

Nota Técnica n.º 100/2006/GEREG/SOF-ANA

Documento: 20326

Em 14 de novembro de 2006.

Ao Senhor Superintendente de Outorga e Fiscalização  
Assunto: **Reserva de disponibilidade hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, localizados no rio Madeira**

Ref.: Processos nº 02501.000047/2006-51 e 02501.000048/2006-04

## INTRODUÇÃO

1. Esta Nota Técnica trata das análises técnicas empreendidas pela ANA sobre a declaração de reserva de disponibilidade hídrica relativa aos aproveitamentos hidrelétricos – AHEs Santo Antônio e Jirau, a serem implantados no rio Madeira, na bacia hidrográfica do rio Amazonas, formulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL em 09 de janeiro de 2006. Tendo em vista a proximidade, a similaridade de suas características e usos de recursos hídricos envolvidos e a integração dos dois aproveitamentos hidrelétricos, as análises técnicas da ANA foram realizadas de forma conjunta nesta Nota Técnica.

2. A Figura 1 ilustra a localização dos dois aproveitamentos e suas principais características, conforme os estudos de viabilidade – EVI e Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH, apresentados pela ANEEL, são apresentadas na Tabela 1, segundo as fichas técnicas dos aproveitamentos:



Figura 1 – Localização dos AHE's Jirau e Santo Antônio. (Fonte: EVI).

Tabela 1 – Características dos aproveitamentos hidrelétricos Jirau e Santo Antônio.

<b>Características</b>	<b>Jirau</b>	<b>Santo Antônio</b>
Bacia hidrográfica rio Madeira (km <sup>2</sup> )	1.420.000	
Área de drenagem do eixo de barramento (km <sup>2</sup> )	972.710	988.873
Potência instalada (MW)	3.300	3.150
Energia firme local (MWmed)	1.908	2.144
Fator de capacidade da usina	0,58	0,70
Custo total (10 <sup>3</sup> R\$)	9.300.076	9.672.720
Índice de mérito (R\$/MWh)	77,78	70,20
Nível d'água máximo normal a montante (m)	90,0	70,0
Nível d'água mínimo normal a montante (m)	82,5*	70,0
Nível d'água máximo maximorum a montante (m)	92,0	72,0
Cota da crista da barragem (m)	95,5	75,5
Deplecionamento previsto (m)	7,5*	0
Área inundada do reservatório no NA máximo normal (km <sup>2</sup> )	258,0	271,3
Potência instalada / área inundada (MW/km <sup>2</sup> )	12,79	11,61
Área inundada / área da bacia a montante (%)	0,03%	0,03%
Famílias desapropriadas	272	561
Volume do reservatório no NA máximo normal (hm <sup>3</sup> )	1.685,6	2.075,1
Volume do reservatório no NA mínimo normal (hm <sup>3</sup> )	806,5	2.075,1
Tempo de residência médio (horas)	26	32
Altura máxima da barragem (m)	35,5	55,0
Vazão natural Q <sub>95%</sub> (m <sup>3</sup> /s)	4.789	4.869
Vazão média natural Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	17.687	17.983
Vazão máxima Tr = 10.000 anos (m <sup>3</sup> /s)	82.600	84.000
Vazão mínima média mensal (m <sup>3</sup> /s)	3.591	3.651
Vazão máxima média mensal (m <sup>3</sup> /s)	46.710	47.492
Vazão máxima turbinada (m <sup>3</sup> /s)	44x542=23.848	44x561=24.684
Tempo de construção (meses)	82 (44 meses p/1ª turbina)	82 (44 meses p/1ª turbina)
Tempo de enchimento (dias)	0,6 a 3,6	1 a 8

\* Embora exista a previsão de variação de níveis d'água, não há previsão de regularização de vazões.

## HISTÓRICO

3. A ANEEL solicitou as declarações de reserva de disponibilidade hídrica por meio do Ofício ANEEL nº 24/2006-SGH/ANEEL, de 9 de janeiro de 2006, e os respectivos processos foram autuados em 11 de janeiro de 2006.

4. Entretanto, anteriormente ao envio pela ANEEL dos pedidos de DRDH, a ANA já havia solicitado a apresentação dos Estudos de Disponibilidade Hídrica - EDH, conforme as disposições da Resolução nº 131, de 11 de março de 2003, referentes aos AHEs Santo Antônio e Jirau, àquela Agência, por meio do Ofício ANA nº 412/2005-DP/ANA, de 29 de novembro de 2005, uma vez que os estudos de viabilidade destes aproveitamentos já estavam concluídos e a solicitação de licença ambiental, também, já haviam sido realizada.

5. Juntamente com o pedido de DRDH, a ANEEL encaminhou os estudos de viabilidade dos empreendimentos, não contemplando, contudo, os estudos de disponibilidade hídrica solicitados pela ANA. Assim, a ANA reforçou necessidade do envio dos Estudos de Disponibilidade Hídrica, para o início das análises técnicas da ANA, por meio do Ofício ANA nº 26/2006/SOC-ANA, de 16 de janeiro de 2006.

6. Previamente ao envio dos Estudos de Disponibilidade Hídrica por parte da ANEEL, a ANA analisou preliminarmente os Estudos de Viabilidade – EVI dos dois AHEs, enviados pela ANEEL. Baseada nas análises preliminares, a ANA encaminhou o Ofício nº 122/2006/SOC-ANA, de 7 de fevereiro de 2006, solicitando esclarecimentos quanto aos seguintes itens:

- a. Metodologias avaliadas e escolha da metodologia utilizada para geração da série de vazões médias mensais afluentes aos aproveitamentos Jirau e Santo Antônio;
- b. Estudos da deposição espacial dos sedimentos ao longo dos reservatórios e seus eventuais impactos na navegação;
- c. Consideração dos resultados dos estudos sedimentológicos nos estudos de remanso.

7. No mesmo Ofício a ANA solicitou a ANEEL uma apresentação técnica sobre os empreendimentos, que foi realizada no dia 20 de fevereiro de 2006, pelos projetistas. Os principais destaques dessa apresentação técnica foram:

- a. Encaminhamento informal dos Estudos de Disponibilidade Hídrica - EDH;
- b. Projetista esclareceu que entregou estudos sobre eclusas ao GTI (Grupo Técnico Interministerial);
- c. Projetista reconhece a precariedade dos estudos de séries de vazão, justificando em função do prazo e dos dados disponíveis;
- d. Projetista apresenta novos estudos de sedimentos (distribuição espacial de sedimentos), não constantes do EDH entregue;
- e. Projetista apresenta estudos de qualidade da água, não constantes do EDH entregue;
- f. Projetista informa que os estudos apresentados encontram-se em fase de aperfeiçoamento.

8. No Ofício nº 150/2006-SGH/ANEEL, de 23 de fevereiro de 2006, a ANEEL oficializou a entrega dos Estudos de Disponibilidade Hídrica - EDH, não contemplando alguns estudos que haviam sido apresentados e solicitados na reunião do dia 20 de fevereiro, como o estudo da deposição espacial dos sedimentos e de qualidade da água. A partir desses estudos, foram iniciadas as análises técnicas dos estudos de disponibilidade hídrica.

9. A partir das discussões da citada reunião e concluída a análise preliminar da ANA, foram definidos os estudos complementares necessários à análise dos empreendimentos, consolidados no Ofício nº 224/2006/SOC-ANA, de 16 de março de 2006, enviado à ANEEL, que solicita os seguintes estudos:

- a. Estudos sedimentológicos revisados, considerando série de descargas líquidas diárias, percentual de sólidos de arraste de 10% em relação aos sólidos em suspensão e utilizando todas as medições sedimentométricas realizadas por Furnas;
- b. Reavaliação e apresentação dos estudos de deposição espacial dos sedimentos nos reservatórios, justificando diferenças entre as metodologias adotadas;
- c. Apresentação de medidas mitigadoras dos processos de assoreamento;

- d. Estudos de remanso utilizando as seções transversais resultantes dos estudos de deposição espacial dos sedimentos;
- e. Estudo de alternativas de relocação do sistema de captação para abastecimento público da cidade de Porto Velho.

10. Para discussão dos estudos complementares solicitados pela ANA, foi realizada uma reunião técnica entre ANA, ANEEL, além das empresas projetistas PCE e FURNAS, em 4 de abril de 2006. Nesta reunião, foram dados os seguintes encaminhamentos:

- a. Estudos sedimentológicos: Chegou-se à conclusão que a revisão dos estudos sedimentológicos a partir das novas descargas sólidas medidas não resultaria em maiores alterações nos dimensionamentos e conclusões da atual fase dos projetos (estudos de viabilidade). Todavia, a ANA solicitou a apresentação dos estudos já realizados, incluindo tabela de descargas sólidas totais;
- b. Distribuição espacial dos sedimentos: O projetista apresentou as diferenças de valores encontradas nos estudos de assoreamento e nos estudos de distribuição espacial dos sedimentos, esclarecendo que o modelo HEC objetiva uma avaliação qualitativa das tendências de distribuição dos sedimentos nos reservatórios, enquanto o Método Empírico de Redução de Área busca a quantificação da vida útil do reservatório. A ANA informou que tais justificativas devem constar dos estudos apresentados, além de avaliações qualitativas dos possíveis impactos nos demais usos da água (notadamente navegação) com base nos resultados encontrados nos estudos de distribuição espacial dos sedimentos, sempre considerando as limitações dos modelos empregados;
- c. Medidas mitigadoras aos processos de assoreamento e erosão: Concluiu-se que tais estudos deverão ser aprofundados na próxima fase dos projetos. No entanto, a descrição das possíveis medidas e programas propostos deverá ser apresentada, incluindo os programas ambientais previstos no RIMA;
- d. Estudos de remanso: Foi mantida a necessidade de apresentação de estudos de remanso (perfis de linha d'água e mapas de inundação) considerando os resultados obtidos pelo estudo de distribuição espacial dos sedimentos;
- e. Relocação do sistema de captação de água de Porto Velho: Foi acordado que o projetista elaboraria um estudo de alternativas para que a ANA possa consultar o responsável pela prestação dos serviços de saneamento.

11. Tendo em vista a previsão, no Plano Nacional de Viação, conforme Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973, de uma hidrovia no rio Madeira, com extensão desde sua foz até a confluência com o rio Mamoré, abrangendo o trecho onde se prevê a implantação dos empreendimentos em análise, a ANA enviou Ofício nº 006/2006/AP-ANA, de 24 de abril de 2006, ao Ministério dos Transportes, solicitando manifestação quanto aos estudos apresentados pela ANEEL no que diz respeito às estruturas de transposição de embarcações (eclusas) e quanto às condições operativas necessárias ao transporte aquaviário no rio Madeira, no trecho entre Porto Velho e Abunã.

12. Em 02 de junho de 2006 a ANA recebeu, do Ministério dos Transportes, Ofício nº 469/SE/MT, acompanhado da Nota Técnica 004/2006 de 24 de maio de 2006, do Departamento do Fundo Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DFNIT, ressaltando a necessidade de previsão de eclusas nos dois empreendimentos, tendo em vista o transporte aquaviário no trecho em questão. A Nota Técnica alerta sobre a necessidade de serem observadas condições operacionais e de enchimento das eclusas, de modo a não resultar em restrições à navegação, devido à quantidade de sedimentos prevista. Também, a Nota Técnica

recomenda especial atenção quanto às dimensões das eclusas, que deveria atender a tipos de embarcações não contemplados nos estudos de viabilidade.

13. Não tendo recebido resposta da ANEEL ao Ofício nº 224/2006/SOC-ANA, no prazo solicitado, a ANA informou a ANEEL, por meio do Ofício nº 032/2006/SOF-ANA, de 12 de maio de 2006, que os processos referentes à emissão de DRDH para os AHEs no rio Madeira estavam sobrestados, a partir daquela data, até a entrega dos estudos solicitados.

14. Em 25 de maio de 2006, a ANEEL enviou à ANA, por meio do Ofício nº 462/2006-SGH/ANEEL, estudos complementares em atendimento ao Ofício nº 224/2006/SOC-ANA, contemplando os seguintes itens:

- a. Estudos sedimentológicos, avaliação do assoreamento e vida útil dos reservatórios;
- b. Distribuição espacial dos sedimentos nos reservatórios;
- c. Medidas mitigadoras dos processos de assoreamento e erosão;
- d. Estudos de remanso com a inclusão dos efeitos do assoreamento dos reservatórios;
- e. Relocação do sistema de captação de água da cidade de Porto Velho.

15. Em 12 de junho de 2006, a ANEEL, por meio do Ofício nº 552/2006-SGH/ANEEL solicitou da ANA um posicionamento quanto ao prazo para a conclusão das análises e emissão das declarações de reserva de disponibilidade hídrica dos AHEs Jirau e Santo Antônio.

16. A ANA, após avaliação técnica dos estudos complementares apresentados pela ANEEL por meio do Ofício nº 462/2006-SGH/ANEEL, avaliou que não havia sido apresentado o item solicitado referente aos mapas de inundação resultantes dos estudos de remanso e à localização das infra-estruturas e localidades afetadas, considerando-se os efeitos do assoreamento do reservatório e distribuição espacial de sedimentos. Considerando, ainda, a manifestação do Ministério dos Transportes, a ANA enviou à ANEEL o Ofício nº 115/2006/SOC-ANA, 26 de junho de 2006, solicitando:

- a. Apresentação dos estudos de remanso, com mapas de inundação e seções transversais, considerando o efeito da distribuição especial de sedimentos no reservatório;
- b. Adequação dos estudos e anteprojetos das eclusas aos critérios construtivos, dimensões e gabarito de navegação propostos pelo Ministério dos Transportes, ou justificativa técnica da adequação dos estudos já apresentados às recomendações daquele Ministério.

17. Em 10 de agosto de 2006, a ANEEL encaminhou à ANA, por meio do Ofício nº 847/2006-SGH/ANEEL, os estudos complementares que visam atender às solicitações do Ofício nº 115/2006/SOC-ANA, acompanhado de Nota Técnica da empresa projetista esclarecendo que as adequações propostas pelo Ministério dos Transportes podem ser atendidas no projeto básico dos empreendimentos.

18. Contudo, os estudos complementares não apresentaram os mapas de inundação solicitados e continuam novos estudos de distribuição espacial dos sedimentos e remanso, considerando uma redução de 30% no volume de sedimentos assoreado. Esse fato motivou o envio do Ofício nº 334/2006/SOF-ANA, de 11 de setembro de 2006, solicitando a apresentação de justificativas para redução do volume assoreado e reiterando a necessidade de apresentação dos mapas de inundação, detalhando as linhas de inundação em áreas urbanas e de interferências com a infra-estrutura viária.

19. As solicitações foram atendidas em reunião realizada na ANA, em 04/10/2006, quando foram apresentados os estudos complementares revisados, contendo os mapas de inundação. Esse documento não continha a justificativa para a redução de 30% no volume assoreado, que foi recebido na ANA em 23/10/2006. A Tabela 2 lista os documentos que fazem parte do processo.

**Tabela 2 - Documentos referentes ao processo.**

<b>Data</b>	<b>Documento</b>	<b>Órgão</b>	<b>Assunto</b>
29/11/2005	Ofício ANA nº 412/2005	ANA	Solicita estudos de disponibilidade hídrica
9/1/2006	Ofício ANEEL nº 24/2006	ANEEL	Solicita DRDH
16/1/2006	Ofício ANA nº 26/2006	ANA	Reitera o pedido dos estudos de disponibilidade hídrica
4/2/2006	Ofício ANA nº 122/2006	ANA	Solicita esclarecimentos sobre série de vazões, sedimentos e remanso
20/2/2006	Ata de reunião na ANA	ANA	Apresentação dos estudos pelo projetista
23/2/2006	Ofício ANEEL nº 150/2006	ANEEL	Entrega dos estudos de disponibilidade hídrica
16/3/2006	Ofício ANA nº 224/2006	ANA	Solicita estudos complementares
4/4/2006	Ata de reunião na ANA	ANA	Discussão sobre os estudos complementares
24/4/2006	Ofício ANA nº 6/2006	ANA	Solicita manifestação do MT sobre transporte aquaviário e eclusas
12/5/2006	Ofício ANA nº 32/2006	ANA	Informa que os processos estão sobrestados até a entrega dos estudos
25/5/2006	Ofício ANEEL nº 462/2006	ANEEL	Encaminha estudos complementares
2/6/2006	Ofício MT nº 469/SE/MT	MT	Manifestação do MT sobre transporte aquaviário e eclusas
24/5/2006	Nota Técnica DFNIT nº 4/2006	DFNIT	Manifestação técnica sobre transporte aquaviário
12/6/2006	Ofício ANEEL nº 552/2006	ANEEL	Solicita posicionamento sobre a conclusão das análises
26/6/2006	Ofício ANA nº 115/2006	ANA	Reitera solicitação de apresentação dos mapas de inundação e solicita justificativa sobre eclusas
10/8/2006	Ofício ANEEL nº 847/2006	ANEEL	Encaminha atendimento novos estudos complementares com redução de 30% no volume assoreado
11/9/2006	Ofício ANA nº 334/2006	ANA	Solicita justificativas para a redução de 30% no volume assoreado e reitera solicitação de apresentação dos mapas de inundação
4/10/2006	Ata de reunião na ANA	ANA	Entrega dos mapas de inundação
26/10/2006	Ofício ANEEL nº 1127/2006	ANEEL	Entrega das justificas para redução de 30% no volume assoreado
19/07/2006	Ofício nº 196/DelPVelho-MB	Marinh a	Informa que não há navegação comercial expressiva de Porto Velho para Abunã, devido à existência de cachoeiras, existindo a navegação de ribeirinhos e pescadores

## **ESTRUTURA DA NOTA TÉCNICA**

20. Esta Nota Técnica contempla os itens definidos pela Resolução ANA nº 131, de 11 de março de 2003, que dispõe sobre os procedimentos referentes à emissão de declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW, em corpos de água de domínio da União, e dá outras providências. A análise do empreendimento feita nesta Nota Técnica é organizada em 3 blocos: hidrologia, usos múltiplos e análise do empreendimento, conforme mostrado na Figura 2.

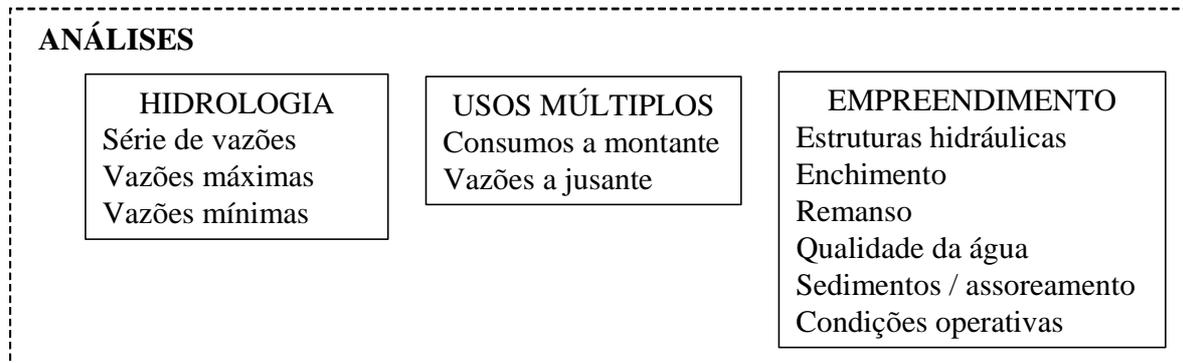


Figura 2 – Estrutura de análise dos aproveitamentos hidrelétricos no âmbito da ANA, visando à emissão da DRDH

21. A declaração de reserva de disponibilidade hídrica poderá ser emitida pela ANA em atendimento ao disposto na Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e em conformidade com as diretrizes da Resolução ANA nº 131, de 2003. Tendo em vista que a declaração de reserva de disponibilidade hídrica será transformada automaticamente, pela ANA, em outorga de direito de uso de recursos hídricos, as análises técnicas abordaram as alterações na quantidade, qualidade e regime das águas resultantes da implantação dos AHEs Jirau e Santo Antônio e a disponibilidade hídrica existente no período de outorga, coincidente com o período de concessão do uso do potencial hidráulico.

## CARACTERIZAÇÃO GERAL E DOS EMPREENHIMENTOS

### Sistema Hídrico

22. O rio Madeira, de segunda ordem, é afluente do rio Amazonas pela margem direita. Suas cabeceiras se localizam em três países: Brasil, Bolívia e Peru. Em território brasileiro, seu principal tributário é o rio Guaporé (nasce no Estado do Mato Grosso, em território brasileiro, e em certo ponto passa a formar a divisa Brasil – Bolívia) e seus afluentes pelo lado brasileiro: Pacaás Novos, Cantario, São Miguel, Branco, Colorado e Corumbiara. Vários destes tributários têm suas nascentes localizadas na chapada dos Parecis, no Estado do Mato Grosso, apresentando, em geral, nessa região, grande capacidade de regularização de vazões.

23. Em território boliviano, os principais tributários ao rio Madeira são os rios Mamoré, que nasce na Bolívia e em certo ponto passa a fazer a divisa Brasil – Bolívia, rio Beni, que é denominação do rio Madeira até a confluência com o rio Beni, Yata, Sucre, San

Jose, Baures, Itonamas, Negro e Abunã. Em território Peruano, os principais tributários são os rios Tahuamanu, Piedras e Manu, afluentes ao rio Madre de Dios, já em território boliviano. As nascentes dos afluentes peruanos e bolivianos localizam-se na cordilheira dos Andes, apresentando uma grande variabilidade hidrológica entre si. A Figura 3 apresenta a localização das bacias afluentes ao rio Madeira.

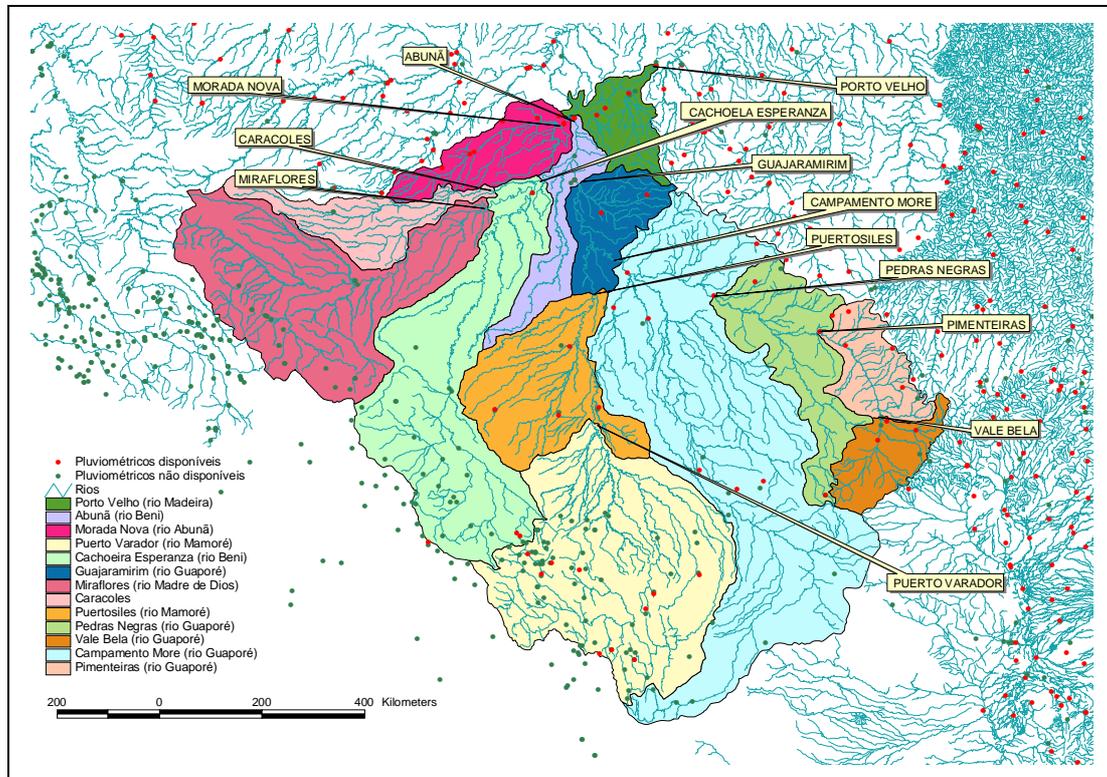


Figura 3 – Bacias contribuintes às seções previstas para os AHEs Jirau e Santo Antônio.

### Divisão de Quedas do Rio Madeira

24. Um estudo de pré-inventário para o rio Madeira foi realizado em 1984 pela CNEC. Um novo estudo de inventário do trecho Porto Velho – Abunã foi finalizado em 2002, de autoria de Furnas, Odebrecht e PCE. A alternativa selecionada neste estudo resultou em dois aproveitamentos: Jirau e Santo Antônio nos níveis 90,00 e 70,00m, respectivamente, em detrimento a um aproveitamento único na seção do AHE Santo Antônio na cota 90,00m, que inundaria áreas bastante superiores em relação à calha natural do rio. As alternativas de queda única e duas usinas de baixa queda são apresentadas na Figura 4.

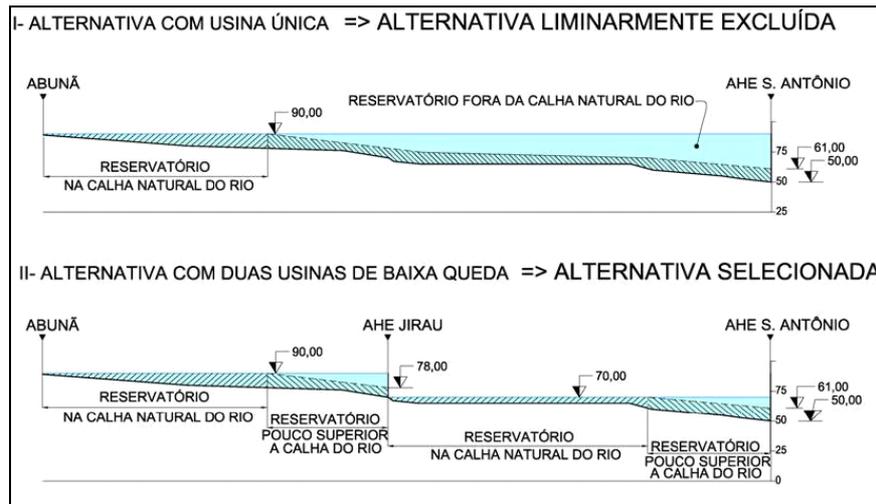


Figura 4 – Alternativas estudada e selecionada nos estudos de inventário do rio Madeira.  
(Fonte: Estudo de Inventário)

### O Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira

25. Os AHEs Jirau e Santo Antônio fazem parte de um complexo de aproveitamentos hidrelétricos planejado com mais dois aproveitamentos, conforme ilustração da Figura 5:

- a) AHE bi-nacional, no rio Madeira, no trecho em que faz divisa entre Brasil e Bolívia, com potencial estimado de 3.000 MW;
- b) AHE Cachoeira Esperança, no rio Beni, em território boliviano, com potencial estimado de 600 MW.

