

## ÍNDICE

|   |             |
|---|-------------|
| <b>4 - Descrição do Empreendimento .....</b>  | <b>1/44</b> |
| 4.1 - Introdução .....  | 1/44        |
| 4.2 - Arranjo Geral.....  | 1/44        |
| 4.2.1 - Eixo do Barramento .....  | 2/44        |
| 4.2.2 - Circuito de Adução.....   | 2/44        |
| 4.2.3 - Fechamento Final do Rio.....  | 2/44        |
| 4.2.3.1 - Ensecadeiras .....  | 3/44        |
| 4.2.4 - Sistema de Adução .....   | 4/44        |
| 4.2.4.1 - Canal de Adução .....   | 4/44        |
| 4.2.4.2 - Tomada d'Água.....  | 4/44        |
| 4.2.5 - Casa de Força e Canal de Fuga.....  | 5/44        |
| 4.2.6 - Barragem Vertente e Desvio do Rio .....   | 7/44        |
| 4.2.6.1 - Vertedouro .....  | 7/44        |
| 4.2.6.2 - Soleira Rebaixada - Vazão Residual .....                                      | 8/44        |
| 4.2.6.3 - Estruturas de Desvio.....   | 8/44        |
| 4.3 - Construções Especiais .....   | 9/44        |
| 4.3.1 - Subestação Elevadora da UHE.....  | 9/44        |
| 4.3.2 - Subestação do Sistema de Transmissão.....                                       | 9/44        |
| 4.3.3 - Linhas de Transmissão do Sistema.....   | 10/44       |
| 4.4 - Logística de Abastecimento à Obra e Materiais de Construção .....                 | 11/44       |
| 4.5 - Áreas de Empréstimo, Bota-foras e Outras Fontes de Materiais para Construção..... | 11/44       |

|           |  |       |
|-----------|--|-------|
| 4.5.1 -   | Rocha .....  | 11/44 |
| 4.5.2 -   | Solo .....   | 12/44 |
| 4.5.3 -   | Areia.....   | 12/44 |
| 4.5.4 -   | Bota-fora .....  | 12/44 |
| 4.6 -     | Obras e Requisitos de Infraestrutura .....   | 13/44 |
| 4.6.1 -   | Acampamento / Alojamento .....   | 13/44 |
| 4.6.2 -   | Canteiro.....  | 13/44 |
| 4.6.3 -   | Acessos.....   | 14/44 |
| 4.6.4 -   | Suprimentos.....   | 15/44 |
| 4.7 -     | Sequência Construtiva .....  | 15/44 |
| 4.7.1 -   | Primeira Etapa - Rio pelo seu Leito Natural .....                                    | 15/44 |
| 4.7.1.1 - | Segunda Etapa - Rio pelo seu Leito .....   | 16/44 |
| 4.7.1.2 - | Terceira Etapa - Rio pelas Estruturas de Desvio e pela Soleira da<br>Cota 25,00..... | 16/44 |
| 4.7.1.3 - | Quarta Etapa - Rio Controlado - Final das Obras.....                                 | 17/44 |
| 4.8 -     | Cronograma Geral da Obra .....   | 17/44 |
| 4.9 -     | Reservatório .....   | 18/44 |
| 4.9.1 -   | Enchimento.....  | 18/44 |
| 4.9.2 -   | Regras Operativas .....  | 19/44 |
| 4.9.3 -   | Vazão Sanitária / Remanescente .....   | 19/44 |
| 4.9.4 -   | Curvas Cota x Área x Volume.....   | 19/44 |
| 4.9.5 -   | Curva de Descarga do Vertedouro .....  | 21/44 |
| 4.9.6 -   | Borda-livre .....  | 23/44 |
| 4.9.7 -   | Regularização .....  | 24/44 |

|             |  |       |
|-------------|--|-------|
| 4.9.8 -     | Tempo de Residência .....  | 24/44 |
| 4.9.8.1 -   | Drenagens Afetadas pelo Reservatório .....                           | 25/44 |
| 4.9.8.2 -   | Trecho de Vazão Reduzida .....                                       | 27/44 |
| 4.9.8.2.1 - | Vazões de Referência .....   | 27/44 |
| 4.9.8.2.2 - | Dados de Monitoramento.....  | 29/44 |
| 4.9.8.2.3 - | Efeito de Maré .....   | 31/44 |
| 4.9.8.2.4 - | Cenários de Simulação.....   | 31/44 |
| 4.9.8.2.5 - | Resultado das Simulações .....                                       | 32/44 |
| 4.9.8.2.6 - | Comentários Finais .....   | 33/44 |
| 4.9.9 -     | Área de Supressão.....   | 33/44 |
| 4.10 -      | Sedimentologia .....   | 34/44 |
| 4.10.1 -    | Geral .....  | 34/44 |
| 4.10.1.1 -  | Estimativa da Descarga Sólida Natural Afluente ao Reservatório ..... | 34/44 |
| 4.10.2 -    | Estimativa da Vida Útil do Reservatório .....                        | 38/44 |
| 4.10.3 -    | Área de Remanso .....  | 39/44 |
| 4.11 -      | Mão-de-obra.....   | 39/44 |
| 4.12 -      | Definição da Área de Preservação Permanente .....                    | 42/44 |
| 4.13 -      | Aspectos Fundiários .....  | 43/44 |
| 4.13.1 -    | Reserva Legal .....  | 44/44 |
| 4.13.2 -    | Situação das Comunidades Afetadas .....                              | 44/44 |

## ANEXOS

- Anexo 1 - Balanço de Volumes de Escavação e de Aplicação dos Materiais
- Anexo 2 - Esquema de Fluxos e de Volumes de Escavação e de Aplicação dos Materiais
- Anexo 3 - Cronograma da Obra

## 4 - DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 4.1 - INTRODUÇÃO

Em 03 de Julho de 2007, face à previsão de interligação da região de Macapá ao Sistema Interligado Nacional, foi determinado pela Diretoria da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, por meio do Despacho nº 2.059, de 3 de julho de 2007, que se procedesse a revisão do Projeto Básico de Engenharia da UHE Santo Antônio do Jari, desta feita sob a ótica da aludida interconexão.

Para tanto, inicialmente foram revisados os estudos energéticos e de motorização com o objetivo de se definir o aproveitamento ótimo. Como conclusão, e considerando que inicialmente o empreendimento seria motorizado apenas para o atendimento regional, definiu-se a potência instalada total de 300MW composta por 6 (seis) unidades geradoras com 50MW cada.

Em seguida, face à necessidade de ampliação da casa de força inicialmente prevista e licenciada sobre a Cachoeira do Santo Antônio, verificou-se a amplitude do impacto ambiental que seria causado e decidiu-se abandonar por completo o conceito do projeto original e desenvolver um novo projeto lastreado nas premissas de minimização do impacto ambiental.

O projeto de implantação da UHE Santo Antônio do Jari foi então reestruturado e terá um custo estimado de 1,5 bilhões de reais e foi planejado para ser construído em 33 meses.

### 4.2 - ARRANJO GERAL

O arranjo geral do empreendimento consiste numa barragem vertente, de concreto gravidade, disposta segundo um eixo situado mais a jusante do que o previsto no estudo anterior, com a Casa de Força instalada no leito do rio, próximo a margem direita. O acesso se dará pelas estradas de serviço, já existentes da Jari Celulose.

A Área de Montagem e a Tomada d'água estão acopladas a Casa de Força, sendo o acesso à Tomada d'Água executado pela crista da barragem de terra da margem direita. As idéias básicas do arranjo anterior foram mantidas, introduzindo-se as alterações decorrentes do aprimoramento da sua concepção e dos seus reflexos sobre as diversas estruturas que compõem a obra. O Arranjo Geral é apresentado no **Desenho 6419-DB-G13-002**.

#### **4.2.1 - Eixo do Barramento**

O eixo do barramento, estabelecido cerca de 250 metros a montante das cachoeiras, com soleira vertente, possibilita a manutenção das características cênicas de quase toda a cachoeira.

A tomada d'água foi posicionada no leito do rio, aproveitando o desnível de uma das cachoeiras, aquela situada mais a direita do fluxo.

#### **4.2.2 - Circuito de Adução**

O circuito de geração apresenta Tomada d'água e Casa de Força acopladas, abrigando seis unidades geradoras de 50MW, das quais duas serão instaladas na primeira fase de implantação, no conceito de Sistema Isolado, e as demais unidades geradoras na segunda fase, no conceito de Sistema Interligado.

Cabe ressaltar, que de acordo com os estudos de mercado realizados, caso a interligação ao SIN apenas ocorra após o ano de 2016, uma terceira unidade poderia ser instalada para atender à expansão da demanda do sistema isolado.

#### **4.2.3 - Fechamento Final do Rio**

Após a conclusão das duas estruturas de desvio, localizadas uma no lado direito e outra na margem esquerda, o fechamento do rio será feito mediante a construção da barragem vertente em duas etapas distintas, a saber:

- a partir da margem direita, mediante construção de trechos sucessivos de ensecadeiras, serão construídos, da direita para a esquerda, os cerca de 1670 metros de barragem vertente, até a altura equivalente à cota 25,00, concluindo na extremidade esquerda (estrutura de desvio da margem esquerda);
- a seguir, vindo da esquerda para a direita, sobre a superfície da El. 25,00, serão concretados os 5 metros finais da barragem vertente, sempre valendo-se das duas estruturas de desvio, que estarão controlando as vazões de projeto. Eventuais vazões excedentes serão vertidas pela cota rebaixada na El. 25,00;

- durante a etapa mais seca do período de estiagem, o trecho final, em cota rebaixada, será concretado até a El. 30,00.

Para execução do trabalho descrito, será utilizada a laje de concreto, prevista a jusante da barragem, para proteção da fundação, injeções no maciço rochoso e tráfego da bomba de concreto e dos caminhões betoneira.

Com as alterações introduzidas em consequência das otimizações realizadas no circuito gerador e devido à época em que se realiza o fechamento, torna-se imprescindível contar com as duas estruturas de desvio descritas, constituída por adufas, e o Vertedouro de soleira livre, para o controle do fluxo d'água.

Considerando-se os mesmos critérios hidrológicos e hidráulicos, anteriormente adotados (tempo de recorrência de 2 anos, referente ao período seco) as duas estruturas resultantes são constituídas por 4 adufas de 3,40 x 5,00m.

Ao término da construção da barragem vertente, todas as 8 adufas serão fechadas por comportas ensecadeiras, efetuando, assim, o fechamento final do rio.

#### 4.2.3.1 - Ensecadeiras

As elevações das ensecadeiras, juntamente com as vazões de desvio e os períodos de recorrência correspondentes, são apresentados no **Quadro 4-1**.

Quadro 4-1 - Ensecadeiras

| PRIMEIRA FASE - CHEIAS ANUAIS |                                    |                             |                |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| ENSECADEIRA                   | VAZÃO DE PROJETO (m <sup>3</sup> ) | TEMPO DE RECORRÊNCIA (anos) | COROAMENTO (m) |
| A                             | 5656                               | 50                          | 23,0           |
| B                             | 5656                               | 50                          | 8,0            |
| C                             | 5656                               | 50                          | 23,0           |
| D                             | 5656                               | 50                          | 23,0           |

| SEGUNDA FASE - CHEIAS ANUAIS |                                    |                             |                |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| ENSECADEIRA                  | VAZÃO DE PROJETO (m <sup>3</sup> ) | TEMPO DE RECORRÊNCIA (anos) | COROAMENTO (m) |
| A                            | 5656                               | 50                          | 28,0           |
| B                            | 5656                               | 50                          | 8,0            |
| C/E                          | 5656                               | 50                          | 23,0           |
| D (removida)                 | -                                  | -                           | -              |

| TERCEIRA ETAPA |                                    |                             |                |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------|
| ENSECADEIRA    | VAZÃO DE PROJETO (m <sup>3</sup> ) | TEMPO DE RECORRÊNCIA (anos) | COROAMENTO (m) |
| A              | 1249                               | 5 (nov a jan)               | 28,0           |

Seções típicas das ensecadeiras são apresentadas no caderno de mapas (**Desenho 6419 - DB-G20-007 a**).

## 4.2.4 - Sistema de Adução

### 4.2.4.1 - Canal de Adução

O canal de adução será escavado em rocha a montante da Tomada d'água, na margem direita e ficará totalmente submerso durante após o início da operação.

### 4.2.4.2 - Tomada d'Água

A estrutura de Tomada d'Água, no clássico arranjo de Casa de Força acoplada, adotado neste aproveitamento, dispensa a utilização de Conduitos Forçados.

Cada bloco estrutural abriga duas Unidades geradoras.

A plataforma superior da estrutura está situada na El. 32,50m e as soleiras das grades e comportas situam-se na El. -0,35m.

Será utilizada apenas uma comporta ensecadeira para atender às seis aberturas.

A comporta ensecadeira é prevista com vedação a jusante e a comporta de emergência com vedação a montante.

É previsto que a comporta ensecadeira fique armazenada em poço de depósito anexo.

Para içamento da comporta ensecadeira, grades e manutenção das comportas de emergência é previsto um pórtico rolante de 250kN de capacidade.

A montante, através de uma galeria de drenagem, são previstas cortinas de injeção e de drenagem.



A verificação da estabilidade foi feita de acordo com os critérios de projeto, tendo as estruturas apresentado coeficientes de segurança satisfatórios, em todas as situações analisadas.

As características principais de cada unidade são apresentadas a seguir:

- **Tipo:** gravidade
- **Dimensões:**
  - ▶ largura do bloco de estrutura: 40,10m;
  - ▶ altura máxima: 45,30m;
  - ▶ passagem pela grade: 7,10 x 17,35m;
  - ▶ dimensões das comportas: 7,10 x 11,18m.

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

A casa de força da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio do Jari será do tipo convencional, fechada, abrigando seis unidades geradoras com capacidade nominal de 50MW cada (capacidade instalada final de 300MW).

A casa de força terá toda a sua estrutura em concreto armado. É prevista a concretagem, em 2º estágio, das partes embutidas, tais como pré-distribuidor e revestimento metálico do tubo de sucção.

