



Nota Técnica n.º 129/2009/GEREG/SOF-ANA

Documento: 00000.018128/2009

Em 30 de setembro de 2009.

Ao Senhor Superintendente de Outorga e Fiscalização

Assunto: **Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica para o aproveitamento hidrelétrico Belo Monte**

Ref.: Processo nº **02501.000876/2008-04**

INTRODUÇÃO

1. Esta Nota Técnica trata das análises técnicas empreendidas pela ANA sobre a Declaração de Reserva de disponibilidade hídrica relativa ao aproveitamento hidrelétrico Belo Monte, a ser implantado no rio Xingu, na bacia hidrográfica do rio Amazonas, formulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

2. A Figura 1 ilustra a localização do aproveitamento. As suas principais características, conforme os estudos de viabilidade – EVI e Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH, apresentados pela ANEEL, são apresentadas na Tabela 1, segundo a ficha técnica do aproveitamento:

**TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO BELO MONTE
(FONTE: EVI)**

Área de drenagem do eixo de barramento (km ²)	447.719
Potência instalada (MW)	11.000 + 233
Energia firme local (MWmed)	4.318,5 + 148,3
Fator de capacidade da usina	0,40
Nível d'água máximo normal a montante (m)	97,0
Nível d'água mínimo normal a montante (m)	97,0
Nível d'água máximo maximorum a montante (m)	97,5
Deplecionamento previsto (m)	0
Área inundada do reservatório no NA máximo normal (km ²)	386 (Xingu) + 130 (canais)
Potência instalada / área inundada (MW/km ²)	21,8
Área inundada / área da bacia a montante (%)	0,12
Famílias atingidas	5.073
Volume do reservatório no NA máximo normal (hm ³)	2.510 (Xingu) + 2.231 (Canais)

Volume do reservatório no NA mínimo normal (hm ³)	Iguais ao NA max
Tempo de residência médio (dias)	6,5
Altura máxima da barragem (m)	90 (Belo Monte) 33 (Bela Vista) 36 (Pimental)
Vazão natural Q _{95%} (m ³ /s)	939
Vazão média natural Q _{MLT} (m ³ /s)	7.851
Vazão máxima Tr = 10.000 anos (m ³ /s)	61.889
Vazão mínima média mensal (m ³ /s)	444
Vazão máxima média mensal (m ³ /s)	30.129
Vazão máxima turbinada (m ³ /s)	13.900 (principal) + 2.277 (complementar)
Tempo de construção (meses)	118 (48 meses 1ª turbina)
Tempo de enchimento (dias)	2 (Xingu) 20 (Canais)

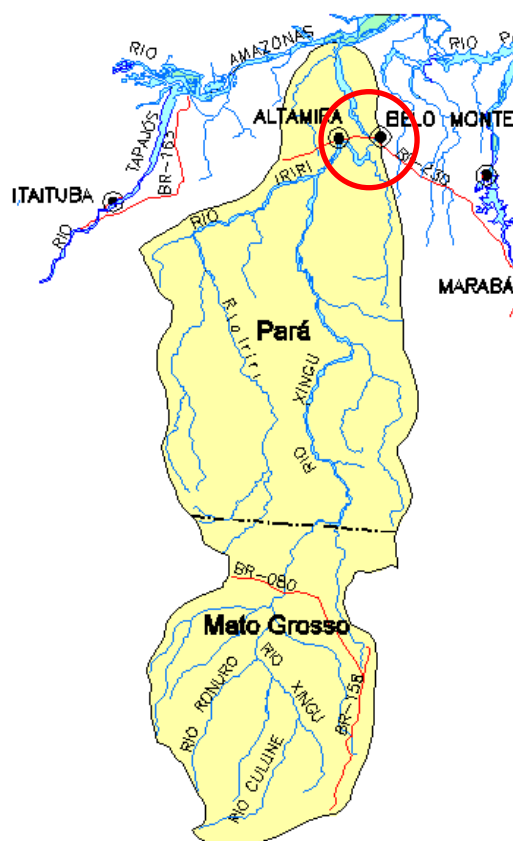


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO AHE BELO MONTE (FONTE: EVI)

HISTÓRICO

3. A ANEEL encaminhou estudos preliminares do AHE Belo Monte por meio do Ofício ANEEL nº 1076/2008-SGH/ANEEL, de 13 de maio de 2008, e o respectivo processo foi autuado em 26 de maio de 2008. Neste Ofício, a ANEEL informou que encaminharia os

estudos definitivos para início da análise de DRDH (Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH) assim que estivessem concluídos.

4. 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.

5. Em 6 de março de 2009 a ANA encaminhou o Ofício nº 252/2009/SOF-ANA à ANEEL, solicitando a atualização dos Estudos de Viabilidade, em função dos novos estudos ambientais que foram elaborados conforme TR emitido pelo IBAMA, que resultaram em propostas de manutenção de hidrograma de vazões no Trecho de Vazão Reduzida – TVR, dentre outros aspectos.

6. A ELETROBRÁS, projetista do empreendimento, encaminhou diretamente à ANA, em 29 de abril de 2009, o Ofício nº CTA-DE-4068/2009, encaminhando os Estudos de Viabilidade atualizados e os Estudos de Impacto Ambiental, que haviam sido solicitados pela ANA à ANEEL no Ofício nº 252/2009/SOF-ANA.

7. A ELETROBRÁS também encaminhou diretamente à ANA, em 07 de maio de 2009, o Ofício nº CTA-DE-4357/2009, encaminhando os Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH, para atendimento à Resolução ANA nº 131/2003.

8. Em 26 de maio de 2009, a ANA encaminhou o Ofício nº 678/2009/SOF-ANA à projetista, com cópia para a ANEEL, solicitando uma apresentação técnica sobre o empreendimento, pelos projetistas, que foi realizada no dia 8 de junho de 2009. Os principais destaques dessa apresentação técnica foram:

- a. Apresentação, pela projetista, da metodologia para geração da série de vazões, cujo ajuste do modelo estava desatualizado (não foram utilizados os últimos 20 anos de dados observados, de 1988 a 2007, para o ajuste da regressão entre chuva e deflúvio);
- b. Apresentação, pela projetista, da metodologia para geração das vazões máximas, obtida a partir de uma série estendida de vazões máximas de 1931 a 2002. A ANA ficou de avaliar e verificar os estudos, utilizando as vazões máximas observadas;
- c. Apresentação, pela projetista, dos estudos de remanso, esclarecendo que os estudos mais atuais são os do EIA-RIMA. A ANA ficou de solicitar, à projetista, informações sobre eventuais interferências do remanso na captação de água de Altamira, além de verificar as calibrações do modelo hidráulico realizadas;
- d. Apresentação, pela projetista, dos estudos referentes à vazão a ser mantida no rio Xingu, no trecho de vazão reduzida (TVR).

