que resulta uma queda disponível na turbina de 101,86 m.

#### **1.6.6.1. Túnel**

Para o túnel adutor de baixa pressão buscou-se um traçado que facilitasse as escavações de emboque e desemboque, motivo que determinou seu alinhamento ortogonal ao maciço, forçando a um aumento no comprimento do canal adutor.

O túnel terá um comprimento total de 872 m sendo prevista uma seção arco-retângulo revestida em concreto convencional nas laterais e será projetado nas abóbadas. O diâmetro necessário à vazão turbinada, com uma velocidade limite de 1,1 m/s em seu interior, será de 4,80 m.

O método construtivo pode ser o tradicional com perfuração e desmonte por explosivos ou ainda via desbaste contínuo por aparelhos dotados de castanhas girantes e bits de corte, sendo nesta última hipótese resultante uma seção circular. Nestes casos o revestimento pode ser feito com o emprego de placas semicirculares pré-moldadas em concreto armado, encaixadas.

O orçamento considera o método convencional mas a segunda opção está sendo sondada, principalmente pelo comportamento do material arenito da formação pirambóia, permitindo o corte ser esculpido com rompedores sem maiores



resistências. Uma discussão mais profunda do método construtivo pode ser apreciada no capítulo 3.1.3 – Geologia.

O emboque se dará em paredão exposto vertical enquanto que o desemboque estará encoberto, necessitando ou de um falso túnel ou de escavações pesadas com 3 bermas de estabilização para se expor o pé do paredão de desemboque.

A declividade transversal adotada é de 0,0004 m/m. Ao final do túnel encontra-se a soleira do canal adutor – seção inicial.

#### **1.6.6.2. Canal Adutor**

O traçado do canal adutor com 3460m de extensão, deve encontrar uma fundação estável em sua grande maioria, livre de problemas de escorregamento típicos em encostas acentuadas.

O material a ser cortado, segundo sondagens efetuadas, é o solo coluvial com grande quantidade de matacões, bem drenado e profundo. Próximo as sangas e drenagens a diretriz do canal deve deixar o corte e migrar para o aterro, com bueiros de passagem devidamente compactados.

A seção adotada foi do tipo retangular, revestida, acompanhando a declividade da superfície d'água. Em nível estático a superfície molhada extravasaria da caixa retangular. Para tanto foram consideradas bermas em concreto desempenado.

O raio hidráulico resultante foi de 1,56 m e o coeficiente de rigosidade adotado,  $n$  de manning foi de 0,0233, um pouco elevado, por segurança.

O canal adutor foi dimensionado para uma velocidade máxima de 1,16 m/s sem depleção e atingindo um pico de 1,52 m/s quando o reservatório for deplecionado em 1,0 m, ambas as referências são válidas para o engolimento nominal de 22,83 m<sup>3</sup>/s.

Paralelamente ao canal adutor, por sua margem esquerda, está prevista a construção de uma estrada de manutenção, consolidando o material de corte disposto lateralmente. Esta estrada será acessada através de uma ponte localizada



próximo a câmara de carga e outra próxima a estaca 1200 m. Estas pontes são necessárias também para prover acesso aos terrenos beira rio.

### **1.6.6.3. Câmara de Carga e Conduto Forçado**

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

Nesta estrutura estão posicionadas as grades finas e o equipamento limpa grades automático. As grades 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 e, em outro extremo, amortecer a onda de fluxo resultante de uma rejeição de carga (parada súbita). Ainda a câmara de carga é dotada de comporta de fechamento automatizada para paradas e manutenção do conduto e máquinas.

No caso da PCH Confluência as grades foram dimensionadas para uma velocidade limite de 0,70 m/s, a partir da qual a atuação do limpa grades passa a ser prejudicada e as perdas de carga elevadas. A tomada de água propriamente dita foi verificada quanto a submersão mínima. Variações bruscas de carga nas turbinas não seriam suportadas pela câmara de carga, em vista do circuito hidráulico bastante longo e com um tempo de resposta igualmente demorado. Assim as operações de partida, parada e redução de carga devem ser feitas coordenando-se o circuito hidráulico como um todo.

A cota de operação do piso das comportas situa-se na el. 636,50, enquanto que a soleira inferior do desarenador encontra-se na el. 625,00. A largura da câmara é a mesma do canal adutor, 5,0 m.



#### **1.6.6.4. Canal de fuga**

O Canal de fuga da PCH Confluência está orientado em direção paralela ao curso d'água do rio Marrecas e possibilita o ganho de 1,0m de queda bruta. O nível d'água na seção do encontro do canal com o curso d'água se encontra na el. 629,60, enquanto que no prolongamento do alinhamento do conduto forçado o nível d'água está na el 630,70. A perda de carga ao longo dos 60m do canal de fuga foi calculada em 12 cm.