A cobertura da casa de força será em chapas de aço pintadas, com lanternins de chapas translúcidas, permitindo a iluminação adequada da sala de máquinas e da área de montagem, bem como a exaustão do colchão de ar quente que se forma sob as telhas de aço.

A seção típica (**6419-DB-C11-001**) e a planta da Casa de Força (**6419-DB-C11-006**) são mostradas no caderno de mapas.

A largura de cada bloco abrigando duas unidades foi definida com 40,10m, em função das dimensões da caixa espiral e do tubo de sucção. Foram também levados em conta o diâmetro

externo da caixa do gerador e a necessidade de se prever espaço suficiente entre as unidades para permitir o acesso de equipamentos à galeria mecânica.

A largura dos blocos poderá sofrer alteração durante o projeto executivo, em função das dimensões finais da caixa espiral e tubo de sucção, fornecidas pelo fabricante da turbina.

Na El. -1,50m, encontra-se a galeria mecânica, onde serão instalados os equipamentos auxiliares.

Na El. 3,80m, encontra-se a galeria elétrica e, na El.12,00m, a Sala de Controle.

Também neste nível, foi prevista a área de montagem, posicionada junto à unidade 1.

Servindo à plataforma, do lado a jusante, na mesma elevação da plataforma de descarga (El. 12,00m), será instalado um pórtico para movimentação da comporta ensecadeira do tubo de sucção.

O canal de fuga será escavado em rocha, com inclinação de 1V:5H até atingir a El. - 4,00m, a partir da qual prossegue horizontal.

Resume-se a seguir, algumas características principais da Casa de Força:

- **Tipo:** abrigada;
- **Localização:** leito do rio, margem direita;
- **N° de unidades:** 6;
- **Capacidade instalada total:** 300MW;
- **Comprimento da unidade:** 50,05m (inclusive galerias e tubo de sucção);
- **Largura do bloco (com 2 unidades):** 40,10m;
- **Altura máxima (até a plataforma dos transformadores):** 29,50m;
- **Distância entre linhas de centro das unidades:** 19,15m;
- **Diâmetro do rotor da turbina:** ~ 4,60m;

- Elevação da linha de centro do distribuidor: -2,00m;
- Elevação da plataforma dos transformadores: 12,00m;
- Elevação mais baixa do piso do tubo de sucção: - 17,00m;
- Ponte Rolante: nº/capacidade: 1 x 2.000/200kN - vão: 16,8m

## 4.2.6 - Barragem Vertente e Desvio do Rio

### 4.2.6.1 - Vertedouro

O vertedouro constitui-se numa soleira vertente instalada numa estrutura de concreto massa, com 10 metros de altura média e com extensão útil de 1.665m.

A capacidade de vertimento desta soleira vertente é de 9433m<sup>3</sup>/s equivalente à cheia decamilenar.

A parte superior do vertedouro (perfil em ogiva) será executada em concreto mais resistente, para fluxo em velocidade.

A seção transversal típica do vertedouro é constituída de paramento vertical a montante e de degraus a jusante, projetados para servirem de amortecedores de energia da água. A crista ficará na El. 30,00m, apresentando perfil em ogiva.

A estrutura de concreto da barragem vertente foi disposta segundo um eixo sinuoso transversal à calha do rio, afastado cerca de 250 metros a montante das diversas cachoeiras. Imediatamente a jusante da barragem é prevista uma laje de concreto, com 6 metros de largura, em toda a extensão do vertedouro.

Na limpeza da fundação é prevista uma remoção média de 1,00m, considerando a remoção dos blocos rochosos e do material aluvial das ilhas.

A verificação da estabilidade da estrutura do vertedouro foi feita considerando-se que a mesma não será drenada e os coeficientes de segurança atendem aos preconizados nos Critérios de Projeto.

A estrutura será provida de juntas de contração, transversais, a cada 30 metros, dotadas de vedajuntas tipo *fugenband*.

#### 4.2.6.2 - Soleira Rebaixada - Vazão Residual

Um trecho de 150 metros de extensão, situado imediatamente a montante da cachoeira principal, será rebaixado em 25cm em relação à crista do vertedouro, de modo a permitir a passagem da vazão residual de 30m<sup>3</sup>/s.

Desta forma, com o reservatório sendo operado no NA normal El. 30,00, haverá uma cascata contornando a cachoeira e possibilitando a sua permanência com vazão mínima de 30m<sup>3</sup>/s.

Os detalhes do vertedouro e da soleira rebaixada (6419 - DB-V11-001) são mostrados no caderno de mapas.

#### 4.2.6.3 - Estruturas de Desvio

As Estruturas de Desvio, em número de duas, sendo uma em cada margem, constituídas por quatro aberturas, serão executadas em concreto convencional e deverão ser implantadas uma em cada extremidade do vertedouro de soleira livre.

O acesso será feito, pela margem direita, passando pelas Tomada d'Água, e pela margem esquerda, passando pela Barragem de Terra da margem esquerda.

A plataforma superior está situada na El. 32,50m e a soleira das comportas na El. 20,00m.

As adufas serão dotadas de comporta de fechamento metálica, com vedação a montante e comporta ensecadeira, constituída por painéis de concreto armado, com vedação a jusante.

A instalação e içamento da comporta de fechamento e comportas ensecadeiras serão feitos através de um guindaste móvel. Está prevista a utilização de uma comporta vagão, metálica para fechamento das adufas, em cada margem.

Sob as estruturas, a montante, são previstas cortinas de injeção.

A verificação da estabilidade foi feita de acordo com os Critérios de Projeto, tendo a estrutura apresentado coeficientes de segurança satisfatórios em todas as situações analisadas.

As características principais das adufas são apresentadas a seguir:

- Número de estruturas: 2.
- N° de aberturas: 4.
- Dimensões de cada passagem: (3,40 x 5,00)m.
- Largura total do bloco: 22,60m.
- Altura da torre: 12,50m.

## 4.3 - CONSTRUÇÕES ESPECIAIS

### 4.3.1 - Subestação Elevadora da UHE

A subestação elevadora consta de três transformadores de 13,8-13,8-230kV, 60/60/120 MVA, sendo um para cada dois geradores. Esta concepção permitiu a otimização da interligação da Casa de Força/SE. Próximo a cada transformador será instalado um pára-raios.

### 4.3.2 - Subestação do Sistema de Transmissão

Numa primeira fase deste empreendimento está prevista uma subestação de manobra 230/34,5kV. O pátio de 230kV terá esquema de dupla barra principal a 4 chaves e o de 34,5kV de barra simples. Os equipamentos de 230kV terão montagem externa e os de 34,5kV estarão instalados em cubículos blindados, com montagem também externa. Destes cubículos de 34,5kV sairá uma linha de transmissão de circuito duplo em 34,5kV que seguirá para Munguba, bem como para os alimentadores dos transformadores de serviços auxiliares.

Deverá também ser construído e montado um vão de linha de transmissão em 230kV para a SE Santana 2.230/138/13,8kV, que também deverá ser implantada nesta primeira fase.

A SE Santana 2 estará localizada nas proximidades da SE Santana (Eletronorte) e terá esquema de dupla barra principal a 4 chaves no setor de 230kV e barra principal e de transferência no 138kV. Os equipamentos de 13,8kV serão instalados em cubículos blindados de instalação externa, que alimentarão os transformadores de serviços auxiliares da subestação.

Assim na primeira etapa, para escoar a energia até Macapá, está previsto um circuito de 230kV, até a SE Santana 2, onde deverão ser instalados transformadores abaixadores para 138kV, permitindo a conexão na SE Santana, Sistema de Transmissão do Amapá - Eletronorte.

Para permitir a conexão na SE Santana - Eletronorte, esta subestação também deverá ser ampliada para implantação de um vão de LT, em esquema barra principal e transferência.

Em uma segunda etapa, com a entrada em operação de todas as máquinas da UHE Santo Antônio do Jari, totalizando 300MW, a SE Santo Antônio do Jari deverá ser ampliada, com a construção e montagem de novo sistema de transmissão em 230kV, até a SE Laranjal do Jari 230kV, a ser implantada para a entrada em operação da interligação Tucuruí - Macapá - Manaus. Para a conexão na SE Laranjal do Jari, e, portanto, à rede básica, deverão também ser construídos e montados, nesta subestação, vãos de conexão de linha de transmissão em 230kV.

### 4.3.3 - Linhas de Transmissão do Sistema

As linhas de transmissão associadas à UHE Santo Antônio do Jari, referente à conexão da UHE ao sistema de transmissão regional da Eletronorte na região de Macapá (estas LTs entrarão em operação em 2011), serão as seguintes:

- uma LT de 230kV, com aproximadamente 242km de extensão, interligando a SE Santo Antônio do Jari à nova subestação de Santana 2 (subestação abaixadora de 230kV para 138kV nas proximidades da subestação de Santana da Eletronorte), em configuração a ser definida, oportunamente, de forma conjunta com a EPE - Empresa de Pesquisa Energética;
- uma LT de 138kV, com aproximadamente 3,5km de extensão, interligando a SE Santana 2 à SE Santana da Eletronorte.

A UHE Santo Antônio de Jari também fornecerá uma parte de sua potência gerada (10MW) para a região de Munguba, sendo que esta potência será transmitida por uma LT de 34,5kV, de circuito

duplo, que partirá da SE Santo Antônio do Jari e alimentará a futura SE Munguba. Esta LT entrará em operação em 2011 e terá uma extensão aproximada de 59km.

Ao ocorrer a interligação dos sistemas a UHE Santo Antônio do Jari será interligada à SE Laranjal (da rede básica) em configuração a ser definida, oportunamente, de forma conjunta com a EPE - Empresa de Pesquisa Energética.

A diretriz preliminar do traçado da LT 34,5kV Santo Antônio do Jari - Munguba é apresentada no **Desenho 2324-00-EIA-DE-1014**, que consta no Caderno de Mapas, deste relatório.

#### **4.4 - LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO À OBRA E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**

A previsão da logística de abastecimento à obra considera que dos centros industriais localizados no Sul/ Sudeste até Belém o transporte dos equipamentos poderá ser rodoviário ou marítimo.

De Belém até o porto mais próximo da obra, que é Munguba/ Monte Dourado, situado na margem direita do rio Jari, o transporte de cimento, aço e demais materiais de construção, além de alimentos, deverá ser fluvial.

A partir de Munguba, todo o transporte será rodoviário, através dos 45km de rodovia pela margem direita do rio Jari, até o local da obra, estrada esta já existente que será adequada as necessidades do empreendimento.

Para acesso às obras na margem esquerda, haverá um sistema de travessia por balsa.

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

##### **4.5.1 - 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 morrote localizado na margem esquerda mostrado no **Desenho 2324-00-RPT-DE-1001** poderá ser utilizado 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.

#### 4.5.2 - Solo

A ocorrência de material argiloso na margem direita está avaliada em 1.200.000m<sup>3</sup> e o volume estimado na margem esquerda é de 1.800.000m<sup>3</sup> conforme apresentado no **Desenho 2324-00-RPT-DE-1001**. Tais jazidas devem suprir as demandas geradas pela implantação do empreendimento.

#### 4.5.3 - Areia

As ocorrências de areia no leito do rio Jari, notadamente a jazida localizada a montante do Porto Sabão (**Desenho 2324-00-RPT-DE-1001**) foram avaliadas prevendo-se que o volume de tal jazida é muitas vezes superior ao necessário para as obras, estimado em 70.000m<sup>3</sup>.

Todas essas áreas destinadas ao fornecimento de rocha, solo e areia foram consideradas na delimitação das áreas de influência do empreendimento conforme apresentado no Caderno de Mapas, nos **Desenhos 2324-00-EIA-DE1013, 2324-00-EIA-DE-1014, 2324-00-EIA-DE-1018 e 2324-00-RPT-DE-1001**, onde são destacadas na legenda a origem e o destino dos materiais fontes.

#### 4.5.4 - Bota-fora

O principal material a ser lançado em bota-fora é o excedente de rocha das escavações obrigatórias. Como estratégia construtiva, considera-se que a ilha onde será implantada a Subestação é o destino principal do material de bota-fora.

Os locais destinados a bota-foras estão apresentados no **Mapa 2324-00-EIA-DE-1014**. De forma a permitir uma melhor análise desta questão, o **Mapa 2324-00-RPT-DE-1001**, indica especificamente as áreas de empréstimo e bota fora.

Quanto à adequação e capacidade das áreas de bota-foras em atender às demandas geradas pelas obras, estão apresentados no **Anexo 1** e no **Anexo 2**, deste item o balanço, o esquema de fluxos e de volumes de escavação e de aplicação dos materiais. Além disso, o **Desenho 6419-DB-G28-012** também apresenta a localização das áreas de bota-foras.



## 4.6 - OBRAS E REQUISITOS DE INFRAESTRUTURA

### 4.6.1 - 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 30.000m<sup>2</sup> e ficará próximo ao canteiro de obras, ocupando áreas atualmente utilizadas para o plantio de eucalipto.

### 4.6.2 - 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.

Adicionalmente será implantado na margem esquerda, logo a montante do local previsto para implantação da barragem, um canteiro de apoio com cerca de 10.000m<sup>2</sup>, visando atender as obras que serão implantadas nesta margem, onde deverão ser instaladas estruturas de apoio à obra tais como:

- Oficina de Apoio;
- Pátio de estacionamento;
- Pátio de estocagem de materiais.

### 4.6.3 - Acessos

O aproveitamento está situado na área de influência de importantes empreendimentos econômicos, cujos principais centros urbanos e industriais são as localidades de Monte Dourado e Munguba, ambas na margem direita do rio Jari, a cerca de 30 e 47km a jusante do local da usina, respectivamente.

A cidade de Monte Dourado possui um aeroporto com 2.300 m de pista pavimentada, sendo atendida por vôos diários regulares, para Belém (450km) pela empresa aérea comercial Puma Air, além de aeronaves particulares.

O porto fluvial mais próximo está localizado no rio Jari, no complexo industrial de Munguba. É navegável durante todo o ano, por embarcações de até 40.000 toneladas, possuindo equipamentos com capacidade de movimentação de cargas de até 150 toneladas.