9. Como encaminhamentos da referida reunião, ficou definido que a ANA encaminharia Ofício à ANEEL, com cópia para a projetista, solicitando os estudos e esclarecimentos citados, em complementação à solicitação que já havia sido feita pela ANEEL.

10. Com base nas pré-análises realizadas e nos encaminhamentos da reunião do dia 8 de junho, a ANA encaminhou o Ofício nº 791/2009/SOF-ANA, em 17 de junho de 2009, pelo

qual solicita à ANEEL, com cópia para a projetista, complementações nos estudos referentes a:

- Estudos hidrológicos (série de vazões médias mensais);
- Estudos de remanso;
- Avaliação de interferências do remanso na captação de água de Altamira;
- Proposta de regra de vazão remanescente no trecho de vazão reduzida do rio Xingu.

11. A ELETROBRAS respondeu ao Ofício nº 791/2009/SOF-ANA por meio do Ofício nº 6.840, de 10 de julho de 2009, em que parte das solicitações do referido Ofício da ANA foram atendidas. Assim, a ANA encaminhou nova solicitação, em 15 de julho de 2009 (Ofício nº 252/ANA), reiterando a necessidade do atendimento às questões pendentes do Ofício anterior da ANA. A principal pendência estava relacionada à série de vazões médias mensais.

12. Em 13 de julho de 2009, a ANA encaminhou ao IBAMA o Ofício nº 848/2009/SOF/GEREG-ANA, no qual é solicitada a manifestação daquele Instituto sobre as vazões remanescentes propostas pela projetista para o TVR. Isto porque a vazão ecológica está dentre os usos múltiplos a serem atendidos pelas vazões remanescentes no TVR.

13. A ELETROBRAS respondeu o Ofício nº 252/ANA por meio do Ofício nº CTA-DE-8047/2009, de 06 de agosto de 2009, no qual foi apresentada a série de vazões médias mensais, gerada conforme metodologia recomendada pela ANA em Ofícios anteriores.

14. Uma vez concluída a fase de solicitação de estudos, complementações e esclarecimentos, passou-se à análise técnica do pedido de declaração de reserva de disponibilidade hídrica para o AHE Belo Monte.

ESTRUTURA DA NOTA TÉCNICA

15. 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.

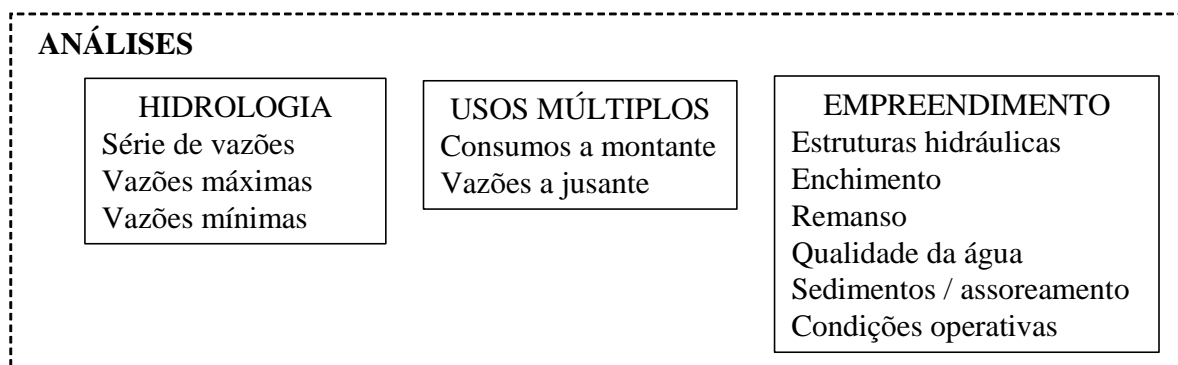


FIGURA 2 – ESTRUTURA DE ANÁLISE DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS NO ÂMBITO DA ANA, VISANDO À EMISSÃO DA DRDH

16. 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 do AHE Belo Monte e a disponibilidade hídrica existente no período de outorga, coincidente com o período de concessão do uso do potencial hidráulico.

CARACTERIZAÇÃO GERAL E DO EMPREENDIMENTO

Sistema Hídrico

17. O rio Xingu é formado pela confluência dos rios Culuene e Sete de Setembro, ambos procedentes da Serra do Roncador. Percorre 2.271 km desde suas nascentes, situadas a uma altitude da ordem de 600 m até sua foz, no rio Amazonas, na cota 3-4 m. Sua bacia abrange uma área total de 509.700 km², banhando terras de 46 municípios do Mato Grosso e 42 municípios paraenses. A área das nascentes do rio Xingu é a de maior ocupação da bacia.

18. Os principais afluentes, de montante para jusante, são os rios Suiá-Miçu, Auaiá-Miçu, Comandante Fontoura, Fresco e Bacajá pela margem direita; e Curisevo, Pardo, Iriri e Acarai, pela margem esquerda. Dentre eles, o Iriri é o mais importante, possuindo uma área de drenagem de 142.082 km² e nascentes na Serra do Cachimbo. As feições mais marcantes da bacia do Xingu são a forma quase circular de seu trecho mais superior, denominado neste trabalho de “Nascentes do Xingu”, com um diâmetro de aproximadamente 390 km e rios com drenagem radial convergente. Outra peculiaridade da bacia é a chamada Volta Grande do Xingu, logo a jusante da foz do Iriri, onde o rio apresenta acentuada declividade e tem seu curso marcado por cachoeiras e corredeiras, justamente o local onde haverá o desvio do rio para geração de energia no AHE Belo Monte. A Figura 3 apresenta a localização das bacias afluentes ao AHE Belo Monte.