O canal está previsto em seção trapezoidal com base de 8,0 m, apoiada diretamente na rocha siltito. A necessidade de revestimento deve ser confirmada *in loco*, quando da abertura do mesmo. A totalidade do material escavado deve ser depositada lateralmente formando um dique defletor entre o canal de fuga e rio.

#### **1.6.7. Casa de Força**

A casa de força está localizada sobre terraços aluvionares e cobertura coluvionar. Abaixo das areias de origem aluvionar, foi encontrada camada de mais de 3 m de colúvio composto por seixos de basalto em meio à areia. A rocha firme foi encontrada em 5,87 m de profundidade, tratando-se de siltito pouco alterado, seguido de arenito em 7,65 m.

A geometria do conjunto conduto - casa de força e canal de fuga, perfazendo um ângulo reto, pode ser assentada diretamente sobre o siltito. As cargas de ancoragem dos esforços estáticos e dinâmicos, não são elevadas, podendo ser transmitidas às fundações diretas. Ainda serão necessários atirantamentos visando anular o efeito de flutuação do conjunto em caso de enchente.

Os tirantes protendidos podem ser substituídos por emprego de um volume maior de concreto na sapata de base da casa. A solução em tirantes geralmente apresenta-se mais econômica e rápida.

O canal de fuga será rasgado paralelamente ao rio, possibilitando o ganho de aproximadamente 1,0 m de queda. Sua escavação será feita sobre o mesmo material de colúvio. Estão previstos muros laterais em concreto para contenção dos



taludes e a avaliação da necessidade de revestimento ocorrerá quando da sua abertura, podendo se visualizar o material exposto.

### 1.6.8. Equipamentos Eletromecânicos

Os equipamentos eletromecânicos estão dispostos na tabela 1.2 a 1.5.

**Tabela 1.2. PONTE ROLANTE, COM TROLEY MECÂNICO E TALHA ELÉTRICA**

Capacidade do guincho	42,00 t
-----------------------	---------

**Fonte:** PINTO, 2002.

**Tabela 1.3. TURBINAS FRANCIS EIXO HORIZONTAL ROTOR DUPLO**

Potência unitária	10.928 kW
Número de unidades	02 (sendo que será instalada uma unidade inicialmente)
Engolimento da unidade	11,44m³/s
Queda líquida nominal	101,84 m
Rotação	600 rpm
Regulador de velocidade	Eletrônico acionamento hidráulico
Diâmetro do rotor duplo	950 mm
Tipo	Francis rotor duplo
Posição do eixo	Horizontal

**Fonte:** PINTO, 2002.

**Tabela 1.4. VÁLVULAS BORBOLETA**

Número de unidades	02 unidades
Diâmetro da válvula	1800 mm
Pressão máxima com golpe de aríete	130,0 mca

**Fonte:** PINTO, 2002.

**Tabela 1.5. GERADOR**

Tipo de gerador	Brushless
Potência unitária	13.000 kVA
Tensão nominal	13,8 kV
Rotação	600 rpm

**Fonte:** PINTO, 2002.



### 1.6.9. Subestação e Interligação

**Tabela 1.6. SUBESTAÇÃO ELEVADORA**

Potência total	13.300 kWA
Tensão inferior	13,8 kV
Tensão superior	34,5 kV $\pm$ 2,5%

**Fonte:** PINTO, 2002.

#### 1.6.9.1. Arranjo, Aspectos Cíveis e Elétricos

A subestação deve se localizar próximo a casa de força, logo atrás da sala de comando em um pátio na el. 537,00.

Serão empregados dois transformadores com tensões primárias de 13,8 kV e secundária de 34,5 kV. As canaletas de cablagem partem diretamente da sala de comando para a subestação através de eletrocalhas aéreas.

A subestação deve ser protegida por cerca de tela padrão e piso de brita.

Da subestação parte a linha de transmissão para o ponto de interligação.

#### 1.6.9.2. Ponto de interligação

Segundo consulta ao concessionário local COPEL os possíveis pontos de interligação serão na subestação Nova Carli – Guarapuava ou na Subestação Pitanga (Figura 1.10). O menor trajeto será via Pitanga.

**Figura 1.10:** Vista aérea da subestação da COPEL em Pitanga, local selecionado para interligação.



### 1.6.9.3. Tensão de Transmissão e Perdas Associadas

Quanto a tensão de transmissão e perdas estimadas foi verificado o custo de interligação nas tensões 34,5 kV e 138 kV, disponíveis para interligação segundo a concessionária. A tensão 69 kV não faz mais parte do padrão da COPEL, sendo negada esta possibilidade.

Verificou-se que para a tensão de 34,5 kV as perdas resultaram elevadas próximas a 10%, Entretanto para a tensão de 138 kV os custos tornaram-se proibitivos para uma iniciativa isolada.