Tanto o complexo industrial como as áreas urbanas de Monte Dourado (Pará) e Laranjal do Jari (Amapá) são atendidos, atualmente, por um transporte regular de passageiros, via navegação fluvial de travessia, valendo ressaltar que encontra-se em fase de construção, uma ponte rodoviária que ligará as duas localidades.

Como as obras principais estão localizadas na margem direita, o acesso principal será rodoviário e desenvolver-se-á a partir de Munguba/Monte Dourado, ao longo da margem direita do rio Jari, restando ainda, se necessário, a possibilidade de transporte fluvial, através de barças, para acesso às obras da margem esquerda, situação em que poderão ser necessários trabalhos de dragagem, em alguns trechos do rio, para ampliação de calado das balsas, garantindo a continuidade do transporte para esta margem em épocas de baixas vazões.

O percurso total por estrada, até o local do aproveitamento, é de cerca de 45km, sendo os 38km iniciais constituídos de estradas de terra, pavimentadas com saibro, em bom estado de conservação. No trecho final, será necessária a construção de um pequeno trecho de estrada, desde o local previsto para o canteiro de obras, até atingir a margem direita do rio Jari e o local das obras, próximo à foz do rio Pacanari.

O novo arranjo proposto, cuja concepção prioriza as obras principais na margem direita, dispensa, conforme descrito, as extensas obras previstas anteriormente, para implantação de 70km de rodovias, pela margem esquerda.

Serão construídos ainda atracadouros para travessia entre o canteiro e a margem esquerda, com capacidade para atracação de balsas até 50t.

#### 4.6.4 - Suprimentos

- **Energia Elétrica** - O fornecimento de energia elétrica deverá ser feito por geração própria (geradores diesel).
- **Água** - Tanto água industrial quanto água potável serão obtidas de poço artesiano ou captadas do rio, a montante do canteiro, e conduzidas a reservatórios localizados em pontos que permitam que a distribuição seja feita por gravidade. No caso de água potável, será usada uma ETA portátil.
- **Combustíveis** - O abastecimento de combustíveis à obra será feito pelo sistema rodoviário, desembarcando no porto de balsas e armazenados conforme resolução CONAMA 273 de 29 de novembro de 2000, estando prevista a implantação de um posto de abastecimento de combustíveis no canteiro de obras com o objetivo de atender a demanda da obra.
- **Esgotos** - O Sistema de esgoto constará de fossas sépticas com sumidouros e serão construídos conforme ABNT - NBR. N° 13969.

### 4.7 - SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA

#### 4.7.1 - 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.

Inicialmente, serão construídas as ensecadeiras "A", "B" e "C", permitindo o início imediato das escavações em solo e rocha para as estruturas junto à margem direita (Desvio, Tomadas d'Água e Casa de Força).

A seguir será construída a ensecadeira "D", 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 lançado em aterro na área da Subestação.

Serão iniciadas e concluídas as obras de concreto da Estrutura de Desvio na margem direita, e iniciadas na Estrutura de Desvio da margem esquerda.

Serão iniciadas as obras de aterro das Barragens da Margem Direita e da Margem Esquerda.

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

Será concluída a terraplenagem da área da Subestação.

Serão iniciadas e concluídas as obras de concreto da Tomada d'Água e da Casa de Força, na margem direita, e da Estrutura de Desvio da margem esquerda.

Serão concluídas as obras das Barragens de Terra da Margem Direita e da Margem Esquerda.

Serão iniciadas as montagens dos equipamentos nas Estruturas de Desvio e na Tomada d'Água.

Será construído um acesso provisório sobre a estrutura de desvio da margem direita para concretagem da barragem vertente.

Será iniciada a construção da barragem vertente, em concreto massa, durante a estação seca do segundo ano, até a elevação 25,00. O acesso para concretagem será feito pela ensecadeira "A", desenvolvendo-se a construção, desde a extremidade direita até o encontro com a Estrutura de Desvio da margem esquerda.

#### **4.7.1.2 - Terceira Etapa - Rio pelas Estruturas de Desvio e pela Soleira da Cota 25,00**

A montagem dos equipamentos eletromecânicos será concluída.

Através de um acesso por jusante da barragem, será feita a concretagem da barragem vertente, até a cota 30,00, desde a extremidade esquerda até a Estrutura de Desvio da margem direita.

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

Será removida a ensecadeira "A" e iniciado o enchimento do reservatório.

#### **4.7.1.3 - Quarta Etapa - Rio Controlado - Final das Obras**

Serão concluídas todas as montagens eletromecânicas.

Será iniciado o comissionamento da primeira unidade geradora. A seguir será iniciado o comissionamento da segunda unidade geradora.

Será cumprida a 1ª etapa da Primeira Fase com a entrada em operação comercial da Central, com duas unidades de 50MW, para atendimento à demanda local de 100MW.

Serão reavaliadas as condições de implantação das unidades remanescentes, para atendimento à demanda do Sistema Interligado, em função das obras da Linha de Transmissão Tucuruí/Macapá.

Os desenhos **6419 - DB-D10-001 a 004**, mostrados no caderno de mapas, apresentam os detalhes da sequência construtiva.

### **4.8 - CRONOGRAMA GERAL DA OBRA**

O planejamento do empreendimento prevê um prazo de 31 meses para a construção da usina, com o início das obras ocorrendo entre os meses de setembro e outubro, período mais seco na região e a geração iniciando em abril, período úmido. A data para início da implantação será definida em função do processo de licenciamento.

O **Anexo 3**, ao final desta seção, apresenta o cronograma detalhado de implantação da UHE Santo Antônio do Jari.

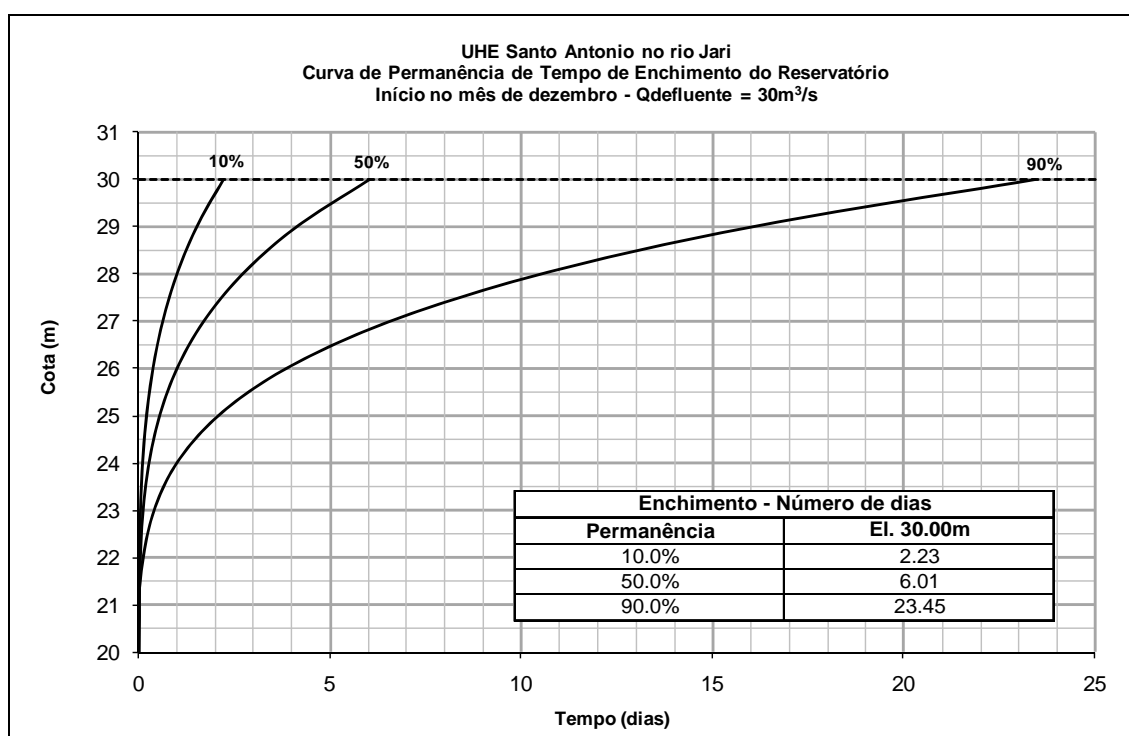
## 4.9 - RESERVATÓRIO

### 4.9.1 - Enchimento

Foi considerado o enchimento do reservatório no mês de dezembro, de forma conservadora foi adotada como cota inicial de enchimento a El. 20,00m que corresponde a elevação próxima do fundo do rio.

O enchimento do reservatório foi analisado até a elevação 30,00m, correspondente ao nível da cota da soleira do vertedouro, a partir do qual estabelecesse o vertimento dos 30m<sup>3</sup>/s. Nos cálculos foi considerada a vazão defluente de 30m<sup>3</sup>/s correspondente a vazão mínima registrada no histórico de vazões.

A **Figura 4-1**, apresentada a seguir, mostra o enchimento do reservatório para vazões afluentes médias mensais do período de 1931 a 2006 (série final).



**Figura 4-1 - Enchimento do reservatório -  
mês de dezembro - Vazão defluente de 30 m<sup>3</sup>/s**

A crista do vertedouro situa-se na El. 30,00m, sendo que o volume acumulado até esta cota é de  $83 \times 10^6 \text{m}^3$ . O tempo de enchimento até esta elevação resulta em cerca de 6 dias (permanência de 50%).

#### 4.9.2 - Regras Operativas

Devido ao pequeno volume do reservatório, face à vazão média do rio Jari, a UHE Santo Antônio do Jari é considerada como sendo um empreendimento a fio d'água, desta forma, durante a operação o nível do reservatório ficará restrito na faixa entre a El: 30,00 (NA mínimo operacional) e El: 31,9 (NA para a cheia com TR: 10.000 anos).

#### 4.9.3 - Vazão Sanitária / Remanescente

A vazão sanitária será mantida através de uma soleira rebaixada no vertedouro, com 150m de extensão e rebaixo de 0,25m na El. 29,75m, permitindo a passagem de  $Q=30\text{m}^3/\text{s}$ . O rebaixo será implantado na extremidade esquerda do vertedouro a montante da cachoeira principal, de modo a garantir a existência de uma vazão permanente, mesmo em condições de seca, na cachoeira e no trecho de rio próximo à localidade de Santo Antônio. O **Desenho 6419-DB-V11-001**, do Projeto Básico, apresenta o esquema do vertedouro.

#### 4.9.4 - Curvas Cota x Área x Volume

Para a caracterização do reservatório da UHE Santo Antônio do Jari foram determinadas as curvas Cota x Área x Volume, a partir das áreas sob as curvas de nível obtidas do levantamento topográfico através do método de perfilamento a laser. As áreas em cada cota foram calculadas por medição usando o software Autocad.

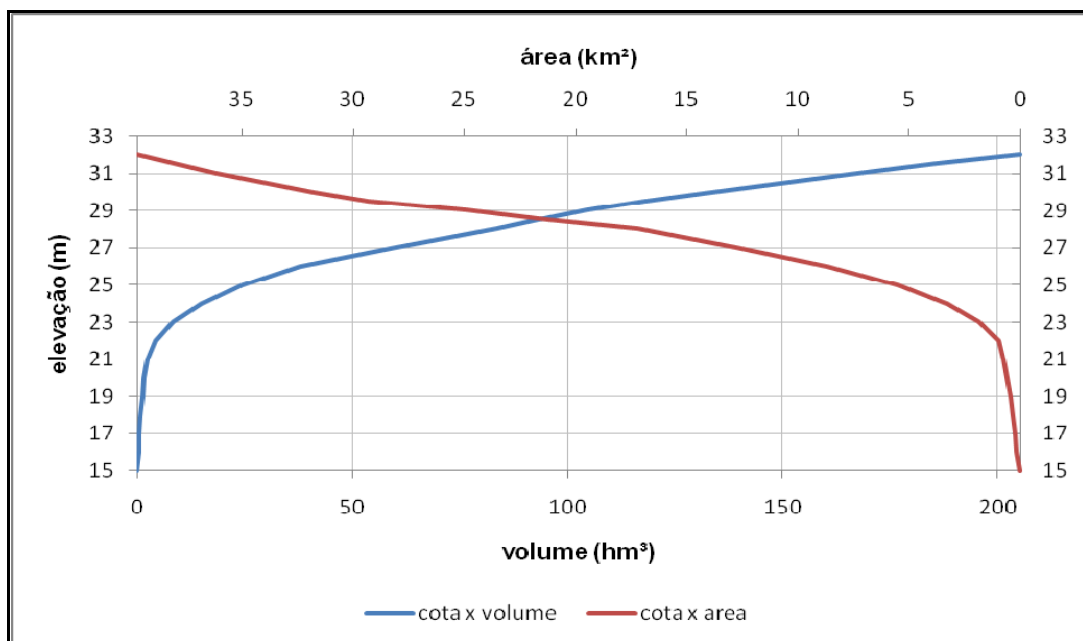
A variação do volume  $\Delta V$  entre duas cotas consecutivas foi calculada por:

$$\Delta V = \frac{1}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}) \cdot \Delta H$$

Sendo  $A_i$  a área correspondente à cota  $i$  e  $\Delta H$  a diferença entre duas cotas consecutivas. Os valores são apresentados no **Quadro 4-2** e o gráfico na **Figura 4-2**.