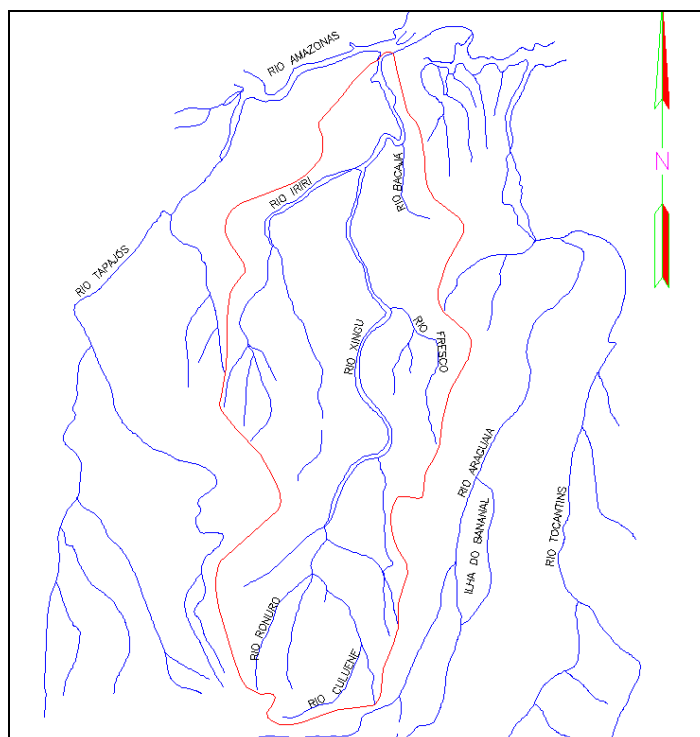


FIGURA 3 – BACIAS CONTRIBUINTES À SEÇÃO PREVISTA PARA O AHE BELO MONTE

Divisão de Quedas do Xingu

19. O primeiro estudo de Inventário Hidrelétrico da bacia do rio Xingu foi finalizado em janeiro de 1980, e foi realizado pela ELETRONORTE. Neste estudo, foram identificados 7 locais para implantação de UHE's, com destaque para a região da Volta Grande do Xingu, na qual foram previstos dois aproveitamentos (Babaquara e Kararaô), com potência instalada de cerca de 14.000 MW apenas neste local, totalizando cerca de 20.000 MW em toda a bacia. Nesta configuração, o reservatório formado pela UHE Babaquara também teria a função de regularizar as vazões para a UHE Kararaô, usina que teria uma área alagada entre 3.940 e 6.140 km², dependendo da alternativa escolhida, enquanto Kararaô teria uma área alagada de 1.160 km² nas duas alternativas estudadas. Os deplecionamentos previstos seriam de 19,3 a 23,3 m para Babaquara, e de 1,0 m para Kararaô. A Figura 4 apresenta a configuração prevista para as UHEs Babaquara e Kararaô.

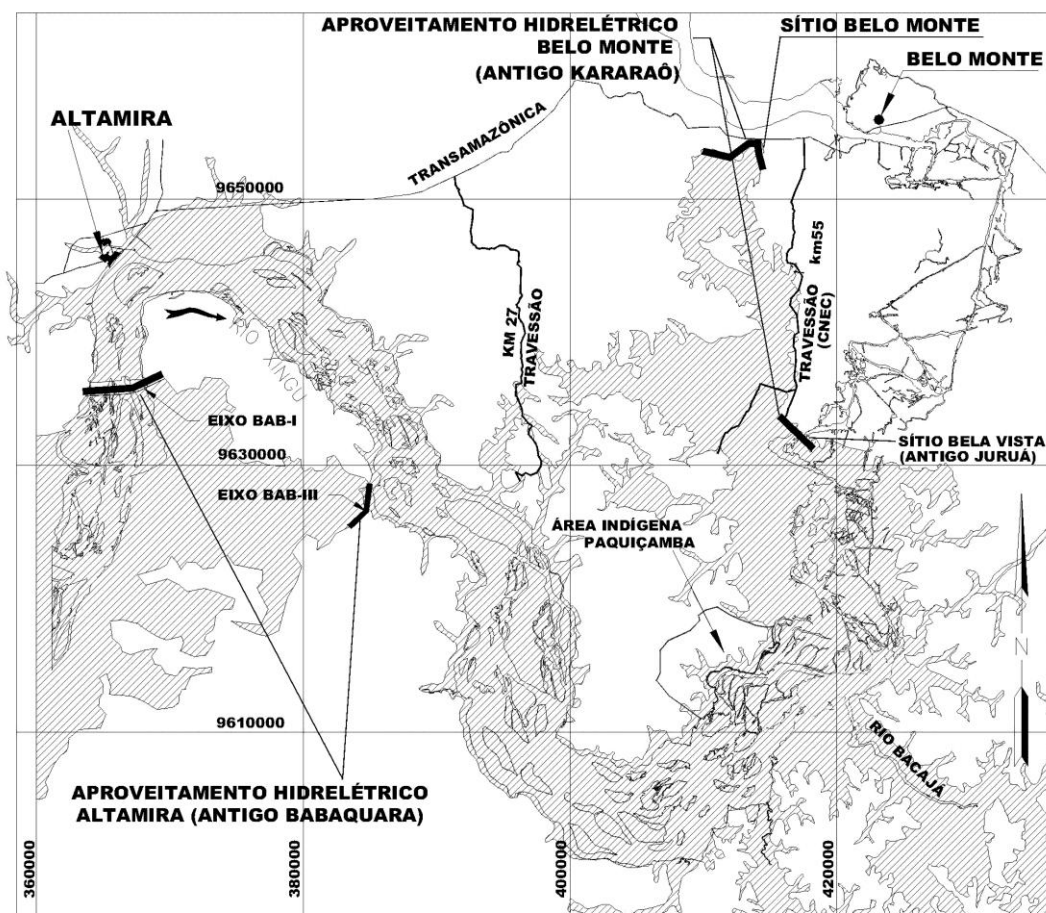


FIGURA 4 – CONFIGURAÇÕES PREVISTAS PARA AS UHs BABAQUARA E KARARAÔ, SEGUNDO OS ESTUDOS DE INVENTÁRIO DE 1980

20. Uma atualização dos estudos de Inventário Hidrelétrico da bacia do rio Xingu foi finalizada em outubro de 2007, realizada em paralelo com os Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte. A atualização do Inventário foi realizada por um grupo de empresas liderado pela ELETROBRÁS. Nesta atualização do Inventário, que selecionou novos locais para os aproveitamentos, foi descartada a UHE Babaquara, e a barragem principal do AHE Kararaô, agora chamado de Belo Monte, foi deslocada 70 km a montante do local previsto no estudo de Inventário original, reduzindo a área alagada para 440 km². Para manter o aproveitamento da queda de cerca de 90 m existente na volta grande do Xingu, o novo arranjo do AHE Belo Monte previu um desvio a montante da barragem, com o fluxo sendo conduzido por canais até o sítio Belo Monte, onde será construída a casa de força principal. Nesta nova configuração, a barragem principal deslocada para montante abrigará uma casa de força complementar que aproveitará as vazões remanescentes a serem mantidas na volta grande do Xingu. A Figura 5 apresenta o novo arranjo estudado para o AHE Belo Monte.