26. O complexo hidrelétrico teria o objetivo de ampliar a extensão da malha hidroviária para 4.200 km e promover a integração do Brasil com a Bolívia e o Peru, além de ampliar a oferta de energia no país.



Figura 5 – Complexo hidrelétrico do rio Madeira. (Fonte: EVI).

### AHE Santo Antônio

27. O eixo do AHE Santo Antônio localiza-se logo a montante da sede do município de Porto Velho, capital do Estado de Rondônia. A sua concepção atual, estudada no EVI, considera o reservatório na cota 70,0 m, na mesma localização definida no inventário. O arranjo estudado, apresentado na Figura 6, é o usual, prevendo uma barragem central, de enrocamento com núcleo argiloso, com crista na cota 75,5m, um vertedor na margem direita e canal de adução, tomada d'água e casa de força na margem esquerda.

28. Para proteção e controle do aporte de sedimentos, a tomada d'água será protegida por uma ensecadeira a montante e estará em cota inferior à cota do assoreamento ao pé da barragem, enquanto que o vertedor estará em cota inferior, direcionando o fluxo de sedimentos. O arranjo prevê canais de navegação e eclusa, na margem esquerda, para permitir a passagem de embarcações. O seu vertedouro foi dimensionado para uma cheia de 84.000 m<sup>3</sup>/s, correspondente à cheia com tempo de recorrência de 10.000 anos com a qual o nível d'água atinge a cota 72,0m. Não está previsto deplecionamento do reservatório, que operará a fio d'água. O seu reservatório inundará área de 271,3 km<sup>2</sup>, no seu nível máximo normal, com volume armazenado de 2.075,1 hm<sup>3</sup>.

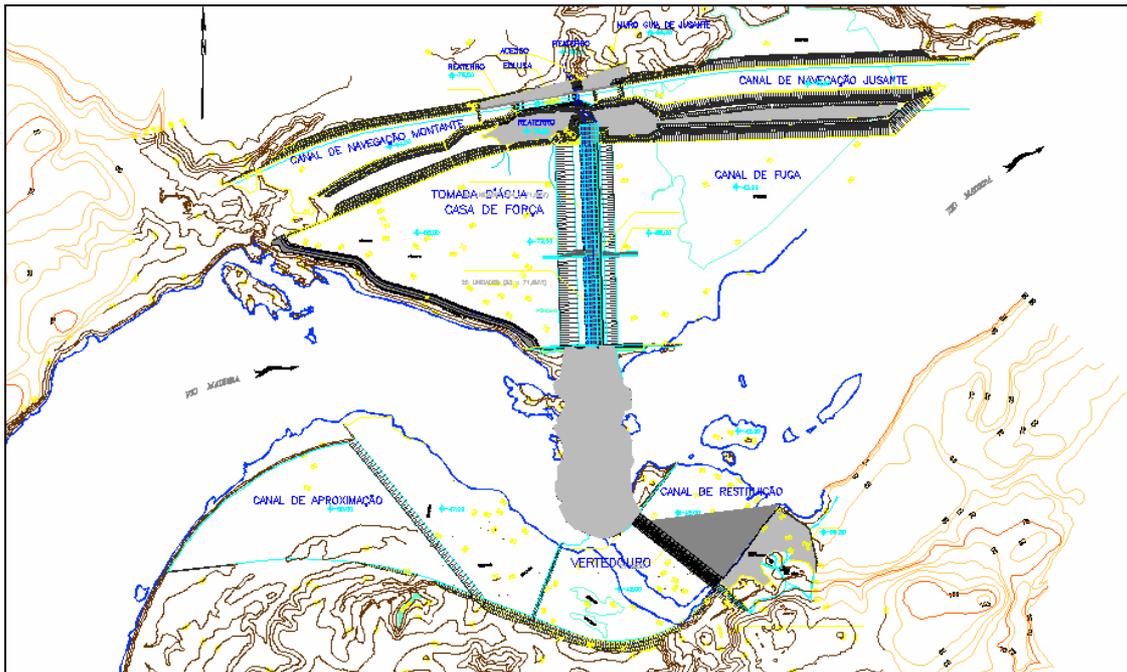


Figura 6 – Arranjo geral do AHE Santo Antônio. (Fonte: EVI).

### AHE Jirau

29. O eixo do AHE Jirau localiza-se logo a montante do final do remanso a ser formado pelo reservatório do AHE Santo Antônio. O seu arranjo, também usual, ilustrado na Figura 7, é composto por uma barragem central, de enrocamento com núcleo argiloso, por um vertedor na margem esquerda e canal de adução, tomada d'água e casa de força à margem direita. O canal de adução da tomada d'água terá cota superior à cota de assoreamento ao pé da barragem e o canal de aproximação do vertedor terá cota inferior, de modo a favorecer o fluxo de sedimentos à região do vertedor.

30. Segundo o EVI, o nível d'água do reservatório variará da cota 82,5m, no período de estiagem, até a cota 90,0m no período das cheias, na mesma localização definida no inventário. O deplecionamento previsto para a usina, de até 7,5m no período da estiagem proposto no EVI, não previsto na fase de inventário, foi planejado para que áreas que naturalmente são inundadas apenas na época das cheias não se tornassem permanentemente inundadas. Assim, a proposta do EVI não amplia a área inundada do rio Madeira em território boliviano.

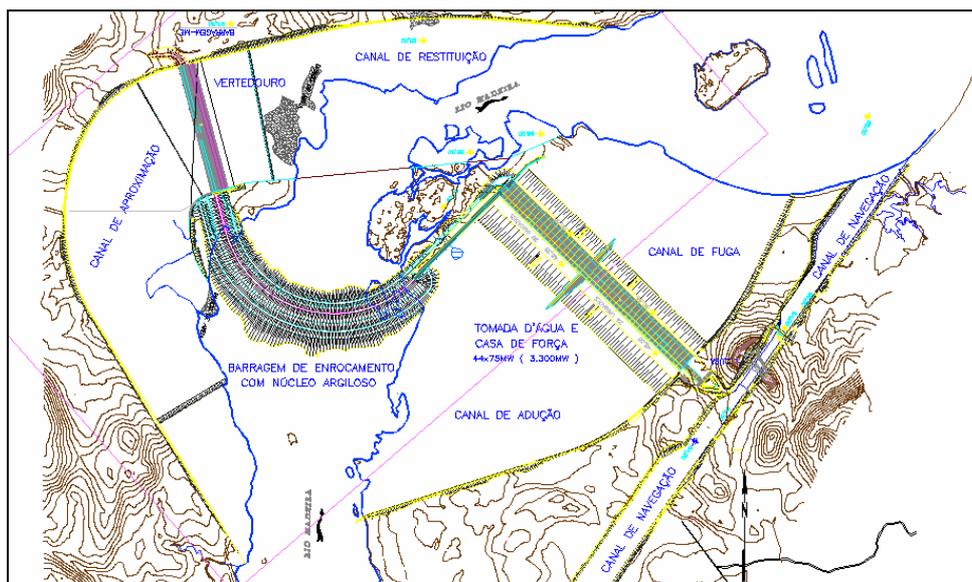


Figura 7 – Arranjo geral do AHE Jirau. (Fonte: EVI)

## HIDROLOGIA

### Série de Vazões Médias Mensais

31. A série de vazões médias mensais caracteriza a disponibilidade hídrica para geração de energia nos aproveitamentos e é definida na DRDH. Para sua avaliação nesta Nota Técnica, foram avaliados os dados pluviométricos e fluviométricos existentes, a metodologia apresentada nos estudos entregues à ANA e a série de vazões resultante.

32. Nos EVIs foram levantados dados de três postos pluviométricos e 13 postos fluviométricos na bacia do rio Madeira, sendo apenas três em território boliviano. Desses, apenas o posto fluviométrico de Porto Velho foi utilizado para determinação da série de vazões médias mensais, sob o argumento de que os outros postos tinham períodos coincidentes de medições.

33. Para melhor caracterização do regime fluvial e aperfeiçoamento da série de vazões naturais, a ANA obteve, junto a entidades parceiras, novos dados de 25 postos pluviométricos e 8 postos fluviométricos em território boliviano. Todavia, foram obtidas apenas as séries de chuvas totais mensais e vazões médias mensais, sem informações sobre as curvas de descarga, o que pode restringir o uso desses dados. A partir desses valores, foi possível a melhor caracterização da formação de vazões do rio Madeira em Porto Velho, com mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Formação de vazões da bacia do rio Madeira em Porto Velho.

Bacia	Sub-bacia	QMLT (m <sup>3</sup> /s)	% QMADEIRA
Mamoré	Mamoré	5.307	27%
	Guaporé	1.705	9%
	Incremental	631	3%
Beni	Beni	3.403	17%
	Madre de Dios	5.027	26%
	Incremental	443	2%
Incremental até Abunã		1.565	8%
Incremental Abunã - Porto Velho		1.612	8%
Madeira em Porto Velho		19.693	100%

Fonte: Série de vazões em postos fluviométricos no Brasil e na Bolívia, obtidos pela ANA.

34. Para a determinação da série de vazões médias mensais nos locais dos barramentos de Jirau e Santo Antônio, o EVI e o EDH apresentam a mesma metodologia e resultados, conforme segue.

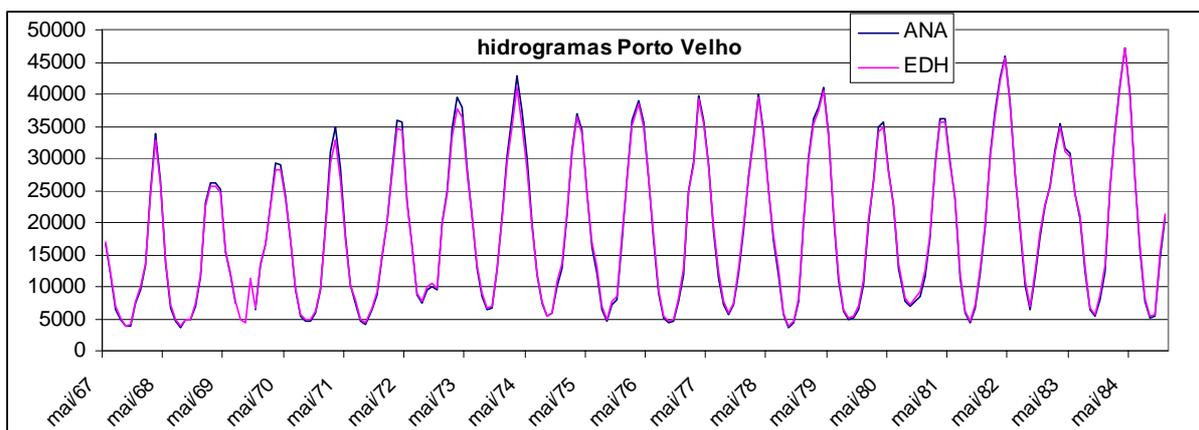
35. **Maio de 1967 a dezembro de 2001:** foram utilizados os valores observados da estação Porto Velho (código ANA 15400000). Esta estação, que possui área de drenagem (988.997 km<sup>2</sup>) muito próxima às dos AHEs Jirau e Santo Antônio, possui dados observados de cotas médias mensais de maio de 1967 a dezembro de 2001. As curvas-chave utilizadas no EVI para a geração da série de vazões, foram ajustadas para 3 períodos de validade distintos:

- a) Curva-chave 1: válida de 01/1964 a 12/1970 e de 06/1971 a 02/1974;
- b) Curva-chave 2: válida de 01/1971 a 06/1971, de 02/1974 a 11/1974 e de 04/1985 a 07/2004;
- c) Curva-chave 3: válida de 11/1974 a 04/1985.

36. Consultando-se o banco de dados hidrometeorológico da ANA – HIDRO, verifica-se que foram ajustadas 6 curvas-chave, conforme segue:

- a) Curva-chave 1: válida de 04/1967 a 12/1970;
- b) Curva-chave 2: válida de 01/1971 a 06/1971;
- c) Curva-chave 3: válida de 06/1971 a 02/1974;
- d) Curva-chave 4: válida de 02/1974 a 11/1974;
- e) Curva-chave 5: válida de 11/1974 a 04/1985;
- f) Curva-chave 6: válida de 04/1985 a 12/2005.

37. Os hidrogramas das séries históricas em Porto Velho obtidas a partir das leituras de cotas e das curvas-chave ajustadas na ANA e ajustadas nos Estudos de Disponibilidade Hídrica dos AHEs são apresentados na Figura 8.



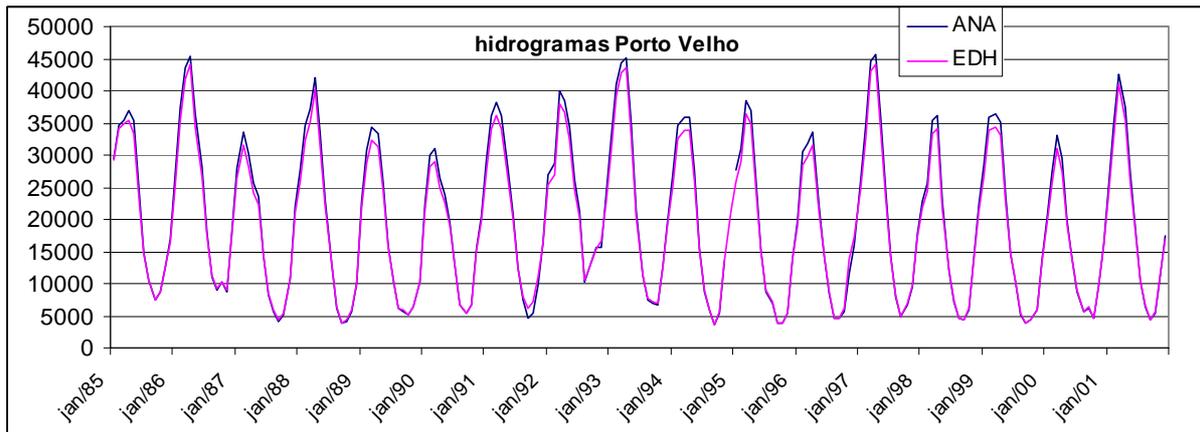


Figura 8 – Hidrograma em Porto Velho gerado a partir dos dados de cota e curvas-chave ajustadas pela ANA e pelo projetista nos Estudos de Disponibilidade Hídrica (EDH).

38. Verifica-se que ambos os hidrogramas resultaram bastante semelhantes. As poucas diferenças observadas ocorrem nas altas vazões, possivelmente por conta das extrapolações nos tramos superiores das curvas-chave. Nas vazões mínimas, que podem influenciar nos cálculos energéticos, a diferença mais acentuada ocorreu entre agosto e novembro de 2001, quando as vazões obtidas no EDH foram até 1.728 m<sup>3</sup>/s superiores às obtidas pela ANA. As curvas de permanência obtidas a partir dos dados disponíveis comuns às duas séries é apresentada na Figura 9.

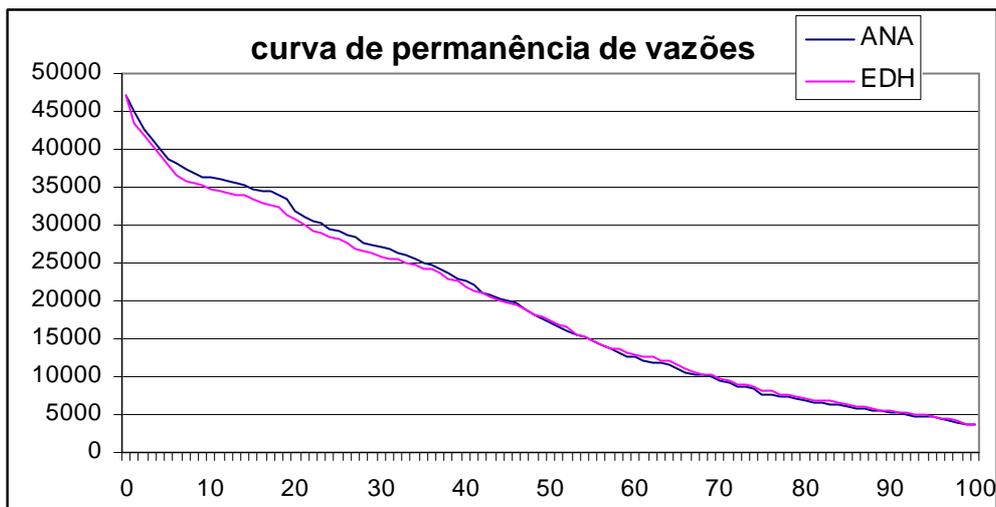


Figura 9 – Curvas de permanência das vazões obtidas pela ANA e no EDH.

39. Na Tabela 4 são apresentadas as médias mensais e os coeficientes de variação das séries de vazões obtidas a partir das curvas-chave ajustadas pela ANA e pelas curvas-chave ajustadas no EDH, para o período comum de dados (maio de 1967 a dezembro de 2001).

Tabela 4 – Médias e coeficientes de variação mensais das séries obtidas pela ANA e no EDH.

		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Média	ANA	24720	32060	37023	35817	27345	18664	11502	6903	5497	6385	9957	16228
	EDH	23968	30761	35659	34503	26387	18471	11792	7104	5658	6775	10381	16460
CV	ANA	0,182	0,132	0,120	0,165	0,239	0,285	0,335	0,293	0,347	0,381	0,323	0,264
	EDH	0,170	0,131	0,127	0,174	0,234	0,270	0,323	0,300	0,342	0,378	0,321	0,244

40. Os ajustes obtidos para as curvas-chave foram considerados adequados, assim como a série de vazões gerada no EDH para o período de maio de 1967 a dezembro de 2001 em Porto Velho. Para as seções dos aproveitamentos Jirau e Santo Antônio, considera-se adequada a transferência das vazões a partir de Porto Velho por relação de áreas de drenagem.

41. **Janeiro de 1931 a abril de 1967:** As vazões foram geradas por correlação entre série de descargas médias mensais do posto Porto Velho e as descargas médias mensais da UHE Tabajara no rio Ji-Paraná (área de 59.600 km<sup>2</sup>), extraídas do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT, para o período coincidente entre ambas as séries (1967 a 1987). A correlação entre as duas séries apresentou um coeficiente de determinação R<sup>2</sup> de 0,816, como mostra a Figura 10.

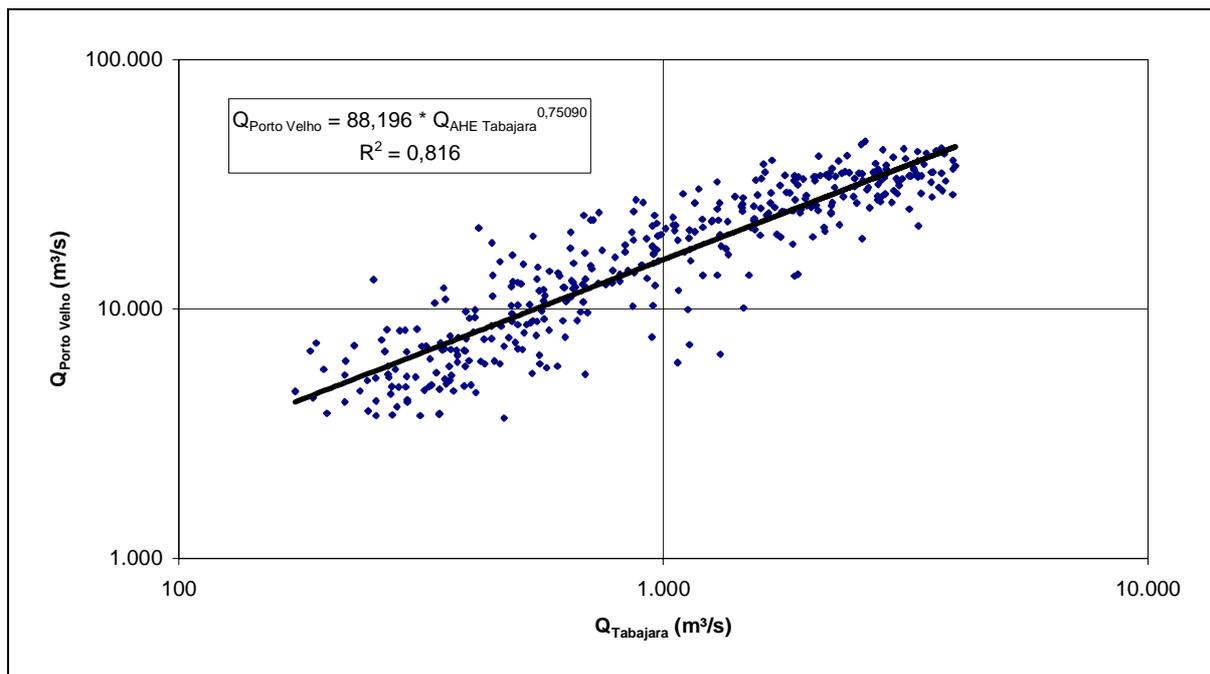


Figura 10 – Correlação entre as vazões afluente no AHE Tabajara e observadas no rio Madeira em Porto Velho.

42. As falhas do período de vazões observadas na estação Porto Velho foram preenchidas com correlações com a série da UHE Tabajara e com a série da estação Abunã-Vila (código 15320002, área de drenagem de 932.622 km<sup>2</sup>). A correlação entre as séries de Porto Velho e Abunã-Vila apresentou um coeficiente de determinação R<sup>2</sup> de 0,993, mais alto que o coeficiente de determinação obtido entre Porto Velho e UHE Tabajara. No entanto, a estação Abunã-Vila foi instalada em 1976, e assim não pôde ser utilizada para extensão da série de 1931 até 1967, período em que não se dispõe de dados na estação Porto Velho.

43. Como o EVI não apresenta a metodologia utilizada para a geração da série de vazões médias mensais afluente ao AHE Tabajara, disponível no SIPOT, a equipe técnica da ANA buscou estas informações nos “Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Ji-Paraná”, elaborado pela CNEC / ELETRONORTE em 1987. Nestes estudos é apresentada a metodologia para a geração da série de vazões afluente ao AHE Tabajara. A metodologia utilizada consistiu do ajuste do modelo chuva-vazão SMAP.

44. Os postos pluviométricos utilizados no modelo chuva-vazão foram os de Porto Velho (localizado junto à foz do rio Ji-Paraná), Humaitá (localizado também próximo à foz do rio Ji-Paraná) e Vilhena (localizado na região das cabeceiras dos formadores do Ji-Paraná). Para o período escolhido para o ajuste do modelo e extensão da série, o posto pluviométrico Porto Velho não apresentava falhas, enquanto os outros dois postos apresentavam. Assim, os postos Vilhena e Humaitá tiveram suas falhas preenchidas por meio do modelo STREG, que utiliza o conceito de análise regional da chuva. Desta forma, foram compostas as séries básicas de totais mensais de chuva nas 3 estações para o período de janeiro de 1930 a dezembro de 1980, utilizado na simulação.

45. Segundo o Estudo de Inventário, a calibração do modelo SMAP foi baseada em dados disponíveis em 5 postos fluviométricos da bacia, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Postos fluviométricos utilizados na calibração do modelo SMAP, na seção da UHE Tabajara.

<b>posto</b>	<b>código</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Período utilizado</b>
Faz Flor do Campo – rio Comemoração	15552600	4.230	*
Pimenta Bueno – rio Pimenta Bueno	15558000	9.888	05/1980 a 12/1983
Ji-Paraná – rio Ji-Paraná	15560000	33.012	12/1977 a 12/1983
Jaru – rio Jaru	15565000	3.823	05/1981 a 12/1983
Tabajara – rio Ji-Paraná	15580000	59.200	12/1977 a 12/1983

\* Segundo os Estudos de Inventário, não foi utilizado para calibração, apenas para a geração de vazões.

46. Após a calibração do modelo baseada nos 5 postos fluviométricos, apresentados na Tabela 5, foram geradas séries de vazões médias mensais nos locais de interesse hidrelétrico, dentre os quais o local denominado Tabajara, localizado no rio Ji-Paraná, de área de drenagem igual a 59.600 km<sup>2</sup>. Os valores da série de vazões gerada para este local coincidem com os valores da série disponível no SIPOT. A série disponível no SIPOT, no entanto, tem extensão de 69 anos (1931 a 1999), ao passo que a série gerada nos Estudos de Inventário tem extensão de 54 anos (1930 a 1983), indicando que houve uma atualização dos Estudos de Inventário obtidos pela ANA, realizados em 1987. Não se obteve, no entanto, informações sobre a metodologia utilizada para geração da série para os anos de 1983 a 1999.

47. Analisando-se a metodologia utilizada no EDH para o período 1931 a 1967, que consistiu da utilização de equação ajustada por correlação entre a série de vazões médias mensais observadas da estação fluviométrica Porto Velho (área de drenagem de 988.997 km<sup>2</sup>) com a série de vazões médias mensais naturais afluentes ao AHE Tabajara (área de drenagem de 59.600 km<sup>2</sup>), infere-se que esta metodologia não parece ser a mais adequada para o porte dos empreendimentos em estudo em razão de:

- a) Como mostra Figura 11, a relação de áreas entre as duas seções utilizadas na correlação é de 16,6 vezes, bastante acima, por exemplo, do recomendado pela ELETROBRAS no Manual de Diretrizes para Projetos de PCH, que indica uma relação máxima entre áreas de drenagem de 3 a 4 vezes (item 6.3.3 do referido Manual);
- b) As vazões específicas médias mensais das duas seções apresentam diferenças significativas, particularmente no período de cheias, conforme Figura 12, indicando a diferença de comportamentos hidrológicos entre as duas bacias;

- c) A vazão  $Q_{mlt}$  específica extraída da série de vazões da UHE Tabajara (22,3 L/s.km<sup>2</sup>) é 16% superior à vazão  $Q_{mlt}$  específica extraída da série de vazões do posto Porto Velho (19,2 L/s.km<sup>2</sup>); já nos meses de setembro, outubro e novembro (época da estiagem na bacia), as vazões  $Q_{mlt}$  específicas na UHE Tabajara são, em média, 4% inferiores à  $Q_{mlt}$  específicas nestes meses em Porto Velho. Tais diferenças podem acarretar erros significativos nos cálculos energéticos das usinas;
- d) Nota-se claramente um maior amortecimento (regularização) das vazões na seção de Porto Velho, quando comparada com as vazões da seção da UHE Tabajara;
- e) As características físicas e hidrológicas das duas bacias são bastante distintas, tendo em vista que a bacia do rio Madeira é bastante heterogênea, com uma parte situada na região da cordilheira dos Andes, com declividades e pluviometria altas e comportamento hidrológico relacionado com o derretimento de neve e pluviometria muito variável, como mostra a Figura 13, enquanto que a bacia do rio Ji-Paraná situa-se na planície amazônica, com baixa declividade e pluviometria mais uniforme;
- f) A precipitação média anual na bacia do rio Madeira varia de 5.000 mm na cordilheira dos Andes, 800 mm em áreas do altiplano boliviano e de 1.500 mm/ano a mais de 2.300 mm/ano nas áreas na parte brasileira, enquanto que na bacia do rio Ji-Paraná a precipitação média anual é 1.500 mm/ano e apresenta distribuição mais uniforme, como mostra a Figura 13;
- g) Conforme apresentado na Tabela 3, a bacia do rio Guaporé, a única com características semelhantes à do rio Ji-Paraná, contribui com apenas 9% da vazão média de longo termo do rio Madeira, em Porto Velho;
- h) No local do AHE Tabajara, a série de vazões observadas tem extensão de apenas 6 anos, tendo sido estendida por modelagem chuva-vazão, no período entre 1931 e 1967.