**Quadro 4-2 - Valores da Curva Cota x Área x Volume**

| Curva Cota X Volume |                         |                        |                           |
|---------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Cota (m)            | Área (km <sup>2</sup> ) | Δ V (hm <sup>3</sup> ) | Volume (hm <sup>3</sup> ) |
| 15,0                | 0,0                     | 0,0                    | 0,0                       |
| 16,0                | 0,2                     | 0,4                    | 0,4                       |
| 17,0                | 0,2                     | 0,2                    | 0,7                       |
| 18,0                | 0,3                     | 0,3                    | 0,9                       |
| 19,0                | 0,4                     | 0,3                    | 1,3                       |
| 20,0                | 0,6                     | 0,4                    | 1,7                       |
| 21,0                | 0,7                     | 0,9                    | 2,6                       |
| 22,0                | 1,0                     | 1,8                    | 4,4                       |
| 23,0                | 1,8                     | 4,2                    | 8,5                       |
| 24,0                | 3,3                     | 6,6                    | 15,1                      |
| 25,0                | 5,5                     | 9,6                    | 24,7                      |
| 26,0                | 8,7                     | 13,4                   | 38,1                      |
| 27,0                | 12,7                    | 22,1                   | 60,2                      |
| 28,0                | 17,2                    | 23,3                   | 83,5                      |
| 28,5                | 21,2                    | 9,6                    | 93,1                      |
| 29,0                | 24,9                    | 11,5                   | 104,6                     |
| 29,5                | 29,3                    | 13,5                   | 118,2                     |
| 30,0                | 31,7                    | 15,2                   | 133,4                     |
| 31,0                | 36,1                    | 33,9                   | 167,3                     |
| 31,5                | 38,0                    | 18,5                   | 185,8                     |
| 32,0                | 39,7                    | 19,4                   | 205,2                     |



**Figura 4-2 - Curva Cota x Área x Volume**



#### 4.9.5 - Curva de Descarga do Vertedouro

A relação entre os volumes vazantes que ocorrem no rio Jari e a cota do reservatório, descontando-se o efeito de remanso pode ser inferido a partir do **Quadro 4-3**, onde é apresentada ainda a probabilidade de permanência, baseada na curva de permanência apresentada na **Figura 4-3**. Os dados foram ainda baseados na curva de descarga no vertedouro apresentada na **Figura 4-4**.

**Quadro 4-3 - Relação entre Cota, Vazão e Permanência no Vertedouro da UHE Santo Antônio do Jari**

| Condição de Operação  | VAZÃO AFLUENTE        | COTA no Vertedouro | Permanência       |
|---|-----------------------|--------------------|-------------------|
|   | Q (m <sup>3</sup> /s) | NA (m)             | Período Histórico |
| Abaixo da Capacidade de Engolimento das Turbinas (cotas sem geração)                | 30                    | 30,00              | 100%              |
|   | 95                    | 30,10              | 97%               |
| Entre a Capacidade Mínima e a Total de Engolimento das Turbinas (cotas com geração) | 96                    | 30,00              | 97%               |
|   | 1.307                 | 30,00              | 30%               |
| Acima da Capacidade Total das Turbinas e com vertimento (cotas com geração)         | 1307                  | 30,00              | 30%               |
|   | 1.700                 | 30,26              | 20%               |
|   | 2177                  | 30,43              | 10%               |
|   | 2.500                 | 30,51              | 5%                |
|   | 2.885                 | 30,61              | 2%                |
|   | 3.040                 | 30,67              | 0,5%              |
| Estimativas para eventos de Cheia não registrados (Cotas com geração)               | 4.481                 | 30,95              | >0,1%             |
|   | 5.155                 | 31,08              | >0,04%            |
|   | 5.656                 | 31,17              | >0,02%            |
|   | 6.153                 | 31,25              | >0,01%            |
|   | 7.301                 | 31,42              | >0,002%           |
|   | 7.795                 | 31,49              | >0,001%           |
|   | 9.433                 | 31,71              | >0,0001%          |

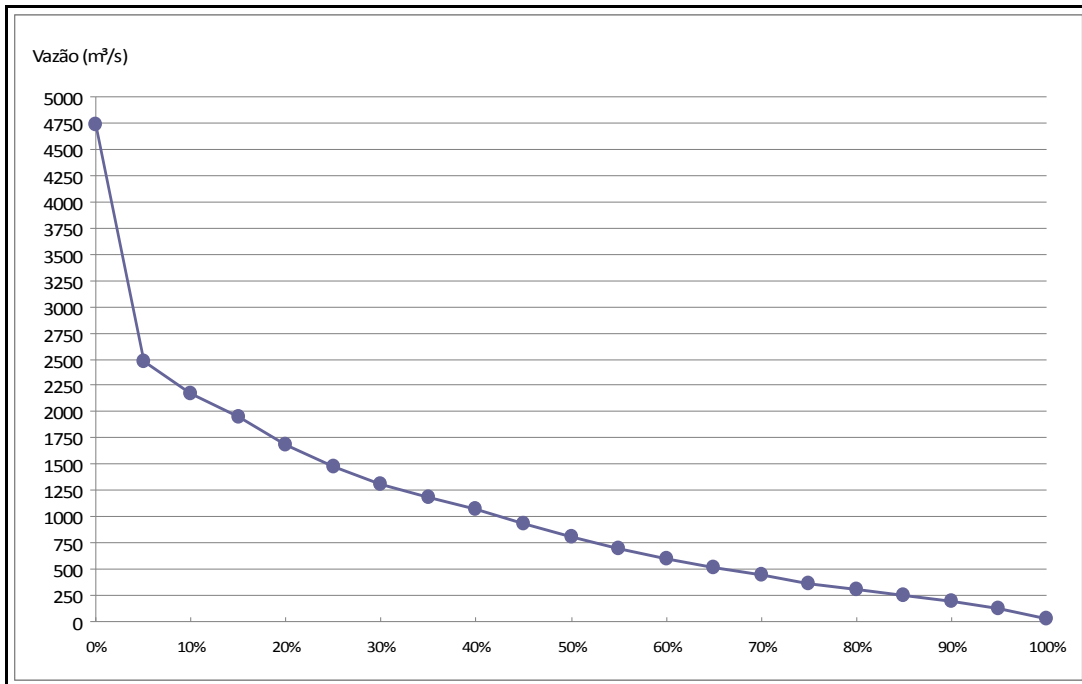


Figura 4-3 - Curva de Permanência no Vertedouro da UHE Santo Antônio do Jari

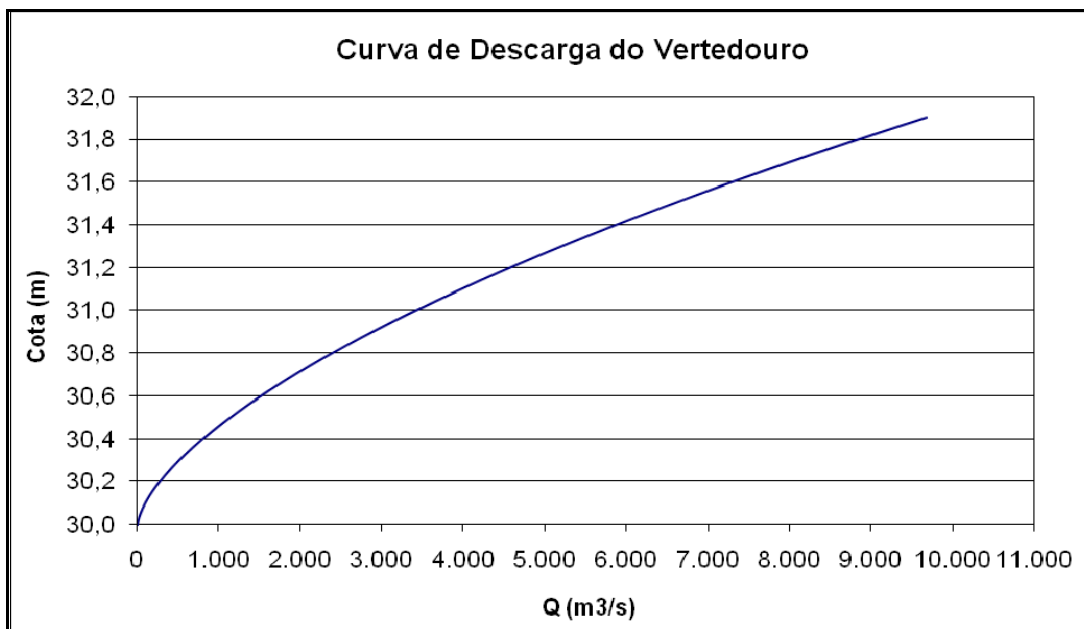


Figura 4-4 - Curva de Descarga do Vertedouro

#### 4.9.6 - Borda-livre

Os estudos de borda livre têm o objetivo de avaliar a sobre-elevação do nível d'água do reservatório devido às ondas provocadas pelo vento e estabelecer as cotas de coroamento da crista da barragem.

Para o estudo de ondas foi utilizada a metodologia proposta por Saville (1962) "Computation of Free Board Allowance for Waves in Inland Reservoirs".

Devido à probabilidade de ocorrência conjunta dos eventos sobre-elevação máxima com vento máximo, foram adotadas duas condições para determinação da onda de projeto e do "run-up" (galgamento). Estas condições levam em conta as probabilidades de ocorrência conjunta dos eventos citados:

- **Condição 1:** Considerando o reservatório no seu NA Máximo Normal, El. 30,00m, a barragem deverá conter ondas geradas por ventos de superfície (sobre a terra) de 100km/h, atuando na direção do "fetch" crítico (área de influência). Para esta condição, a onda  $H_{2\%}$  será a altura de onda de projeto, que corresponde à probabilidade de 2% de ser excedida em um trem de ondas.
- **Condição 2:** Considerando o reservatório no seu NA Máximo Maximorum devido à cheia de projeto, El 31,90m, a barragem deverá conter ondas geradas por ventos de superfície (sobre a terra) de 80km/h, atuando na direção do "fetch" crítico (área de influência). Para esta condição, a onda  $H_{5\%}$  será a altura de onda de projeto.

O comprimento de "fetch" no reservatório, corresponde ao total de 5.000m.

Os critérios adotados para fixação das características do vento de projeto (intensidade, direção e sentido) são comumente praticados quando da indisponibilidade de dados de vento.

Para definição da velocidade do vento sobre a água aplicou-se o corretor apresentado em Saville (1962) a velocidade sobre a terra ( $V_t$ ), o que resultou num coeficiente igual a 1,25.

O **Quadro 4-4** apresenta o resumo dos resultados para a condição de projeto adotada na determinação da sobre-elevação total do nível d'água do reservatório junto às estruturas do aproveitamento.

Com base nos resultados obtidos, adotou-se a crista da barragem na El. 34,00m e das estruturas de concreto na EL. 32,50m.

**Quadro 4-4 - Sobrelevação total do nível d'água do reservatório**

| Parâmetros                               | Condição I | Condição II |
|--|------------|-------------|
| N.A. Máximo Normal (m)                   | 30,00      | -           |
| N.A. Máximo Normal = Maximorum (m)       | -          | 31,9        |
| Velocidade do vento sobre a terra (km/h) | 100        | 80          |
| Velocidade do vento sobre a água (km/h)  | 125        | 100         |
| Hproj (m)                                | 2%         | 5%          |
| Talude                                   | 1:2,5H     | 1:2,5H      |
| Barragem de Terra (m)                    | 2,23       | 1,51        |
| Elevação do Run-Up (m)                   | 32,23      | 33,41       |
| Coroamento (m)                           | 34,00      | 34,00       |
| Borda livre (m)                          | 1,77       | 0,59        |

#### 4.9.7 - Regularização

Devido às pequenas dimensões do reservatório, considera-se a UHE Santo Antônio do Jari como sendo um aproveitamento a fio d'água.

#### 4.9.8 - Tempo de Residência

O tempo de residência, parâmetro importante em estudos de qualidade de água, é definido como o intervalo de tempo que uma determinada massa de água permanece no reservatório desde a sua chegada até a sua saída, ou seja, o tempo de residência é a razão do volume do reservatório pela vazão média afluyente. Para a vazão média de longo termo (MLT) igual a 1017m<sup>3</sup>/s e o volume do reservatório na El. 30,00m igual a 133,4 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, o tempo de residência é de 1,51 dia.

Cabe salientar que para uma vazão de 770m<sup>3</sup>/s, que corresponde a uma permanência de 51%, o tempo de residência do reservatório é inferior a 2 dias, e para uma permanência de 99% o tempo de residência é inferior a 40 dias.

#### 4.9.8.1 - Drenagens Afetadas pelo Reservatório

Para analisar o tempo de residência nas drenagens do reservatório, definiu-se o talvegue do igarapé localizado na margem direita próximo ao eixo da barragem, o mais representativo em termos de retenção (Figura 4-5).

Para a estimativa do tempo de residência foi determinada a curva Cota x Área x Volume apresentada no Quadro 4-5.

Quadro 4-5 - Cota x Área x Volume

| Cota (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Volume total (m <sup>3</sup> ) |
|----------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 25,0     | 0                      | 0                        | 0                              |
| 26,0     | 403.081                | 806.161                  | 806.161                        |
| 27,0     | 633.244                | 115.082                  | 921.243                        |
| 28,0     | 760.179                | 63.467                   | 984.711                        |
| 29,0     | 831.801                | 35.811                   | 1.020.522                      |
| 30,0     | 896.626                | 32.412                   | 1.052.934                      |
| 31,0     | 945.657                | 24.515                   | 1.077.449                      |
| 32,0     | 985.928                | 20.136                   | 1.097.585                      |
| 33,0     | 1.025.576              | 19.824                   | 1.117.409                      |
| 34,0     | 1.086.704              | 30.564                   | 1.147.973                      |
| 35,0     | 1.132.550              | 22.923                   | 1.170.896                      |

A área de drenagem do braço do reservatório foi estimada em 44,2km<sup>2</sup>. Considerado o cenário mais crítico, calculou-se o tempo de residência para os meses de estiagem.

