



**UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI**

**PROJETO BÁSICO AMBIENTAL - PBA**

**OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE ENGENHARIA**

ABRIL/2011



Erro! Fonte de referência não encontrada.

Erro! Fonte de referência não encontrada.  
Erro! Fonte de referência não encontrada.

## ÍNDICE

1 -	Descrição da Evolução do Projeto Básico .....	3
1.1 -	Introdução .....	3
1.2 -	Arranjo Geral.....	5
1.2.1 -	Eixo das Estruturas de Barramento .....	6
1.2.2 -	Barragem Margem Direita .....	6
1.2.3 -	Adufas de Desvio .....	6
1.2.4 -	Vertedouro .....	6
1.2.5 -	Vazão Ecológica .....	7
1.2.6 -	Ensecadeiras .....	7
1.2.7 -	Casa de Força e Canal de Fuga.....	8
1.2.8 -	Fechamento Final do Rio .....	8
1.3 -	CASA DE FORÇA SECUNDÁRIA .....	8
1.3.1 -	Arranjo.....	9
1.3.2 -	Dispositivos de Dispersão do Fluxo da Vazão Ecológica .....	9
1.3.3 -	Conexão Casa de Força Secundária.....	10
1.4 -	Áreas de Empréstimo, Bota-foras e Outras Fontes de Materiais para Construção.....	10
1.4.1 -	Rocha.....	10
1.4.2 -	Solo .....	10
1.4.3 -	Areia.....	10
1.4.4 -	Bota-fora .....	10
1.5 -	Obras e Requisitos de Infraestrutura .....	11

Erro! Fonte de referência não encontrada.

1.5.1 -	Acampamento / Alojamento .....	11
1.5.2 -	Canteiro.....	11
1.6 -	Seqüência Construtiva .....	11
1.6.1 -	Primeira Etapa - Rio pelo seu Leito Natural .....	11
1.6.1.1 -	Segunda Etapa - Rio pelo seu Leito .....	12
1.6.1.2 -	Terceira Etapa - Rio pela Estruturas de Desvio .....	12
1.6.1.3 -	Quarta Etapa - Rio Controlado - Final das Obras.....	13
1.7 -	Cronograma Geral da Obra .....	13

#### Anexos

Anexo I	SAJ-G-001 Arranjo Geral
Anexo II	SAJ-G-0032-0035 Sequência Construtiva
Anexo III	Nota Técnica Conjunta nº 005/2010/ SGH-NHI
Anexo IV	Casa de Força Secundária
Anexo V	Cronograma Físico

## 1 - DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DO PROJETO BÁSICO

### 1.1 - INTRODUÇÃO

Em 08 de dezembro de 2009 o IBAMA emitiu a Licença Prévia (LP) relativa à Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari, localizada na divisa dos estados do Pará e do Amapá, entre os municípios de Almerim (PA) e Laranjal do Jari (AP), com potência instalada de 300MW, casa de força com 06 turbinas do tipo Kaplan, área do reservatório de 31,7 km<sup>2</sup>, com o nível de água (NA) na cota 30,0m e volume total de 133,39 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Entretanto, o Projeto Básico licenciado pelo IBAMA e aprovado pela ANEEL em 09 de dezembro de 2009, considerou, em função das incertezas inerentes ao processo de implantação da Interligação Tucuruí-Macapá-Manaus, que o cronograma de entrada em operação das unidades geradoras, permitisse, em uma primeira fase, o atendimento a demanda local, em uma segunda fase, o suprimento ao crescimento da demanda local e na última fase, após a efetiva integração da região ao Sistema Interligado Nacional-SIN, o aproveitamento ótimo do potencial energético.

Desta forma, a opção pela motorização da usina com 6 unidades de 50MW, foi a modulação que naturalmente atenderia as três fases de implantação previstas na época dos estudos.