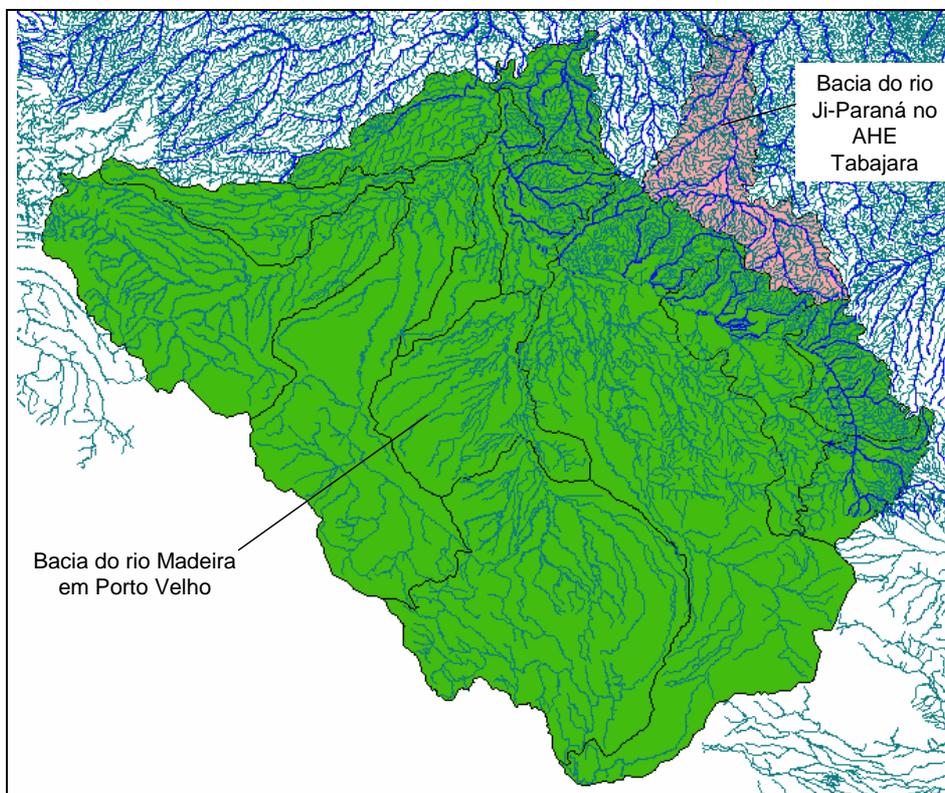


Figura 11 – Localização das bacias dos rios Madeira, em Porto Velho, e Ji-Paraná, em Tabajara.

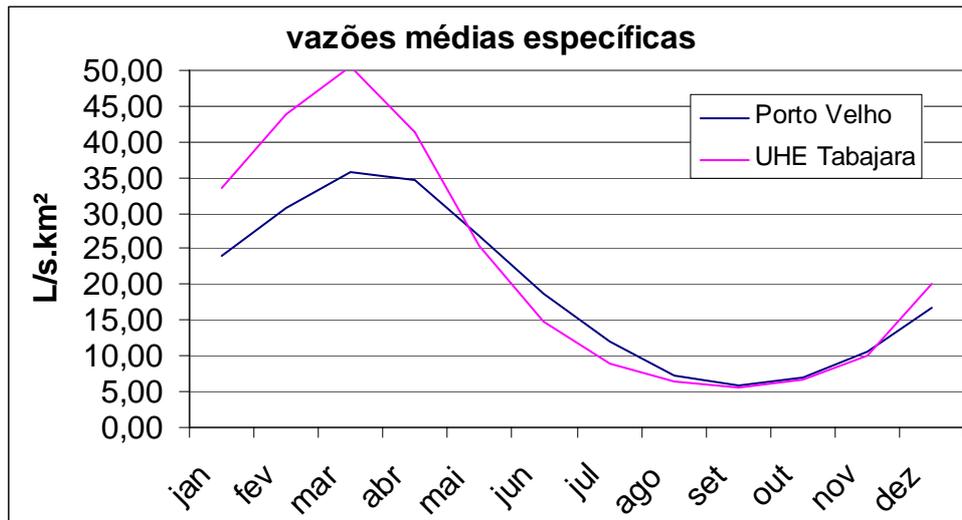


Figura 12 – Vazões específicas médias mensais do posto Porto Velho e da UHE Tabajara (para o período coincidente de dados entre as séries, de 1967 a 1999).

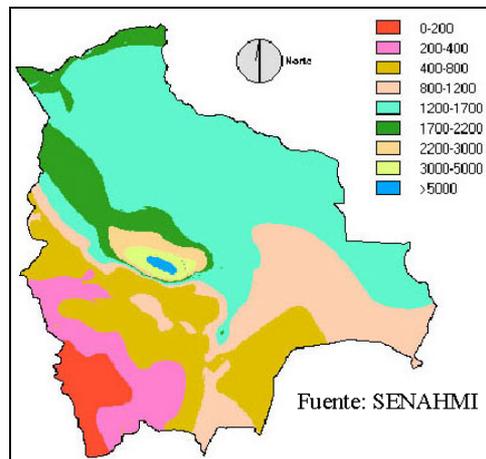


Figura 13 – Pluviometria média na Bolívia (mm/ano).

48. Portanto, não se recomenda o uso da série de vazões gerada no período de 1931 a 1967, devido à fragilidade da metodologia utilizada. O emprego de outras metodologias, como a modelagem chuva-vazão, exige dados completos de chuva e vazão, com a confiabilidade necessária e a densidade compatível com a dimensão da bacia, em território boliviano, atualmente não disponíveis. Além disso, o uso dos dados obtidos pela ANA exigiria a prévia análise de consistência e validação, que pode ser postergada à fase posterior dos estudos.

49. Por outro lado, a série de vazões observadas no período de maio de 1967 a dezembro de 2001 possui a consistência e a extensão necessária para a caracterização da disponibilidade hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos, o que torna desnecessária a extensão até 1931. Uma vez que a curva-chave apresentada no EVI foi atualizada com novas medições, em relação à existente no sistema HIDRO, recomenda-se o uso da série de vazões médias mensais no período de 1967 a 2001, obtida a partir da curva-chave apresentada no EVI, transferida para os locais dos aproveitamentos por relações entre áreas de drenagem.

50. Como condicionante da DRDH, recomenda-se que a série de vazões médias mensais seja revista e atualizada, a partir de novas medições e de nova tentativa de obtenção e uso de dados pluviométricos e fluviométricos em território boliviano, para extensão da série no período de 1931 a 1967, empregando-se outras metodologias, como a simulação hidrológica da bacia do rio Madeira. Para tanto, cita-se como referência a aplicação do modelo hidrológico de grandes bacias – MGB, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, já aplicado à bacia do rio Madeira<sup>1</sup>.

### Vazões Máximas

51. Nos EVIs, os estudos das vazões máximas contemplaram dois períodos: cheias anuais, abrangendo o ano hidrológico completo (outubro a setembro); e cheias nos períodos de estiagem, que ocorrem de junho a novembro.

52. A análise do período de cheias anuais para todo o ano hidrológico serviu para determinar a vazão de projeto do vertedor e das estruturas de desvio. Já a análise do período de estiagem, também, serviu para as estruturas de desvio e para os estudos de remanso, além do planejamento da construção. Os dados que embasaram esse estudo consistiram nos valores máximos anuais das vazões médias diárias registradas no posto de Porto Velho, com dados de 1967 a 2003 (37 anos de dados).

53. Para o período de cheias anuais, foram coletados, para todos os postos, os dados relativos aos valores máximos diários observados em cada ano hidrológico. Esses dados foram analisados estatisticamente e ajustados às distribuições de probabilidade Gumbel e Exponencial de dois parâmetros. A seleção da distribuição estatística para as cheias relativas ao ano todo foi baseada na recomendação do “Guia para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedouro”, da ELETROBRAS, que recomenda a distribuição Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5 e exponencial para assimetrias superiores. Assim, foi selecionada a distribuição de Gumbel para o ano hidrológico completo.

54. Foram então calculadas as vazões máximas diárias para recorrências de 5 a 10.000 anos, majoradas para um intervalo de confiança de 5%. Com a aplicação da equação de Fuller, foram determinadas as vazões máximas instantâneas, conforme Tabelas 6 e 7.

**Tabela 6 – Vazões máximas anuais – AHE Jirau.**

<b>TR (anos)</b>	<b>Vazão máxima média diária (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão máxima instantânea (m<sup>3</sup>/s)</b>
25	51.208	53.385
50	54.470	56.785
100	57.715	60.169
1.000	68.467	71.378
10.000	79.219	82.587

**Tabela 7 – Vazões máximas anuais – AHE Santo Antônio.**

<sup>1</sup> Ribeiro Neto (2006). Simulação Hidrológica do Rio Madeira. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.

<b>TR (anos)</b>	<b>Vazão máxima média diária (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão máxima instantânea (m<sup>3</sup>/s)</b>
25	52.066	54.268
50	55.382	57.725
100	58.682	61.164
1.000	69.614	72.558
10.000	80.545	83.952

55. Para o período de estiagem, foram analisados os dados de vazões diárias em cada posto somente no período de junho a novembro de cada ano. A seleção da distribuição estatística para as cheias relativas ao período de estiagem também foi baseada na recomendação do “Guia para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedouro”, da ELETROBRAS, que recomenda a distribuição Gumbel para séries com assimetria inferior a 1,5 e exponencial para assimetrias superiores. Assim, foi selecionada a distribuição de Gumbel para a época da estiagem. Os resultados podem ser vistos nas Tabelas 8 e 9, que também foram majoradas para um intervalo de confiança de 5%.

**Tabela 8 – Vazões máximas no período de estiagem (jun a nov) – AHE Santo Antônio.**

<b>TR (anos)</b>	<b>Vazão máxima média diária (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão máxima instantânea (m<sup>3</sup>/s)</b>
25	39.130	40.785
50	43.213	45.041
100	47.276	49.275
1.000	60.735	63.304
10.000	74.194	77.333

**Tabela 9 – Vazões máximas no período de estiagem (jun a nov) – AHE Jirau.**

<b>TR (anos)</b>	<b>Vazão máxima média diária (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão máxima instantânea (m<sup>3</sup>/s)</b>
25	38.486	40.122
50	42.501	44.308
100	46.497	48.474
1.000	59.735	62.274
10.000	72.973	76.075

56. Os vertedores dos aproveitamentos foram dimensionados para escoamento das cheias máximas instantâneas com tempo de retorno de 10.000 anos, majoradas para um intervalo de confiança de 5%. As obras de desvio (ensecadeiras) foram dimensionadas para cheias máximas instantâneas com tempo de retorno de 1.000 anos, majoradas para um intervalo de confiança de 5%.

57. Para fins desta Nota Técnica, as vazões máximas anuais foram verificadas por meio de ajustes da série de 34 vazões máximas anuais observadas no posto Porto Velho, obtidas no sistema HIDRO, no período de 1968 a 2004, às distribuições exponencial e gumbel. Como resultado, a Tabela 10 mostra que os valores adotados no EVI para dimensionamento dos vertedores estão acima das cheias decamilenares, devido à majoração para um intervalo de confiança de 5%, em favor da segurança, podendo ser considerado adequado.

**Tabela 10 – Verificação dos estudos de vazão máxima.**

Tempo de retorno	P (x>X)	Vazão máxima em Santo Antônio (m³/s)			Vazão máxima em Jirau (m³/s)		
		Exponencial	Gumbel	EVI	Exponencial	Gumbel	EVI
25	0,0400	48.838	48.066	52.066	48.033	47.275	51.208
50	0,0200	51.909	50.498	55.382	51.054	49.666	54.470
100	0,0100	54.980	52.911	58.682	54.075	52.039	57.715
1000	0,0010	65.183	60.884	69.614	64.110	59.882	68.467
10000	0,0001	75.386	68.844	80.545	74.145	67.710	79.219

## Transporte de Sedimentos

58. O transporte de sedimentos foi estudado em seis documentos apresentados à ANA:

- a) Estudos de Viabilidade do AHE Jirau, concluído em março de 2004, utilizando oito medições de descarga sólida;
- b) Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio, concluído em abril de 2005, utilizando 34 medições de descarga sólida;
- c) Estudos Sedimentológicos do rio Madeira, de maio de 2005, utilizando 38 medições de descarga sólida;
- d) Estudos de disponibilidade hídrica do AHE Jirau, semelhante ao respectivo EVI;
- e) Estudos de disponibilidade hídrica do AHE Santo Antônio, semelhante ao respectivo EVI;
- f) Estudos complementares, em atendimento ao Ofício nº 224/2006, da ANA, de 16/03/2006, ajustando os estudos sedimentológicos dos dois aproveitamentos.

59. Os “Estudos Sedimentológicos do Rio Madeira”, de maio de 2005, entre a confluência com o rio Beni e a confluência com o rio Jamari, caracterizam o comportamento sedimentológico do rio Madeira e afluentes e avaliam o aporte de sedimentos aos aproveitamentos hidrelétricos a partir de levantamentos de curvas-chave de descarga sólida e projeções de crescimento do aporte de sedimentos.

60. Segundo esse estudo, o rio Madeira é caracterizado pela alta concentração de sedimentos em suspensão e pela significativa participação na descarga sólida do rio Amazonas, que é equivalente a do rio Solimões, embora tenha um terço da descarga líquida, como mostra a Figura 14. Essa elevada descarga sólida é resultante das características físicas, climática e de uso do solo da bacia do rio Madeira, cujos rios formadores têm nascentes na cordilheira dos Andes. Dentre essas características destacam-se as altas declividades, erodibilidade do solo e índices pluviométricos na região andina e os efeitos de ações antrópicas sobre o uso do solo, como o desmatamento.

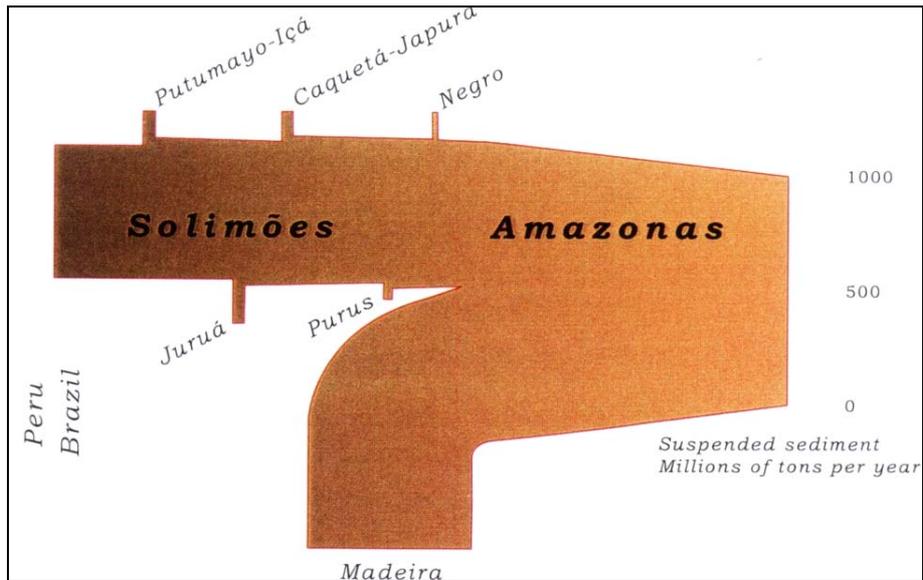


Figura 14 – Transporte sólido na bacia do rio Amazonas.  
Fonte: USGS

61. Ao comparar imagens de radar, de 1972, e imagens de satélite, de 2002, do trecho estudado, o estudo avalia que há uma tendência natural de assoreamento, observando-se a formação de ilhas e a colmatação de rios paralelos, auxiliares de escoamento do rio Madeira. No entanto, para uma comparação mais efetiva dessas imagens, seria recomendável uma análise conjunta com o nível do rio Madeira, o qual poderia ter sido estimado com base na data nas imagens e na série histórica de níveis das estações fluviométricas nesse rio.

62. Para a quantificação da descarga sólida, foram realizadas por FURNAS, 28 medições em Abunã e 38 medições em Porto Velho, onde foram coletados sedimentos em suspensão e do leito, determinando-se a granulometria dos sedimentos coletados (em suspensão e do leito). Utilizando o Método Modificado de Einstein, foi possível determinar a descarga sólida total em cada seção de medição (Abunã e Porto Velho), e conseqüentemente, determinar a descarga sólida do leito. A relação entre descarga sólida total e em suspensão resultou em 1,071 em Abunã e 1,057 em Porto Velho. A Figura 15 apresenta a curva-chave de sedimentos em Porto Velho, utilizada nos estudos sedimentológicos dos reservatórios.

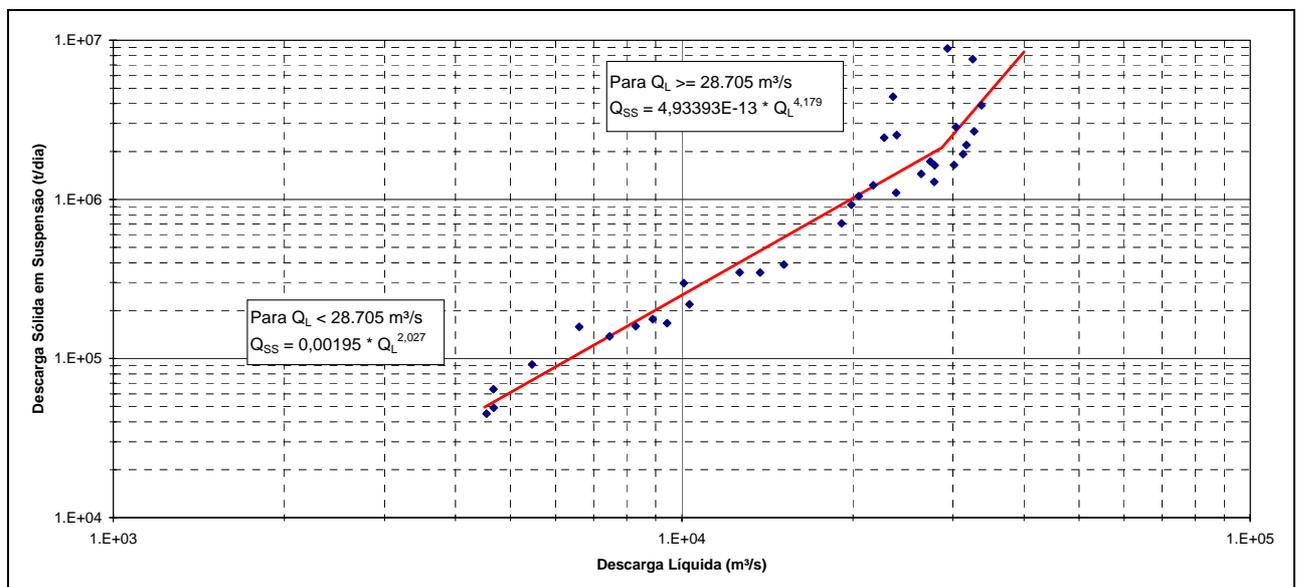


Figura 15 – Curva-chave de sedimentos em Porto Velho.

63. As concentrações obtidas na segunda campanha de FURNAS resultaram em valores médios superiores àquelas obtidas nas medições constantes no banco de dados da ANA, realizadas no período entre 1978 e 2002. A projetista afirma que este “*aumento de concentração é devido, muito provavelmente, às diferenças de métodos de amostragem e equipamentos utilizados, bem como ao aumento da descarga sólida ao longo do tempo*”. Um comparação da curva-chave traçada com as medições realizadas pela ANA e as medições realizadas por FURNAS é apresentada na Figura 16.

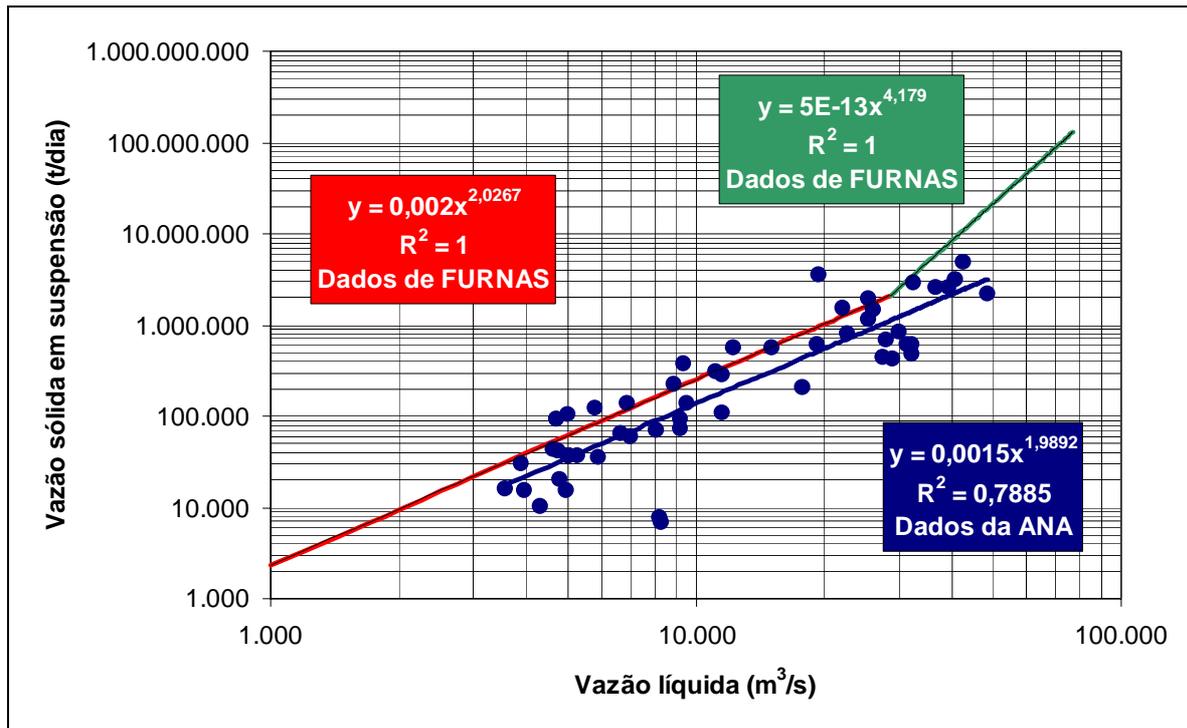


Figura 16 - Curva-chave de Sedimentos em Suspensão para a Estação Porto Velho (15400000), utilizando dados da ANA e dados de FURNAS.

64. A descarga sólida média em Porto Velho foi determinada nos EVIs a partir da curva-chave de sedimentos traçada com as medições realizadas por FURNAS e da série histórica de descargas líquidas mensais da estação Porto Velho, para o período de 1931 a 2001. No AHE Santo Antônio, foi admitida a mesma descarga sólida média diária de Porto Velho, de **1.621.024 t/dia**, enquanto que no AHE Jirau, a descarga sólida média diária foi obtida por relações entre áreas de drenagem, obtendo-se **1.594.529 t/dia**.

65. Nos EVIs também foi avaliado o crescimento da produção de sedimentos na bacia do rio Madeira. Foi calculada a taxa de aumento da produção de sedimentos e chegaram à conclusão que houve mudança na curva-chave de sedimentos no período de 1978 a 1990 para o período de 1991 a 2004, conforme apresentado na Figura 17 e na Figura 18. O aumento anual da produção de sedimentos calculada para o período de 1991 a 2004 foi de aproximadamente 2%. Como resultado, constatou-se que o aumento anual da produção de sedimentos calculada foi de 1,83%, para o período de 1991 a 2004, utilizando-se, conservadoramente, o valor de 2% ao ano, para fins de avaliação da vida útil dos reservatórios.

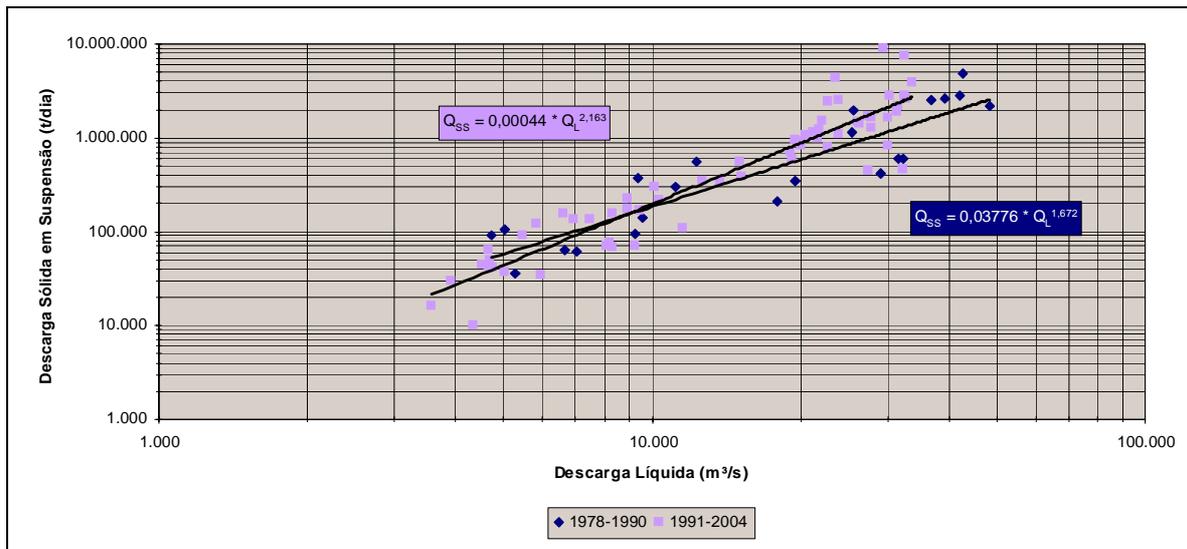


Figura 17. Curvas-chave de sedimentos para traçado da curva de massa para a estação Porto Velho. (Fonte: EVI)

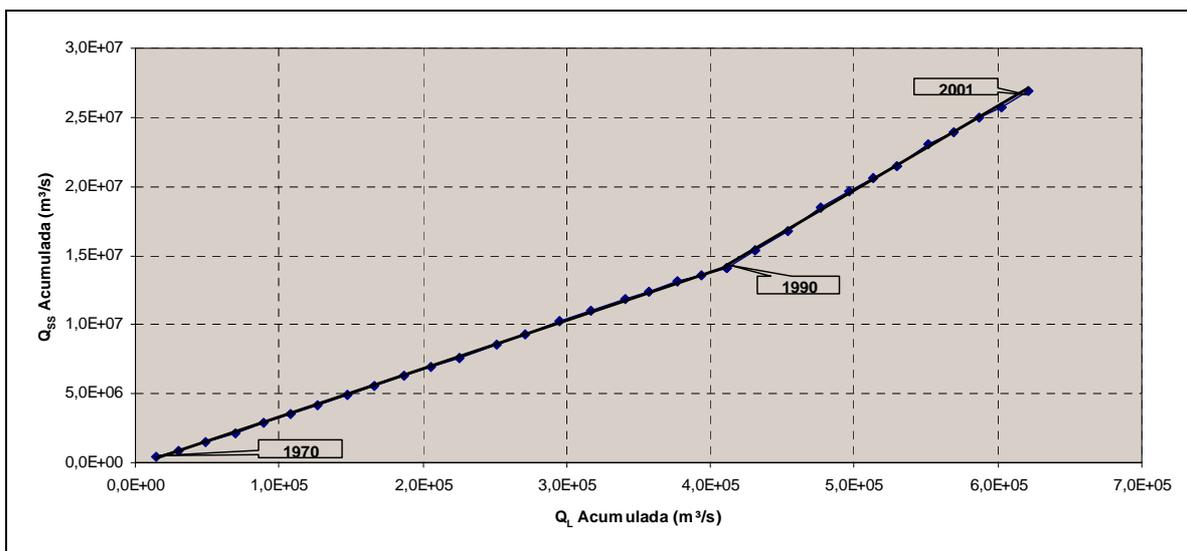


Figura 18 - Curva de Massa para a estação Porto Velho. (Fonte: EVI).