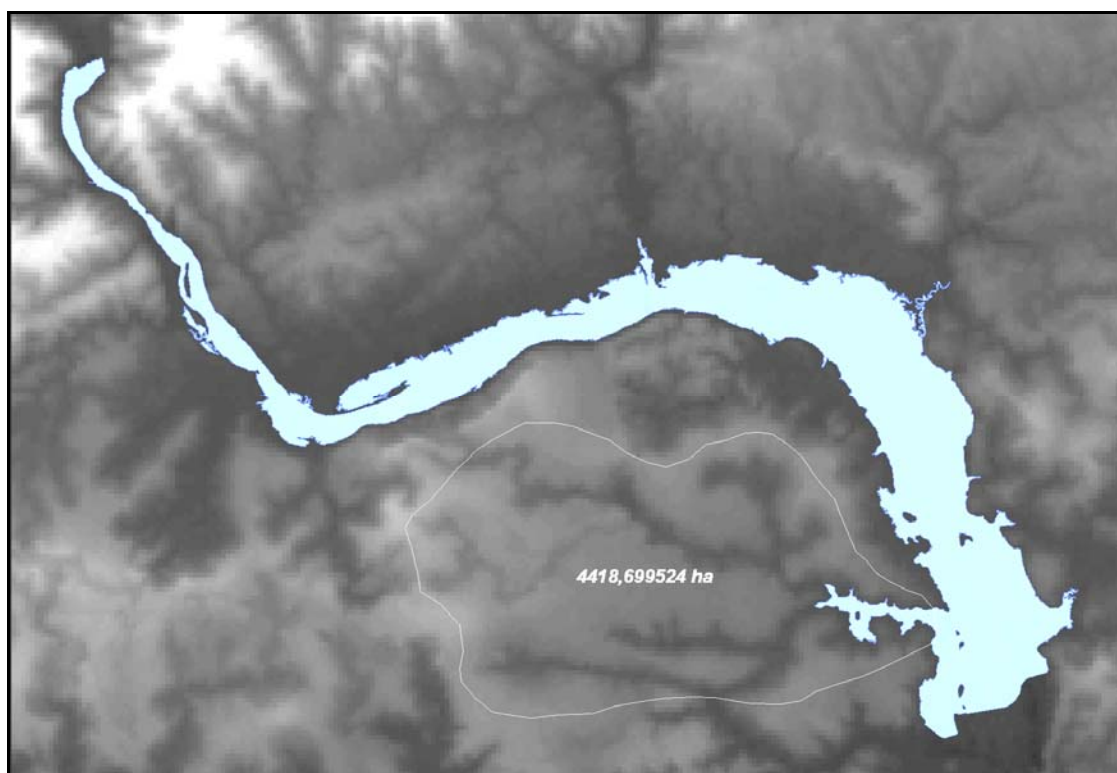


Figura 4-5 - Área de drenagem do córrego da margem direita próximo ao eixo da barragem

A vazão utilizada para a simulação dos tempos de residência foi estimada a partir da precipitação direta sobre o espelho d'água do braço do reservatório para a cota 30m, somada ao escoamento superficial na área de drenagem do talvegue. Os dados de precipitação utilizados foram retirados do projeto básico da UHE Santo Antônio do Jari e o tempo de residência foi obtido através da razão entre o valor da vazão estimada, pelo volume do braço do reservatório na cota 30m.

Quadro 4-6 - Dados de entrada para os cálculos

|           |   |
|-----------|---|
| 0,4       | coeficiente de escoamento superficial                   |
| 44,2      | km <sup>2</sup> - área de drenagem do talvegue          |
| 896.626   | m <sup>2</sup> - espelho d'água do talvegue na cota 30m |
| 1.052.934 | m <sup>3</sup> - volume do talvegue na cota 30m         |

Quadro 4-7 - Tabela de cálculos

| Mês | Precipitação | Q da Precipitação Direta | Deflúvio estimado | Q do deflúvio       | Tempo residência |
|-----|--------------|--------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
|     | (mm)         | (m <sup>3</sup> /s)      | (mm)              | (m <sup>3</sup> /s) | (dias)           |
| jan | 235,7        | 0,079                    | 94,3              | 1,52                | 7,6              |
| fev | 253,7        | 0,094                    | 101,5             | 1,82                | 6,4              |
| mar | 324,9        | 0,109                    | 130,0             | 2,10                | 5,5              |
| abr | 340,5        | 0,118                    | 136,2             | 2,28                | 5,1              |
| mai | 319,4        | 0,107                    | 127,8             | 2,07                | 5,6              |
| jun | 243,2        | 0,084                    | 97,3              | 1,63                | 7,1              |
| jul | 181,4        | 0,061                    | 72,6              | 1,17                | 9,9              |
| ago | 98,5         | 0,033                    | 39,4              | 0,64                | 18,2             |
| set | 60,9         | 0,021                    | 24,4              | 0,41                | 28,5             |
| out | 48,3         | 0,016                    | 19,3              | 0,31                | 37,1             |
| nov | 66,2         | 0,023                    | 26,5              | 0,44                | 26,2             |
| dez | 136,4        | 0,046                    | 54,6              | 0,88                | 13,1             |

Com base nos dados disponíveis, o tempo de residência máximo no braço do reservatório seria de cerca de 37 dias, no mês de outubro.

#### 4.9.8.2 - Trecho de Vazão Reduzida

Para a verificação do tempo de residência no trecho de vazão reduzida foram considerados os resultados dos estudos do trecho de jusante do sítio da UHE Santo Antônio do Jari, baseado em análises dos dados de monitoramento levantados na campanha de hidrometria e na modelagem matemática do escoamento.

##### 4.9.8.2.1 - Vazões de Referência

Para os estudos de modelagem matemática a jusante da cachoeira de Santo Antônio foram utilizadas as informações disponíveis no projeto básico e dados de campo. Além dos dados primários, foram obtidos dados de telemetria disponíveis na internet, no sítio da ANA ([www.ana.gov.br/portalsnrh](http://www.ana.gov.br/portalsnrh)).

Inicialmente, foi verificada a gama de vazões do rio Jari no local do aproveitamento e os valores de projeto. Na **Figura 4-6** é apresentado o hidrograma das vazões médias mensais do rio Jari no sítio da UHE Santo Antônio do Jari, feito a partir da série de vazões médias mensais constante no projeto básico do aproveitamento.

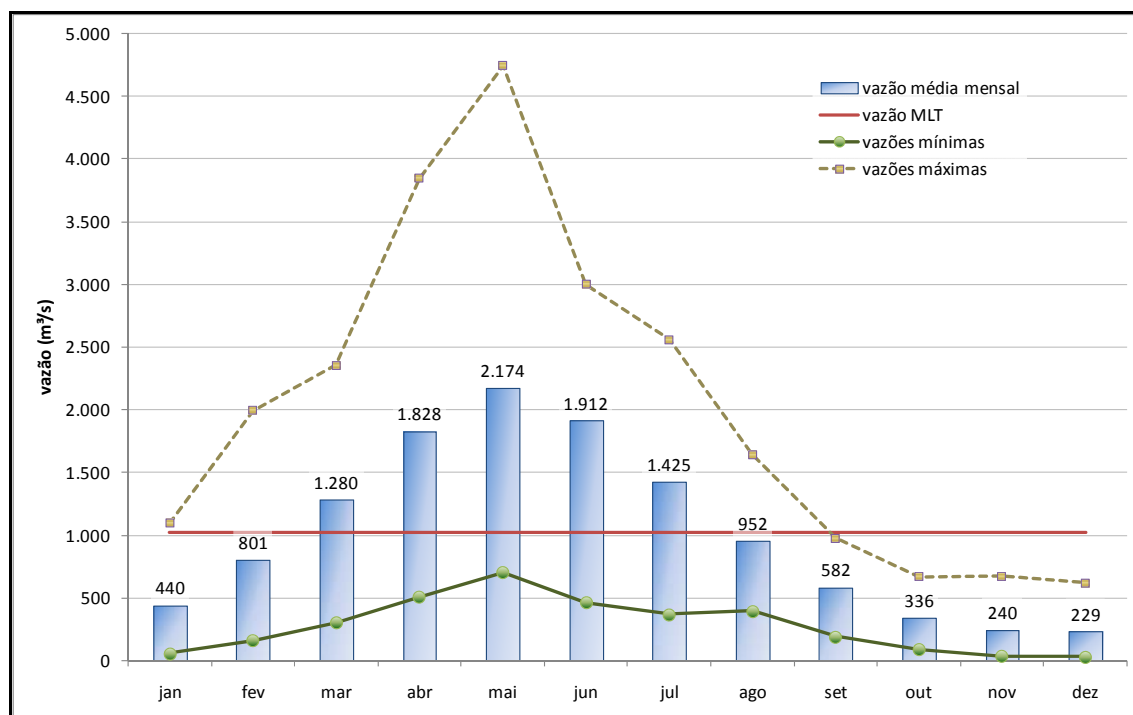


Figura 4-6 - Vazões médias mensais na UHE Santo Antônio do Jari

A variação de vazões no rio é significativa, quando consideradas as vazões máximas e mínimas. A série de vazões médias mensais apresenta valores de 30m³/s a até 4.741m³/s. Para efeito deste estudo, cuja preocupação precípua é a de obter o tempo de retenção da água na calha do rio Jari, em frente à vila de Santo Antônio, foram consideradas a vazão mínima e a vazão nominal turbinada máxima. Estes valores foram tomados como base para a montagem dos cenários de simulação por modelagem matemática.

Conforme a ficha técnica do empreendimento, a vazão nominal unitária das turbinas é de 218m³/s. A UHE Santo Antônio do Jari foi projetada para ter 6 turbinas, o que soma a vazão turbinada máxima de 1.307m³/s.

Para a simulação da vazão residual foi utilizada a vazão mínima da série de vazões médias mensais, de 30m³/s.



#### 4.9.8.2.2 - Dados de Monitoramento

Além das informações constantes no projeto básico, foram obtidos dados de levantamentos de campo realizados no rio Jari, no sítio da UHE Santo Antônio do Jari, no trecho a jusante que, abrange cerca de 4 quilômetros de rio. Foram levantadas 7 seções transversais na calha principal (seções S-A, S-B, S-F, S-G, S-H, S-I e S-J), 3 seções transversais no braço de rio que será utilizado como canal de fuga da usina (S-C, S-D e S-E), e 2 seções transversais em outro braço do rio a montante da confluência da calha principal com o canal de fuga (S-K e S-L). Na **Figura 4-7** é apresentada a localização das seções transversais e na **Quadro 4-8** são listados os locais onde ocorre algum tipo de monitoramento, além do levantamento topo-batimétrico da seção.

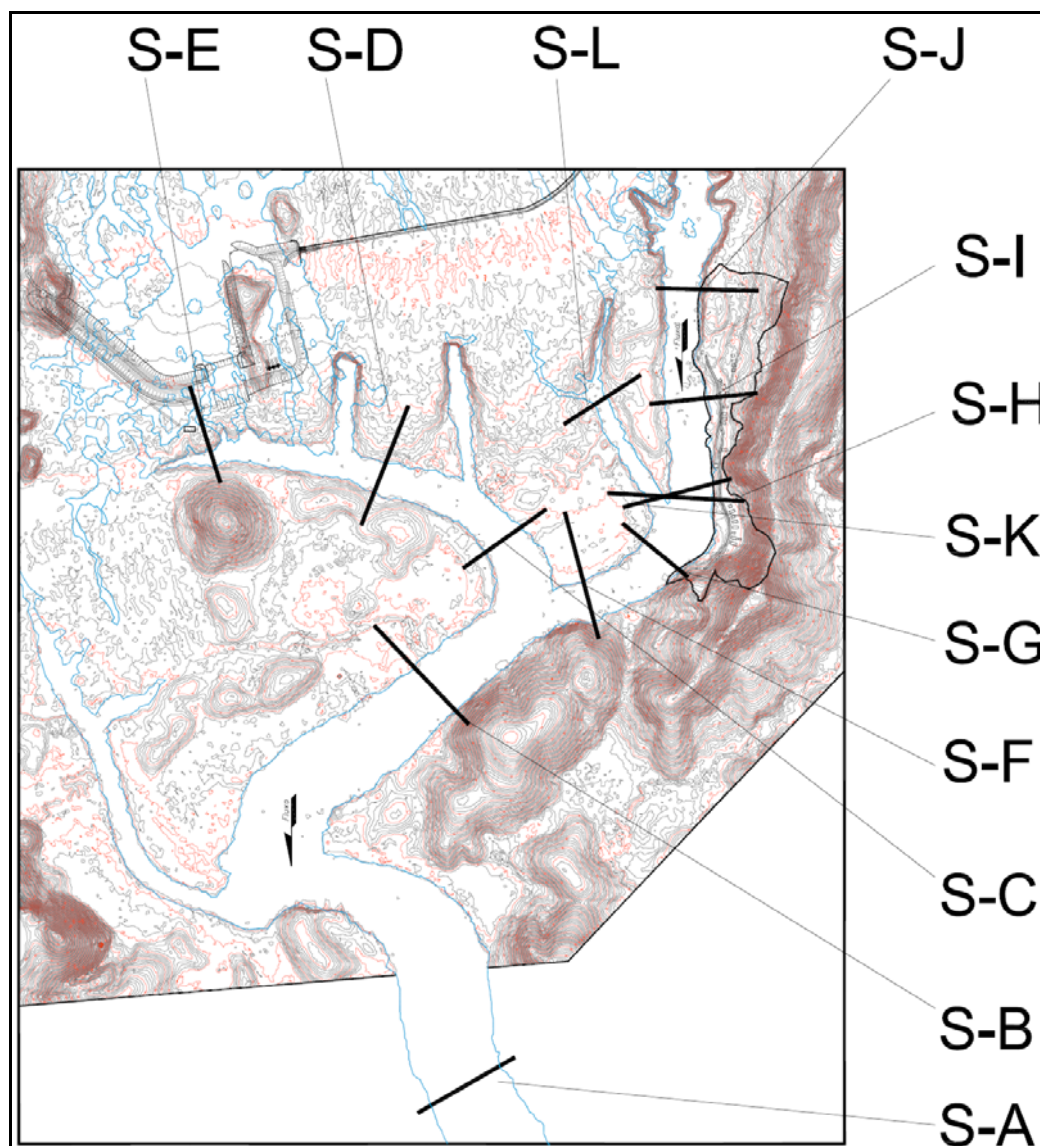


Figura 4-7 - Localização das seções transversais utilizadas nos estudos de simulação a jusante da cachoeira de Santo Antônio do Jari

Quadro 4-8 - Locais onde há dados de monitoramento

| Código   | Nome                            | Latitude  | Longitude  | Monitoramento |
|----------|---------------------------------|-----------|------------|---------------|
| 19160000 | Santo Antônio do Jari (seção H) | +00:39:47 | -052:30:25 | cota          |
| 19170000 | Bananal (seção B)               | +00:39:42 | -052:30:56 | cota, vazão   |
| 19180000 | Posto Santana (seção A)         | +00:40:20 | -052:30:49 | cota, vazão   |
| 19190000 | Cajueiro (seção E)              | +00:39:13 | -052:31:12 | cota, vazão   |
| 19210000 | seção D                         | +00:39:12 | -052:31:03 | vazão         |
| 19220000 | seção C                         | -00:39:23 | -052:30:52 | vazão         |

#### 4.9.8.2.3 - Efeito de Maré

Para o estudo de maré, utilizaram-se as seções A e H, que estão sendo monitoradas a cada 30 minutos, no período de 07:00 às 17:00. Foram feitas simulações com base em cenários definidos previamente, considerando as hipóteses de maré alta e maré baixa, de acordo com a disponibilidade de dados na seção transversal de Posto Santana (seção A).