Entretanto, após o protocolo da revisão do Projeto Básico em 04/01/2008, a ANEEL realizou em 27/06/2008 o leilão de Linhas de Transmissão que concedeu a Linhas de Macapá Transmissora de Energia o direito de construir e explorar a LT 230kV Jurupari - Macapá, permitindo a integração da região da UHE Santo Antônio do Jari ao SIN, a partir de 16 de outubro de 2011, de acordo contrato de concessão.

Cabe destacar que a UHE Santo Antônio do Jari, conforme determinação da EPE, será conectada a SE Laranjal do Jari (pertencente as instalações de transmissão do sistema da LT Jurupari-Macapá) por meio de uma linha circuito simples de transmissão em 230 kV.

Perante a confirmação do cenário de interligação, o CAE, tendo em vista o novo contexto, promoveu novos estudos e simulações de motorização que, concluíram que a modulação ótima para a Usina integrada ao SIN é a implantação de 3 unidades.

A adequação do número de máquinas, e conseqüente redução das dimensões da casa de força, em conjunto com as características geológicas desfavoráveis, detalhadas no item 1.2,

---

Erro! Fonte de referência não encontrada.

conduziram o Consórcio Amapá Energia a analisar detalhadamente novas alternativas de arranjo, buscando, entre outros, obter uma redução das escavações, a redução dos volumes de aterro e bota fora, o aumento da segurança na execução do empreendimento e a otimização da sequência construtiva.

Após execução de campanhas complementares de hidrometria, geologia-geotecnia, pesquisa de materiais de construção e análise dos impactos ambientais, os resultados confirmaram a viabilidade e a pertinência de se implantar as seguintes otimizações ao projeto.

- Deslocamento da casa de força aproximadamente 800 m em direção a margem esquerda, visando a redução das escavações e o aumento na segurança executiva dos trabalhos;
- Mudança na diretriz do eixo do barramento para adequação a nova posição da casa de força e visando a redução dos volumes de material de empréstimo;
- Mudança do material de execução da barragem da margem direita, de aterro em solo para concreto CCR, visando a redução da necessidade de áreas de empréstimo e das atividades de terraplenagem, tendo em vista os altos índices pluviométricos da região;
- Otimização das adufas de desvio do rio, conferindo maior segurança durante o período de construção do empreendimento;
- Adequação do comprimento do Vertedouro aumentando a capacidade de escoamento, sem entretanto alterar os níveis do reservatório, e substituição de concreto massa por CCR;
- Redução dos volumes gerais de escavação, aterro e concreto convencional;
- Alteração do sistema extravasor da vazão ecológica, de vão rebaixado do vertedouro para adufa com comporta, visando garantir a permanência, em 100% do tempo, da vazão ecológica equivalente à mínima média mensal;
- Inclusão de uma Casa de Força secundária, objetivando aproveitar o potencial energético proporcionado pela manutenção da vazão residual;
- Mudança na posição da subestação com redução do volume de aterro.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Cabe ressaltar que os estudos energéticos e de motorização da usina consideraram a série de vazões médias mensais oficial definida para o empreendimento através da Nota Técnica Conjunta nº 005/2010/ SGH-NHI (ver anexo III) emitida pela ANA e ANEEL.

Adicionalmente, em função do aprofundamento e detalhamento dos estudos, corroborada pela negociação com diversos fornecedores, da adequação do número de unidades e as otimizações do arranjo permitiram, o aumento significativo da capacidade instalada, que passou de 300 MW para 370 MW na Casa de Força principal e a instalação de uma Casa de Força secundária com 3,4 MW.

Cumpramos destacar que as otimizações no projeto, o aumento da potência e a inclusão de uma Casa de Força Secundária, possibilitarão a implantação de um empreendimento energética e ambientalmente mais eficiente, tendo em vista, o aumento de 24,5% na capacidade de geração sem aumento dos impactos ambientais.

A seguir são detalhadas as adequações e otimizações implementadas no Projeto.