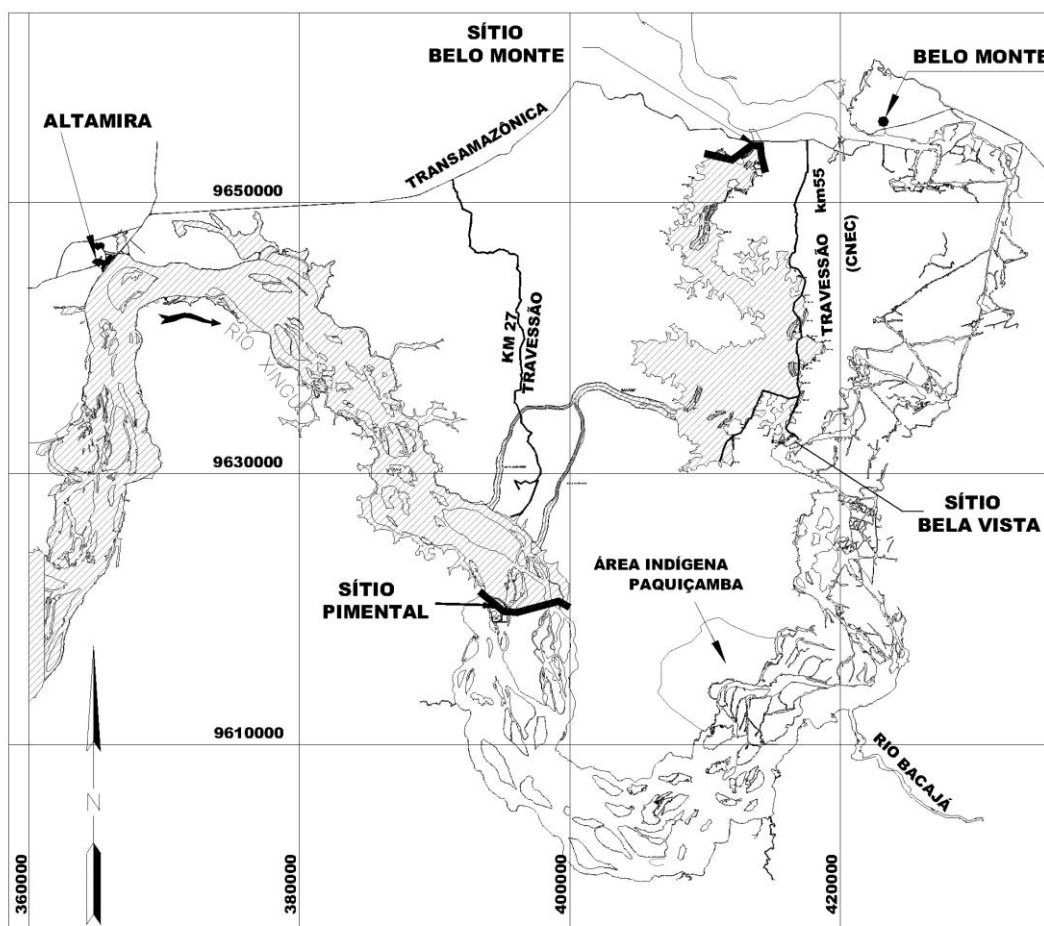


FIGURA 5 – CONFIGURAÇÃO PREVISTA PARA O AHE BELO MONTE, SEGUNDO A ATUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO DE 2007

21. Em 25 de julho de 2008, a ANEEL emitiu o despacho N° 2.756 aprovando a “Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu, no trecho compreendido entre a cota 97 m e sua foz, identificando o aproveitamento hidrelétrico Belo Monte, considerando a Resolução do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE n° 06/2008 de 6 de julho de 2008, que determinou que o potencial hidroenergético a ser explorado no rio Xingu será somente aquele situado entre a sede urbana do Município de Altamira e sua foz.

O Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte

22. O AHE Belo Monte se configura como um aproveitamento a fio d’água com desvio de vazões para aproveitamento de queda existente, gerando uma alça de vazão reduzida de cerca de 100 km no trecho do rio Xingu denominado “Volta Grande”. A barragem principal do AHE Belo Monte, destinada a formar um reservatório para manter um NA constante para desvio das vazões do rio Xingu, estará localizada cerca de 40 km a jusante da sede do município de Altamira, em local denominado Sítio Pimental. Neste local, também será construído o vertedor principal e uma casa de força complementar, que turbinará as vazões remanescentes destinadas ao trecho de vazão reduzida (TVR). O NA normal previsto para o reservatório a ser formado é 97,0m.

23. A partir do reservatório formado pela barragem principal, as vazões do rio Xingu serão desviadas por meio de canais naturais e novos canais até o Sítio Belo Monte, onde será

construída a casa de força principal. Este desvio formará um trecho de vazão reduzida (TVR) de cerca de 100 km no rio Xingu, entre os Sítios Pimental e Belo Monte.

24. Já o Sítio Bela Vista, localizado no trecho médio do Trecho de Vazão Reduzida, receberá barragens e vertedor complementar, que restituirá ao trecho médio da Volta Grande as vazões vertidas dos canais naturais e artificiais de desvio nas épocas das cheias. O arranjo geral do AHE Belo Monte é apresentado na Figura 6.



FIGURA 6 – ARRANJO GERAL DO AHE BELO MONTE. (FONTE: EVI).