#### 4.9.8.2.4 - Cenários de Simulação

Foram montados alguns cenários de simulação, tomando como base vazões de referência do projeto e dados disponíveis do monitoramento de campo. Foram simulados os cenários enumerados a seguir, entendendo-se que estes são os cenários que permitem avaliar o tempo de detenção no trecho de rio em frente à vila de Santo Antônio:

- **Cenário 1** - vazão total igual à soma da vazão turbinada máxima ( $1.307\text{m}^3/\text{s}$ ) e da vazão residual mínima no histórico de vazões médias mensais ( $30\text{m}^3/\text{s}$ ). Simulações para maré alta e baixa.
- **Cenário 2** - vazão total igual à menor vazão observada no monitoramento de 2008 ( $830\text{m}^3/\text{s}$ ), considerando a menor vazão residual ( $30\text{m}^3/\text{s}$ ) escoando na calha principal e o restante passando pela turbina e saindo pelo canal de fuga. Simulações para maré alta e maré baixa.
- **Cenário 3** - simulação de condição natural para a vazão de  $1.337\text{m}^3/\text{s}$  (turbinada máxima somada à residual de  $30\text{m}^3/\text{s}$ ). Simulações para as condições de maré alta e baixa.
- **Cenário 4** - simulação de condição natural para a vazão de  $830\text{m}^3/\text{s}$ . Simulações para as condições de maré alta e baixa.

Os cenários 1 e 2 são investigações do que ocorreria com o escoamento no caso de implantação da barragem. Os cenários 3 e 4 são investigações das condições naturais de escoamento do rio Jari a jusante da cachoeira de Santo Antônio. A vazão de  $830\text{m}^3/\text{s}$ , para o cenário 4, foi escolhida por ser a menor vazão monitorada até o momento, para a qual existem dados de vazão no trecho estudado e cota na seção A.

#### 4.9.8.2.5 - Resultado das Simulações

Para calibração do coeficiente de rugosidade no modelo matemático foram feitas simulações sucessivas para testar a sensibilidade do coeficiente de rugosidade. O valor de bibliografia adotado e os valores testados obtiveram resultados praticamente iguais (diferenças inferiores a 3cm na linha d'água). Este fato indica maior controle do escoamento pelo efeito de maré, pelo nível observado no rio Amazonas na foz do rio Jari e pela geometria da calha fluvial do que propriamente pelas características de rugosidade do canal.

No **Quadro 4-9** e **Quadro 4-10** são apresentados os valores adotados como premissa de entrada do modelo matemático, e o resultado da simulação na seção fluvial de interesse deste estudo, rio Jari em Santo Antônio (seção H), além do tempo de residência da água no trecho de rio antes da confluência com a calha fluvial que será o canal de fuga da usina.

**Quadro 4-9 - Resultados das simulações nos cenários considerando a existência da barragem**

| Cenário | Maré  | Vazão de simulação (m <sup>3</sup> /s) |          | N.A. jusante (m)* | Resultados de simulação no rio Jari em Santo Antônio (seção H) |                          |
|---------|-------|--|----------|-------------------|--|--------------------------|
|         |       | Turbinada                              | Residual |                   | N.A. (m)   | tempo residência (horas) |
| 1       | alta  | 1.307                                  | 30       | 3,306             | 3,43   | 20,3                     |
| 1       | baixa | 1.307                                  | 30       | 3,046             | 3,18   | 19,5                     |
| 2       | alta  | 800                                    | 30       | 3,026             | 3,08   | 19,2                     |
| 2       | baixa | 800                                    | 30       | 1,956             | 2,04   | 16,1                     |

\* Nível d'água de jusante adotado conforme o monitoramento de cotas e vazões disponível.

**Quadro 4-10 - Resultados das modelagens nos cenários de condição natural de escoamento**

| Cenário | Maré  | Vazão de simulação (m <sup>3</sup> /s)* |                 |                | N.A. jusante (m) | Resultados de simulação no rio Jari em Santo Antônio |                            |
|---------|-------|---|-----------------|----------------|------------------|--|----------------------------|
|         |       | total                                   | calha principal | margem direita |                  | N.A. (m)   | tempo residência (minutos) |
| 4       | alta  | 1,337                                   | 936             | 401            | 3.306            | 3.44   | 39                         |
| 4       | baixa | 1,337                                   | 936             | 401            | 3.046            | 3.19   | 37                         |
| 5       | alta  | 830                                     | 581             | 249            | 3.026            | 3.08   | 60                         |
| 5b      | baixa | 830                                     | 581             | 249            | 1.956            | 2.05   | 50                         |

\* A vazão total foi dividida entre os trechos de acordo com o monitoramento de vazões disponível, sendo que cerca de 70% do escoamento, para esta magnitude de vazões, escoo pela calha fluvial principal do rio Jari, em frente à vila de Santo Antônio.

#### 4.9.8.2.6 - Comentários Finais

A análise dos resultados obtidos permite chegar a algumas conclusões acerca do comportamento do escoamento no local:

- Pelos dados disponíveis, o efeito de maré torna-se significativo no período de águas baixas, principalmente para valores de vazão inferiores a cerca de  $2.000\text{m}^3/\text{s}$ . Este efeito de maré, provavelmente, dependerá não só da maré, como também do nível d'água observado no rio Amazonas na foz do rio Jari.
- O cenário em que o tempo de residência foi mais alto na calha do rio Jari em frente à vila de Santo Antônio é para o caso de vazão turbinada máxima escoando pelo canal de fuga ( $1.307\text{m}^3/\text{s}$ ) e vazão residual mínima ( $30\text{m}^3/\text{s}$ ) em frente à vila de Santo Antônio.
- O tempo de residência simulado para o rio Jari em frente à vila de Santo Antônio, na pior hipótese, passou de cerca de 39 minutos em condições naturais, para cerca de 20 horas com a usina funcionando à vazão turbinada máxima e somente a vazão residual escoando na calha principal do rio Jari em Santo Antônio.

Ressalta-se que os resultados apresentados nesta análise estão condicionados aos dados recebidos da campanha atualmente em andamento, e referem-se ao período de mai/08 a set/08 e aos cenários analisados.

#### 4.9.9 - Área de Supressão

A limpeza do reservatório, com a remoção de toda a cobertura vegetal, incluindo árvores e arbustos, deverá ser realizada em áreas permanentemente inundadas a partir da construção da barragem da UHE Santo Antônio do Jari.

Para a determinação desta área, foram utilizados os dados da curva de permanência bem como observadas as condições naturais de cheia do rio Jari, que demonstram que entre 3 e 4 meses, o rio Jari apresenta condições de cheia que provocam inundação de áreas marginais, com vazões em média superiores à  $1500\text{m}^3/\text{s}$  e com uma permanência de 25%.

Considerando a ocorrência desta mesma condição de vazão no vertedouro da usina, teríamos uma cota de 30,00 permanentemente inundada, equivalente à área de 1706ha, composta por 1333ha

de área florestada, 221ha de áreas com vegetação em regeneração e 2,2ha de áreas sem vegetação arbórea. Nos mapeamentos ainda foram registrados um recobrimento de nuvens de 149ha, que se somadas à área de vegetação arbórea nativa podem totalizar até 1482ha de área de supressão.

## **4.10 - SEDIMENTOLOGIA**

Este item apresenta os estudos hidrossedimentológicos realizados para a avaliação do assoreamento e vida útil do reservatório da UHE Santo Antônio no rio Jari.

### **4.10.1 - Geral**

Os estudos hidrossedimentológicos consistiram na avaliação temporal do assoreamento do reservatório com o objetivo da determinação de sua vida útil.

A carga de sedimentos afluentes e a eficiência de retenção pelo reservatório, condicionada pela geometria do mesmo e pelas características do material afluente, constituem os principais parâmetros para o cálculo de volumes assoreados ao longo do tempo.

A seguir são apresentadas as etapas dos estudos, iniciando-se pela estimativa da descarga sólida afluente ao reservatório.

#### **4.10.1.1 - Estimativa da Descarga Sólida Natural Afluente ao Reservatório**

Para a estimativa da descarga sólida natural afluente ao reservatório da UHE Santo Antônio do Jari, foram utilizados os registros sedimentométricos constantes no banco de dados da ANA (Hidroweb) para o posto fluviométrico São Francisco no rio Jari (código 19150000), localizado próximo ao local da usina.

O posto apresenta registros brutos de campanhas periódicas de medição de descarga sólida em suspensão, totalizando aproximadamente 70 medições ao longo dos últimos 30 anos. Diante da localização, a quantidade e qualidade dos dados obtidos, a estação foi qualificada como representativa para as estimativas de aporte de sedimentos para o local em estudo. Dessa forma, entende-se ser desnecessária, para avaliar a viabilidade do empreendimento, a inserção de novos

dados de campo uma vez que o volume de dados adicionais seria insuficiente, no universo estatístico, para modificar a análise dos dados apresentados pela ANA.

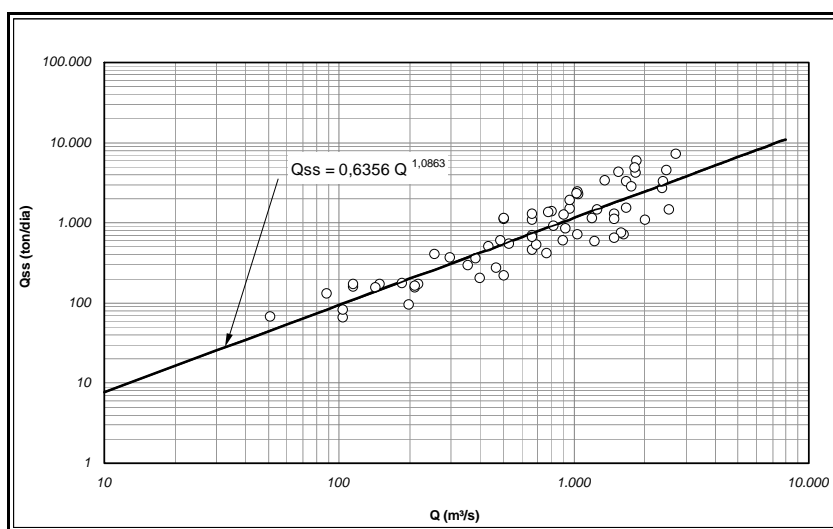
Foram incorporados dados constantes no “Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros”, produzido pela Eletrobrás em 1992, objetivando a aferição dos resultados obtidos.

A estação São Francisco possui monitoramento de concentração de sólidos em suspensão desde o ano de 1977. Os valores de concentração das medições diárias foram transformados em descarga sólida (t/dia) com a utilização da seguinte relação:

$$Q_{ss} = 0,0864 \times C \times Q$$

Sendo “ $Q_{ss}$ ”, a descarga sólida em suspensão (t/dia), “ $C$ ”, a concentração de sólidos em suspensão (p.p.m ou mg/l) e “ $Q$ ”, a descarga líquida ( $m^3/s$ ).

A aplicação da equação acima resultou na curva-chave da **Figura 4-8**. A partir dessa curva e da série de vazões médias diárias foi possível determinar os valores de descargas médias mensais para o posto, conseqüentemente a descarga sólida média anual para o posto para o período de 1972 a 2006. O valor obtido foi de 437.315t/ano, equivalente a uma descarga específica de 8,5ton/km<sup>2</sup> ano para a área de drenagem do posto de 51.343km<sup>2</sup>. O **Quadro 4-11** apresenta os valores mensais e anuais obtidos de descarga sólida em suspensão para o posto São Francisco.