66. Por meio da análise granulométrica dos sedimentos em suspensão e do sedimento do leito, foi determinado, através das equações de Lara e Pemberton, o peso específico aparente esperado ao longo do tempo para os depósitos de sedimento previsto para o reservatório de Santo Antônio. Os resultados de granulometria média encontram-se na Tabela 11, que mostra que a maior parte do sedimento é constituída de argila e silte, sendo apenas 14,4% areia. No sedimento de fundo, 91 % é areia.

Tabela 11 – Porcentagens Ponderadas de argila, silte e areia da amostras coletadas na estação Porto Velho, no rio Madeira.

Material	%			Q <sub>ss</sub> %	Q <sub>sl</sub> %	P <sub>c</sub> %	P <sub>m</sub> %	P <sub>s</sub> %
	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)					
Em suspensão	26,5	63,7	9,8	94,3 4	-	25,00	60,10	9,24
Do leito	1,2	7,8	91,0	-	5,66	0,07	0,44	5,15
Total						25,07	60,54	14,39

67. No EVI do AHE Jirau, concluído em março de 2004, foi utilizada uma curva-chave de sedimentos diferente daquela utilizada no EVI do AHE Santo Antônio, a qual resultou numa descarga sólida total média superior à apresentada no EVI Santo Antônio, concluído em abril de 2005. Para o traçado da curva-chave de sedimentos para a estação Porto Velho, conforme apresentado no EVI Jirau, foram utilizadas somente oito medições de descarga sólida, enquanto que no EVI Santo Antônio foram utilizadas 34 medições, incluindo as oito medições utilizadas no EVI Jirau.

68. Nesse sentido, a ANA solicitou à ANEEL, por meio do ofício nº 224/2006, 16/03/2006, uma compatibilização dos dois EVIs, cuja revisão foi apresentada em maio de 2006. Além de outras revisões nos estudos sedimentológicos apresentados nos dois EVIs, Estes estudos complementares compreendiam estudos sedimentológicos revisando o valor da descarga sólida média anual e os estudos de assoreamento. A descarga sólida média em suspensão deveria ser calculada a partir de uma mesma curva-chave de sedimentos, para ambos os aproveitamentos, gerada com todas as medições realizadas por FURNAS em Porto Velho, e das vazões líquidas médias diárias, e não a partir das vazões líquidas médias mensais. No cálculo das descargas sólidas totais deveria ser utilizado o fator de, no mínimo, 1,10, como relação entre a descarga sólida total e a descarga sólida em suspensão. Nesses estudos, foram apresentados valores de descarga sólida total obtidos a partir de variações na metodologia, conforme mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de descarga líquida média anual e de descarga sólida total média anual, calculados por variações da metodologia.

Série de vazões	Q <sub>st</sub> /Q <sub>s</sub> s	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	QST (t/dia)	Varição da QST em relação ao EVI
Vazões médias mensais - 1931 a 2001	1,06	17.983	1.621.024	-
Vazões médias mensais - 1931 a 2001	1,10	17.983	1.682.195	3,77%
Vazões médias mensais – 1967 a 2001	1,06	18.888	1.834.156	13,15%
Vazões médias mensais – 1967 a 2001	1,10	18.888	1.903.369	17,42%
Vazões médias diárias – 1967 a 2001	1,06	18.806	1.880.104	15,98%
Vazões médias diárias – 1967 a 2001	1,10	18.806	1.951.052	20,36%

69. Nos estudos subseqüentes, recomenda-se o uso da série de vazões médias diárias, tendo em vista que a curva-chave de sedimentos é obtida relacionando-se descargas líquidas e sólidas médias diárias e que, sendo essa relação não linear, o uso de vazões médias mensais tende a subestimar a descarga sólida, como mostra os resultados da Tabela 12. Por outro lado, o uso da relação  $Q_{st}/Q_{ss}$  igual a 1,1 também é recomendável, em favor da segurança. Com esses dois ajustes, a descarga sólida total aumenta 20,4% (330.028 t/dia) em relação ao valor obtido no EVI. Contudo, dessa diferença, 13,2% (213.132 t/dia) refere-se apenas ao fato de se usar a série de vazões observadas, de 1967 a 2001, e não a série estendida, de 1931 a 2001.

70. Com a descarga sólida obtida com a série de vazões médias diárias (1967 a 2001) e a relação entre a descarga sólida total e a descarga sólida em suspensão igual a 1,1, o valor médio encontrado para a descarga sólida total na estação Porto Velho foi avaliada em **1.951.052 t/dia**.

## **EMPREENDIMENTO**

### **Enchimento**

71. O estudo de enchimento dos reservatórios foi realizado numa condição crítica, iniciando em novembro e considerando como vazão afluente a Q90 deste mês (vazão de 6.336 m<sup>3</sup>/s para Santo Antônio e 6.232 m<sup>3</sup>/s para Jirau). O tempo de enchimento resultou em 7,5 dias para Santo Antônio e 3,6 dias para Jirau.

72. Em condições mais favoráveis, iniciando o enchimento em dezembro e admitindo uma vazão afluente igual à Q50 deste mês, o enchimento se dá em 1,6 dias em Santo Antônio e 0,6 dias para Jirau. Destaca-se que os estudos de qualidade da água apresentados nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) sugerem o enchimento dos reservatórios em 3 fases, de modo a não comprometer excessivamente a qualidade da água no rio Madeira durante o enchimento. Assim, o período de enchimento deverá se estender por um tempo superior ao previsto nos Estudos de Viabilidade.

73. O EVI adota as vazões correspondentes à Q7,10 nos dois AHEs, como vazões mínimas a jusante na fase de enchimento, após o fechamento parcial dos vertedores. As vazões Q7,10 foram estimadas em 3.240 m<sup>3</sup>/s para Jirau e 3.293 m<sup>3</sup>/s para Santo Antônio. Essas vazões são um pouco superiores às vazões mínimas médias mensais no período de 1967 a 2005, de 2.583 m<sup>3</sup>/s em Jirau e 2.626 m<sup>3</sup>/s em Santo Antônio, e correspondem às vazões médias mensais com permanência de 99,8%.

74. Avalia-se que as vazões mínimas a jusante são adequadas à manutenção dos usos múltiplos a jusante, durante a fase de enchimento, recomendando-se constar na DRDH. Entretanto, devido ao afogamento de vegetação nativa, o rápido enchimento dos reservatórios pode levar à degradação da qualidade da água, com acréscimo nos valores de DBO. Por outro lado, eventualmente, pode ser necessária a manutenção de vazões superiores a jusante, para manutenção de níveis d'água adequados ao transporte aquaviário. Nesse sentido, recomenda-se que o processo de enchimento seja realizado de forma gradual, acompanhado pelo monitoramento das condições de qualidade da água no reservatório e a jusante e dos níveis d'água a jusante.

## Qualidade da água

75. O EVI de ambos os aproveitamentos não apresenta estudos de modelagem da qualidade da água com a implantação dos reservatórios, porém apresenta, nos seus programas ambientais previstos, monitoramento limnológico e de qualidade da água.

76. Posteriormente, foi enviado o documento denominado Modelagem da Qualidade da Água dos Reservatórios, encaminhado pela ANEEL por meio do Ofício nº 187/2006-SGH/ANEEL. Tal documento apresenta a mesma metodologia e resultados dos Estudos de Impacto Ambiental, o Volume 7 do Tomo B, no capítulo intitulado “Modelagem da Qualidade da Água dos Reservatórios do rio Madeira”. Ambos os estudos apresentam um estudo de simulação da qualidade da água nas condições atuais e com a implantação dos reservatórios dos AHEs Jirau e Santo Antônio.

77. Estes estudos, inicialmente, apresentam os dados das 5 campanhas de campo realizadas para amostragens de qualidade da água no rio Madeira (8 pontos) e tributários (6 pontos), realizadas entre novembro de 2003 e julho de 2004. Tais campanhas, segundo os referidos estudos, cobrem o período de enchente, cheias, vazante e estiagem. As variáveis mensuradas foram:

- Temperatura da água;
- Turbidez;
- Oxigênio dissolvido;
- Nitrogênio orgânico total;
- Amônia;
- Nitrato;
- Ortofosfato;
- Fósforo total;
- Fósforo total dissolvido;
- Demanda química de oxigênio (DQO);
- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO);
- Carbono orgânico dissolvido;
- Coliformes totais e coliformes fecais.

78. Tais amostragens foram utilizadas para calibração do modelo de qualidade de água utilizado.

79. Os resultados apontaram que os valores máximos de DBO no rio Madeira resultaram em 1,36 mg/L e nos tributários em 1,52 mg/L (no rio Mutumparaná). Em termos de oxigênio dissolvido, os valores nas diversas profundidades amostradas no rio Madeira variaram de 4,1 mg/L até 8,7 mg/L, com valor médio de 6,32 mg/L. Nos tributários, os valores variaram de 3,63 mg/L a 7,29 mg/L, no rio Jaciparaná.

80. Para escolha do modelo de qualidade de água a ser utilizado para simular os cenários de implantação dos reservatórios, os estudos avaliam inicialmente as condições de qualidade de água que ocorrerão com a implantação dos barramentos por meio de dois métodos: tempo de residência e número de Froude. Os resultados de ambos os métodos apontaram para a classificação dos regimes de escoamento de ambos os reservatórios como muito próximos aos regimes naturais do rio Madeira, o que justificou a adoção do modelo de qualidade de água QUAL2E, que é um modelo unidimensional aplicado a rios, em detrimento

ao uso de um modelo mais apropriado para a simulação de qualidade de água em reservatórios, caso do QUAL2R.

81. A aplicação do modelo QUAL2E limitou-se à calha do rio Madeira, em que pese a afirmação encontrada no estudo de que serão criados bolsões de água à margem dos reservatórios “*com qualidade de água inferior à do corpo do reservatório*” (página 3.3 do EIA), além de que se “*pode criar condições para a ocorrência de braços eutrofizados*” (página 3.10 do EIA). Para simular estas alterações de qualidade de água nos braços dos tributários e bolsões marginais, os estudos recomendam a realização de estudos mais aprimorados, possivelmente com uso de modelo de qualidade de água bi-dimensional.

82. Os cenários simulados foram: situação atual, quando os parâmetros do modelo foram calibrados com os valores resultantes das amostras colhidas nas campanhas, e situação com implantação dos reservatórios, cujos bolsões inundados lateralmente não foram contemplados. Para o cenário de implantação dos reservatórios, toda a biomassa a ser inundada foi considerada como aportando ao reservatório, sem considerar situações onde ocorra prévio desmatamento das bacias hidráulicas. O ajuste dos parâmetros para a situação com os reservatórios foi realizado da seguinte forma:

- Inicialmente, foram utilizados os vários métodos disponíveis no QUAL2E para o cálculo dos parâmetros na situação sem os reservatórios,
- Posteriormente, verificou-se qual dos métodos utilizados resultou em valores dos parâmetros mais próximos aos previamente calibrados com base nas amostragens de qualidade da água realizadas,
- Uma vez verificado qual o método de melhor aproximação, este método foi aplicado novamente alterando-se as condições hidráulicas naturais para as condições hidráulicas com a implantação dos reservatórios.

83. Outra premissa, adotada na simulação dos cenários com a implantação dos reservatórios, foi que o início do enchimento dos reservatórios se daria no mês de novembro. Os cenários prospectivos simulados foram:

- 1 Enchimento do reservatório de Jirau em primeira adição (anteriormente a Santo Antônio), recebendo a totalidade de cargas oriundas do afogamento da biomassa,
- 2 Enchimento do reservatório de Santo Antônio em primeira adição, recebendo a totalidade de cargas oriundas do afogamento da biomassa,
- 3 Enchimento do reservatório de Jirau em segunda adição (com o reservatório de Santo Antônio já implantado e estabilizado), recebendo a totalidade de cargas oriundas do afogamento da biomassa,
- 4 Enchimento do reservatório de Santo Antônio em segunda adição (com o reservatório de Jirau já implantado e estabilizado), recebendo a totalidade de cargas oriundas do afogamento da biomassa,
- 5 Operação de ambos os reservatórios implantados e estabilizados (condição operativa).

84. Para o reservatório de Jirau, as simulações foram realizadas em três etapas, uma vez que o reservatório será enchido em 3 fases: em novembro, irá até a cota 85,00m. Em dezembro, avançará até a cota 87,50m e em janeiro, chegará à cota final de 90,00m.

85. Os resultados apresentados para os cenários simulados foram os seguintes:

- a) Para o cenário 1 descrito acima, os resultados apontam para um pico de concentração de DBO em Jirau de 6 mg/L no mês de dezembro, e uma concentração crítica de OD de cerca de 2,5 mg/L, no início do enchimento em novembro.
- b) Para o cenário 2, ocorrerá um pico de concentração de DBO de 19 mg/L e uma concentração crítica de OD de cerca de 2 mg/L, ambas durante o enchimento de reservatório de Santo Antônio, em novembro.
- c) Para o cenário 3, ocorrerá uma concentração crítica de OD em Jirau de cerca de 2,5 mg/L em novembro, e um pico de concentração de DBO de 6 mg/L em dezembro.
- d) Para o cenário 4, ocorrerá um pico de concentração de DBO de 18,5 mg/L e uma concentração crítica de OD de cerca de 3 mg/L, ambas durante o enchimento de reservatório de Santo Antônio, em novembro.
- e) Para o cenário 5, com os reservatórios em condições estáveis, a concentração de DBO nos dois reservatórios não excederá 1 mg/L e a concentração de OD não deverá ser inferior a 3 mg/L, ao longo de ambos os reservatórios.

86. Como conclusões, o estudo de qualidade da água constante dos Estudos de Impacto Ambiental e o estudo “Modelagem da Qualidade da Água dos Reservatórios” afirmam que as alterações de qualidade da água provocadas pelo enchimento do reservatório de Jirau serão muito atenuadas pelo fato de seu enchimento ser executado em 3 fases, com a biomassa sendo inundada de forma gradual.

87. Para o reservatório de Santo Antônio, os estudos concluem que seu enchimento *“apresentou conseqüências mais visíveis sobre a qualidade da água no rio Madeira, efeito que se propagou para jusante da barragem, cobrindo todo o estirão simulado até a confluência com o rio Jamarí”*. Os estudos também simularam o enchimento do reservatório de Santo Antônio iniciando em dezembro, resultando em resultados ligeiramente melhores, e sugerindo esta alteração como uma medida mitigadora. Outra medida mitigadora aventada pelos estudos, mas não simulada, seria a divisão do enchimento do reservatório de Santo Antônio em etapas, à semelhança do enchimento previsto para o reservatório de Jirau.

88. Outra conclusão dos estudos de qualidade da água é o impacto do enchimento do reservatório de Santo Antônio na ictiofauna. Segundo os estudos, *“Como o enchimento do AHE Santo Antônio ocorre no pico de migração ascendente e desova das espécies de peixes que realizam grandes migrações, essa grande queda nos valores de OD a jusante da barragem poderá interferir nesse processo (...)”*.

89. Os resultados apresentados nos estudos de qualidade de água apresentam uma piora dos níveis de qualidade da água especialmente no reservatório de Santo Antônio, cuja concentração de DBO, principalmente, aumenta consideravelmente. Os estudos não apresentaram uma evolução temporal da qualidade da água neste reservatório, informação esta que seria bastante necessária para verificar a duração dos impactos nos demais usos da água, em especial na captação de Porto Velho a jusante do barramento, preconizando, eventualmente, medidas mitigadoras para estes impactos.

90. Assim, sugere-se que conste na Resolução de DRDH artigo dispondo que o planejamento e a execução do enchimento do reservatório do AHE Santo Antônio deverão ser realizados de modo a manter a qualidade da água compatível com a qualidade necessária para o abastecimento público de Porto Velho, devendo-se durante todo o tempo de enchimento manter o trecho a jusante da barragem de Santo Antônio enquadrado em classe 2.

91. Para o AHE Jirau, sugere-se a Resolução disponha que o enchimento de seu reservatório seja realizado de forma gradual e acompanhado de monitoramento da qualidade da água, de modo a manter as condições qualitativas adequadas ao atendimento aos usos da água no reservatório e a jusante, notadamente, o sistema de abastecimento de água de Porto Velho.

#### **Assoreamento e vida útil dos reservatórios**

92. O assoreamento e a vida útil dos reservatórios foram avaliados em nove documentos apresentados à ANA:

- a) Estudos de Viabilidade do AHE Jirau, concluído em março de 2004;
- b) Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio, concluído em abril de 2005;
- c) Estudos Sedimentológicos do rio Madeira, de maio de 2005;
- d) Estudos de disponibilidade hídrica do AHE Jirau, semelhante ao respectivo EVI;
- e) Estudos de disponibilidade hídrica do AHE Santo Antônio, semelhante ao respectivo EVI;
- f) Estudos complementares, em atendimento ao Ofício nº 224/2006, da ANA, de 16/03/2006;
- g) Estudos complementares, em atendimento ao Ofício nº 115/2006, da ANA, de 26/06/2006;
- h) Revisão dos estudos complementares, em atendimento ao Ofício nº 334/2006, da ANA, de 11/09/2006;
- i) Justificativa da redução de 30% no volume assoreado.

93. Os EVIs avaliaram o assoreamento e a vida útil dos reservatórios por meio da aplicação do Método Empírico de Redução de Área, desenvolvido por Borland e Miller, o qual permite calcular a altura do depósito de sedimentos ao pé da barragem e a distribuição dos depósitos ao longo do leito do reservatório. Este método foi desenvolvido semi-empiricamente a partir de dados coletados em 30 reservatórios do EUA. Os estudos consideram a descarga líquida média afluyente, a eficiência de retenção de sedimentos no reservatório (determinada pela Curva de Brune), o peso específico aparente dos depósitos e a compactação ao longo do tempo (determinado pelas equações de Lara e Pemberton), o tipo de reservatório (de zonas planas, de zonas de inundação a colinas, montanhoso ou de gargantas profundas) e o tipo de operação do reservatório. Os cenários simulados foram com e sem incremento anual do aporte de sedimentos, à taxa de 2% ao ano.

94. Os resultados dos estudos de assoreamento constantes no EVI Jirau, antes e após a revisão, e no EVI Santo Antônio estão apresentados na Tabela 13. Apesar de que a projetista afirma que (EVI Santo Antônio, pg 7.125): *“A medida que os depósitos vão se formando a capacidade de retenção vai diminuindo até atingir cerca de 1% em 28 anos de operação do reservatório e praticamente nula em aproximadamente 74 anos para as hipóteses sem*

*aumento do aporte do sedimentos ao longo do tempo. Considerando o aumento do aporte de sedimentos a uma taxa anual de 2%, os prazos são reduzidos para 22 e 44 anos respectivamente. A partir daí, todo o sedimento afluyente ao reservatório irá passar pelas turbinas e pelo vertedouro.”* (grifo nosso). No entanto, sabe-se que as partículas de granulometria areia que são transportadas como descarga de arrasto ficarão retidas no reservatório (Carvalho, 1994, pg 326), ou seja, não passarão pelas turbinas nem tampouco pelo vertedouro. A mesma observação vale para o reservatório de Jirau.

Tabela 13 – Resultados dos estudos de assoreamento dos estudos de viabilidade, atualizados pelos “Estudos Sedimentológicos do rio Madeira”.

Característica		Unid.	EVI Santo Antônio		EVI Jirau (estudo original)				EVI Jirau (revisão)*			
Parâmetros	Taxa anual de aumento do sedimento -R	%	0%	2%	0%	0%	2%	2%	0%	0%	2%	2%
	Nível d'água do Reservatório	M	70	70	87	90	87	90	87	90	87	90
	Capacidade - Volume do Reservatório	hm <sup>3</sup>	2.075,13		1.378,91	2.015,26	1.378,91	2.015,26	1.378,91	2.015,26	1.378,91	2.015,26
	Vazão anual afluyente	hm <sup>3</sup> /ano	567.044		557.745	557.745	557.745	557.745	557.778	557.778	557.778	557.778
	Eficiência de Retenção Er em t = 0	%	19,5		8,48	19,15	8,48	19,15	8,48	19,15	8,48	19,15
Operação até eficiência = 1%	<b>Tempo para Er = 1%</b>	<b>anos</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>22</b>
	Volume de Sedimentos no Reservatório	hm <sup>3</sup>	1.044,35	1.046,63	364,01	1.005,76	366,86	1.003,84	364,41	1.002,44	365,94	1.004,63
	Volume Disponível no Reservatório	hm <sup>3</sup>	1.030,78	1.028,50	1014,9	1.009,50	1.012,05	1011,42	1.014,50	1.012,82	1.012,98	1.010,63
	Perda de Volume do Reservatório	%	50,3	49,6	26,4	49,8	26,6	49,8	26,4	49,7	26,5	49,9
Operação até eficiência = 0%	<b>Tempo para Er = 0%</b>	<b>anos</b>	<b>74</b>	<b>44</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>64</b>	<b>73</b>	<b>41</b>	<b>44</b>
	Volume de Sedimentos no Reservatório	hm <sup>3</sup>	1.082,62	1.082,64	4.06,67	1.039,03	4.02,70	1.039,06	402,61	1.038,95	402,67	1.039,00
	Volume Disponível no Reservatório	hm <sup>3</sup>	992,52	992,49	976,24	976,23	976,16	976,2	976,31	976,31	976,24	976,26
	Perda de Volume do Reservatório	%	52,2	52,2	29,5	51,6	29,2	51,6	29,2	51,6	29,2	51,6
Cota da Altura do Sedimento ao Pé da Barragem (50 anos)		m	<b>61,61</b>	<b>61,63</b>	<b>67,48</b>	<b>76,09</b>	<b>67,48</b>	<b>76,09</b>	<b>67,48</b>	<b>76,09</b>	<b>67,48</b>	<b>76,09</b>
Cota da Altura do Sedimento ao Pé da Barragem (100 anos)		m	61,63	61,63	67,48	76,09	67,48	76,09	67,48	76,09	67,48	76,09

\* Atendimento ao Ofício nº 224/2006/SOC-ANA, de 16 de março de 2006.

95. Os Estudos Sedimentológicos do rio Madeira atualizaram os estudos de assoreamento dos EVIs, principalmente para o AHE Jirau, que teve a descarga sólida revisada para 1.594.529 t/dia, em razão do uso das 34 medições do posto Porto Velho, cujos resultados também constam na Tabela 13.

96. Os resultados encontrados na estimativa do assoreamento da AHE Santo Antônio pela empresa projetista (Tabela 13), indica que em 22 anos, metade do volume do reservatório estará assoreado, considerando que a taxa de aumento na produção de sedimentos sendo 2%. Após 50 anos, a altura do sedimento no pé da barragem será de 61,63 m. Devido a este fato, o projetista sugere que a para garantia do não assoreamento das tomadas d'água durante o horizonte do estudo (100 anos), que a ensecadeira de 1ª fase na margem esquerda, localizada frontalmente ao canal de adução da tomada d'água, deverá ser removida somente até a El. 63,00 m.

97. A consideração da descarga sólida maior resultou na redução do tempo necessário para assoreamento dos reservatórios. Entretanto, não alterou as conclusões dos estudos de assoreamento, uma vez que, na condição mais crítica, após 19 anos de operação dos reservatórios, não há mais retenção de sedimentos no reservatório. Durante esse período, os vertedores deverão ser operados de modo a evitar o acúmulo excessivo de sedimentos no reservatório. Após esse período, os vertedores deverão ser abertos anualmente, de modo a permitir a passagem de sedimento no período de cheias.

98. O arranjo das estruturas deverá prever a proteção da tomada d'água contra os efeitos do assoreamento. No EVI do AHE Santo Antônio, o arranjo prevê a manutenção de uma ensecadeira a montante da tomada d'água, com cota de 63m, superior à cota de assoreamento ao pé da barragem, de 61,63m. No EVI do AHE Jirau, o arranjo prevê a cota de 78m do canal de adução da tomada d'água, superior à cota de assoreamento ao pé da barragem, de 76,09m.

99. Em ambos os arranjos, as cotas dos canais de aproximação dos vertedores são inferiores à cota de assoreamento ao pé das barragens, o que deve favorecer o fluxo de sedimentos para a região dos vertedores, quando forem operados, nos períodos de cheia. Todavia, recomenda-se que estudos mais detalhados constem como condicionante da DRDH, utilizando modelos matemáticos e físicos para simulação do escoamento e transporte de sedimentos na área próxima às barragens.

100. Os Estudos Sedimentológicos do Rio Madeira buscaram avaliar a distribuição espacial dos sedimentos assoreados ao longo dos reservatórios a partir da simulação do comportamento sedimentológico do rio Madeira no trecho entre a confluência com o rio Abunã e a confluência com o rio Jamari. Após a simulação dos processos de assoreamento e erosão, foram geradas novas seções transversais, que alimentaram nova simulação dos perfis de linha d'água, avaliando-se o efeito do assoreamento sobre o remanso dos reservatórios. A metodologia é ilustrada na Figura 19.

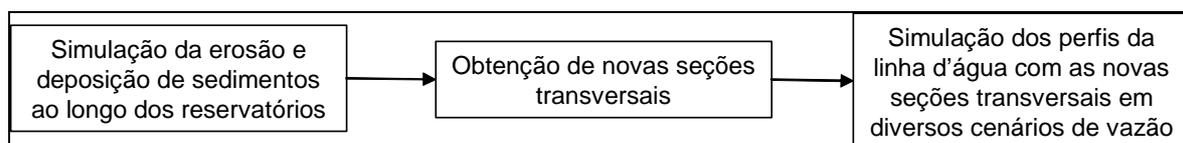


Figura 19. Metodologia para avaliação da distribuição espacial de sedimentos nos reservatórios e efeitos sobre o remanso.