HIDROLOGIA

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS

25. A estação fluviométrica de referência para a geração de uma série de vazões médias mensais afluentes ao AHE Belo Monte é a estação Altamira (18850000), que possui um histórico de vazões consistidas disponíveis no sistema HIDRO que vai de janeiro de 1971 a março de 2007. Para esta estação, o período de dados de cotas consistidas disponíveis no HIDRO é o mesmo das vazões (01/1971 a 03/2007). No entanto, também estão disponíveis dados de cotas brutas nesta estação de 1928 a 1959, e ainda um período entre julho de 1968 e dezembro de 1970. As medições de descarga líquida naquela estação iniciaram em abril de 1971, resultando em uma curva-chave válida a partir de janeiro de 1971.

26. A Nota Técnica NHI nº 04/2008 (próton 14799/2008) tratou da análise das cotas disponíveis para a estação Altamira, para possível utilização na extensão da série de vazões daquela estação fluviométrica.

27. Naquela NT, para o período de 1928 a 1959, foram gerados gráficos do tipo Box-plot nas séries de cotas diárias deste período e do período recente (69-2006) para comparação de valores médios e extremos das duas séries, conforme Figura 7.

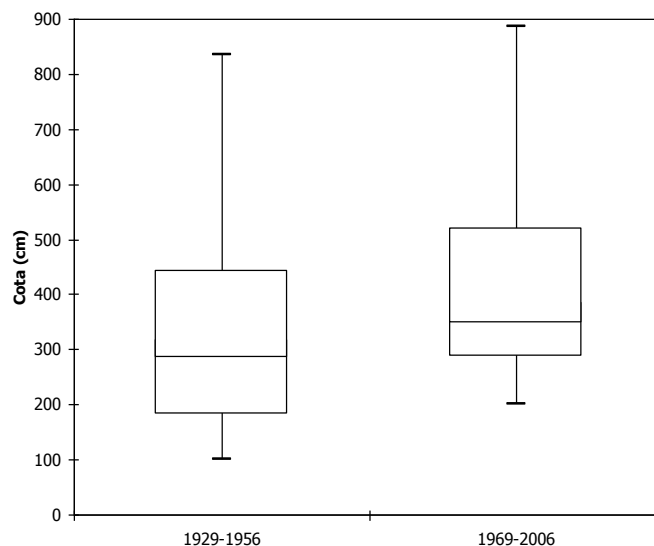


FIGURA 7 - GRÁFICO BOX-PLOT DAS COTAS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ALTAMIRA

28. Nota-se, além do deslocamento da tendência central observado entre as duas séries (mediana), comportamentos distintos dos valores extremos. A flutuação das cotas mínimas do período 1969-2006 apresenta menor amplitude quando comparada com a do período 1929-1956. Por outro lado, em relação às cotas máximas, a flutuação das cotas do período 1969-2006 tem uma amplitude maior que as de 1929-1956.

29. Uma avaliação da média das cotas mínimas anuais observadas (Tabela 2) indicou que estas eram em torno de 107 cm no período 1929-1956 e passaram a 248 cm no período recente (diferença de 141 cm). Enquanto a média das cotas máximas anuais observadas passou de 649 para 734 cm (diferença de 85 cm). Portanto, os comportamentos distintos das séries sugerem que as cotas registradas entre 1929 e 1956 não foram lidas na mesma seção transversal do rio em que são realizadas as leituras atuais. Também foram realizados testes estatísticos nas cotas dos dois períodos para verificar se estas são provenientes da mesma população. Ao nível de significância de 5%, as hipóteses das amostras possuírem a mesma média (teste t) e a mesma variância (teste F) foram rejeitadas.

TABELA 2 – COTAS MÉDIAS OBSERVADAS NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ALTAMIRA

Cota (cm)	1929-1956	1969-2006	Diferença
Média das máximas anuais	649	734	85
Médias das mínimas anuais	107	248	141

30. Aquela NT também calculou as vazões diárias para o período compreendido entre 1929 e 1956, acrescentando 99 cm às cotas diárias da série antiga, referente à diferença entre as médias das cotas dos dois períodos, e aplicando a relação entre cota e descarga válida desde

1971 até os dias atuais. Admitiu-se que a curva-chave extraída mediante as medições realizadas recentemente fosse também válida para a série antiga. Os resultados deste cálculo estão na Figura 8 e Tabela 3.

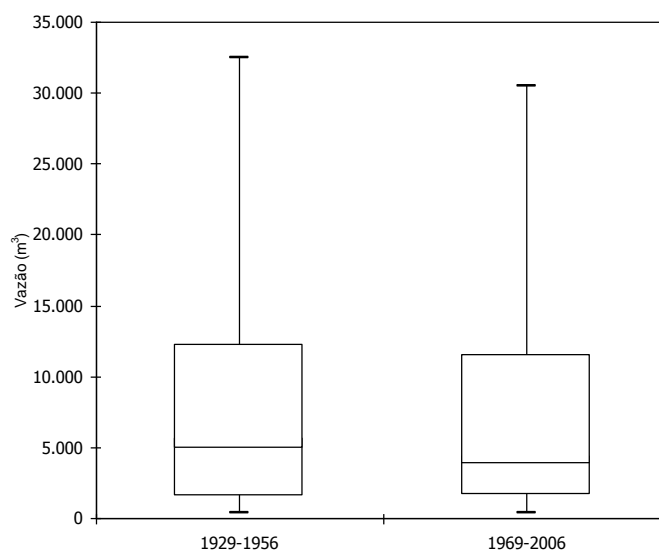


FIGURA 8 – GRÁFICO BOX-PLOT DAS VAZÕES DIÁRIAS DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ALTAMIRA

TABELA 3 – ESTATÍSTICAS DAS SÉRIES DE VAZÕES DIÁRIAS DA ESTAÇÃO ALTAMIRA

Estatística	Série 1929-1956	Série 1969-2006
Número de observações	9.542	13.708
Média (m ³ /s)	8.075	7.814
Mediana (m ³ /s)	5.475	4.360
Desvio padrão (m ³ /s)	7.491	7.402
Variância (m ³ /s) ²	56.111.230	54.784.958
Mínimo (m ³ /s)	356	365
Máximo (m ³ /s)	35.752	32.330

31. Aquela Nota Técnica concluiu que, tendo em vista os resultados encontrados, não devem ser geradas vazões para o período compreendido entre 1928 e 1959 a partir da relação cota-vazão vigente aplicada à série de cotas antigas de Altamira, pelo fato dessa relação não ser válida para aquele período.