**Figura 4-8 - Posto São Francisco no Rio Jari - Curva-Chave de Sedimentos em Suspensão**

**Quadro 4-11 - Posto São Francisco no Rio Jari - Descarga Sólida em Suspensão (t) Mensal e Anual**

| Ano  | Jan    | Fev    | Mar    | Abr     | Mai     | Jun     | Jul    | Ago    | Set    | Out    | Nov    | Dez    | Anual   |
|------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1972 | -      | -      | -      | -       | -       |         | 38.870 | 23.525 | 14.680 | 6.974  | 6.071  | 4.826  | -       |
| 1973 | 12.248 | 17.686 | 37.163 | 28.968  | 77.473  | 82.033  | 41.605 | 26.304 | 19.682 | 13.360 | 10.333 | 20.921 | 387.777 |
| 1974 | 35.662 | 68.431 | 88.186 | 82.973  | 58.927  | 91.875  | 91.223 | 61.426 | 32.518 | 23.529 | 14.907 | 16.246 | 665.902 |
| 1975 | 21.238 | 34.727 | 43.538 | 81.600  | 71.199  | 88.418  | 56.042 | 47.005 | 33.967 | 18.082 | 10.720 | 10.964 | 517.499 |
| 1976 | 19.667 | 49.751 | 91.086 | 116.479 | 111.671 | 85.614  | 70.403 | 37.957 | 21.886 | 12.176 | 6.391  | 6.729  | 629.811 |
| 1977 | 13.272 | 21.788 | 47.099 | 57.409  | 121.394 | 75.205  | 49.968 | 34.611 | 19.191 | 13.971 | 6.058  | 11.029 | 470.993 |
| 1978 | 22.815 | 19.360 | 28.272 | 65.336  | 70.820  | 49.752  | 39.377 | 35.233 | 24.415 | 16.362 | 9.417  | 12.576 | 393.734 |
| 1979 | 13.388 | 32.399 | 79.774 | 79.088  | 77.658  | 80.887  | 54.831 | 42.227 | 24.950 | 17.051 | 11.147 | 12.218 | 525.617 |
| 1980 | 22.518 | 19.509 | 42.520 | 75.905  | 57.509  | 52.251  | 39.009 | 27.646 | 15.865 | 8.451  | 6.402  | 4.426  | 372.012 |
| 1981 | 10.375 | 20.915 | 10.659 | 17.151  | 50.857  | 34.909  | 36.435 | 24.297 | 16.190 | 8.156  | 2.834  | 3.267  | 236.044 |
| 1982 | 19.335 | 40.394 | 55.419 | 89.702  | 98.482  | 68.508  | 38.689 | 27.737 | 15.509 | 7.317  | 3.442  | 2.430  | 466.962 |
| 1983 | 6.559  | 7.868  | 13.319 | 33.162  | 24.932  | 15.628  | 12.572 | 13.656 | 6.773  | 2.533  | 1.535  | 1.442  | 139.979 |
| 1984 | 4.549  | 13.850 | 35.764 | 38.281  | 95.980  | 60.016  | 40.744 | 23.882 | 16.424 | 9.473  | 7.516  | 5.286  | 351.765 |
| 1985 | 13.594 | 17.491 | 42.382 | 28.495  | 82.034  | 86.602  | 50.700 | 38.370 | 21.782 | 11.043 | 9.791  | 21.888 | 424.173 |
| 1986 | 28.806 | 28.403 | 35.558 | 45.476  | 47.012  | 70.314  | 51.686 | 26.172 | 14.718 | 7.381  | 5.681  | 6.045  | 367.253 |
| 1987 | 18.852 | 18.348 | 22.878 | 32.263  | 61.145  | 34.681  | 27.785 | 15.503 | 8.096  | 3.520  | 1.782  | 1.414  | 246.266 |
| 1988 | 9.179  | 23.619 | 23.354 | 31.471  | 98.055  | 77.431  | 67.617 | 33.566 | 23.156 | 14.156 | 6.469  | 15.931 | 424.004 |
| 1989 | 32.289 | 38.595 | 78.228 | 92.744  | 126.540 | 115.200 | 84.713 | 45.239 | 24.975 | 21.193 | 19.622 | 17.076 | 696.413 |
| 1990 | 24.982 | 33.762 | 53.521 | 79.993  | 71.700  | 58.042  | 37.638 | 27.158 | 17.060 | 8.094  | 4.603  | 4.628  | 421.180 |
| 1991 | 17.864 | 40.837 | 43.255 | 42.243  | 75.406  | 108.082 | 60.739 | 44.774 | 24.727 | 14.138 | 7.532  | 3.888  | 483.485 |
| 1992 | 6.231  | 15.857 | 42.599 | 66.165  | 35.903  | 24.318  | 19.415 | 17.060 | 7.302  | 2.667  | 2.243  | 3.936  | 243.695 |
| 1993 | 12.882 | 17.672 | 35.050 | 65.066  | 68.618  | 39.093  | 30.083 | 20.388 | 11.304 | 7.287  | 10.017 | 11.577 | 329.036 |
| 1994 | 23.673 | 38.974 | 59.608 | 68.202  | 106.117 | 74.831  | 46.980 | 33.000 | 18.228 | 16.758 | 9.223  | 10.923 | 506.516 |
| 1995 | 28.039 | 18.054 | 48.846 | 49.207  | 81.277  | 106.983 | 63.627 | 30.697 | 18.922 | 9.780  | 7.748  | 9.079  | 472.260 |



| Ano   | Jan    | Fev    | Mar    | Abr     | Mai     | Jun     | Jul     | Ago    | Set    | Out    | Nov    | Dez    | Anual   |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1996  | 31.499 | 38.689 | 73.846 | 98.087  | 103.646 | 111.235 | 100.050 | 60.480 | 31.715 | 20.255 | 13.405 | 12.661 | 695.568 |
| 1997  | 23.709 | 31.598 | 49.041 | 44.685  | 64.899  | 39.769  | 30.884  | 27.360 | 11.952 | 3.961  | 2.347  | 2.880  | 333.084 |
| 1998  | 8.106  | 10.454 | 23.120 | 32.891  | 40.898  | 34.633  | 30.221  | 17.306 | 8.295  | 4.179  | 2.902  | 3.371  | 216.376 |
| 1999  | 17.142 | 27.275 | 33.046 | 62.765  | 66.342  | 81.487  | 47.583  | 36.175 | 20.804 | 14.706 | 5.811  | 3.299  | 416.435 |
| 2000  | 30.329 | 47.286 | 81.956 | 142.692 | 185.520 | 103.058 | 77.630  | 50.259 | 27.374 | 21.708 | 13.355 | 11.353 | 792.519 |
| 2001  | 30.437 | 48.020 | 50.715 | 91.428  | 83.640  | 68.143  | 60.909  | 37.533 | 24.515 | 14.261 | 9.246  | 4.929  | 523.774 |
| 2002  | 13.059 | 26.725 | 58.714 | 76.778  | 81.738  | 60.452  | 37.190  | 25.118 | 12.235 | 5.446  | 3.126  | 5.814  | 406.394 |
| 2003  | 11.140 | 26.418 | 45.007 | 62.723  | 94.619  | 79.652  | 54.905  | 38.230 | 19.924 | 13.356 | 8.939  | 6.265  | 461.175 |
| 2004  | 8.320  | 12.876 | 48.732 | 67.384  | 100.858 | 54.941  | 41.811  | 34.483 | 16.788 | 8.935  | 3.915  | 2.324  | 401.365 |
| 2005  | 3.158  | 15.000 | 45.274 | 69.210  | -       | -       | 47.711  | 29.389 | 14.385 | 9.163  | 5.176  | 5.623  | -       |
| 2006  | 14.881 | 30.861 | 33.952 | 56.458  | 103.553 | 90.791  | 62.892  | 38.487 | 20.851 | 13.194 | 11.812 | 10.109 | 487.840 |
| Media | 17.935 | 28.044 | 47.102 | 63.896  | 81.710  | 69.843  | 49.787  | 32.921 | 18.890 | 11.503 | 7.472  | 8.211  | 437.315 |

A descarga sólida total (Qst) é dada pelas parcelas de descarga sólida em suspensão (Qss) e por arraste (Qsa):

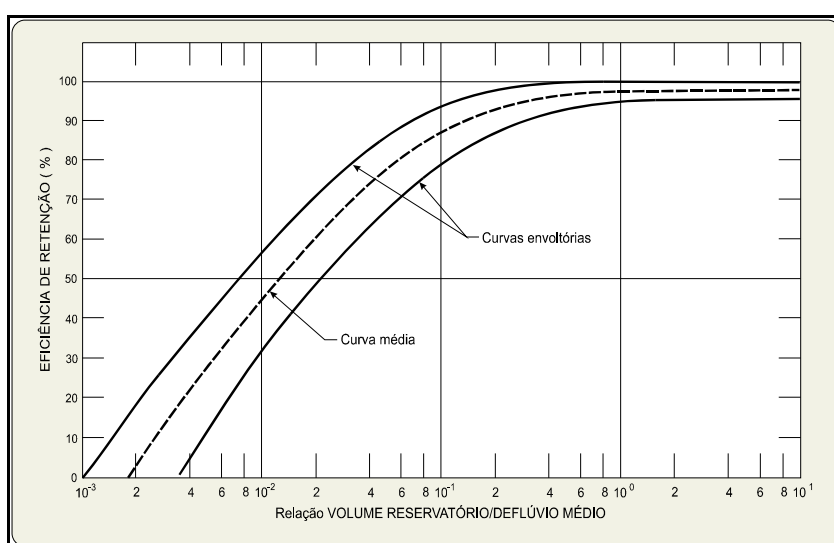
$$Q_{st} = Q_{ss} + Q_{sa}$$

A descarga sólida por arraste pode ser obtida como um percentual da descarga sólida em suspensão, de acordo à publicação "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros" (ELETROBRÁS, 1998). Para a estação de São Francisco, pertencente à classe 4, o quociente entre a descarga sólida de arraste e em suspensão é inferior a 0,1. Assumindo-se o valor de 0,1 para esta relação e considerando que a soma das parcelas por arraste e suspensão resultam na descarga sólida total, a descarga sólida estimada para o posto fluviométrico de referência foi de 481.045t/ano, que corresponde a uma taxa específica de 9,4ton/km<sup>2</sup> ano.

Para estimativa da produção de sedimentos no local da usina, adotou-se o valor estimado para o posto São Francisco, devido à pequena diferença entre as áreas de drenagem das respectivas bacias. O reservatório da UHE Santo Antônio do Jari apresenta, portanto, uma baixa capacidade de retenção de sedimentos refletindo numa variação pouco significativa da condição natural de transporte de sedimentos. Desta forma, considerando ainda, o baixo tempo de residência e o volume do reservatório, conclui-se de forma objetiva pela desnecessidade de elaboração de um modelo preditivo para o reservatório a ser formado.

## 4.10.2 - Estimativa da Vida Útil do Reservatório

Para a avaliação do assoreamento e vida útil do reservatório utilizou-se a metodologia preconizada pela Eletrobrás, com a utilização da curva de Brune, a qual é indicada para médios e grandes reservatórios. A curva é determinada empiricamente e permite uma estimativa do percentual de sedimentos a ser retido, em função da relação do volume total do reservatório com o volume afluente médio anual.



**Figura 4-9 - Eficiência de Retenção de Sedimentos em Reservatórios - Curva de Brune**

A publicação da Eletrobrás recomenda para simulação do volume assoreado ao longo da operação do empreendimento multiplicar pelo fator 2 o valor do deflúvio sólido médio anual calculado (acréscimo de 100%), com o intuito de se prever um aumento da produção de sedimentos devido a ações antrópicas.

Para simulação do volume assoreado ao longo da operação do empreendimento o valor do deflúvio sólido médio anual afluente passa a ser 962.090t/ano, correspondente a uma produção específica de 19t/km<sup>2</sup>. Destaca-se que esta produção é próxima à apresentada no “Diagnóstico das Condições Sedimentológicas” da Eletrobrás para o posto São Francisco, de 21t/km<sup>2</sup>.

O volume do reservatório no N.A. máximo normal (El. 30,00m) é 133,39 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> e o volume afluente médio anual 32.072 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, para a vazão média de longo termo de 1017m<sup>3</sup>/s. A relação

entre esses dois valores é igual a  $4,1 \times 10^{-3}$  indicando que o reservatório fornece, com base na curva de Brune, uma eficiência de retenção de cerca de 21.

Para uma produção sólida média é de 962.090t/ano, que sedimentada a uma densidade de depósito de  $1,6t/m^3$ , será de  $601.306m^3/ano$ . Sedimentado a cerca de 21%, significaria  $126.274m^3/ano$ , que ao dividirmos pelo volume total do reservatório obtemos o tempo de assoreamento maior que 1000 anos.

Desta forma, pode-se concluir que, em relação às condições de assoreamento, a vida útil do reservatório da UHE Santo Antônio do Jari é superior à 1000 anos.

#### 4.10.3 - Área de Remanso

Para esta etapa foi considerado o nível máximo normal e a cota de inundação referente a vazão afluente com o tempo de recorrência de 100 anos (TR:100) no barramento.

Conforme apresentado no mapa **2324-00-EIA-DE-2001 - Mapa da Área de Inundação e Remanso**, partindo deste conceito a área estimada para o remanso a ser criada pelo barramento do rio poderá alcançar na TR 100 cerca de 1,5m acima da cota de inundação resultando em uma área total de 3796ha.

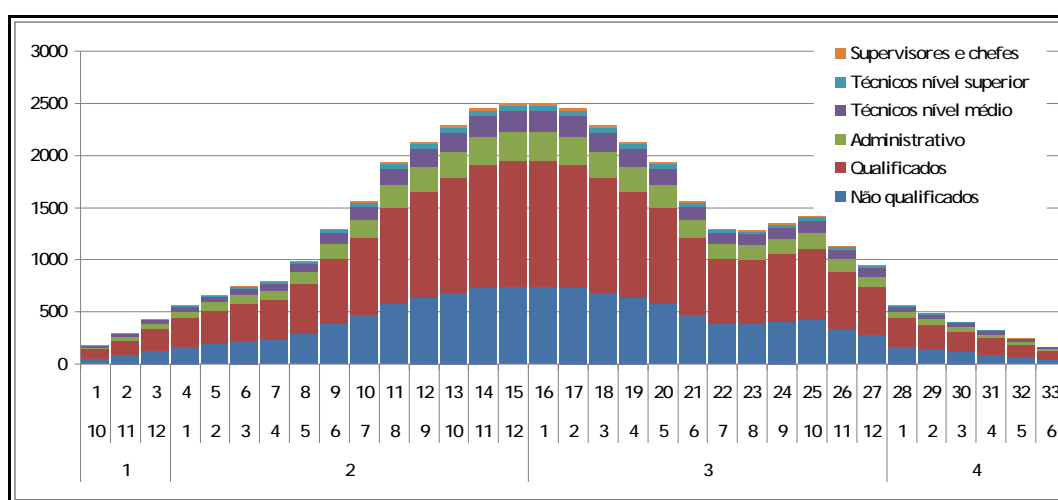
Esta área estende-se, longitudinalmente, por cerca de 32,25km, até as proximidades da Cachoeira de Itapeuara. Em relação à sua largura, observa-se que a modificação maior das margens do rio se dá no lado do Amapá, pela maior extensão das várzeas. A margem direita mostra um relevo mais íngreme, estando, assim, menos sujeita ao remanso.

#### 4.11 - MÃO-DE-OBRA

Para a implantação do empreendimento será dispensada ampla preferência para a contratação de mão de obra local, visando atrair ao máximo o pessoal da própria região para preencher as vagas oferecidas, minimizando a afluência de pessoas de outros municípios mais distantes, o que geraria demandas e pressões adicionais sobre as infraestruturas locais de saneamento, saúde, transporte, alimentação e moradia.

Para isso, deverão ser estabelecidos canais de comunicação que permitam a divulgação dos postos de trabalho oferecidos, o que poderá ser feito através de Associações de Moradores, Igrejas, e Prefeituras, dentre outras instituições.