101. A caracterização hidráulica do estirão fluvial de interesse aos estudos sedimentológicos foi feita determinando-se as velocidades médias nas diversas seções do rio Madeira, para as condições atuais do escoamento, e depois comparando estas velocidades com aquelas que irão ocorrer após a implantação dos reservatórios.

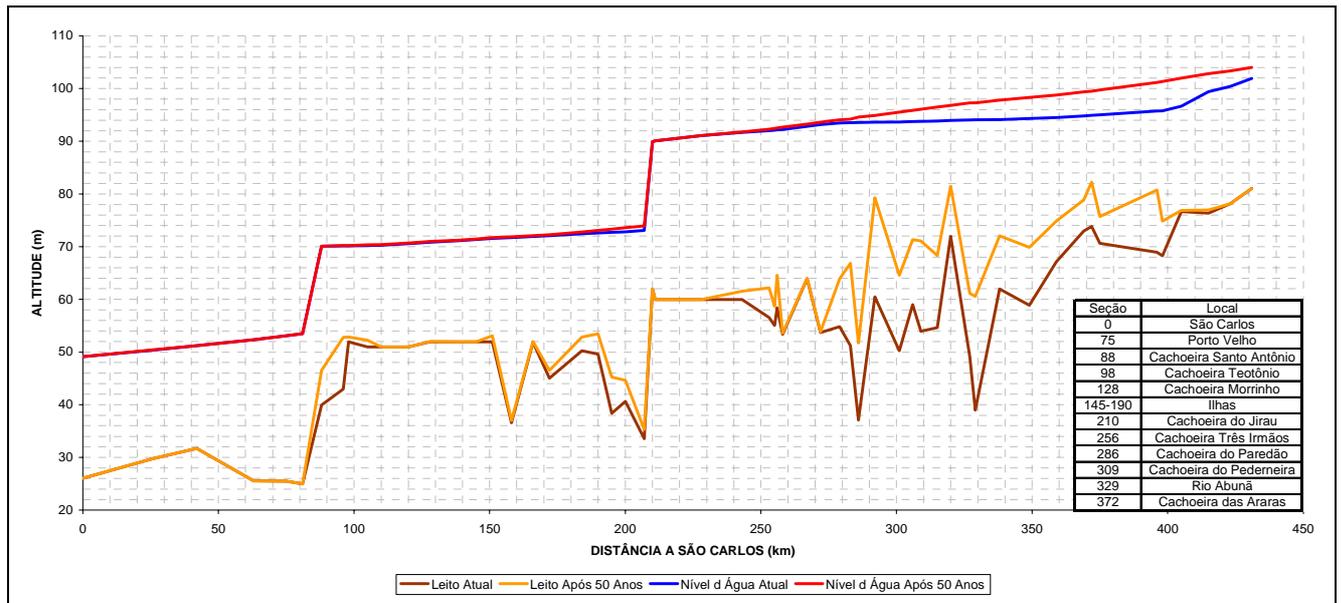
102. A análise sedimentológica foi realizada utilizando o modelo matemático HEC-6 – *Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs*, elaborado pelo *U.S Army Corps of Engineers*. A modelagem hidrossedimentológica do rio Madeira, cobriu todo o estirão fluvial entre a confluência com o rio Beni e a confluência com o rio Jamari. Trata-se de um trecho de 430 km de extensão, que se inicia a montante da área afetada pelo reservatório de Jirau, terminando a jusante de Porto Velho, cerca de 80 km a jusante do local previsto para implantação do AHE Santo Antônio. Foram utilizadas características de 57 seções transversais ao longo do rio Madeira, parâmetros hidráulicos de cada trecho (coeficientes de Manning, coeficientes de perdas de carga singulares, etc), hidrogramas observados, curvas-chave de sedimentos para cada seção transversal, separadas por faixa granulométrica de material transportado, e as granulometrias do material do leito.

103. Foram simulados seis casos, conforme apresentado na Tabela 14. Utilizaram duas hipóteses, uma sem e outra com aumento de 2,0% ao ano da produção de sedimentos total na bacia. Serão apresentados e analisados aqui somente os resultados da simulação para a condição crítica (aumento de 2 % ao ano na produção de sedimentos), por se considerar o caso mais provável e estar a favor da segurança.

**Tabela 14. Casos simulados com o modelo HEC-6.**

<b>Caso</b>	<b>Descrição</b>
Caso 0	Condições naturais do rio Madeira, sem barragens
Caso 1S	Implantação do AHE Santo Antônio
Caso 1J-87	Implantação do AHE Jirau – NA do reservatório na El. 87,00 m
Caso 1J-90	Implantação do AHE Jirau – NA do reservatório na El. 90,00 m
Caso 2-87	Implantação dos dois aproveitamentos, com Jirau na El. 87,00 m
Caso 2-90	Implantação dos dois aproveitamentos, com Jirau na El. 90,00 m

104. Na Figura 20 está apresentado o resultado encontrado nas simulações para o caso 2-90. As análises dos resultados foram apresentadas separando todo o estirão simulado em trechos, conforme a seguinte divisão: a) **Trecho I** (a montante de Abunã, seções acima da 329); b) **Trecho II** (correspondente ao futuro reservatório de Jirau, entre as seções 329 e 210); c) **Trecho III** (correspondente ao futuro reservatório de Santo Antônio, entre as seções 210 e 88). d) **Trecho IV** (a jusante da futura barragem de Santo Antônio, seções 88 a 0).



**Figura 20. Condição Crítica – Simulação Durante 50 Anos – Caso 2-90 – Após a Construção dos Dois Aproveitamentos. Jirau na El. 90,00 m. Perfil de Linha d’Água Correspondente à Vazão Média do Mês de Dezembro (17.000 m³/s).**

105. Com base nas simulações realizadas com o modelo HEC-6, foi determinada a espacialização dos sedimentos ao longo do rio Madeira, onde foram identificados os principais locais de provável deposição considerando os efeitos sinérgicos entre os reservatórios. O primeiro trecho identificado como de assoreamento foi o que se inicia a jusante da cachoeira do Ribeirão (seção 396), a montante de Abunã, prolongando-se até pouco a jusante da cachoeira do Paredão (seção 272), já na área do futuro reservatório de Jirau. O segundo trecho com tendência natural ao assoreamento situa-se imediatamente a jusante da cachoeira do Jirau (seção 207 a 166), num estirão (km) entre 30 e 40 km de extensão.

106. Com o modelo HEC-6 também foi realizado o balanço sedimentológico do rio Madeira nos trechos estudados. Teve como resultado que apenas as frações arenosas ficarão retidas no trecho estudado, mesmo com a implantação dos reservatórios e que transporte do material silteoso e argiloso, que é feito principalmente em suspensão, apresentou equilíbrio em todas as simulações realizadas. Este resultado vai de encontro com o estudo apresentado nos EVIs Jirau e Santo Antônio, nos quais foram utilizadas o Método Empírico de Redução de Área de Borland e Miller. Nos EVIs foi indicado que haverá a retenção, pelos dois reservatórios, de parte dos sedimentos afluentes de granulometria argila e silte, principalmente nos primeiros anos de operação dos AHEs.

107. Também com o auxílio do HEC-6, foi determinada a eficiência de retenção de sedimentos, expressa pela porcentagem de sedimentos retidos ao longo de 50 anos de simulação em relação ao volume total de sedimentos afluente no mesmo período. Estes resultados estão apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15. Capacidade de retenção de sedimento (areia) do rio Madeira em 50 Anos de simulação para condição crítica de aumento de produção de sedimentos da bacia (2% ao ano).**

Trecho	Sem Barragens	Com Santo	Com Jirau	Com Santo
--------	---------------	-----------	-----------	-----------

		<b>Antônio</b>		<b>Antônio e Jirau</b>
<b>I</b>	18%	18%	30%	30%
<b>II</b>	33%	33%	65%	65%
<b>III</b>	21%	79%	21%	89%
<b>IV</b>	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>57%</b>	<b>88%</b>	<b>80%</b>	<b>97%</b>

108. A evolução do depósito de sedimentos ao pé das barragens também foi estudada utilizando o modelo HEC-6. Chegaram aos seguintes resultados: **a)** no reservatório de Jirau, o modelo HEC-6 indicou que os depósitos sedimentares se formarão no trecho de montante, não sendo esperado que o sedimento alcance a barragem em 50 anos. **b)** no reservatório de Santo Antônio, espera-se a ocorrência de depósitos sedimentares junto à barragem, particularmente no trecho situado a jusante da cachoeira Teotônio. O resultado encontrado para o reservatório de Jirau provavelmente não condiz com o que irá ocorrer neste reservatório, e está em desacordo com o que foi apresentado no EVI Jirau.

109. A Tabela 15 mostra a evolução das cotas do leito do rio neste trecho próximo à barragem de Santo Antônio, com e sem a presença do reservatório de Jirau a montante, para as condições estabilizada e crítica de produção de sedimento na bacia. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 17, após 50 anos de operação do AHE Santo Antônio, a altura de sedimentos no pé da barragem será de 52,31 m para a condição crítica, sem a presença do reservatório de Jirau. No EVI Santo Antônio, utilizando o Método Empírico de Redução de Área de Borland e Miller, a altura do assoreamento ao pé da barragem estimada foi de 61,63 m (Tabela 10). Apesar a enorme discrepância, conforme explica a projetista, os resultados advindos do modelo HEC-6 devem ser considerados mais qualitativamente do que seus valores absolutos.

**Tabela 16. Evolução da cota de sedimentos junto à barragem de Santo Antônio utilizando o modo HEC-6.**

<b>Tempo (anos)</b>	<b>Sem o Reservatório de Jirau</b>		<b>Com o Reservatório de Jirau</b>	
	<b>Condição Estabilizada</b>	<b>Condição Crítica</b>	<b>Condição Estabilizada</b>	<b>Condição Crítica</b>
0	41,47	41,47	41,47	41,47
5	41,84	41,85	41,56	41,57
10	42,25	42,27	41,57	41,59
20	44,02	44,20	41,67	41,71
50	51,99	52,31	47,59	49,66

**Tabela 17. Altura do assoreamento no pé da barragem para a condição crítica de aumento da produção de sedimentos ( 2% ao ano), apresentado no EVI Santo Antônio.**

<b>Tempo de Assoreamento (anos)</b>	<b>Volume de Sedimentos Depositados no Reservatório (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Cota da Altura de Sedimentos no Pé da Barragem (m)</b>
0	0,00	30,00

10	798,01	59,79
20	1.029,90	61,29
30	1.076,08	61,59
50	1.082,78	61,63
100	1.082,80	61,63

110. Conforme apresentado no documento “**Estudos Sedimentológicos do Rio Madeira**”, pg 7.2 e 7.3, as principais limitações da modelagem realizada com o modelo HEC-6 no trecho estudado de 430 km do rio Madeira, foram: “a) *a quantidade de seções transversais empregadas na modelagem, apesar de ser superior ao normalmente disponível em estudos similares no Brasil, não é suficiente. Particularmente os trechos I (a montante de Abunã) e IV (a jusante de Santo Antônio) tiveram uma caracterização geométrica precária, em virtude do pequeno número de seções disponível.* b) *nos trechos II e III, correspondentes aos futuros reservatórios, seria necessário levantar novas seções topobatimétricas de forma a caracterizar melhor todos os controles hidráulicos existentes, tornando as simulações mais verossímeis.* c) *o material do leito do rio foi descrito com base em amostras coletadas em Abunã e em Porto Velho. Seria importante que se coletassem novas amostras do material do leito, distribuídas ao longo do estirão em estudo, de forma a incorporá-las na modelagem.* d) *O controle hidráulico exercido pelo trecho IV foi modelado de forma precária, não só pela falta de seções transversais topobatimétricas, como também pela ausência de observações sistemáticas de nível d’água*”. Estas observações reforçam a idéia de que os resultados encontrados com o modelo HEC-6, devem ser considerados de uma forma mais qualitativa.

111. Em relação à comparação dos dois métodos utilizados para a avaliação do assoreamento dos reservatórios, a projetista fez várias considerações em relação à forma conservadora da aplicação do Método Empírico de Redução de Área nos EVIs Jirau e Santo Antônio, dentre elas têm-se: a) poder-se-ia ter utilizando uma eficiência de retenção inferior à utilizada, devido ao fato do sedimento transportado pelo rio ser considerado fino pela projetista (25 % de argila, 60,6 % de silte e 14,4 % de areia); b) poder-se-ia ter utilizado o valor exato calculado para o aumento anual da produção de sedimentos, em vez de 2,00%, utilizar 1,83%. Só esta alteração resultou, segundo a projetista, em um aumento de descarga sólida total de 5%, ao final de 50 anos. Na realidade, um aumento é de 8,7%. Adicionalmente, a projetista explica que as metodologias empregadas nos estudos de assoreamento são diferentes, e também levam a resultados diferentes. Consideram o método empírico utilizado como tendo os resultados encontrados sendo mais confiáveis do que os encontrados com o modelo HEC-6, visto que, por diversas vezes, a projetista alertou que os resultados encontrados utilizando a modelagem hidrossedimentológica através do HEC-6 devem ser considerados de forma qualitativa.

112. Como medidas mitigadoras dos processos de assoreamento e de erosão, tanto no curso d’água como nos reservatórios e a jusante das barragens, a projetista indicou os seguintes: **a)** Controle de desmatamentos; **b)** Reflorestamento de áreas, onde possível; **c)** Proibição de queimadas; **d)** Construção de estradas com controle efetivo da drenagem durante e após a construção; **e)** Controle do manejo da agricultura e das áreas de pastagens (práticas vegetativas, práticas edáficas, práticas mecânicas, controle de voçorocas); **f)** cuidados durante a construção e operação das tomadas d’água; **g)** Operação adequada dos vertedores; **h)** manutenção da floresta ciliar ao longo dos reservatórios, e a recomposição desta nas áreas degradadas, para proteção das margens contra erosão e a retenção de sedimentos provenientes

de enxurradas de áreas marginais; **i)** aprofundamento dos estudos hidrossedimentológicos a jusante de Porto Velho, de forma a confirmar as possíveis alterações no regime hidrossedimentológico a jusante do AHE Santo Antônio. Considera-se que as medidas mitigadoras gerais apresentadas pela projetista são adequadas para os AHE Jirau e Santo Antônio.

113. Na revisão dos estudos complementares, em atendimento aos Ofícios nº 115 e 334, da ANA, foi elaborada nova simulação da distribuição espacial de sedimentos nos reservatórios, utilizando-se o modelo HEC 6. Entretanto, foi adotada uma redução de 30% no volume assoreado encontrado pelo modelo, sob o argumento de que os resultados do modelo eram excessivamente conservadores. Com essa redução, os impactos do assoreamento sobre a vida útil e sobre os níveis d'água dos reservatórios foram atenuados.

114. Após solicitação da ANA, a ANEEL encaminhou, por meio do Ofício nº 1.127, de 2006, documento elaborado pela empresa projetista que busca justificar a redução de 30% no volume assoreado. Esse documento avalia que a evolução do leito parece ter sido exagerada pelo modelo de simulação HEC 6, tendo em vista que o posto fluviométrico de Abunã não apresenta alterações significativas da curva-chave ao longo dos últimos 30 anos, não indicando tendência de assoreamento significativa, ao contrário do que sinaliza os resultados da simulação, em condições naturais. Por outro lado, o documento ressalta que as imagens obtidas por sensoriamento remoto mostram apenas pequenas alterações das conformações de ilhas e depósitos sedimentares, contrastando com os elevados volumes assoreados obtidos pelo modelo HEC 6. O mesmo documento sugere novos levantamentos e estudos, para a fase de Projeto Básico dos empreendimentos.

115. A partir da análise dos estudos realizados, avalia-se que, embora a curva chave de Abunã não indique tendência natural de assoreamento, o elevado transporte sólido do rio Madeira associado à redução de velocidades, decorrente da implantação das barragens, tende a incrementar o assoreamento, principalmente, nas regiões a montante dos reservatórios. Por outro lado, os “Estudos Sedimentológicos do Rio Madeira” mostram que todo o trecho do rio Madeira na região dos reservatórios possui tendência de assoreamento, em detrimento às regiões altas da bacia. Entretanto, as metodologias utilizadas, embora adequadas à atual fase dos estudos, devem ser complementadas com novos levantamentos de campo e estudos, utilizando modelos matemáticos e físicos, de modo a melhor caracterizar o comportamento sedimentológico do rio e a vida útil dos reservatórios. Nesse sentido, sugere-se, como condicionantes para conversão da DRDH em outorga, a apresentação nos seguintes levantamentos e estudos:

- a) Complementação do levantamento topobatimétrico de seções transversais e detalhamento dos controles hidráulicos existentes ao longo do reservatório; No caso do AHE Santo Antônio, complementação do levantamento a jusante da barragem, até Humaitá;
- b) Revisão da modelagem hidrosedimentológica, utilizando modelos matemáticos e físicos, de modo a aperfeiçoar as estimativas de distribuição espacial de sedimentos no reservatório;
- c) No caso do AHE Santo Antônio, estudos sedimentológicos no trecho a jusante da barragem, até Humaitá, utilizando modelos matemáticos e físicos, de modo a avaliar

os efeitos dos processos de assoreamento e erosão e impactos sobre usos de recursos hídricos;

- d) Avaliação da operação das estruturas hidráulicas, tomada d'água e vertedor, a partir do estudo do comportamento do escoamento e do transporte de sedimentos na área do reservatório próxima da barragem, utilizando modelos matemáticos e físicos;
- e) Revisão dos estudos de assoreamento e vida útil do reservatório, considerando os resultados nos novos levantamentos e estudos sedimentológicos.

## **Remanso**

116. Os estudos do remanso provocado pelos reservatórios dos AHEs Jirau e Santo Antônio foram iniciados nos Estudos de Viabilidade e estendidos em complementações sugeridas pela ANA. O principal objetivo destes estudos foi a verificação das elevações dos níveis d'água no rio Madeira e suas influências a montante dos barramentos, além do impacto proporcionado pelo reservatório do AHE Santo Antônio sobre a curva-chave do canal de fuga do AHE Jirau. A caracterização hidráulica do estirão fluvial, realizada nos estudos de remanso, também serviu como referência para os “Estudos Sedimentológicos do Rio Madeira”, na avaliação do comportamento sedimentológico natural no trecho entre a confluência com o rio Beni e a confluência com o rio Jamari.

117. Esses estudos contemplaram o trecho do rio Madeira que vai desde a Cachoeira de Santo Antônio até a localidade denominada Vila Abunã, totalizando 254 km de extensão, sendo que 126 km são referentes ao reservatório do AHE Santo Antônio e os 128 km restantes são referentes ao reservatório do AHE Jirau, conforme consta nos EVIs.

118. Para a sua realização, foram selecionadas 40 seções transversais ao longo de todo o trecho estudado, em locais de interesse ou representativos do rio, sendo que 27 foram levantadas por meio de topobatimetria e 13 foram levantadas com base na restituição aerofotogramétrica. Considerando a grande extensão do trecho estudado, a densidade de seções é considerada baixa para este tipo de estudo. No entanto, nessa região, o rio Madeira apresenta-se com muitos trechos retilíneos, com poucas singularidades e com poucas afluições, de modo que as seções selecionadas podem ser consideradas representativas, neta fase dos estudos.

119. Os rios afluentes ao rio Madeira não foram considerados na análise do remanso, o que seria importante, principalmente no caso dos rios Jaci-Paraná e Mutum-Paraná, em cujas margens estão as duas principais ocupações urbanas atingidas pelos reservatórios, as localidades de Jaci-Paraná e Mutum-Paraná.

120. Os estudos do remanso foram realizados com a aplicação do programa HEC-RAS, desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers*, que calcula perfis de linhas d'água e respectivas linhas de energia, considerando o escoamento em regime permanente, unidimensional e gradualmente variado.

121. Para a calibração do modelo, foram utilizados três perfis de linha d'água do rio Madeira observados ao longo do trecho em análise, obtidos por meio de levantamentos

topográficos, realizados nas datas de 22/05/2002, 31/01/2003 e 28/02/2003. No EVI do AHE Jirau, a calibração foi realizada com os três perfis disponíveis. Já no EVI do AHE Santo Antônio, foram utilizados somente os dois últimos.

122. A calibração do modelo consistiu em determinar os coeficientes de rugosidade e de contração e expansão para cada uma das seções transversais, de forma a gerar linhas d'água simuladas semelhantes às linhas d'água observadas em campo. O estudo considerou o coeficiente de rugosidade variável, diminuindo com o aumento da profundidade da seção. O ajuste conseguido na calibração foi bom para ambos os reservatórios. Em somente uma seção do trecho Jirau-Abunã, as diferenças verificadas foram significativas. Nas demais seções, as diferenças foram consideradas pequenas, validando os coeficientes obtidos.

123. Com o modelo calibrado, foram simulados, no EVI, os perfis de linha d'água para duas situações: a situação original, sem a interferência dos reservatórios, e a situação final, com a implantação dos reservatórios. Foram simulados os cenários referentes à ocorrência da cheia média anual e com tempos de retorno de 10, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos, comparando-se os níveis d'água que ocorrem naturalmente com os que ocorreriam depois da implantação dos reservatórios, em especial na seção próxima à Vila Abunã, onde inicia-se o trecho binacional do rio Madeira. Com base nesses resultados, foi adotada a idéia do deplecionamento previsto para o AHE Jirau, “de forma que as condições do regime fluvial do rio Madeira a montante de Abunã permaneçam inalteradas” (página 2.2 do EVI do AHE Jirau).

124. A Figura 21 apresenta os resultados comparativos para o AHE Santo Antônio, considerando somente algumas vazões, e a Figura 22 apresenta os resultados para o AHE Jirau. Observe-se, na Figura 20, o deplecionamento previsto para o AHE Jirau, buscando amenizar as alterações no regime fluvial a montante e as sobrelevações promovidas pelo reservatório.

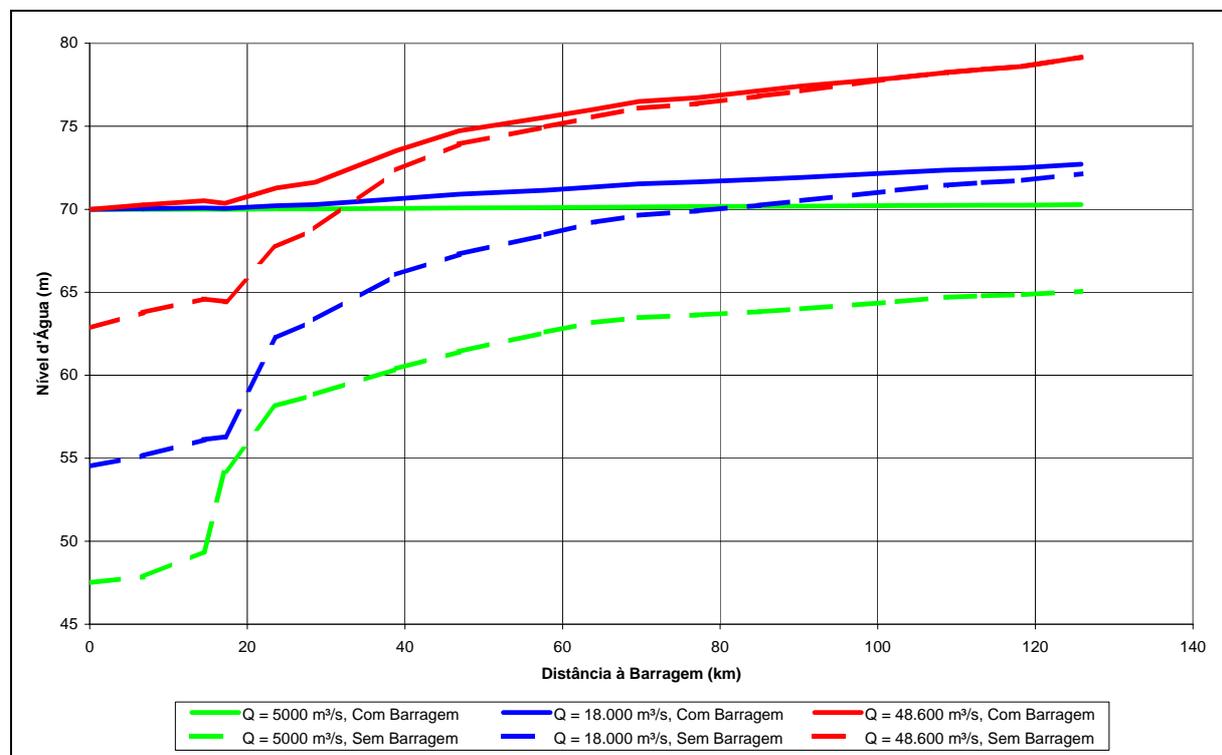


Figura 20 – Efeitos do remanso sobre os níveis d'água do trecho correspondente ao AHE Santo Antônio.

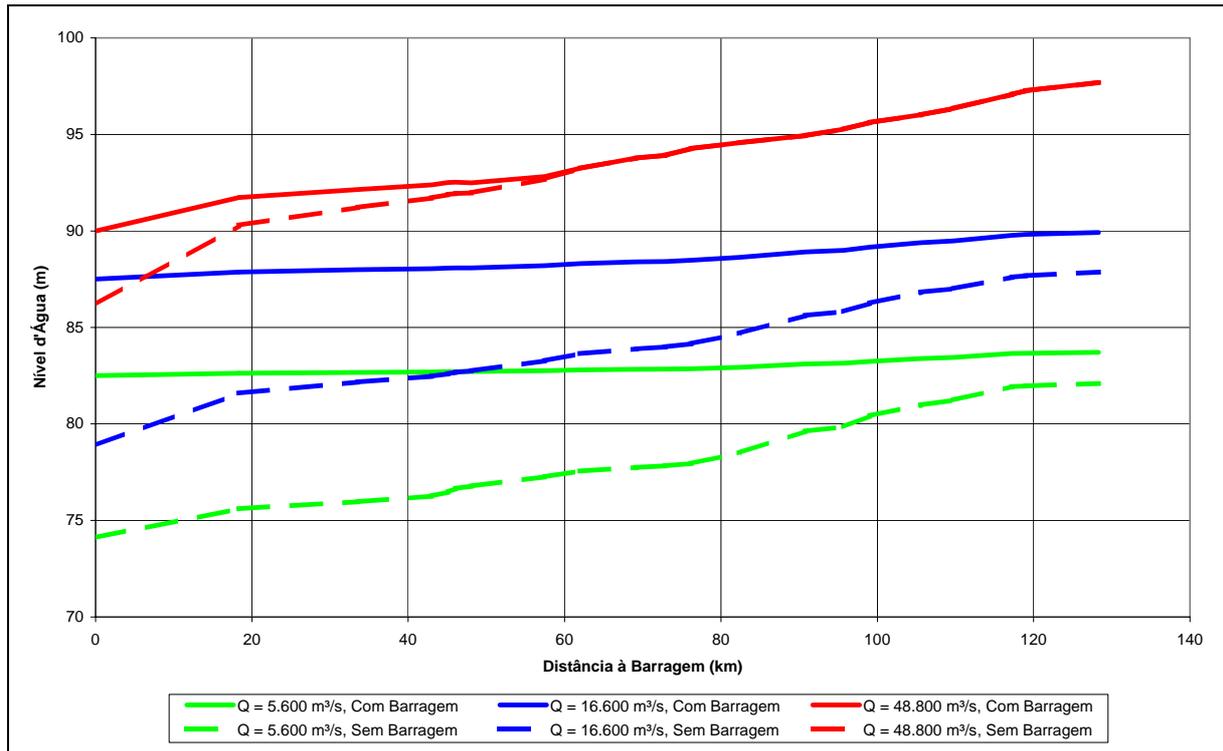


Figura 21 – Efeitos do remanso sobre os níveis d’água do trecho correspondente ao AHE Jirau

125. O EVI do AHE Santo Antônio não apresenta nenhuma avaliação dos efeitos do remanso sobre as ocupações urbanas. A única análise feita restringe-se à curva-chave do canal de fuga do AHE Jirau. A Figura 22, obtida do desenho PJ-0532-V3-GR-DE-0105, mostra o contorno do reservatório na localidade de Jaci-Paraná, mas não discrimina a situação de vazão. Confrontando este mapa com as curvas da Figura 19, estima-se que esta seja uma situação média e que os efeitos sobre a localidade sejam consideravelmente mais acentuados.