32. Já a Nota Técnica NHI nº 05/2008 (próton 11530/2008) calculou as vazões na estação fluviométrica Altamira para o período entre 07/1968 e 12/1970, utilizando para tal as cotas observadas em Altamira neste período e a curva de descarga válida para a referida estação.

33. Assim, resta determinar a série de vazões para o período compreendido entre 01/1931 e 06/1968, para compor a série completa que caracteriza a disponibilidade hídrica para aproveitamentos hidrelétricos, que vai de 1931 até 2 anos antes da DRDH. Neste sentido, para a análise da série de vazões do AHE Belo Monte neste período, foram analisados e auditados os dados dos 6 postos pluviométricos disponíveis no EVI, e que foram utilizados na

aplicação do modelo matemático chuva-deflúvio utilizado no EVI para extensão da série até 1931. Adicionalmente, solicitou-se também que se fizesse uma atualização do período de calibração do referido modelo, originalmente calibrado de 1968 a 1987, para o período de 1968 a 1999.

34. A partir das referidas orientações, a GEREG/SOF auditou os dados dos 6 postos pluviométricos, disponíveis na base de dados HIDRO e complementados com dados recebidos do INMET. Não foram encontrados erros grosseiros nos dados pluviométricos do período 1931 a 1987, em que pese a dificuldade de se auditar, a partir da documentação apresentada, a forma de preenchimento das falhas dos postos neste período. Para o período 1988 a 2005, foram encontradas inconsistências no preenchimento de algumas falhas nos dados de um dos 6 postos pluviométricos utilizados, que foram corrigidas. O resultado da nova calibração do modelo matemático dos Estudos de Viabilidade é apresentado na Figura 9.

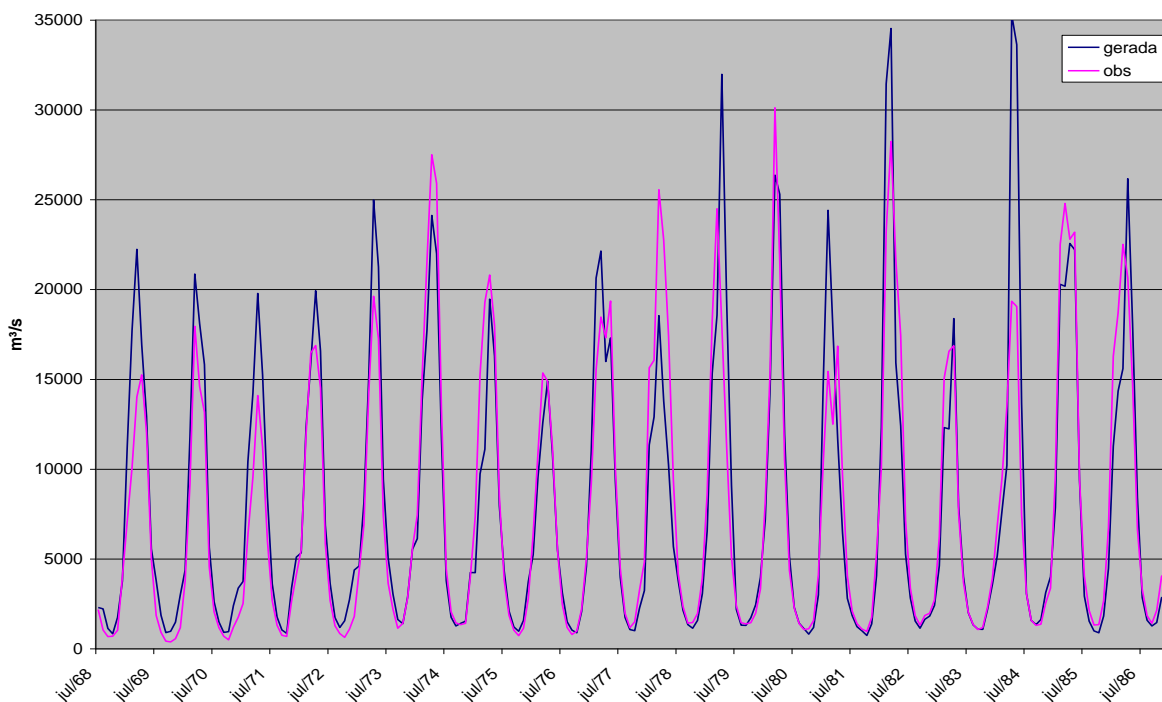


FIGURA 9– HIDROGRAMAS OBSERVADO E CALCULADO PELO MODELO DO ESTUDO DE VIABILIDADE

35. A série de vazões médias mensais em Altamira gerada, para o período 01/1931 a 06/1968, pelo modelo do Estudo de Viabilidade a partir dos dados dos 6 postos pluviométricos utilizados no EVI com as correções já descritas, complementada pela série de vazões de 07/1968 a 12/2007, foi transferida para o local do AHE Belo Monte por relação de áreas de drenagem (1,002566) e acrescentada dos usos consuntivos, tendo-se assim a série de vazões naturais médias mensais afluentes ao AHE Belo Monte constante do Anexo 1 desta NT.

VAZÕES MÁXIMAS

36. A determinação das vazões máximas no âmbito da DRDH é importante, pois se configura em uma condição de contorno para o dimensionamento do vertedor, e conseqüentemente dos custos de implantação do AHE Belo Monte.

37. O empreendedor apresentou um estudo de vazões máximas, contido no Estudo de Viabilidade do ano de 2002. Este estudo pode ser considerado metodologicamente adequado, embora esteja desatualizado, visto que não incorpora as vazões máximas dos últimos 9 anos.

38. Desta forma, este tópico da análise inicialmente descreve o estudo feito, e a seguir compara com uma estimativa feita pela própria SOF/ANA, desta vez considerando os dados mais recentes, de forma a verificar se a incorporação destes leva a mudanças significativas na vazão decamilenar.