## 1.2 - ARRANJO GERAL

O resultado da campanha complementar de investigações geológicas na área do empreendimento indicou que as fraturas e diáclases existentes na calha do rio (v. item 8.1.8 do EIA) persistem até a região prevista para a implantação da Casa de Força. O intenso fraturamento verificado na região da estrutura, apesar de não inviabilizar a locação inicialmente prevista, poderia comprometer a segurança dos trabalhos de escavação e acarretaria ou no aprofundamento e alargamento da escavação da casa de força ou na execução de injeções de consolidação com cimento sem, entretanto garantir a certeza do resultado esperado.

Em função das novas dimensões da casa de força (redução do número de unidades), das características desfavoráveis da feição encontrada (profundidade, espessura e composição), juntamente com os impactos na segurança dos trabalhos e no cronograma de implantação, a empresa projetista recomendou que a Casa de Força fosse deslocada para uma região mais favorável.

Foram estudados diversos locais e, com base em sondagens adicionais, a Casa de Força foi deslocada lateralmente 800 m a esquerda do previsto anteriormente. Para se adequar a essa nova situação, o traçado do eixo do barramento foi adaptado para conformar com a nova locação da casa de máquinas, contudo as ombreiras (encontro da barragem com as margens) foram mantidas na mesma posição.

---

Erro! Fonte de referência não encontrada.

O Anexo I - Desenho SAJ-G-001 apresenta o detalhamento do arranjo geral com as otimizações implementadas.

### **1.2.1 - Eixo das Estruturas de Barramento**

O eixo das estruturas de barramento foi adequado a nova posição da casa de força, entretanto, manteve-se a premissa de manter a distância mínima de 250 metros a montante das cachoeiras.

A nova diretriz do eixo permitiu uma redução dos volumes de aterro sem alterar o posicionamento das ombreiras.

### **1.2.2 - Barragem Margem Direita**

Uma característica marcante da região de implantação da Usina são seus altos índices pluviométricos, apresentando em média 2.220 mm de chuva por ano, podendo atingir mais de 580 mm nos meses mais úmidos, desta forma, visando reduzir os riscos inerentes a execução de grandes movimentações de solo, optou-se por alterar a barragem de aterro em solo para Concreto Compactado a Rolo (CCR).

Adicionalmente, a opção pela barragem de CCR aumenta a segurança do empreendimento e permite a redução da necessidade de áreas de empréstimo e dos volumes de bota-fora.

### **1.2.3 - Adufas de Desvio**

Inicialmente as adufas de desvio foram dimensionadas para a vazão de 498 m<sup>3</sup>/s, equivalente ao tempo de recorrência de 2 anos para o período seco. Visando aumentar a segurança da última etapa de desvio, as adufas foram redimensionadas para a vazão de 1.939 m<sup>3</sup>/s, equivalente ao tempo de recorrência de 10 anos para o período seco (agosto a Janeiro). Para otimizar a sequência construtiva adotou-se uma única estrutura de desvio, localizada na margem esquerda, composta por 9 adufas de 5,7 x 6,1 m.

### **1.2.4 - Vertedouro**

A evolução dos estudos hidráulicos permitiu a verificação e adoção de um perfil mais eficiente para o escoamento das cheias, possibilitando desta forma e redução em aproximadamente 10% o comprimento do vertedouro, sem alterar os níveis operacionais do reservatório.

### 1.2.5 - Vazão Ecológica

Dentro do conceito adotado para o empreendimento de manter uma vazão ecológica equivalente a mínima média mensal e considerando a série de vazões médias mensais oficial, definida para o empreendimento através da Nota Técnica Conjunta nº 005/2010/ SGH-NHI emitida pela ANA e ANEEL, a vazão residual será acrescida em 9%, passando de 30 m<sup>3</sup>/s para 32,7 m<sup>3</sup>/s.