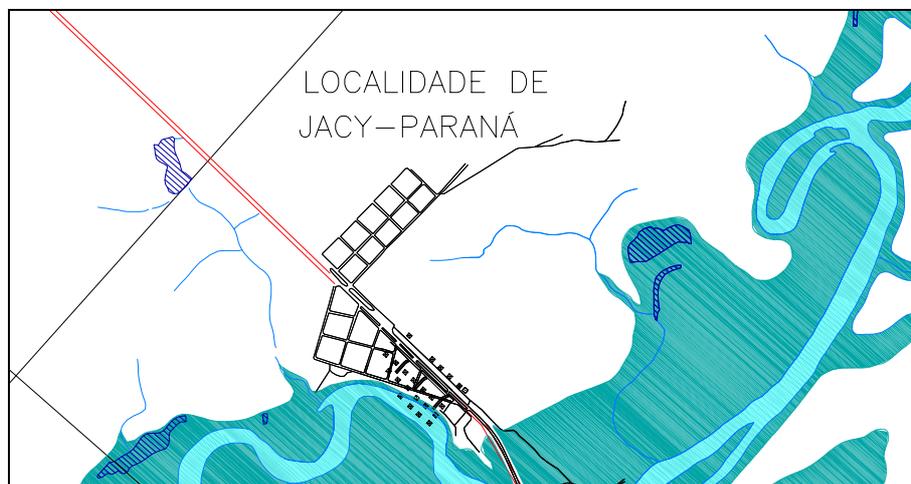


Figura 22 – Contorno de inundação na localidade de Jaci-Paraná

126. No EVI do AHE Jirau, é feita uma avaliação dos resultados obtidos para algumas seções consideradas importantes. Em especial, na foz do rio Mutum-Paraná, verificou-se que, em média, a sobrelevação do nível d'água com a implantação do reservatório eleva-se em cerca 5,0 m, atingindo os limites de cerca de 3,0 m em março e de cerca de 6,0 m em setembro, sendo essa grande variação relacionada com a adoção da Curva Guia do Reservatório. Apesar do estudo não fazer nenhuma menção ao assunto, essa grande variação pode ter influência significativa na localidade de Mutum-Paraná. A Figura 23, obtida dos desenhos PJ-0519-V3-GR-DE-0107 e PJ-0519-V3-GR-DE-0118 do EVI, apresentam os contornos do reservatório na localidade de Mutum-Paraná para as situações médias do reservatório, quais sejam N.A. 90,0 m, com vazão de 23.900 m<sup>3</sup>/s, e N.A. 87,5 m, com vazão de 16.600 m<sup>3</sup>/s. Como denotado no próprio EVI (página 7.77), estes contornos de inundação foram baseados na restituição aerofotogramétrica e carregam em si a sua imprecisão. Confrontando com os resultados da Figura 20, pode-se esperar que os efeitos de inundação no local sejam muito mais intensos, podendo atingir a totalidade da localidade.

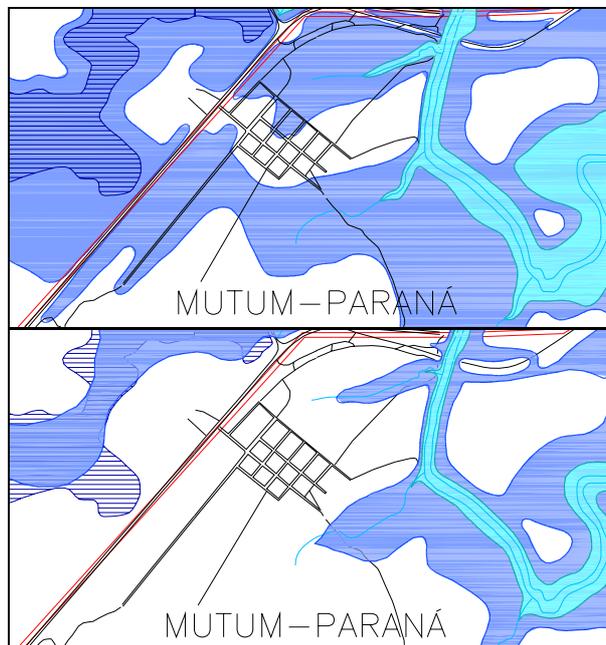


Figura 23 – Contornos de inundação na localidade de Mutum-Paraná, com NA 90,0 e 87,5

127. Nas localidades de Vila Abunã e Fortaleza do Abunã, o EVI avalia que não haverá efeitos do remanso, embora não apresente os mapas de inundação do local.

128. Avalia-se que há grandes possibilidades de que as ocupações urbanas discutidas acima sejam fortemente afetadas pelos reservatórios e pelos efeitos dos seus remansos. Além disso, como os estudos sedimentológicos apontam, é forte a possibilidade de que a grande quantidade de sólidos transportados pelo rio Madeira possa levar a uma modificação significativa das seções transversais do rio, promovendo também alterações significativas no remanso, principalmente na porção mais de montante, na entrada do reservatório do AHE Jirau, onde se localiza a localidade de Vila Abunã.

129. A Figura 24 apresenta os resultados obtidos pelos estudos sedimentológicos para a situação natural, sem a construção dos reservatórios, com crescimento da produção de sedimento, considerando a vazão média do mês de dezembro, 17.000 m<sup>3</sup>/s, e após 50 anos de simulação. Os resultados mostram que o leito original do rio Madeira no trecho estudado

apresenta algumas regiões com tendência natural ao assoreamento, especialmente nas seções de montante dos reservatórios, sendo o trecho de montante relativo ao AHE Jirau naturalmente mais propenso aos efeitos. Isso conduz ao raciocínio de que, naturalmente, nas proximidades da Vila Abunã deverá haver uma sensível elevação do nível d'água.

130. A Figura 25 apresenta os resultados dos mesmos estudos obtidos para a situação com os dois aproveitamentos construídos, considerando a mesma vazão e com o AHE Jirau na cota 87,0 m, após 50 anos de simulação. Novamente, observa-se que a Vila Abunã localiza-se na região com maior variação do nível d'água.

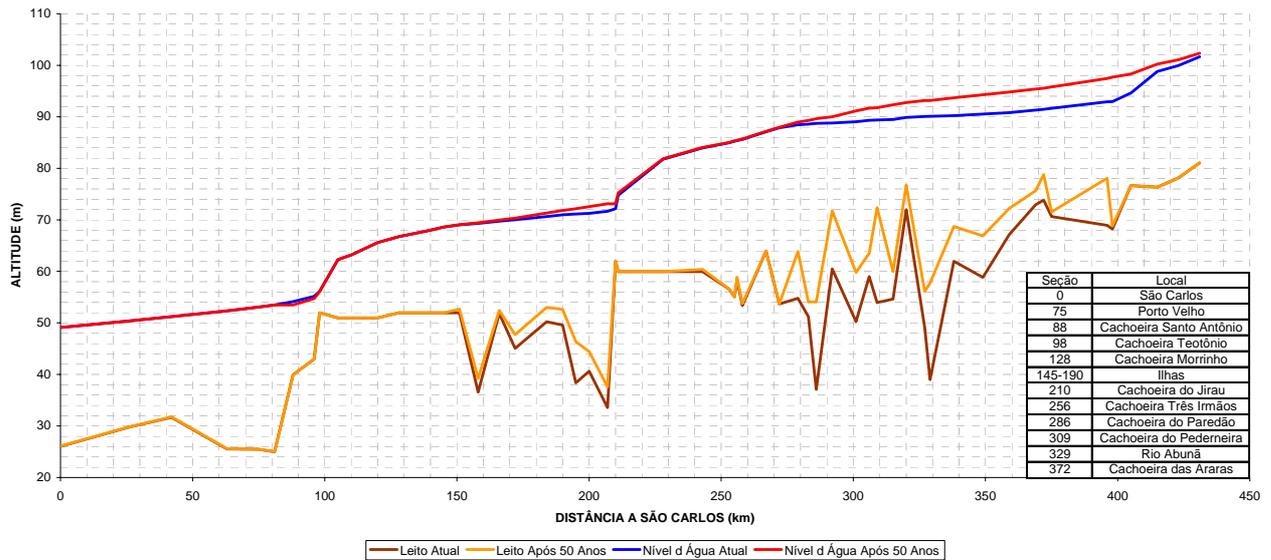


Figura 24 – Perfil da linha d'água após 50 anos de assoreamento, para a condição natural, com crescimento da produção de sedimentos e considerando a vazão média do mês de dezembro

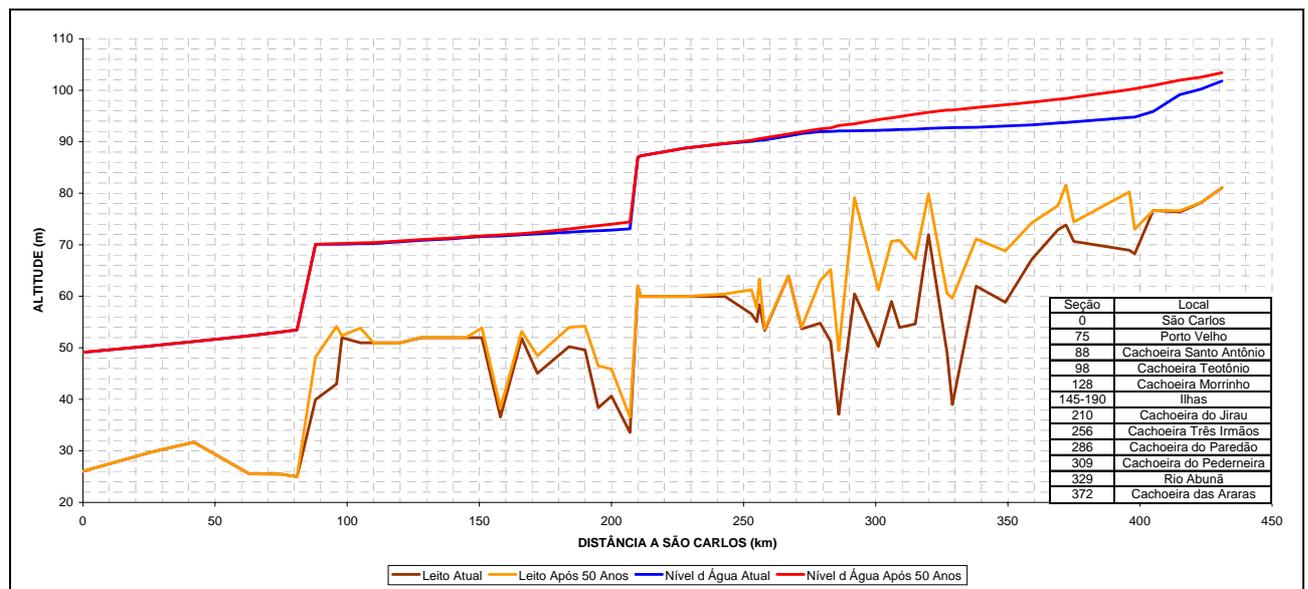


Figura 25 – Perfil da linha d'água após 50 anos de assoreamento, para a condição com os dois reservatórios, com crescimento da produção de sedimentos e considerando a vazão média do mês de dezembro

131. Um ponto a ser ressaltado – e que é bastante ressaltado pelo projetista – é que os resultados obtidos pelo modelo de simulação sedimentológico devem ser sempre observados de forma qualitativa, devido às grandes incertezas inerentes tanto ao modelo quanto aos dados utilizados, sendo que os seus resultados numéricos são meros indicadores de tendências. Além disso, o modelo não permite a simulação da operação do reservatório do AHE Jirau, determinada pela sua Curva Guia, o que daria uma dinâmica diferente à deposição dos sedimentos. No entanto, em qualquer situação simulada, os resultados apontam para uma tendência ao assoreamento na região da Vila Abunã que pode levar a elevações no nível d'água que poderiam afetar a localidade.

132. Com base nesses resultados, surgiu a preocupação de melhor avaliar os efeitos do remanso sobre as ocupações urbanas, especialmente sobre a Vila Abunã. Por isso, a ANA solicitou à ANEEL, por meio do Ofício nº 224/2006/SOC-ANA, novos estudos de remanso incorporando os resultados dos estudos de deposição espacial de sedimentos, com a conseqüente alteração das seções transversais do rio. Juntamente com esses estudos, foi solicitada a apresentação de mapas de inundação mais detalhados das localidades afetadas. Esses novos estudos foram apresentados em maio de 2006 e procuravam esclarecer os questionamentos levantados pela equipe da ANA, porém não apresentaram os mapas de inundação das localidades afetadas.

133. Os novos estudos do remanso foram realizados considerando somente a situação da implantação simultânea dos dois reservatórios. Vale notar que as premissas adotadas nesse novo estudo foram bastante conservadoras, pois foram utilizados os mesmos coeficientes de rugosidade estabelecidos para as seções não assoreadas.

134. Como mostrado anteriormente pelos estudos sedimentológicos, considerando a situação de implantação dos dois reservatórios, o reservatório do AHE Jirau retém boa parte do material sólido a montante, de modo que o assoreamento esperado para o reservatório do AHE Santo Antônio tem magnitude reduzida e os efeitos do remanso são praticamente os mesmos daqueles observados sem a consideração do assoreamento. Já o reservatório do AHE Jirau apresenta uma grande possibilidade de assoreamento, principalmente nas proximidades da Vila Abunã, onde se prevê um aumento significativo do nível d'água. Segundo o relatório, *“Na condição sem barragem o trecho do rio Madeira entre Cachoeira do Paredão e Abunã apresenta, num horizonte de 35 anos, uma tendência natural de assoreamento, o que provocaria uma elevação do nível d'água, da ordem de 3,00 m. Portanto, a tendência natural é a primeira responsável pela elevação dos níveis d'água identificados. Com a implantação do reservatório a sobre-elevação do nível d'água aumentaria em mais 2,70 m”* (página 33 do relatório Atendimento ao Ofício Nº 224 2005 SOC-ANA).

135. A Figura 26 apresenta a seção transversal do rio nas proximidades da Vila Abunã. Para esta seção, os estudos apontam a elevação do nível até cerca de 105,0 m para uma cheia de TR 50 anos, ou seja, a elevação dos níveis d'água superaria a calha menor do rio, promovendo alagamentos. O projetista avalia que as conseqüências desses resultados, por serem de caráter qualitativo, não merecem análise pormenorizada, propondo-se a fazê-la com a realização de estudos mais detalhados.

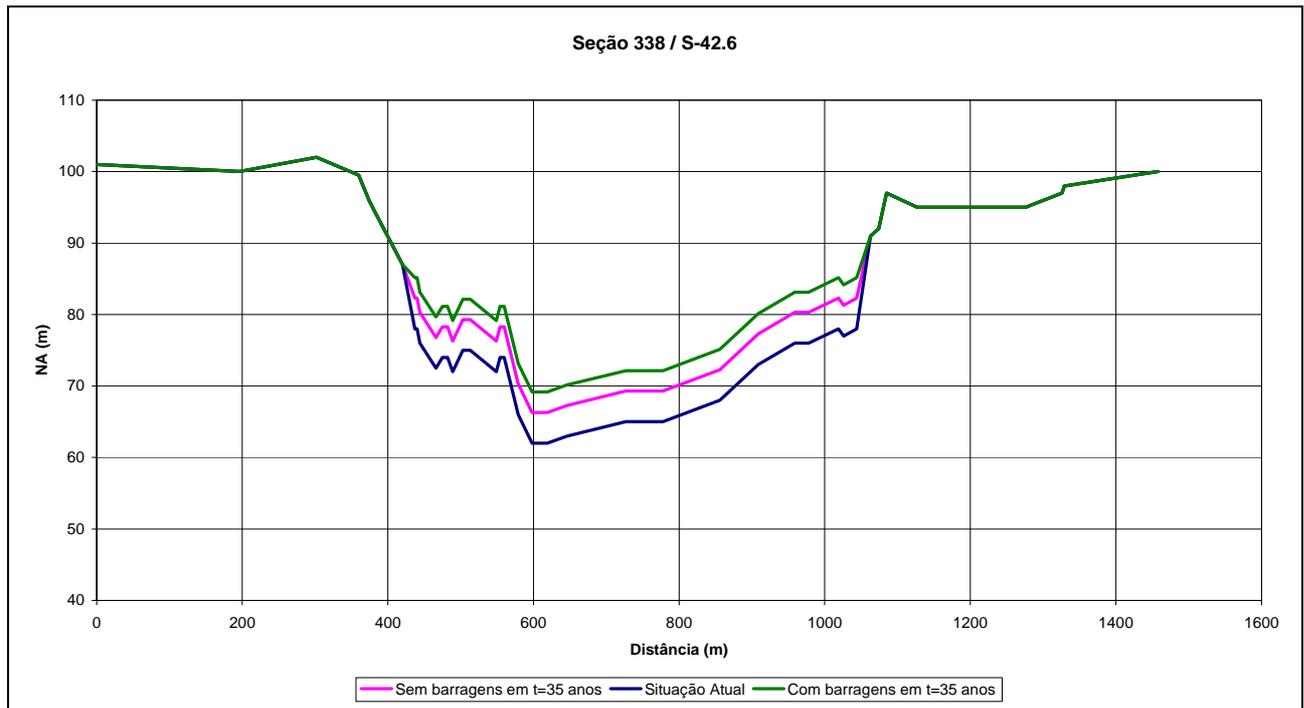


Figura 26 – Seção transversal S-42.6, localizada nas proximidades da Vila Abunã.

136. A equipe da ANA, mesmo reconhecendo que os resultados são considerados qualitativos e conservadores, avaliou que os mapas detalhados de inundação solicitados deveriam ter sido apresentados, ao menos para indicar as medidas a serem adotadas. Dessa forma, foi enviado à ANEEL o Ofício nº 115/2006/SOF-ANA, solicitando novamente estes mapas.

137. Embora não houvesse sido solicitado, em agosto de 2006, foram apresentados novos estudos de assoreamento e de remanso dos reservatórios. Baseado nas idéias de conservadorismo dos estudos anteriores, esses novos estudos foram realizados considerando como premissas uma redução de 30% da carga sólida em transporte do rio Madeira e o crescimento nulo da produção anual de sedimentos na bacia. Essas premissas foram assumidas pela equipe da ANA como uma situação intermediária entre os extremos já estudados anteriormente e serviram para corroborar as conclusões dos estudos anteriores, ou seja, existem regiões com forte tendência à deposição de sedimentos, especialmente nas seções de montante do reservatório do AHE Jirau, nas proximidades de Vila Abunã, com o conseqüente aumento dos níveis d'água.

138. Juntamente com este estudo, foram apresentados dois mapas de inundação dos reservatórios, ainda sem o detalhamento requerido. Estes mapas mostram as linhas de inundação considerando o remanso com os efeitos do assoreamento para a vazão com TR 50 anos. A Figura 27, obtida do desenho PJ0576-V-H41-GR-DE-001-0, mostra o contorno do reservatório na localidade de Jaci-Paraná, enquanto a Figura 28, obtida do desenho PJ0576-V-H41-GR-DE-002-0, mostra o contorno do reservatório na localidade de Mutum-Paraná, para a condição citada. A localidade de Vila Abunã não foi abrangida pelos desenhos. Pelas figuras, nota-se que os níveis d'água atingidos naturalmente para a cheia de TR 50 anos na localidade de Jaci-Paraná abrangem uma considerável área de ocupação urbana, enquanto que, no caso da localidade de Mutum-Paraná, esses níveis abrangem a totalidade da ocupação. Com a implantação dos reservatórios, esses níveis não sofrerão alteração significativa.



Figura 27 – Contornos de inundação na localidade de Jaci-Paraná, para a vazão com TR 50 anos, considerando os efeitos do assoreamento sobre o remanso



Figura 28 – Contornos de inundação na localidade de Mutum-Paraná, para a vazão com TR 50 anos, considerando os efeitos do assoreamento sobre o remanso

139. Na localidade de Vila Abunã, que não foi abrangida pelos desenhos, a verificação da extensão dos efeitos do remanso ficou novamente prejudicada. Contudo, a Figura 29 apresenta os resultados obtidos no estudo para a seção localizada nas proximidades da Vila Abunã. Segundo o projetista, “na hipótese de ocorrência de cheias de 25 anos de recorrência, a cota 100 da margem seria ultrapassada com o assoreamento correspondente a 12 anos de operação, enquanto que para cheias de 50 anos de recorrência este período é de cerca de 4 anos” (página 39 do relatório Atendimento ao Ofício Nº 115/2005/SOC-ANA). Essa situação é plausível, mas deve ser ressaltado que ela só ocorreria no caso de ocorrerem as premissas adotadas no estudo. Ou seja, há possibilidades reais de sobrelevações consideráveis e conseqüentes transbordamentos na região da Vila Abunã.

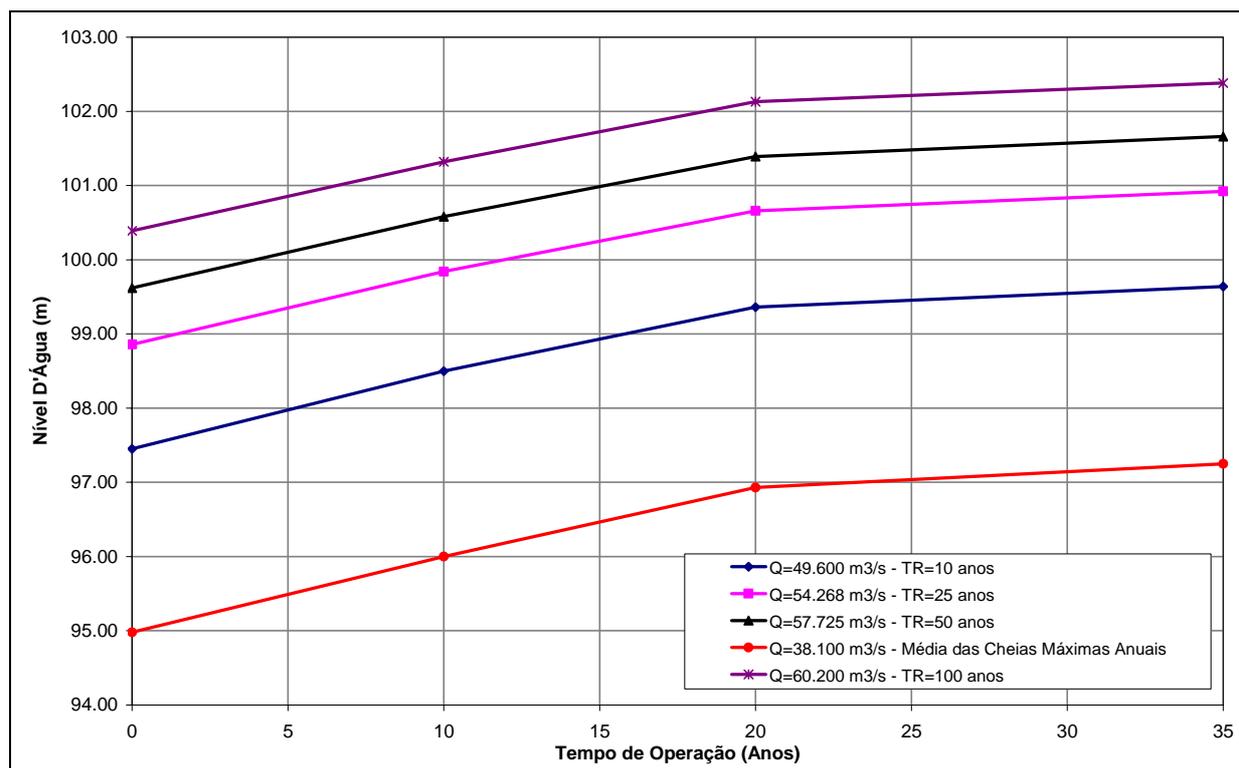


Figura 29 – Evolução do nível d'água do rio Madeira em Abunã Vila após a implantação do AHE Jirau

140. Considerando que essas sobrelevações não ocorreriam imediatamente após a construção do AHE Jirau, mas com o decorrer do tempo, o projetista propõe que sejam feitos monitoramentos contínuos de níveis d'água que permitirão a observação das sobrelevações e a adoção de medidas corretivas adequadas. Caso confirmem-se esses resultados, o projetista propõe a adoção de algumas medidas mitigadoras, apresentadas no relatório Atendimento ao Ofício N° 115/2005/SOC-ANA.

141. No nível em que se encontram os estudos atualmente, não há como a equipe da ANA determinar a extensão dos problemas causados pelos possíveis transbordamentos observados nos vários estudos. Sabe-se somente que há real possibilidade de suas ocorrências ao longo do tempo.

142. A revisão dos estudos complementares apresentou novo estudo de distribuição espacial de sedimentos ao longo dos reservatórios, com redução de 30% nos volumes assoreados, sob o argumento de que a metodologia empregada foi conservadora em diversos aspectos. Essa revisão apresentou, ainda, os mapas de inundação de localidades e rodovias, indicando a necessidade de relocação das cidades de Ji-Paraná e Mutum-Paraná. Entretanto, não foi apresentado o detalhamento dos efeitos sobre Vila Abunã.

143. Com a redução de 30% no volume assoreado, a sobrelevação de 5m na seção 338 foi reduzida para 2m, ficando o nível d'água, para a cheia de 50 anos, em 101,39m, na eminência de transbordamento.

144. Os estudos complementares e sua revisão mostram que, mesmo com a redução de 30% no volume assoreado, há a possibilidade de ocorrência de transbordamentos para cheias com tempo de retorno acima de 50 anos, após 4 anos de operação do reservatório. Após 12 anos de operação, a cheia com tempo de retorno de 25 anos ocasionaria o transbordamento. Como não há restituição topográfica acima da cota 100m, não é possível a delimitação da extensão da linha de inundação e do reservatório nessas condições, embora existam indicações de baixas declividades, o que resultariam em grandes áreas inundadas. Considerando-se as premissas da simulação anterior, sem a redução de 30% no volume assoreado e considerando o incremento anual de 2%, as proporções das cheias podem ser ainda maiores.