Estudo apresentado

39. O estudo de vazões máximas apresentado utilizou vários modelos estatísticos para ajustar a distribuição de vazões máximas anuais em Altamira (estação 18850000), considerando igualmente vários cenários de disponibilidade de dados. Os modelos estatísticos adotados foram: Exponencial, Log Normal e Gumbel. No caso deste último, foram testados ainda dois procedimentos para estimativa dos parâmetros, o método dos momentos e o método dos fatores de frequência. Já os diferentes cenários dizem respeito à disponibilidade de dados de vazões máximas. São eles:

- a. Cenário 1: estudo original – corresponde ao estudo de vazões máximas realizado nos estudos de inventário, datado de 1982, quando se contavam com 13 anos de dados. A cheia de 1980 foi substituída pela vazão máxima observada no rio Tocantins no mesmo ano, transposta a partir da relação entre áreas de drenagem¹;
- b. Cenário 2: corresponde ao estudo de vazões máximas com a série até o ano 2000, utilizando-se como máxima, no ano de 1980, a vazão observada no rio Tocantins, transposta a partir da relação entre áreas de drenagem;
- c. Cenário 3: em complemento ao cenário anterior, foram levantadas marcas de cheias históricas na bacia do Tocantins, que foram associadas a vazões máximas naquele rio, sendo que estas foram transpostas para o Xingu;
- d. Cenário 4: corresponde ao estudo original completado com os dados de 1982 a 2000, contando com uma série de 32 vazões máximas anuais observadas;
- e. Cenário 5: a série de vazões máximas de 32 anos foi estendida até 1931, a partir da relação entre médias mensais e máximas anuais no período com observação;

¹ A cheia de 1980 no rio Tocantins foi bastante impactante pois ocorreu durante a obra da UHE Tucuruí, exigindo alteamento emergencial das ensecadeiras. A vazão máxima observada em Altamira naquele ano foi de 32.330 m³/s, enquanto a vazão transposta do rio Tocantins através da relação entre áreas de drenagem resultaria em 49.412 m³/s. Assim, neste cenário usou-se esta última vazão como a máxima de 1980, supondo que esta vazão aconteceria no Xingu na hipótese de ocorrência de uma precipitação igual à ocorrida no Tocantins (hipótese mais conservadora)

40. Da combinação entre os cenários e os modelos estatísticos, foram calculadas várias cheias decamilenares para o AHE Belo Monte, conforme Tabela 4. Os estudos de vazões máximas realizados durante o inventário (cenários 1 e 2) utilizaram apenas a distribuição log normal.

TABELA 4 – VAZÃO DECAMILENAR PARA VÁRIOS CENÁRIOS E MODELOS ESTATÍSTICOS

Distribuições	Cenários				
	1 (Original)	2 (Atualização)	3 Evento raro 120 anos 49.412m ³ /s	4 Observada 1969-2000	5 Estendida 1931-2000
Exponencial			64.710	59.910	61.889
Gumbel Fatores			59.104	57.803	57.633
Gumbel Momentos			57.159	53.181	54.971
Log Normal	75.965	58.701	50.039	47.977	49.620

41. Como se vê, a maior vazão decamilenar foi obtida para o cenário 1, em que se dispunha de uma série curta de dados e uma vazão bastante alta (máxima transposta do rio Tocantins), de forma que os resultados são coerentes.

42. O estudo opta então por descartar as vazões decamilenares obtidas nos cenários 1 a 3, considerando que estas foram obtidas a partir de séries modificadas com a introdução de um evento raro obtido de forma sintética. Dos cenários restantes, o maior valor para a cheia milenar é obtido para o cenário 5, adotando a distribuição exponencial, de forma que o valor adotado para a cheia decamilenar é de 61.889 m³/s. Esta é a vazão adotada para dimensionamento dos vertedores, sendo que o vertedor do Sítio Pimental escoar 47.400 m³/s e o do Sítio Bela Vista, 14.600 m³/s sem sobrelevação.

Verificação

43. O estudo apresentado pode ser considerado adequado, procurando comparar várias distribuições estatísticas e considerando vários cenários de dados observados e sintéticos. Mesmo assim, optou-se por fazer uma verificação expedita da vazão decamilenar obtida, usando-se para isso os dados observados de 1969 até os dados da cheia mais recente, ocorrida em maio de 2009. Ajustou-se a distribuição Gumbel à série de vazões máximas anuais, obtendo-se um bom ajuste, conforme Figura 10.

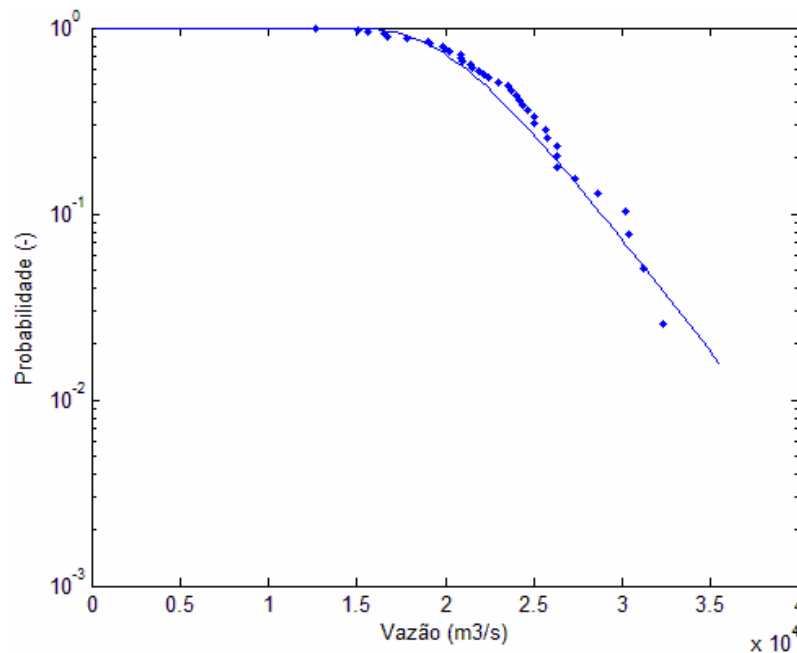


FIGURA 10 – AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL À SÉRIE DE VAZÕES MÁXIMAS

44. Resultou daí uma vazão decamilenar de $53.453 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, inferior ao que o estudo propõe. Esta diferença é compreensível, visto que o estudo adotou a maior vazão resultante de uma série de metodologias, estando a favor da segurança e mostrando que o estudo de vazões máximas apresentado é consistente. Como o valor verificado pela ANA para a vazão máxima diária em Altamira foi razoavelmente inferior ao valor adotado pelo EVI, não foi realizada a transferência do valor verificado pela ANA para o local do sítio Belo Monte, nem efetuada a correção da vazão máxima diária para máxima instantânea, correções estas que não resultariam em uma cheia decamilenar superior à já adotada no EVI.