Adicionalmente, tendo em vista a necessidade de se garantir a permanência da vazão total, em 100% do tempo, promoveu-se uma verificação da eficiência da solução proposta (rebaixo no vertedouro) e os estudos concluíram que:

- Qualquer variação do nível do reservatório durante a operação iria alterar a vazão sanitária liberada;
- O vertimento contínuo impediria as inspeções de rotina na estrutura do vertedouro, comprometendo a durabilidade e a segurança.

Desta forma, visando garantir a vazão residual, alterou-se o sistema extravasor da vazão ecológica, de vão rebaixado para adufa com comporta. Solução que garantirá a manutenção permanente da vazão sanitária.

### 1.2.6 - Ensecadeiras

As elevações das ensecadeiras, juntamente com as vazões de desvio e os períodos de recorrência correspondentes, são apresentados no **Quadro 1-1**.

Quadro 1-1 - Ensecadeiras

Primeira Fase - Cheias Anuais			
Ensecadeira	Vazão de Projeto (m <sup>3</sup> )	Tempo de Recorrência (anos)	Coroamento (m)
A	5656	50	24,0
C	5656	50	26,0
D	5656	50	24,0
F	5656	50	10,0

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Segunda Fase - Cheias Anuais			
Ensecadeira	Vazão de Projeto (m <sup>3</sup> )	Tempo de Recorrência (anos)	Coroamento (m)
B	5656	50	24,0
C	5656	50	26,0
D	5656	50	24,0
F	5656	50	10,0
A (removida)	-	-	-

Terceira Etapa			
Ensecadeira	Vazão de Projeto (m <sup>3</sup> )	Tempo de Recorrência (anos)	Coroamento (m)
E	1939	10 (ago a jan)	29,0

### 1.2.7 - Casa de Força e Canal de Fuga

A evolução dos estudos energéticos em conjunto com a garantia de conexão ao sistema interligado nacional permitiram a redução do número de unidades de 6 para 3, resultando assim na redução dos volumes de concreto e escavação.

O canal de fuga será escavado em rocha, com inclinação de 1V:4H até atingir a El. - 3,50 m, a partir da qual prossegue horizontal até o encontro do “braço” do rio Jari.

### 1.2.8 - Fechamento Final do Rio

Após a conclusão da estrutura de desvio localizada na margem esquerda, o fechamento do rio será feito mediante a construção da barragem vertente a partir da Tomada d’Água até atingir a margem direita.

Ao término da construção da barragem vertente, todas as 9 adufas serão fechadas por comportas ensecadeiras, efetuando, assim, o fechamento final do rio.

## 1.3 - CASA DE FORÇA SECUNDÁRIA

Tendo em vista o potencial energético proporcionado pela manutenção da vazão ecológica o CAE estudou a viabilidade de se implantar uma casa de força secundária aproveitando este potencial.

Os estudos concluíram pela viabilidade da implantação de uma unidade geradora, com 3,4 MW de potência, na margem esquerda entre a estruturas de desvio e pequena barragem de solo.

### 1.3.1 - Arranjo

As estruturas de concreto da casa de força secundária terão a mesma altura do barramento e estarão localizadas a mais de 300 m da cachoeira, conforme apresentado no **Anexo I - Desenho SAJ-G-001**.

A central terá sua tomada de água na esquerda hidráulica das adufas de desvio, sendo constituída de um bloco de concreto armado, conjugado à estrutura da Casa de Força.

A Tomada d'Água é conjugada a um conduto de 3,60 m de diâmetro e aproximadamente 13,50 m de extensão, alimentando uma unidade geradora com turbina Kaplan S montante, com potência de 3,4 MW. O arranjo geral do circuito da Casa de Força secundária pode ser visto no **Anexo IV** - documentos SAJ-PBC-052 a SAJ-PBC-054.