145. Por outro lado, a estabilidade da curva-chave de Abunã sugere que as simulações, ao indicarem assoreamento, podem não ter caracterizado bem o regime sedimentológico do rio Madeira nesse trecho. Dessa forma, avalia-se que são necessários estudos mais detalhados para que esses efeitos possam ser bem caracterizados.

146. Recomenda-se que a DRDH imponha como condicionante o detalhamento dos estudos de assoreamento e remanso e que o futuro outorgado seja responsável pelas providências necessárias para proteção de localidades contra cheias com tempo de retorno inferior a 50 anos e rodovias contra cheias com tempo de retorno inferior a 100 anos, incluindo medidas estruturais e não estruturais a serem definidas.

### Condições Gerais de Operação

147. A operação do AHE Santo Antônio será a fio d'água, ou seja, as vazões afluentes serão sempre iguais às vazões defluentes.

148. A operação do AHE Jirau prevê o deplecionamento nos períodos de estiagem, de modo a acompanhar a variação natural dos níveis d'água e evitar a inundação superior à que ocorre em condições naturais, principalmente em território boliviano. Esse deplecionamento, que ocasiona uma perda de energia firme de 2.152 MW para 1.908 MW, será realizado segundo uma curva-guia do reservatório, que relaciona níveis e vazões afluentes para cada mês do ano, conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Curva-guia do reservatório de Jirau

Mês	Vazão Média Mensal (m <sup>3</sup> /s)	NA reservatório (m)
Jan	23.900	90,00
Fev	29.100	90,00
Mar	33.600	90,00
Abr	30.200	90,00
Mai	22.700	89,50
Jun	15.900	87,00
Jul	10.600	85,00
Ago	6.800	83,00
Set	5.600	82,50
Out	6.800	83,00
Nov	10.400	85,00
Dez	16.600	87,50

Fonte: EVI

149. Segundo o EVI, “No período de cheias este nível d’água (90,00 m) é inferior aos níveis máximos observados anualmente na estação fluviométrica de Abunã, indicando que neste período o reservatório situa-se integralmente em território nacional. Entretanto, no período de águas baixas, o remanso provocado pelo reservatório com nível d’água na EL. 90,00 m estende-se a montante de Abunã, alterando a permanência dos níveis d’água” (página. 2.2). Assim sendo, definiu-se que o reservatório do AHE Jirau será operado com NA variável, através de uma Curva Guia do Reservatório, de forma que as condições do regime fluvial do rio Madeira a montante de Abunã permaneçam inalteradas” (página. 2.2). Esta curva estabelece o nível a ser mantido no reservatório em função da vazão afluyente, para cada mês.

150. De modo a controlar os efeitos dos níveis d’água do reservatório em toda a sua extensão e a garantir os usos múltiplos da água, como a travessia de balsas em Abunã e as praias existentes no rio Abunã, recomenda-se que a operação do reservatório também observe, em sua curva guia, os níveis d’água simulados no posto fluviométrico Abunã Vila, situado na extremidade de montante do reservatório. Isso porque, devido à imprecisão dos estudos, a variação dos níveis d’água no reservatório junto à barragem pode não corresponder às variações previstas na simulação. Também, recomenda-se que a curva guia seja atualizada anualmente, de forma a considerar os efeitos de assoreamento do reservatório, principalmente, na área próxima a Abunã. Considerando-se os níveis d’água simulados a montante (posto Abunã Vila), a curva guia seria dada pela Tabela 19.

Tabela 19 – Curva guia do reservatório considerando os níveis d’água simulados em Abunã Vila.

Vazão afluyente (m <sup>3</sup> /s)	Nível d’água do reservatório (m)	Nível d’água no posto Abunã Vila (m)
<= 5.600	82,5	83,7
6.800	83,0	84,5
10.600	85,0	86,8
10.400	85,0	86,8
15.900	87,0	89,5
16.600	87,5	89,9
22.700	89,5	92,1
>= 23.900	90,0	92,5

Fonte: EVI.

151. Sugere-se que as condições de operação sejam consolidadas no Plano de Operação dos reservatórios. Devido à proximidade de áreas urbanas, notadamente da cidade de Porto Velho, recomenda-se a exigência do Plano de Contingência e Emergência, contemplando a previsão de cenários e situações de contingência e emergência, associadas a riscos de ocorrência e ações decorrentes.

## USOS MÚLTIPLOS

### Usos consuntivos a Montante

152. Os consumos de água que ocorrem a montante dos aproveitamentos hidrelétricos não estão disponíveis para a geração de energia. No caso em análise, boa parte da bacia contribuinte aos AHEs Jirau e Santo Antônio localiza-se em território boliviano (cerca de 66%). Já a porção Peruana representa cerca de 9% da bacia até a seção em Porto Velho. O restante (25%) está em território brasileiro.

153. Assim, foram consultadas referências internacionais sobre consumo de água na Bolívia<sup>2</sup> e Peru, uma vez que, em consulta a estes países, verificou-se que não possuíam estudos de usos consuntivos. Com base nessas referências, foram estimados e projetados consumos de água até 2046, conforme Tabela 20. Essas estimativas devem ser analisadas com cautela, tendo em vista a inexistência de estudos mais detalhados sobre o tema.

Tabela 20 – Estimativa de consumo de água na Bolívia e no Peru.

Ano	Bolívia (m <sup>3</sup> /s)	Peru (m <sup>3</sup> /s)	Total (m <sup>3</sup> /s)
1995	13,96	23,45	37,42
2006	19,90	26,30	46,20
2011	23,01	27,66	50,68
2016	25,91	28,97	54,88
2021	29,17	30,33	59,50
2026	32,84	31,76	64,61
2031	36,98	33,26	70,24
2036	41,63	34,83	76,46
2041	46,87	36,47	83,34
2046	52,78	38,19	90,96

154. Adicionalmente, foi realizada uma análise preliminar de sensibilidade do impacto dos usos consuntivos a montante sobre a geração de energia nos aproveitamentos, conforme Tabela 21. Observa-se que o consumo equivalente às estimativas de consumo total de Bolívia e Peru juntos representa apenas menos do que 0,5% da QMLT, com reduzido impacto sobre a geração de energia. Assim, tendo em vista as imprecisões das estimativas e projeções de demanda na bacia contribuinte, recomenda-se que a DRDH reserve, como disponibilidade hídrica para os aproveitamentos hidrelétricos, a série de vazões médias mensais subtraídas de **90 m<sup>3</sup>/s**, que corresponde a 0,48% da QMLT, no período de 1967 a 2005.

Tabela 21 – Análise de sensibilidade.

Consumo de água a montante (Bolívia)				Perda energética (MWmed)			P (MW)
% QMLT	m <sup>3</sup> /s	População	Área irrigada (ha)	Jirau	Sto Antônio	Total	
0,5%	94	40.797.468	314.795	13	12	26	46
1,0%	189	81.594.936	629.591	27	24	51	93
2,0%	378	163.189.872	1.259.181	53	49	102	186
5,0%	944	407.974.680	3.147.953	133	122	255	464

### Captação de Porto Velho

155. A implantação do AHE Santo Antônio poderá causar impactos sobre a captação de água do sistema de abastecimento público da cidade de Porto Velho. Após solicitação da ANA, os estudos complementares avaliaram que:

- Durante a fase de construção, não são previstas alterações de qualidade da água do rio Madeira, podendo a captação ser mantida no local, bem como a estação de tratamento de água;
- Em fases mais adiantadas de construção, se forem detectadas interferências, a captação de água poderá ser relocada;

<sup>2</sup> World Resources Institute. 2005. EarthTrends: The Environmental Information Portal. (<http://earthtrends.wri.org>). Washington DC: World Resources Institute

- c) Durante a fase de operação, a captação deverá ser relocada para montante, passando a captar água do reservatório, e alterações da estação de tratamento de água poderão ser necessárias, em função da qualidade da água.

156. A ANA solicitou manifestação da Companhia de Água e Esgoto de Rondônia – CAERD, concessionária do serviço de abastecimento de água, sobre o assunto. Em resposta, a CAERD informou que encontra-se em andamento estudos de planejamento da expansão dos sistemas de abastecimento de água do Estado, principalmente, do sistema de abastecimento de água de Porto Velho. Nesses estudos, será contemplado o cenário de implantação do AHE Santo Antônio e a eventual necessidade de relocação da captação.

157. Em reunião entre técnicos da ANA e da CAERD, em Porto Velho, foram apresentados resultados preliminares dos estudos de planejamento da expansão do sistema de abastecimento de água de Porto Velho. A Figura 30 e a Tabela 22 ilustram a situação atual do sistema.

158. Na hipótese de implantação do AHE Santo Antônio, é previsto o crescimento da população urbana de Porto Velho de 312.491 habitantes para 600.000 habitantes, até 2020. Para adaptação da captação existente, os estudos de planejamento sugerem:

- a. Elaboração do projeto técnico de ampliação do sistema de abastecimento de água, considerando o aumento populacional previsto pelos atrativos das obras das UHEs;
- b. A concepção do sistema deverá levar em consideração a necessidade de remanejamento da captação do Rio Madeira, devido à proximidade da obra da UHE do Santo Antônio, para operação durante o período de execução da obra;
- c. Posteriormente, a captação deverá ocorrer no lago da UHE, pois haverá ganho de altura geométrica, e a água será de melhor qualidade devido a redução da turbidez (decantação dos sedimentos);
- d. A captação de água em poços profundos deverá ser revista, devido à necessidade de grandes volumes de água, proporcionada pelo aumento populacional;
- e. Remanejamento da captação para as proximidades da estrutura existente no Igarapé Bate Estacas, durante a execução das obras da UHE, com execução de um pequeno trecho de adutora da nova captação do Rio Madeira até a adutora existente;
- f. Construção de elevatória (Booster) na área da captação do Igarapé Bate Estacas com conjuntos de eixo horizontal;
- g. No final da obra da UHE, fazer a captação no lago e interligar na adutora existente para condução da água por gravidade até o Booster construído na área da captação do Bate Estacas;

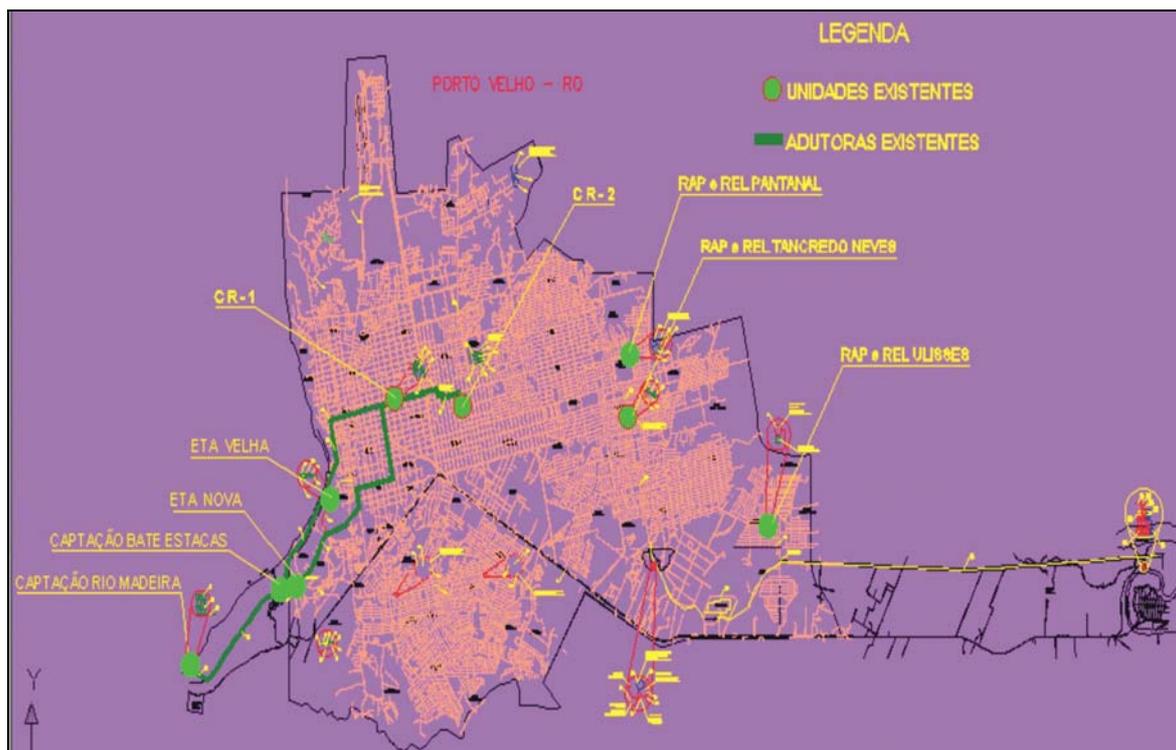


Figura 30 – Sistema de abastecimento de água de Porto Velho.

Tabela 22 – Sistemas de abastecimento de água de Porto Velho com manancial superficial.

Sistema	Captação	ETA	Capacidade	População atendida**
Principal setor 1	Rio Madeira	Nova	600 L/s	192.000
Principal setor 2	Igarapé Bate Estacas	Velha	110 L/s	35.200
<b>Total</b>			<b>710 L/s</b>	<b>227.200</b>

\* Existem, ainda, sistemas independentes abastecidos por 18 poços profundos.

\*\* Estimativa baseada no consumo per capita de 270 L/hab.dia.

159. Tendo em vista que o consumo humano é um uso prioritário, recomenda-se que a DRDH estabeleça como condicionante a compatibilização, por conta do futuro outorgado, da captação de água do sistema de abastecimento de água de Porto Velho com o AHE Santo Antônio, incluindo eventuais relocações, de forma compatível com os estudos de planejamento da expansão do sistema de abastecimento, em andamento. Essa compatibilização não poderá ocasionar a interrupção do abastecimento de água de Porto Velho.

### Navegação

160. Em relação à navegação, o EVI informa que, além da construção dos AHEs Jirau e Santo Antônio, são necessárias várias outras ações para que se viabilize a navegação nos 4.200 km de hidrovias planejadas na bacia do rio Madeira a montante da cidade de Porto Velho, dentre as quais:

- Construção dos AHEs Guajará-Mirim e Cachoeira Esperança;
- No rio Mamoré é necessária a eliminação ou tratamento de 5 corredeiras;

c) No rio Guaporé é necessária a implantação de melhorias, como correções de assoreamentos, remoções de rochas e adequado balizamento.

161. Cabe frisar que, com a execução dos AHEs Jirau e Santo Antônio, só serão viabilizados cerca de 230 km de hidrovia (no rio Madeira, entre Porto Velho e Abunã). Nesse trecho, atualmente, não é verificada navegação comercial expressiva, devido à existência de cachoeiras e obstáculos, mas apenas navegação de ribeirinhos e pescadores, conforme Ofício nº 196/DelPVelho-MB, da Delegacia Fluvial da Marinha, em Porto Velho. Os 4.200 km só serão viabilizados com a execução das demais UHEs previstas na bacia do rio Madeira, acrescidas de outras obras nos rios da bacia.

162. A jusante do AHE Santo Antônio, a partir de Porto Velho, verifica-se expressivo transporte fluvial de cargas, notadamente, de grãos, como mostra a Figura 31. Na fase de operação, como os reservatórios operarão a fio d'água, não são previstas interferências com o transporte aquaviário nesse trecho. Na fase de enchimento dos reservatórios, a restrição de vazão mínima a jusante, de 3.293 m³/s, que corresponde à vazão média mensal com 99,8% de permanência, não deve comprometer a manutenção dos níveis d'água adequados à navegação, pois deve ocorrer durante um período de 7,5 dias, apenas. Entretanto, recomenda-se que conste da DRDH que o enchimento dos reservatórios deverá respeitar os níveis d'água necessários à navegação ininterrupta a jusante do AHE Santo Antônio.

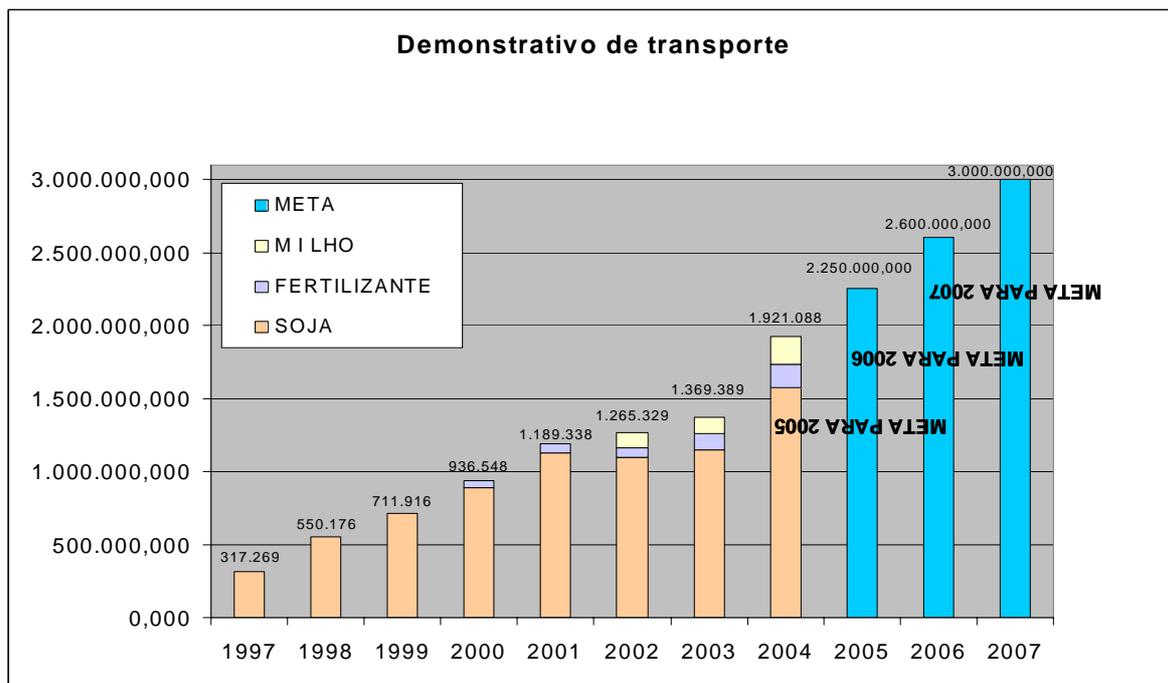


Figura 31 – Evolução do transporte de cargas no porto de Porto Velho (t/ano).

163. O EVI previu a implantação de eclusas e canais de navegação acoplados aos empreendimentos, que poderão ser construídos a qualquer tempo. No dimensionamento da embarcação de projeto, que balizará o projeto da eclusa, o EVI adotou as dimensões das embarcações que circulam atualmente no estirão do rio Madeira a jusante de Porto Velho, resultando em comboios de 210 m de comprimento por 32,1m de largura e calado de 1,5m (estiagem) a 4m (fora da estiagem).

164. Na concepção de eclusas apresentado do EVI, as perdas de vazão decorrentes da operação das duas eclusas são as constantes da Tabela 23. Essas vazões deverão ser subtraídas da disponibilidade hídrica para geração de energia, quando da implantação das eclusas.

Tabela 23 – Vazões para operação de cada uma das eclusas dos AHEs Jirau e Santo Antônio (m<sup>3</sup>/s).

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
-15	-24	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-24	-15	-15	-15	-27

165. A ANEEL também apresentou considerações sobre a navegação no documento encaminhado à ANA por meio do Ofício nº 462/2006-SGH/ANEEL. Este documento, dentre outros itens, apresenta o estudo de remanso devido aos reservatórios, considerando os efeitos do assoreamento.

166. Os resultados deste estudo apontaram a tendência de assoreamento de parte dos reservatórios, no horizonte de 35 anos. Segundo o estudo, as condições de navegação no reservatório do AHE Santo Antônio permaneceriam inalteradas, uma vez que não foram identificadas tendências significativas de assoreamento.

167. Já para o AHE Jirau, foi verificada uma forte tendência de assoreamento no trecho entre Cachoeira do Paredão e Abunã Vila. O estudo informa que, apesar das condições para navegação ficarem mais degradadas em relação à condição inicial no reservatório de Jirau, não ocorrerão restrições de calado para navegação, mesmo durante a estiagem. Segundo o estudo, a seção que possuirá o maior assoreamento no lago de Jirau (seção S38.5), terá no mês de setembro (estiagem) uma lâmina d'água de 6,6m, superior ao calado mínimo de 4m.

168. Por meio do Ofício nº 006/2006/AP-ANA, a ANA solicitou, ao Ministério dos Transportes, manifestação sobre o transporte aquaviário no trecho em estudo e sobre as eclusas previstas.

169. Em resposta, o Ministério dos Transportes encaminhou ofício n.º 469/SE/MT de 02 de junho de 2006, assinado pelo Sr. Miguel Mário Bianco Masella, o qual opina que os anteprojetos apresentados para as obras de transposição hidroviárias das barragens não permitem a implantação posterior das eclusas, principalmente no caso de Santo Antônio. Informa, ainda, que não se vislumbram outros arranjos que permitam a implantação das eclusas posteriormente à implantação da Barragem e vai além, quando diz que a não construção das eclusas concomitantemente com os empreendimentos hidrelétricos significará a impossibilidade da continuidade da navegação e perda de todos os benefícios que dela adviriam para a região e a população local.

170. Junto ao ofício, foi encaminhada Nota Técnica n.º 004/2006 de 24 de maio de 2006, elaborada pelo Departamento do Fundo Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DFNIT, que discute temas gerais relativos ao setor da navegação, tecendo comentários sobre a declaração de reserva de disponibilidade hídrica e a legislação sobre recursos hídricos, discorrendo sobre alguns anseios do setor, principalmente, quanto ao planejamento integrado, bem como pontos específicos que considera essenciais de serem discutidos na execução nos projetos das eclusas.

171. Inicialmente, a NT considera que a Reserva de Disponibilidade Hídrica não beneficia diretamente o setor Navegação, mas indiretamente no sentido que lhe proporciona uma oportunidade de opinião.

172. Na NT do DFNIT, além das considerações sobre a necessidade de planejamento integrado dos recursos hídricos, que não se deve constituir em fato a dissociação entre o planejamento hidroelétrico e o planejamento hidroviário, merecem destaque, para fins desta Nota Técnica, os aspectos técnicos referentes ao dimensionamento e operação das eclusas.

173. Em decorrência da característica do rio Madeira, com expressiva descarga de sólidos em suspensão, a NT do DFNIT sugere que os anteprojetos de eclusas sejam revistos, com a preocupação de se ter a deposição de sedimentos mitigadas e sob controle, nos seus aquedutos de enchimento e esvaziamento, na câmara e seu sistema de difusão de fluxo, com destaque para a deposição nos canais de acesso de jusante e de montante.

174. Sugere, ainda, que se estude o problema da sedimentação, não em modelos físicos, que, conforme a nota, não se prestam para ensaios com material coesivo, analisando as seguintes possibilidades destacadas na NT:

- construção de duas ou mais eclusas em cada barragem, com canais intermediários e com sistemas de enchimento e esvaziamento de baixa queda e autolavantes;
- tratamento da água a ser utilizada nas eclusas;
- construção de tanques de reaproveitamento d'água para enchimento das câmaras;
- equacionamento da remoção das deposições argilosas e siltosas dos canais de acesso às eclusas, quer por dragagem, quer por emulsificação e lavagem, quer seja por outro método.

175. Quanto às dimensões das eclusas, a NT do DFNIT informa que o dimensionamento das eclusas deveria contemplar o comboio da Hermosa Navegação da Amazônia S.A, cujas dimensões planimétricas, considerando calado de 4m, são apresentadas no Tabela 24, denotando a necessidade de alterações dos projetos das eclusas.

Tabela 24 – Dimensões das embarcações usadas no dimensionamento das eclusas e propostas pelo DFNIT.

Característica	Estudos de Viabilidade (Fonte: PJ-0519-V1-00-RL-0001-00)			DFNIT
	Chata	Empurrador	Comboio integrado (3x3)	Comboio Hermosa
Boca	10,5 m	10,0 m	32,1 m	44,0 m
Comprimento	60,0 m	30,0 m	210,0 m	280,0 m
Calado máximo	4,0 m	3,0 m	3,0 m	4,0 m
Calado mínimo	1,5 m	-	1,5 m	-
Capacidade	2.000 t	-	10.000 t	-

***Dimensões da eclusa:***

Comprimento útil de câmara da eclusa	230,00m
Largura mínima de câmara:	34,00m
Comprimento do muro guia:	200,00m
Profundidade mínima da câmara:	5,00 (1+4)

176. Tendo em vista as pertinentes colocações do Ministério dos Transportes, a cerca dos aspectos técnicos das eclusas, a ANA solicitou à ANEEL, por meio do ofício n.º115/2005/SOC-ANA, que providenciasse adequação aos estudos e anteprojetos de eclusas aos critérios construtivos, dimensões e gabarito de navegação propostos pelo Ministério dos Transportes ou justificativa técnica quanto à adequação dos estudos já apresentados às recomendações do Ministério dos Transportes.

177. Em resposta, a ANEEL encaminhou o Ofício 847/2006-SGH/ANEEL, acompanhado de Nota Técnica da empresa projetista, argumentando que foram tomadas medidas preventivas nos projetos dos canais de jusante das eclusas, considerando a passagem de sedimentos pelas tomadas d'água. No caso dos canais de montante, as mesmas foram posicionadas em cotas superiores às alcançadas pelos sedimentos após 100 anos de operação.

178. A Nota Técnica da projetista esclarece que as considerações apresentadas sobre as dimensões das eclusas e canais de aproximação serão atendidas na etapa do Projeto Básico, quando serão definidas as dimensões finais das estruturas e as geometrias definitivas das aproximações aos canais.

179. Com fulcro nos elementos ora destacados e no conteúdo do Ofício exarado pelo Secretário-Executivo do Ministério dos Transportes, citado anteriormente, o qual afirma que não se vislumbram outros arranjos que permitam a implantação das eclusas posteriormente à implantação da Barragem, dizendo ainda que a não construção das eclusas concomitantemente com os empreendimentos hidrelétricos significará a impossibilidade da continuidade da navegação e perda de todos os benefícios que dela adviriam para a região e a população local, esclarece-se que exigir a construção conjunta das barragens e eclusas configura algo que exorbita as competências da ANA. A ela cabe observar em seus atos a busca pela utilização múltipla dos recursos hídricos, incluindo-se nesse caso, de maneira específica, a perenidade da navegação na região, bem como, por via oblíqua, seus efeitos positivos para a sociedade.

180. No arranjo atual, não há instrumentos que possibilitem garantir ou obrigar a construção conjunta barragens e eclusas, dados os regimes orçamentários diferenciados a que estão sujeitos tanto o setor elétrico, quanto o de transportes, este dependente do orçamento fiscal, sujeito a contingenciamentos, e aquele do orçamento de investimento das estatais, quando não sendo privado, cujas fontes de recursos não trafega pelo orçamento público.