### 1.6.9.4. Possibilidade de se Agregar Outras Cargas

Ocorre que existe a possibilidade de otimização deste ramal de interligação em se agregando outras cargas como:

- A usina PCH Pedrinho em operação pela Brascan Energética S/A, atualmente projetada com 17MW para uma tensão 34,5 kV e com níveis semelhantes de perdas elétricas;
- A própria PCH Boa Vista II no mesmo rio Marrecas, possui 8,0 MW adicionais a instalar, aguardando uma possibilidade de interligação;
- Outras usinas próximas como a PCH Itaguaçu 9,0MW, em fase de projeto básico e também a PCH Tuneiras II – 2,50 MW ambas no rio Pitanga;
- Tantas outras possibilidades de usinas conforme identificado nos estudos de inventário dos rios da região.



Assim não fica descartada a possibilidade de construção do ramal em 138 kV , dependendo de acertos futuros com outros interessados. A tensão de 138 kV imprimiria uma menor perda e também uma maior confiabilidade junto ao sistema da COPEL.

#### **1.6.10. Justificativas da Alternativa Selecionada**

O estudo de viabilidade considerou todos os pontos relevantes ao arranjo adotado, em uma tentativa de repassar a experiência de campo responsável em parte na formulação da alternativa selecionada. O projeto destaca itens importantes relativos à questão operacional de um circuito hidráulico longo e vazões relativamente elevadas.

A geologia local foi investigada exaustivamente, no sentido de minimizar os desvios do orçamento quando da execução futura da obra. Pode-se afirmar que as soluções adotadas são robustas.

Foram elaboradas planilhas de pré-dimensionamento para as principais estruturas de onde derivaram os orçamentos das alternativas. Os critérios de cálculo empregados consideram taludes e seções tradicionalmente estáveis não fugindo a normas técnicas ou a boa prática da engenharia.

Os estudos hidrológicos buscaram o refinamento das correlações com postos vizinhos, possibilitando a ampliação da série de dados de 13 anos iniciais para um total de 70 anos.

A proposta de cronograma considera um tempo de execução total de 16 meses, balizado pela recente experiência de uma obra contígua (PCH Boa Vista II) e outra obra de porte/arranjo semelhante (PCH Pesqueiro). Ainda assim é um prazo enxuto se considerar o porte das estruturas de barramento e adução.

Os estudos energéticos efetuados indicaram uma energia assegurada média de 111.660,60 MWh/ano. Este número foi obtido por cálculo sobre série mensal,



considerando o desconto permanente da vazão sanitária, rendimentos das máquinas e fatores de indisponibilidade forçada e programada.

O Custo total (direto mais indireto, sem juros durante a construção) deve se situar no patamar de R\$ 26.800.000,00 o que reflete em custo unitário de 1.340 R\$/kW, valor bastante atrativo para o quadro atual. Há que se frizar que neste custo estariam as contas de Geração e ainda a linha de transmissão e a interligação / conexão com o sistema COPEL.

Para efeito de valores absolutos em termos de investimento e custo da energia gerada, os custos unitários deverão ser tomados em reais (R\$) haja visto a defasagem atual entre o real e o dólar.

Em um cenário econômico onde a conta juros durante a construção correspondesse ao montante de R\$1.605.000,00 (6% do custo total), a tarifa média de geração para uma taxa de interesse de 14% a.a. e um período de amortização de 30 anos seria de 38,76 R\$/MWh. O custo anual de operação e manutenção desta usina foi estimado em R\$ 280.0000,00. Nesse não são consideradas as perdas na transmissão.

Para os patamares de tarifa que foram constatados nesta análise inicial, pode-se afirmar que existe viabilidade econômica na alternativa selecionada, mesmo em se procedendo análises de sensibilidade de risco, explorando-se variações no custo total instalado devido a aumento de custos de insumos básicos.

#### 1.6.11. Ficha Técnica

<b>USINA HIDRELÉTRICA:</b>	PCH CONFLUÊNCIA
<b>EMPRESA:</b>	CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A
<b>ETAPA:</b>	<b>DATA:</b> 02/2009
<b>1. LOCALIZAÇÃO</b>	
Rio: .....	MARRECAS
Bacia:.....	06
Sub-Bacia:.....	64
Barragem	