Ao longo do período de realização das obras, prevista para durar dois anos e nove meses, serão necessários nos períodos de maior intensidade, 2500 trabalhadores para as atividades diretamente associadas à implantação do empreendimento. A **Figura 4-10** apresentada a seguir mostra a alocação de pessoal ao longo dos 33 meses.



**Figura 4-10 - Trabalhadores Empregados ao longo das obras**

Tais trabalhadores foram divididos em seis categorias. O **Quadro 4-12**, a seguir mostra os quantitativos referentes a cada tipo de mão-de-obra de acordo com o nível de especialização necessário.

**Quadro 4-12 - Percentual de Trabalhadores por Nível de Especialização**

| Categoria               | Participação |
|-------------------------|--------------|
| Não qualificados        | 30%          |
| Qualificados            | 48%          |
| Administrativo          | 11%          |
| Técnicos nível médio    | 8%           |
| Técnicos nível superior | 2%           |
| Supervisores e chefes   | 1%           |

Tais empregos deverão estar distribuídos em diversas funções que são apresentadas no **Quadro 4-13**, a seguir de acordo com o nível de especialização.

**Quadro 4-13 - Tipo de Função por Nível de Especialização**

| Nível de Especialização |                   | Função   |  |
|-------------------------|-------------------|--|--|
| NÍVEL SUPERIOR          |                   | Engenheiro Coordenador                             |  |
|                         |                   | Engenheiro de Produção - substituto do Coordenador |  |
|                         |                   | Engenheiro de Meio Ambiente e de Comunicação       |  |
|                         |                   | Engenheiro de Obras de Arte                        |  |
|                         |                   | Engenheiro de Obras Complementares                 |  |
|                         |                   | Engenheiro Mecânico para os equipamentos           |  |
|                         |                   | Engenheiros Auxiliares                             |  |
| NÍVEL TÉCNICO           |                   | Topógrafos   |  |
|                         |                   | Niveladores  |  |
|                         |                   | Programador de Computador                          |  |
|                         |                   | Digitadores  |  |
|                         |                   | Cadista  |  |
| NÍVEL ADMINISTRATIVO    |                   | Chefe de Escritório                                |  |
|                         |                   | Secretárias  |  |
|                         |                   | Administradores                                    |  |
|                         |                   | Operadores de Equipamentos de Escritório           |  |
| GERAL                   | Especializado     | Motoristas   |  |
|                         |                   | Operadores de Equipamentos                         |  |
|                         |                   | Encarregados de Turma                              |  |
|                         |                   | Encarregados de pavimentação                       |  |
|                         |                   | Montador   |  |
|                         | Não Especializado | Carpinteiros                                       |  |
|                         |                   | Pedreiros  |  |
|                         |                   | Armadores  |  |
|                         |                   | Pintores   |  |
|                         |                   | Ajudantes  |  |
|                         |                   | Serventes  |  |
|                         |                   |  |  |
|                         |                   |  |  |

Deverão ser adotadas, entre os programas previstos para o empreendimento, uma série de medidas, tais como:

- deverão ser adotadas medidas preventivas, visando o acompanhamento do quadro evolutivo de doenças sobre a mão-de-obra do empreendimento que, em última análise, respondem pela tranquilidade posterior do quadro endêmico da área;
- deverão ser asseguradas condições mínimas de atendimento médico aos trabalhadores, ressaltando-se a necessidade de transporte para o atendimento de emergência, bem como

medicamentos de urgência. Observe-se, também, a necessidade de soros antiofídicos, para o caso de acidentes com esses animais peçonhentos;

- os alojamentos deverão ser padronizados em relação à captação de água, disposição dos resíduos líquidos e sólidos provenientes dessas instalações, acondicionamento de alimentos e telas contra a penetração de vetores. Estas medidas deverão ser implantadas sob a supervisão dos agentes de saúde locais;
- exame médico e atestado de saúde admissional e periódico, para todos os empregados;
- é de importância fundamental que as diretrizes e recomendações do serviço de saúde sejam rigorosamente cumpridas por todos os setores de trabalho;
- estabelecimento de estratégias que viabilizem a implantação de educação e comunicação ambiental.

#### **4.12 - DEFINIÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE**

Para a definição da APP do reservatório da UHE Santo Antônio do Rio Jari, foram consideradas as diretrizes apontadas no Termo de Referência, bem como na legislação existente sobre o tema, quais sejam, o Código Florestal (Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965) e no Conama 302/2002 e Conama Nº 369/2006.

Segundo o TR emitido pelo IBAMA para a realização destes estudos, no item 83, que indica que deverá ser elaborado no licenciamento ambiental, "estudo e propor, a partir de uma análise de impactos ambientais, o estabelecimento de APP com faixa variável, em média, equivalente à largura da APP do rio Jari, anterior a formação do reservatório, em cada local".

Desta forma cabe destacar algumas premissas para a definição da APP variável, apresentadas a seguir:

- O trecho estudado do rio Jari, possui larguras variáveis entre 208m e 815m, em seu curso normal e, no trecho de ilhas, entre 2,3km e 534m.
- De acordo com a legislação ambiental, a APP para o rio Jari, deverá ser de 200m (largura estipulada para médias entre 200 e 600m).

O desenho 2324-00-EIA-DE-1013 - Mapa da AID apresenta a APP do rio Jari.

A partir dessas definições preliminares, foram estudados os polígonos da APP do Reservatório, aplicados sobre o imageamento e o mapeamento realizado nas áreas do entorno e, a partir da classificação dos usos, bem como da ocupação, foi então definida a proposta de APP do Reservatório da UHE Santo Antônio do Rio Jari. Essa proposta inicial deverá ser estudada e discutida no âmbito do Pacuera, ao longo das etapas posteriores de licenciamento.

Neste sentido as definições iniciais do reservatório e a configuração da APP são os seguintes:

- Área do Reservatório considerada foi definida a partir da cota 31,5, ou seja, a cota para uma cheia com tempo de recorrência de 100 anos (TR=100).
- Cota de supressão da vegetação foi definida pelo N.A. 30,0m, ou seja, a área permanentemente inundada.
- A área de preservação foi definida com uma faixa de 100m no entorno do polígono definido pela cota 30,0, compreendendo uma área de 962ha.

#### 4.13 - ASPECTOS FUNDIÁRIOS

Conforme matrícula nº 002 do Cartório de Registros Públicos e Tabelionato da Comarca de Laranjal do Jari - AP, a JESA é proprietária de uma área denominada "JESA II", com 3.900ha, situada no Município de Laranjal do Jari, Vila de Santo Antônio, estado do Amapá, e, conforme matrícula nº 064 do Único Registro Notarial e Registral de Almeirim, a JESA também é proprietária de uma área de terra na margem direita do Rio Jari, com 1.483ha, no município de Almeirim, estado do Pará.

O Mapa 2324-00-EIA-DE-4003 mostra as áreas já de propriedade da JESA, as áreas previstas para serem inundadas, bem como as áreas necessárias para implantação da Área de Preservação Permanente (APP) equivalente à uma faixa marginal de 100m em torno do reservatório.

Estima-se que as áreas que comporão o conjunto de terras, necessárias à implantação da UHE Santo Antônio do Rio Jari, perfazem um total de 13338 hectares, sendo:

- 1706ha - Área que será permanentemente inundada;

- 962ha - Área de Preservação Permanente;
- 10670ha - Área de Reserva Legal.

#### 4.13.1 - Reserva Legal

A partir da realização dos estudos ambientais e da definição da área a ser inundada e da faixa marginal que comporá a Área de Preservação Permanente (APP), será realizado junto ao Registro Geral de Imóveis a averbação da Reserva Legal conforme procedimentos estabelecidos para áreas a serem atingidas por reservatórios artificiais destinados à atividade de utilidade pública.

#### 4.13.2 - Situação das Comunidades Afetadas

As comunidades de Santo Antônio, Iratapuru, São Francisco, Porto Sabão e Piunquara, localizadas em terras atualmente pertencentes à JESA, se caracterizam como comunidades extrativistas sem uso agropecuário do solo. Estruturadas como vilas rurais, a situação fundiária legal é garantida por acordo realizado entre as partes que definem além da posse das terras, os acordos realizados para o reassentamento das famílias que vivem em áreas atingidas.

Estima-se, segundo os levantamentos realizados que será necessária a realocação de todas as estruturas localizadas abaixo da elevação 34m, ou seja, 2 metros acima da estimativa de cheia para um tempo de recorrência de 10 mil anos (Máxima Maximorum), equivalente ao NA de 31,9m. Nessas áreas foram identificadas:

- 23 casas (15 em Iratapuru, 1 no Moreno, 2 no Piunquara e 5 no Porto sabão);
- 4 edificações de uso comunitário;
- 1 cemitério.

Neste documento, no **item 11.16 - Programa de Atendimento ao Protocolo de Entendimento com as Comunidades da ADA**, são apresentados os principais aspectos associados ao reassentamento das famílias bem como os protocolos de entendimento entre a associação de moradores atingidos, prefeitura e a JESA.



**ANEXOS**



**ANEXO 1 - BALANÇO DE VOLUMES DE ESCAVAÇÃO E DE  
APLICAÇÃO DOS MATERIAIS**



| DESTINO                 | VOLUME                         | PERDAS         | VOLUME                         | BARRAGENS     |               |          | ENSECADEIRAS   | CONSUMOS DIVERSOS |            |                |               | ESTOQUE       |                | VOLUME         |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|---------------|---------------|----------|----------------|-------------------|------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| ORIGEM                  | (MEDIDO)                       |                | (TRANSP.)                      | Margem        | Margem        | Leito    |                | Proteção          | Acessos    | Central        | Proteção      | Estoque       | Estoque        | GERAL          |
|                         | m <sup>3</sup><br>(pré perdas) | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup><br>(pós perdas) | Direita       | Esquerda      | Rio      |                | Taludes<br>MD     | Canteiro   | Britagem<br>MD | Taludes<br>ME | MD            | ME             | m <sup>3</sup> |
| <b>ESC. EM ROCHA</b>    |                                |                |                                |               |               |          |                |                   |            |                |               |               |                |                |
| Pedreira MD             |                                |                |                                |               |               |          |                |                   |            |                |               |               |                |                |
| Canal de Adução         | 77.018                         | 3.851          | 73.167                         |               |               |          |                |                   |            | 73.167         |               |               |                | 73.167         |
| TA-Cf e muros           | 204.797                        | 10.240         | 194.557                        |               |               |          | 120.380        |                   |            |                |               | 74.178        |                | 194.557        |
| Vertedouro              | 16.037                         | 802            | 15.235                         |               |               |          |                |                   |            |                |               | 15.235        |                | 15.235         |
| Canal de Fuga           | 197.820                        | 9.891          | 187.929                        | 32.712        | 32.713        |          |                |                   |            |                |               |               | 122.504        | 187.929        |
| Desvio                  | 975                            | 49             | 926                            |               |               |          |                |                   | 926        |                |               |               |                | 926            |
| Barragem                | 4.556                          | 228            | 4.328                          |               |               |          |                | 2164              |            |                | 2164          |               |                | 4.328          |
| <b>TOTAL ESC. ROCHA</b> | <b>501.203</b>                 | <b>25.061</b>  | <b>476.142</b>                 | <b>32.712</b> | <b>32.713</b> | <b>0</b> | <b>120.380</b> | <b>2.164</b>      | <b>926</b> | <b>73.167</b>  | <b>2.164</b>  | <b>89.413</b> | <b>122.504</b> | <b>476.142</b> |



**ANEXO 2 - ESQUEMA DE FLUXOS E DE VOLUMES DE ESCAVAÇÃO E DE  
APLICAÇÃO DOS MATERIAIS**





2324-00-EIA-RL-0001-01

UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI  
Estudo de Impacto Ambiental - EIA

| DESTINO                | VOLUME           | BARRAGENS      |                |          | ENSECADEIRAS   |          |          |          |          |          | BOTA-FORA      |               | VOLUME           |
|------------------------|------------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|---------------|------------------|
| ORIGEM                 | GERAL            | Margem         | Margem         | Leito    | Ensec. 1       | Ensec. 2 | Ensec. 3 | Ensec. 4 | Ensec. 5 | Ensec. 6 | MD             | ME            | GERAL            |
|                        | m <sup>3</sup> c | Direita        | Esquerda       | Rio      | MD             | MD       | MD       | LR       | LR       | ME       | MD             | ME            | m <sup>3</sup> c |
| <b>ESC. EM SOLO</b>    |                  |                |                |          |                |          |          |          |          |          |                |               |                  |
| AE (MD)                | 965.550          | 838.373        |                |          | 127.177        | -        | -        |          |          |          |                |               | 965.550          |
| AE (ME)                | 147.947          |                | 147.947        |          |                |          |          |          |          |          |                |               | 147.947          |
| Canal de Adução        | 5.000            |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 5.000          |               | 5.000            |
| TA-CF - MD             | 9.500            |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 9.500          |               | 9.500            |
| Vertedouro             | 8.000            |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 8.000          |               | 8.000            |
| Canal de Fuga          | 7.500            |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 7.500          |               | 7.500            |
| BMD                    | 38.730           |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 38.730         |               | 38.730           |
| BME                    | 6.835            |                |                |          |                |          |          |          |          |          |                | 6.835         | 6.835            |
| Ensecadeiras           | 7.500            |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 7.500          |               | 7.500            |
| Subestação/Ed controle | 58.994           |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 58.994         |               | 58.994           |
| <b>TOTAL ESC. SOLO</b> | <b>1.255.556</b> | <b>838.373</b> | <b>147.947</b> | <b>0</b> | <b>127.177</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>127.724</b> | <b>14.335</b> | <b>1.255.556</b> |
| <b>REMOÇÃO ENSEC.</b>  |                  |                |                |          |                |          |          |          |          |          |                |               |                  |
| Ensecadeira            | 127.177          |                |                |          |                |          |          |          |          |          | 127.177        |               | 127.177          |
| <b>TOTAL REMOÇÃO</b>   | <b>127.177</b>   |                |                |          |                |          |          |          |          |          |                |               | <b>127.177</b>   |



**ANEXO 3 - CRONOGRAMA DA OBRA**