181. Entende-se que embora os aproveitamentos hidrelétricos e as eclusas sejam organicamente autônomos, consubstanciam-se em elemento contíguo. Nesse caso, o que pode ser exigido é que se tente exaurir as discussões técnicas sobre os empreendimentos. Destarte, é idôneo incentivar os responsáveis pelos projetos, nas próximas fases, a atuarem em conjunto com os técnicos do Ministério dos Transportes e Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT), na definição dos projetos finais das eclusas.

182. Nesse diapasão, de modo a atender ao disposto no Art. 48 do Código de Águas, que trata do ato de concessão (analogicamente outorga), bem como às exigências acauteladoras dos interesses da navegação – Art. 143 –, seria oportuno exigir, cauterlamente, na impossibilidade de construção concomitante, que sejam adotadas medidas garantidoras para a posterior construção das eclusas, tais como a construção das cabeças de montante das eclusas em conjunto com os aproveitamentos. A apresentação dessas medidas também deve se configurar como condição para aprovação da outorga dos aproveitamentos.

183. Assim, face às alterações de dimensionamento solicitadas pelo Ministério dos Transportes, por meio do Ofício nº 469/SE/MT, sugere-se que a conversão da DRDH dos aproveitamentos em outorga esteja condicionada à adequação, no Projeto Básico, do dimensionamento das eclusas às recomendações do Ministério dos Transportes.

184. Nesse sentido, como condição para conversão da DRDH em outorga, recomenda-se que sejam elaborados o dimensionamento das eclusas e os projetos básicos das estruturas necessárias à construção das eclusas a qualquer tempo, em articulação com o Ministério dos Transportes e com o DNIT. Como comprovação do atendimento às recomendações do setor aquaviário, sugere-se que seja exigida manifestação do Ministério dos Transportes, aprovando o dimensionamento e os projetos básicos citados, para conversão da DRDH em outorga.

## **CONCLUSÃO**

185. Tendo em vista as análises realizadas, recomenda-se a emissão da DRDH, à ANEEL, referente aos aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, reservando as vazões naturais afluentes constantes das tabelas em anexo, subtraídas da vazão de 90 m<sup>3</sup>/s, destinada a usos consuntivos a montante, nas condições especificadas a seguir:

**AHE Santo Antônio**

I - coordenadas geográficas do eixo do barramento: 8° 48' 4'' de latitude sul e 63° 57' 8'' de longitude oeste;

II - nível d'água máximo normal a montante: 70,0 m;

III - nível d'água máximo maximorum a montante: 72,0 m;

IV - nível d'água mínimo normal a montante: 70,0 m;

V - área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 271,3 km<sup>2</sup>;

VI - volume do reservatório no nível d'água máximo normal: 2.075,1 hm<sup>3</sup>;

VII - cota da crista da barragem: 75,5 m;

VIII - altura máxima da barragem: 55,0 m;

IX - vazão máxima turbinada: 24.684,0 m<sup>3</sup>/s;

X - vazão mínima para dimensionamento do vertedor: 83.952,0 m<sup>3</sup>/s;

XI - o arranjo das estruturas previstas, tomada d'água, barragem e vertedor, deve buscar favorecer a passagem de sedimentos, conforme os resultados dos novos estudos dos previstos.

XII - o arranjo das estruturas previstas deve prever as estruturas necessárias à construção, a qualquer tempo, da eclusa e canais de navegação, considerando as vazões necessárias à sua operação, cujo projeto deve ser desenvolvido em articulação com o Ministério dos Transportes e com o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT;

XIII – o abastecimento de água da cidade de Porto Velho não poderá ser interrompido em decorrência da implantação do empreendimento, em suas fases de construção e operação;

XIV - As áreas urbanas e localidades deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 50 anos, cuja linha de inundação será definida a partir dos novos estudos previstos;

XV – A infra-estrutura viária, composta por rodovias, ferrovias e pontes, deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 100 anos, cuja linha de inundação será definida a partir dos novos estudos previstos.

Condições gerais de operação

I – o enchimento do reservatório deverá ocorrer de forma gradual, de modo a manter os parâmetros de qualidade da água em níveis adequados aos demais usos da água instalados no reservatório e a jusante, respeitando-se a vazão mínima remanescente de 3.293,0 m<sup>3</sup>/s;

II – operação a fio d'água, com vazões defluentes iguais às vazões afluentes;

III – a tomada d'água e o vertedor deverão ser operados de modo a buscar reduzir o acúmulo de sedimentos no reservatório e a promover a descarga controlada de sedimentos acumulados no reservatório.

IV – o reservatório poderá ser operado de modo a garantir condições adequadas de qualidade da água e níveis d'água necessários ao transporte aquaviário no reservatório e no trecho do rio Madeira a jusante da barragem.

#### Novos Estudos e Documentos

I – Projeto básico do aproveitamento hidrelétrico;

II – Projeto básico das estruturas necessárias à construção, a qualquer tempo, da eclusa e canais de navegação, conforme dimensionamento definido em articulação com o Ministério dos Transportes e com o DNIT;

III – Projeto básico da adaptação da captação de água do sistema de abastecimento de água de Porto Velho, desenvolvido em articulação com a concessionária do serviço de saneamento e em conformidade com o planejamento setorial existente;

IV – Complementação do levantamento aerofotogramétrico existente até a cota 100 m, nas áreas de influência do reservatório;

V – Complementação do levantamento topobatimétrico de seções transversais e detalhamento dos controles hidráulicos existentes ao longo do reservatório e a jusante da barragem, até Humaitá;

VI – Revisão da série de vazões naturais, considerando os novos dados de monitoramento hidrológicos existentes;

VII – Revisão da modelagem hidrosedimentológica, utilizando modelos matemáticos e físicos, de modo a aperfeiçoar as estimativas de distribuição espacial de sedimentos no reservatório;

VIII – Estudos sedimentológicos no trecho a jusante da barragem, até Humaitá, utilizando modelos matemáticos e físicos, de modo a avaliar os efeitos dos processos de assoreamento e erosão e impactos sobre usos de recursos hídricos;

IX – Avaliação da operação das estruturas hidráulicas, tomada d'água e vertedor, a partir do estudo do comportamento do escoamento e do transporte de sedimentos na área do reservatório próxima da barragem, utilizando modelos matemáticos e físicos;

X – Revisão dos estudos de assoreamento e vida útil do reservatório, considerando os resultados nos novos levantamentos e estudos sedimentológicos;

XI – Revisão dos estudos de remanso, considerando o efeito da distribuição espacial do sedimentos, obtida nos novos estudos sedimentológicos, e a operação prevista do reservatório;

XII – Avaliação do comportamento da qualidade da água nos braços do reservatório;

XIII – Plano de Usos do Reservatório, contendo medidas de proteção das margens, plano de relocação e compatibilização de usos da água existentes, a montante e a jusante, e plano de usos futuros do reservatório, contemplando captações de água para abastecimento e irrigação e para lazer, dentre outros usos da água planejados;

XIV – Plano de Monitoramento;

XV – Plano de Proteção contra Cheias, contemplando medidas estruturais e não estruturais para proteção de localidades contra cheias com tempo de retorno de 50 anos e para proteção da infra-estrutura viária contra cheias com tempo de retorno de 100 anos;

XVI – Plano de Operação do Reservatório, contemplando o enchimento do reservatório, proteção contra cheias, sistema de previsão de vazões e alerta de inundações, operação da tomada d'água e vertedor para descarga controlada de sedimentos;

XVII – Plano de Contingência e Emergência;

XVIII – Manifestação Setorial do Ministério dos Transportes aprovando o projeto básico das estruturas necessárias à construção da eclusa e canais de navegação.

### **AHE Jirau**

I - coordenadas geográficas do eixo do barramento: 9° 19' 52" de latitude sul e 64° 44' 4" de longitude oeste;

II - nível d'água máximo normal a montante: 90,0 m;

III - nível d'água máximo maximorum a montante: 92,0 m;

IV - nível d'água mínimo normal a montante: 82,5 m;

V - área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 258,0 km<sup>2</sup>;

VI - volume do reservatório no nível d'água máximo normal: 1.685,6 hm<sup>3</sup>;

VII - cota da crista da barragem: 95,5 m;

VIII - altura máxima da barragem: 35,5 m;

IX - vazão máxima turbinada: 23.848,0 m<sup>3</sup>/s;

X - vazão mínima para dimensionamento do vertedor: 82.587,0 m<sup>3</sup>/s;

XI - o arranjo das estruturas previstas, tomada d'água, barragem e vertedor, deve buscar favorecer a passagem de sedimentos, conforme os resultados dos novos estudos previstos.

XII - o arranjo das estruturas previstas deve prever as estruturas necessárias à construção, a qualquer tempo, da eclusa e canais de navegação, considerando as vazões necessárias à sua operação, cujo projeto deve ser desenvolvido em articulação com o Ministério dos Transportes e com o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT;

XIII - As áreas urbanas e localidades deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 50 anos, cuja linha de inundação será definida a partir dos novos estudos previstos;

XIV – A infra-estrutura viária, composta por rodovias, ferrovias e pontes, deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 100 anos, cuja linha de inundação será definida a partir dos novos estudos previstos;

#### Condições Gerais de Operação

I – o enchimento do reservatório deverá ocorrer de forma gradual, de modo a manter os parâmetros de qualidade da água em níveis adequados aos demais usos da água instalados no reservatório e a jusante, respeitando-se a vazão mínima remanescente de 3.240,0 m<sup>3</sup>/s;

II – operação a fio d'água, com vazões defluentes iguais às vazões afluentes;

III – a tomada d'água e o vertedor deverão ser operados de modo a buscar reduzir o acúmulo de sedimentos no reservatório e a promover a descarga controlada de sedimentos acumulados no reservatório.

IV – o reservatório poderá ser operado de modo a garantir condições adequadas de qualidade da água e níveis d'água necessários ao transporte aquaviário no reservatório e no trecho do rio Madeira a jusante da barragem.

V – o nível d'água normal do reservatório deverá variar acompanhando as condições naturais do rio Madeira, seguindo a curva-guia abaixo e respeitando os níveis d'água necessários à garantia do transporte de balsas em Abunã e à manutenção dos usos múltiplos da água.

Vazão afluyente (m <sup>3</sup> /s)	Nível d'água do reservatório (m)	Nível d'água no posto Abunã Vila (m)
<= 5.600	82,5	83,7
6.800	83,0	84,5
10.600	85,0	86,8
10.400	85,0	86,8
15.900	87,0	89,5
16.600	87,5	89,9
22.700	89,5	92,1
>= 23.900	90,0	92,5

#### Novos Estudos e Documentos

I – Projeto básico do aproveitamento hidrelétrico;

II – Projeto básico das estruturas necessárias à construção, a qualquer tempo, da eclusa e canais de navegação, conforme dimensionamento definido em articulação com o Ministério dos Transportes e com o DNIT;

III – Complementação do levantamento aerofotogramétrico existente até a cota 120 m, nas áreas de influência do reservatório;

IV – Complementação do levantamento topobatimétrico de seções transversais e detalhamento dos controles hidráulicos existentes ao longo do reservatório;

V – Revisão da modelagem hidrosedimentológica, utilizando modelos matemáticos e físicos, de modo a aperfeiçoar as estimativas de distribuição espacial de sedimentos no reservatório;

VI – Revisão da série de vazões naturais, considerando os novos dados de monitoramento hidrológicos existentes;

VII – Avaliação da operação das estruturas hidráulicas, tomada d'água e vertedor, a partir do estudo do comportamento do escoamento e do transporte de sedimentos na área do reservatório próxima da barragem, utilizando modelos matemáticos e físicos;

VIII – Revisão dos estudos de assoreamento e vida útil do reservatório, considerando os resultados nos novos levantamentos e estudos sedimentológicos;

IX – Revisão dos estudos de remanso, considerando o efeito da distribuição espacial do sedimentos, obtida nos novos estudos sedimentológicos, e a operação prevista do reservatório;

X – Avaliação do comportamento da qualidade da água nos braços do reservatório;

XI – Plano de Usos do Reservatório, contendo medidas de proteção das margens, plano de relocação e compatibilização de usos da água existentes, a montante e a jusante, e plano de usos futuros do reservatório, contemplando captações de água para abastecimento e irrigação e para lazer, dentre outros usos da água planejados;

XII – Plano de Monitoramento;

XIII – Plano de Proteção contra Cheias, contemplando medidas estruturais e não estruturais para proteção de localidades contra cheias com tempo de retorno de 50 anos e para proteção da infra-estrutura viária contra cheias com tempo de retorno de 100 anos;

XIV – Plano de Operação do Reservatório, contemplando o enchimento do reservatório, proteção contra cheias, sistema de previsão de vazões e alerta de inundações, operação da tomada d'água e vertedor para descarga controlada de sedimentos;

XV – Plano de Contingência e Emergência;

XVI – Manifestação Setorial do Ministério dos Transportes aprovando o projeto básico das estruturas necessárias à construção da eclusa e canais de navegação.

ANDRÉ PANTE  
Especialista em Recursos Hídricos  
Hidrologia

RUBENS MACIEL  
Especialista em Recursos Hídricos  
Hidráulica

GUSTAVO SENA  
Especialista em Recursos Hídricos  
Navegação

WALSZON TERLIZZIE  
Especialista em Recursos Hídricos  
Sedimentos

ALAN VAZ LOPES  
Especialista em Recursos Hídricos  
Gerente de Regulação

De acordo,

FRANCISCO LOPES VIANA  
Superintendente de Outorga e Fiscalização

### **ANEXO I – Série de Vazões Naturais Afluentes ao AHE Santo Antônio<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> Série de vazões não corrigida quanto aos efeitos de usos consuntivos a montante no período de 1967 a 2005 e obtida pelo Estudo de Viabilidade.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1967					16.91 7	12.06 3	6.807	5.170	3.812	4.053	7.722	9.950
1968	13.61 8	24.26 8	32.74 7	25.80 4	13.77 2	7.075	4.862	3.732	4.956	4.915	7.334	11.85 8
1969	22.61 4	25.54 3	25.57 5	24.61 8	15.54 5	12.16 7	7.777	4.959	4.391	11.18 2	6.589	13.65 6
1970	16.70 5	22.44 2	28.25 3	28.23 2	23.70 9	17.28 4	9.828	5.541	4.882	4.872	6.208	9.675
1971	18.87 1	29.21 0	32.73 6	26.63 0	17.46 4	10.27 9	7.835	4.773	4.320	6.564	9.128	14.90 6
1972	19.91 6	27.40 5	34.48 9	34.28 8	23.01 9	16.53 3	8.960	7.669	9.899	10.47 6	9.738	19.78 4
1973	24.33 5	33.28 3	37.67 6	36.42 0	27.73 1	20.73 9	13.20 9	8.906	6.769	6.884	12.78 9	20.56 4
1974	29.35 4	34.83 9	41.03 9	35.25 4	28.25 4	19.15 5	11.96 7	7.611	5.419	6.018	10.66 0	13.56 1
1975	21.54 6	30.76 9	36.36 5	33.84 2	24.67 4	16.93 1	13.00 1	6.871	4.957	7.701	8.550	17.85 7
1976	26.75 0	35.18 3	38.40 9	34.99 1	26.62 6	18.03 2	9.556	5.360	4.566	4.869	8.239	12.72 7
1977	24.87 0	28.92 1	39.32 2	35.44 2	28.62 6	19.23 7	12.20 0	7.610	5.889	7.563	12.92 3	19.45 6
1978	26.79 4	32.78 0	39.44 5	33.62 3	25.09 8	17.86 9	12.71 5	6.016	3.803	4.621	8.243	20.44 2
1979	29.83 1	35.46 7	37.49 0	40.59 5	33.38 8	21.55 0	11.81 4	6.475	5.221	5.338	6.908	11.12 5
1980	20.41 7	26.16 2	34.12 8	34.98 0	27.88 7	22.77 1	13.62 2	8.247	7.301	8.296	9.177	12.44 4
1981	18.19 1	28.53 4	35.59 7	35.56 7	28.96 9	23.73 7	12.14 6	6.189	4.668	7.134	12.80 2	19.82 8
1982	30.01 0	36.72 3	42.17 8	45.63 9	38.17 1	27.38 4	19.58 3	10.93 2	6.853	12.28 5	18.41 6	22.79 1
1983	25.49 4	30.74 6	34.78 1	31.01 8	30.27 7	24.37 5	21.14 4	13.12 6	6.785	5.723	8.655	13.26 5
1984	25.19 0	33.86 4	41.14 0	47.06 9	39.47 6	26.74 9	16.48 2	8.188	5.458	5.726	15.25 9	21.25 9
1985	29.21 4	34.03 1	34.81 3	35.45 0	33.43 6	23.69 8	14.73 1	10.58 8	7.505	8.812	12.54 2	16.50 6
1986	25.47 6	35.32 8	41.89 9	43.98 5	34.43 0	26.64 6	17.49 1	11.23 9	9.274	10.32 6	8.979	17.69 2
1987	26.38 3	31.49 1	28.33 1	24.07 9	22.42 0	14.25 7	8.519	5.892	4.234	5.282	10.81 0	21.03 6
1988	25.98 7	32.42 0	35.03 7	40.14 8	31.32 8	22.06 5	13.18 1	6.305	3.893	4.231	5.810	10.08 5
1989	21.78 6	28.76 9	32.21 0	31.32 7	24.30 7	15.61 2	10.72 5	6.187	5.876	5.181	6.529	10.34 2
1990	21.24 4	28.16 6	29.04 3	24.79 7	22.61 0	18.89 9	12.83 3	6.746	5.437	6.751	15.12 9	19.67 2
1991	27.42 2	34.16 2	36.13 0	34.19 6	26.02 6	19.88 6	12.26 6	8.018	6.097	7.188	10.99 1	16.14 1
1992	25.32 4	26.89 9	38.04 8	36.54 3	32.34 9	24.57 7	20.31 0	10.41 3	12.60 8	15.45 5	16.75 4	22.88 9
1993	30.74 5	39.24 4	42.72 7	43.57 3	32.88 3	20.31 9	11.31 8	7.712	7.082	6.923	12.55 7	19.38 5
1994	25.17 9	32.61 4	33.77 0	33.93 6	25.83 0	15.24 0	8.992	6.024	3.651	5.518	13.60 1	21.20 4
1995	25.92 6	28.94 7	36.41 5	34.85 5	24.53 0	15.01 8	8.902	7.101	3.762	3.779	5.464	13.79 3

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>1996</b>	19.10 1	28.42 2	29.75 2	31.57 1	20.84 9	14.24 5	8.656	4.685	4.720	6.161	13.94 0	17.29 0
<b>1997</b>	24.79 8	32.58 9	43.16 9	44.20 7	33.88 3	23.30 6	14.16 7	8.087	4.999	6.814	9.755	17.17 8
<b>1998</b>	21.73 6	24.24 1	33.44 0	34.18 8	21.64 7	12.23 0	7.308	4.693	4.400	6.126	13.94 2	21.22 1
<b>1999</b>	26.60 6	33.93 3	34.29 9	33.17 4	22.66 7	14.51 1	10.34 9	5.329	3.738	4.275	5.906	13.68 4
<b>2000</b>	19.44 4	25.65 0	31.00 4	27.55 2	19.10 9	13.90 0	8.857	5.639	6.341	4.559	9.794	15.83 9
<b>2001</b>	24.02 9	32.82 9	40.93 5	35.49 0	25.62 6	18.13 9	10.60 5	6.609	4.469	5.527	11.49 3	16.97 8
<b>2002</b>	23.06 7	27.90 4	35.72 4	29.90 5	23.00 5	16.99 8	9.211	5.722	4.707	5.877	8.684	15.23 5
<b>2003</b>	21.89 7	29.12 4	32.67 7	32.93 7	21.95 0	15.32 9	8.253	5.095	3.926	6.010	7.490	13.49 9
<b>2004</b>	26.94 8	29.71 7	26.88 4	26.38 0	20.74 9	13.32 8	8.881	6.287	4.248	4.649	8.902	15.22 1
<b>2005</b>	21.62 7	24.49 3	29.09 7	25.73 1	16.12 6	12.56 3	6.924	3.552	2.626	4.063	8.735	15.26 3

#### ANEXO II – Série de Vazões Naturais Afluentes ao AHE Jirau<sup>4</sup>

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>1967</b>					16.63 8	11.86 4	6.695	5.085	3.749	3.986	7.595	9.786
<b>1968</b>	13.39 3	23.86 8	32.20 7	25.37 8	13.54 5	6.958	4.782	3.670	4.874	4.834	7.213	11.66 2
<b>1969</b>	22.24 1	25.12 2	25.15 3	24.21 2	15.28 9	11.96 6	7.649	4.877	4.319	10.99 7	6.480	13.43 1
<b>1970</b>	16.42 9	22.07 2	27.78 7	27.76 6	23.31 8	16.99 9	9.666	5.450	4.801	4.792	6.106	9.515
<b>1971</b>	18.56 0	28.72 8	32.19 6	26.19 1	17.17 6	10.10 9	7.706	4.694	4.249	6.456	8.977	14.66 0
<b>1972</b>	19.58 7	26.95 3	33.92 0	33.72 2	22.63 9	16.26 0	8.812	7.542	9.736	10.30 3	9.577	19.45 8
<b>1973</b>	23.93 3	32.73 4	37.05 4	35.81 9	27.27 3	20.39 7	12.99 1	8.759	6.657	6.770	12.57 8	20.22 5
<b>1974</b>	28.87 0	34.26 4	40.36 2	34.67 2	27.78 8	18.83 9	11.77 0	7.485	5.330	5.919	10.48 4	13.33 7
<b>1975</b>	21.19 0	30.26 1	35.76 5	33.28 4	24.26 7	16.65 2	12.78 6	6.758	4.875	7.574	8.409	17.56 2
<b>1976</b>	26.30 9	34.60 2	37.77 5	34.41 4	26.18 7	17.73 4	9.398	5.272	4.491	4.789	8.103	12.51 7
<b>1977</b>	24.46 0	28.44 4	38.67 3	34.85 7	28.15 4	18.92 0	11.99 9	7.484	5.792	7.438	12.71 0	19.13 5
<b>1978</b>	26.35	32.23	38.79	33.06	24.68	17.57	12.50	5.917	3.740	4.545	8.107	20.10

<sup>4</sup> Série de vazões não corrigida quanto aos efeitos de usos consuntivos a montante no período de 1967 a 2005 e obtida pelo Estudo de Viabilidade.

	2	9	4	8	4	4	5					5
<b>1979</b>	29.33 9	34.88 2	36.87 1	39.92 5	32.83 7	21.19 4	11.61 9	6.368	5.135	5.250	6.794	10.94 1
<b>1980</b>	20.08 0	25.73 0	33.56 5	34.40 3	27.42 7	22.39 5	13.39 7	8.111	7.181	8.159	9.026	12.23 9
<b>1981</b>	17.89 1	28.06 3	35.01 0	34.98 0	28.49 1	23.34 5	11.94 6	6.087	4.591	7.016	12.59 1	19.50 1
<b>1982</b>	29.51 5	36.11 7	41.48 2	44.88 6	37.54 1	26.93 2	19.26 0	10.75 2	6.740	12.08 2	18.11 2	22.41 5
<b>1983</b>	25.07 3	30.23 9	34.20 7	30.50 6	29.77 7	23.97 3	20.79 5	12.90 9	6.673	5.629	8.512	13.04 6
<b>1984</b>	24.77 4	33.30 5	40.46 1	46.29 2	38.82 5	26.30 8	16.21 0	8.053	5.368	5.632	15.00 7	20.90 8
<b>1985</b>	28.73 2	33.46 9	34.23 9	34.86 5	32.88 4	23.30 7	14.48 8	10.41 3	7.381	8.667	12.33 5	16.23 4
<b>1986</b>	25.05 6	34.74 5	41.20 8	43.25 9	33.86 2	26.20 6	17.20 2	11.05 4	9.121	10.15 6	8.831	17.40 0
<b>1987</b>	25.94 8	30.97 1	27.86 4	23.68 2	22.05 0	14.02 2	8.378	5.795	4.164	5.195	10.63 2	20.68 9
<b>1988</b>	25.55 8	31.88 5	34.45 9	39.48 6	30.81 1	21.70 1	12.96 4	6.201	3.829	4.161	5.714	9.919
<b>1989</b>	21.42 7	28.29 4	31.67 9	30.81 0	23.90 6	15.35 4	10.54 8	6.085	5.779	5.096	6.421	10.17 1
<b>1990</b>	20.89 3	27.70 1	28.56 4	24.38 8	22.23 7	18.58 7	12.62 1	6.635	5.347	6.640	14.87 9	19.34 7
<b>1991</b>	26.97 0	33.59 8	35.53 4	33.63 2	25.59 7	19.55 8	12.06 4	7.886	5.996	7.069	10.81 0	15.87 5
<b>1992</b>	24.90 6	26.45 5	37.42 0	35.94 0	31.81 5	24.17 1	19.97 5	10.24 1	12.40 0	15.20 0	16.47 8	22.51 1
<b>1993</b>	30.23 8	38.59 6	42.02 2	42.85 4	32.34 0	19.98 4	11.13 1	7.585	6.965	6.809	12.35 0	19.06 5
<b>1994</b>	24.76 4	32.07 6	33.21 3	33.37 6	25.40 4	14.98 9	8.844	5.925	3.591	5.427	13.37 7	20.85 4
<b>1995</b>	25.49 8	28.46 9	35.81 4	34.28 0	24.12 5	14.77 0	8.755	6.984	3.700	3.717	5.374	13.56 5
<b>1996</b>	18.78 6	27.95 3	29.26 1	31.05 0	20.50 5	14.01 0	8.513	4.608	4.642	6.059	13.71 0	17.00 5
<b>1997</b>	24.38 9	32.05 1	42.45 7	43.47 8	33.32 4	22.92 1	13.93 3	7.954	4.917	6.702	9.594	16.89 5
<b>1998</b>	21.37 7	23.84 1	32.88 8	33.62 4	21.29 0	12.02 8	7.187	4.616	4.327	6.025	13.71 2	20.87 1
<b>1999</b>	26.16 7	33.37 3	33.73 3	32.62 7	22.29 3	14.27 2	10.17 8	5.241	3.676	4.204	5.809	13.45 8
<b>2000</b>	19.12 3	25.22 7	30.49 2	27.09 7	18.79 4	13.67 1	8.711	5.546	6.236	4.484	9.632	15.57 8
<b>2001</b>	23.63 2	32.28 8	40.26 0	34.90 4	25.20 3	17.84 0	10.43 0	6.500	4.395	5.436	11.30 3	16.69 7
<b>2002</b>	22.68 6	27.44 4	35.13 5	29.41 2	22.62 5	16.71 8	9.059	5.628	4.630	5.780	8.541	14.98 4
<b>2003</b>	21.53 6	28.64 3	32.13 8	32.39 4	21.58 8	15.07 6	8.117	5.011	3.861	5.911	7.366	13.27 7
<b>2004</b>	26.50 3	29.22 7	26.44 0	25.94 4	20.40 7	13.10 8	8.735	6.183	4.178	4.572	8.755	14.97 0
<b>2005</b>	21.27 0	24.08 9	28.61 7	25.30 7	15.86 0	12.35 6	6.809	3.494	2.583	3.996	8.591	15.01 1