Ao lado da tomada d' água será mantida uma adufa com 1,5m de largura por 4,0m de altura dimensionada para manter constante a vazão ecológica, sempre que a unidade geradora estiver em manutenção, garantindo a permanência da vazão no TVR.

### 1.3.2 - Dispositivos de Dispersão do Fluxo da Vazão Ecológica

De modo a permitir que o fluxo advindo da casa de força secundária ou da galeria da vazão residual seja distribuído de maneira uniforme no entorno da "ferradura" da cachoeira principal está previsto que durante a fase de construção, na época de seca, será executado o levantamento topográfico detalhado do topo da cachoeira.

Com base neste levantamento, serão definidas intervenções pontuais (pequenos diques e escavações) que disciplinem a vazão no entorno da "ferradura". Estas alterações serão executadas a montante da queda de modo a evitar completamente qualquer descaracterização da estrutura da cachoeira.

Erro! Fonte de referência não encontrada.

### 1.3.3 - Conexão Casa de Força Secundária

A casa de força secundária será conectada a subestação da casa de força principal através de uma linha de transmissão em 13,8 kV com aproximadamente 2,5 km de extensão.

## 1.4 - ÁREAS DE EMPRÉSTIMO, BOTA-FORAS E OUTRAS FONTES DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO

### 1.4.1 - Rocha

O material rochoso será obtido prioritariamente das escavações obrigatórias da Casa de Força, onde o volume a ser escavado é suficiente para brita do concreto e para obtenção do enrocamento de proteção. Para eventual fornecimento, o leito do rio na margem direita e o morrote localizado na margem esquerda, mostrados no **Anexo I - Desenho SAJ-G-001** poderão ser utilizados como pedreira e os blocos soltos que ocorrem em abundância no leito do rio, além dos matacões existentes devem fornecer um volume significativo para a obra.

### 1.4.2 - Solo

A ocorrência de material argiloso na margem direita está avaliada em 1.200.000 m<sup>3</sup> e o volume estimado na margem esquerda é de 1.800.000 m<sup>3</sup>, estes volumes são muito superiores as necessidades da obra, desta forma, foram selecionadas algumas áreas mais indicadas para a utilização, conforme apresentado no **Anexo I - Desenho SAJ-G-001**.

### 1.4.3 - Areia

As ocorrências de areia no leito do rio Jari, notadamente a jazida localizada no leito do rio Jari, próximo a Vila de Padaria (coordenadas N: 9.923.550 E: 332.250) foram avaliadas prevendo-se que o volume de tal jazida é muitas vezes superior ao necessário para as obras, estimado em 170.000 m<sup>3</sup>.

### 1.4.4 - Bota-fora

O principal material a ser lançado em bota-fora é o proveniente da remoção das ensecadeiras e a limpeza do terreno.

O Anexo I - Desenho SAJ-G-001 apresenta a localização das áreas de bota-foras.

## 1.5 - Obras e Requisitos de Infraestrutura

### 1.5.1 - Acampamento / Alojamento

O acampamento será construído na margem direita do rio Jari, a cerca de 1200 metros numa área mais elevada situada a montante do eixo do barramento. Será constituído, basicamente, de alojamentos, cantina, áreas de recreação e ambulatório, todos em estruturas pré-fabricadas. As famílias de trabalhadores casados serão abrigadas, em princípio, em Monte Dourado.

O acampamento ocupará uma área de cerca de 30.000 m<sup>2</sup> e ficará próximo ao canteiro de obras, ocupando áreas atualmente utilizadas para o plantio de eucalipto.

### 1.5.2 - Canteiro

O canteiro será construído, também, na margem direita, numa área mais elevada situada a montante do eixo do barramento, atualmente ocupada pelo plantio de eucalipto da Jari Celulose. As edificações serão todas pré-fabricadas, constituídas por escritórios, oficina, almoxarifado, galpão para carpintaria e armação e sanitários.