Latitude: .....	24 55'00"		
Longitude: .....	51 24'00"		
Município Margem Direita: .....	Prudentópolis		
Município Margem Esquerda: .....	Turvo		
Distância da Foz:.....	33 km		
<b>2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b>			
<b>Postos Fluviométricos de Referência</b>			
Cod.:64620000	Nome: Rio dos Patos	Rio: Rio dos Patos	AD: 1086 km <sup>2</sup>
Cod.:64630000	Nome: Fazenda Boa Vista	Rio: Marrecas	AD: 450 km <sup>2</sup>
Cod.:64637000	Nome: Salto da Onça	Rio: Borboleta	AD: 263 km <sup>2</sup>
Cod.:64638000	Nome: Barra Preta	Rio: Barra Preta	AD: 46 km <sup>2</sup>
Cod.:64639000	Nome: Cândido de Abreu	Rio: Ubázinho	AD: 305 km <sup>2</sup>
Área de drenagem do barramento: .....		882 km <sup>2</sup>	
Vazão MLT .....		19,32 m <sup>3</sup> /s	
Vazão firme: .....		95%)	
Vazão mín. média mensal:.....		3,56 m <sup>3</sup> /s	
Vazão de projeto (TR: 1000 anos):.....		933,53 m <sup>3</sup> /s	
<b>3. RESERVATÓRIO</b>			
<b>N.A. de Montante</b>			
Min. Normal: .....		634m	
Máx. normal:.....		635m	
Max. Maximorum:.....		637,86m	
<b>N.A. de Jusante</b>			
Mínimo:.....		535 m	
Max. Normal:.....		529,60 m	
Máx. excepcional: .....		536,50 m	
<b>Áreas Inundadas</b>			
No N.A. máx. maximorum:		0,33 km <sup>2</sup>	
No N.A. máx. normal: .....		0,24 km <sup>2</sup>	
<b>Volumes</b>			
No N.A. máximo normal: .....		1,558 * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
Abaixo da soleira do vertedouro:.....		558 * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	
<b>Outras Informações</b>			
Vida útil do reserv. com geração.....		165,08 anos	



Tempo de formação do reservatório: .....	3 a 4 dias
Tempo de residência: .....	22 horas
* até a soleira da tomada d'água	
<b>4. BARRAGEM</b>	
Tipo de estrutura/material: .....	Misto – Enrocamento com face de concreto – vertedouro em concreto ciclópico
Comp. total da crista (com vertedouro): .....	80m
Altura máxima: .....	27 m
Cota da crista: .....	635 m
<b>5. SISTEMA ADUTOR</b>	
<u>Tomada d'Água</u>	
Tipo: .....	Direta
Altura total: .....	4 m
Numero de vãos: .....	2
<u>Conduto Forçado</u>	
Diâmetro Interno: .....	2,90 m
Numero de unidades: .....	
Comprimento: .....	310m
<u>Comportas</u>	
Tipo:	Vagão com rodas
Acionamento: .....	Hidráulico com controle local e remoto
Largura: .....	2,5 m
Altura: .....	4 m
<b>6. CASA DE FORÇA</b>	
Tipo:.....	Casco Estrutural impermeável em concreto armado e lastro de concreto ciclópico
Nº de unidades geradoras:.....	2
Largura da área de montagem:.....	10,30m
Comprimento total:.....	28,30m
<b>7. TURBINA PCH</b>	
Tipo:.....	Francis eixo horizontal rotor duplo
Potência unit. Nominal: .....	10,93 MW
Rotação síncrona: .....	600 r.p.m
Queda de projeto:.....	101,84 m.c.a.
Vazão unitária nominal:.....	11,44 m³/s
Rendimento máximo:.....	91,5 %



### 8. GERADOR PCH

Potência unit. nominal: .....	13,0 MVA
Rotação síncrona: .....	600 r.p.m
Tensão nominal: .....	13,8 kv
Fator de potência:.....	0,8
Rendimento máximo:.....	96 %

### 9. CRONOGRAMA – PRINCIPAIS FASES

Início das obras até desvio:.....	4 meses
Desvio até fechamento:.....	13 meses
Fechamento até geração da PCH:.....	3 meses
Montagem Eletromecânica:.....	1 meses
Total:.....	21 meses

### 10. CUSTOS (x10<sup>3</sup> R\$)

Obras Civis: .....	R\$ 15.674.000,00
Equipamentos Eletromecânicos:.....	R\$ 9.640.000,00
Outros Custos + Eventuais:.....	R\$ 505.000,00
Custo Direto Total:.....	R\$ 25.819.000,00
Custos Indiretos:.....	R\$ 935.000,00
Custo Total sem JDC: .....	R\$ 26.754.000,00
Juros Durante a Construção: .....	R\$ 1.605.000,00
Custo Total com JDC: .....	R\$ 28.359.000,00
Data de Referência (mês/ ano): .....	07/2002

### 11. ESTUDOS ENERGÉTICOS

Queda Bruta Máxima: .....	105,40m
Queda de Referência: .....	101,39 m
Potência da PCH: .....	20MW
Energia firme PCH.....	11,69MW médios
Custo Índice:.....	R\$/kw1.417.950,00
Custo da Energia Gerada:.....	R\$/mwh 44,69

### 12. VOLUMES TOTAIS

Concreto convencional:.....	30.079 m <sup>3</sup>
Escavação em rocha : .....	18.106m <sup>3</sup>