O concreto convencional deverá ser misturado em uma central dosadora, com pátio de agregados e silos para cimento. Material britado será obtido de uma central de britagem, ambas localizadas no leito do rio, conforme apresentado no Anexo I - Desenho SAJ-G-001.

Adicionalmente será implantado na margem esquerda, logo a montante do local previsto para implantação da barragem, um canteiro de apoio com cerca de 20.000 m<sup>2</sup>, visando atender as obras que serão implantadas nesta margem, onde deverão ser instaladas estruturas de apoio à obra.

## 1.6 - SEQÜÊNCIA CONSTRUTIVA

### 1.6.1 - Primeira Etapa - Rio pelo seu Leito Natural

Nesta etapa serão implantados o canteiro, o acampamento e os acessos entre eles e o local das obras. Também serão construídos os atracadouros, em ambas as margens.

---

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Inicialmente, serão construídas as ensecadeiras "C", "D" e "F", permitindo o início imediato das escavações em solo e rocha para as estruturas de Geração (Tomada d'Água e Casa de Força).

A seguir será construída a ensecadeira "A", para construção da estrutura de desvio da margem esquerda.

Tais escavações serão praticamente concluídas ainda nesta etapa. O material proveniente das escavações obrigatórias será processado no britador ou, quando o material não for adequado para utilização, destinado ao bota-fora.

Serão iniciadas e concluídas as obras de concreto da Estrutura de Desvio e iniciado o primeiro tramo do vertedouro soleira livre, com cerca de 40m de extensão.

Serão iniciadas as obras de aterro da Barragem da Margem Esquerda.

#### **1.6.1.1 - Segunda Etapa - Rio pelo seu Leito**

Será lançada a ensecadeira "B", pela margem esquerda.

Serão iniciadas e concluídas as obras de concreto da Tomada d'Água e da Casa de Força.

Serão concluídas as obras da Barragem de Terra da Margem Direita.

Nesta etapa, um tramo de 600m do vertedouro soleira livre será construído a partir da margem esquerda e outro tramo, com cerca de 130m será construído a partir da Tomada d'Água.

#### **1.6.1.2 - Terceira Etapa - Rio pela Estruturas de Desvio**

A montagem dos equipamentos eletromecânicos será concluída.

Será lançada a ensecadeira "E", sendo o fluxo desviado pelas adufas de desvio.

A concretagem do tramo central do vertedouro, com 700m de extensão, será executada, finalizando-se o barramento.

As comportas ensecadeiras da Tomada d'Água e do Tubo de Sucção poderão ser baixadas, para remoção de todas as ensecadeiras.

Ao final desta etapa será iniciado o enchimento do reservatório.

### 1.6.1.3 - Quarta Etapa - Rio Controlado - Final das Obras

Serão concluídas todas as montagens eletromecânicas.

Será iniciado o comissionamento das unidades geradoras da casa de força principal.

O Anexo II - Desenhos SAJ-G-045 a 047, apresentam os detalhes da sequência construtiva.

No primeiro período seco, após a conclusão do tamponamento das estruturas de desvio, será iniciada a montagem da casa de força secundária, com previsão de duração de 17 meses.

## 1.7 - CRONOGRAMA GERAL DA OBRA

O planejamento do empreendimento prevê o início da mobilização do empreendimento para 01/06/2011 e um prazo de 42 meses para a construção da usina, com o início das obras ocorrendo entre os meses de julho e agosto, início do período seco na região, e a geração da casa de força principal iniciando em outubro.

A casa de força secundária tem previsão de construção de 17 meses.

O Anexo V apresenta o cronograma previsto.

## Anexo I SAJ-G-001 Arranjo Geral

## Anexo II SAJ-G-0032-0035 Sequência Construtiva

## Anexo III Nota Técnica Conjunta nº 005/2010/ SGH-NHI

## Anexo IV Casa de Força Secundária

## Anexo V Cronograma Físico