45. Deve ser ressaltado que foram levados em conta critérios dados por manuais do setor, como o Guia *para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores*, da ELETROBRÁS e o Manual de DRDH da ANA, para os quais, em amostras de tamanho maior (40 anos, neste caso) pode ser usada a vazão decamilenar como base para o dimensionamento.

46. Adicionalmente, em entendimentos feitos com a ANEEL e EPE, em função dos custos relacionados ao tamanho das estruturas extravasoras e das cotas de crista das barragens, avaliados e otimizados por aquelas Instituições, houve um consenso de que a ANA se manifestaria, no caso do AHE Belo Monte, apenas sobre o aspecto hidrológico referente ao dimensionamento das estruturas extravasoras, ou seja, à vazão para dimensionamento do vertedor, de forma que não se verificou a passagem de cheias extraordinárias nos vertedores projetados. Aspectos relativos à sobrelevação e à borda livre caberão àqueles órgãos na auditoria da segurança do projeto e de seus custos.

47. Portanto, recomenda-se que figure na resolução de DRDH a vazão de $62.000 \text{ m}^3/\text{s}$ como vazão para dimensionamento do vertedor.

EMPREENHIMENTO**ENCHIMENTO**

48. O estudo de viabilidade de 2009 não apresenta estudo de enchimento do reservatório do AHE Belo Monte. Existe uma análise do enchimento do EVTE, de 2002, que é metodologicamente correta, porém ainda não contava com a definição da vazão remanescente no TVR, de forma que partiu de premissas diferentes das atuais.

49. Naquele estudo, foi feito o cálculo do tempo de enchimento considerando:
- Fechamento do reservatório considerando todos os meses do ano e todos os anos do histórico;
 - Vazões remanescentes de 300 e 500 m³/s;

50. Com isto foi possível realizar uma análise estatística do tempo de enchimento em função do mês do ano em que o reservatório for fechado. Foram descartados meses em que o tempo de enchimento superou 90 dias em, pelo menos, uma vez ao longo do histórico. Com isso foram descartados os meses de julho a dezembro, de onde se depreende que o fechamento deverá ocorrer necessariamente no período de janeiro a junho. A Tabela 5 mostra os resultados do estudo apresentado.

TABELA 5. ESTUDO DE ENCHIMENTO APRESENTADO NO EVTE DE 2002

Mês de fechamento	Níveis de garantia (%)	Vazão sanitária (m ³ /s)	
		300	500
Janeiro	10	3,6	3,7
	50	6,5	6,8
	99	19,4	20,7
Fevereiro	10	2,1	2,2
	50	3,3	3,4
	99	7,3	7,6
Março	10	1,5	1,5
	50	2,2	2,2
	99	4,7	4,8
Abril	10	1,3	1,3
	50	1,8	1,8
	99	3,1	3,1
Maio	10	1,3	1,3
	50	2,0	2,0
	99	4,2	4,3
Junho	10	2,1	2,1
	50	3,8	3,9
	99	11,6	12,3

51. O estudo concluiu que a magnitude da vazão remanescente influencia pouco o tempo de enchimento, sinalizando que possivelmente a adoção do hidrograma ecológico proposto teria pouco efeito nos resultados. De fato, observa-se que para a maior parte dos casos, o tempo de enchimento é muito pequeno e quase indiferente à vazão remanescente.

52. Para verificar este aspecto, foram recalculados os tempos de enchimento, similarmente ao estudo apresentado, porém adotando o hidrograma ecológico como vazão remanescente. O tempo de enchimento, associado ao mês de fechamento e à recorrência do ano hidrológico, são mostrados na Tabela 6.

TABELA 6. TEMPOS DE ENCHIMENTO (EM DIAS) ESTIMADOS NESTA NT, ADOTANDO O HIDROGRAMA ECOLÓGICO COMO RESTRIÇÃO

Garantia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
99%	39	14	8	10	12	33
95%	20	11	7	7	9	21
50%	9	5	4	4	4	10
10%	6	3	3	2	3	6

53. Como se vê, mesmo adotando um critério de vazão remanescente mais restritivo no período de enchimento, o tempo para atingir a cota 97m é pequeno, desde que o fechamento do reservatório se dê nos meses de janeiro a julho. Mesmo em um ano seco (95% de garantia) este tempo seria de, no máximo, 21 dias, na hipótese de fechamento no mês de abril.

QUALIDADE DA ÁGUA

54. A qualidade de água dos futuros reservatórios do AHE Belo Monte foi tratada nos Estudos Ambientais do empreendimento, elaborados pela LEME Engenharia Ltda. (2009).

55. Os Volumes 15, 28, 29, 30 e 31 apresentaram o diagnóstico, prognóstico e avaliação de impactos dos aspectos de qualidade de água e limnologia, entre outros, referentes à implantação desse aproveitamento hidroelétrico, com destaque à área diretamente afetada e de influência direta do projeto.

56. O Volume 32 tratou da metodologia e dos respectivos resultados da modelagem matemática e ecológica, como forma de subsidiar a análise dos possíveis cenários de qualidade de água dos reservatórios a serem formados, com a implantação do empreendimento.

57. Com base nas informações e resultados desses estudos, o Volume 33 traz proposições de planos, programas e projetos para prevenir, mitigar, monitorar, potencializar e compensar os diversos impactos identificados e caracterizados nos estudos ambientais.

58. Com o objetivo de embasar a definição de uma regra operativa clara e capaz de manter padrões aceitáveis de qualidade de água nos mananciais impactados pelo AHE Belo Monte, resumem-se a seguir os estudos de qualidade de água realizados pelo requerente. Apresentam-se também os resultados preliminares de estudos de modelagem de qualidade de água realizados na GEREG. Apoiando-se nas tendências mostradas por tais estudos, são propostas condicionantes para a Reserva de Disponibilidade Hídrica e para a sua futura conversão em outorga de direito de uso.

Estudos Apresentados

59. De acordo com os documentos referenciados, o diagnóstico, de modo geral, caracterizou o rio Xingu com boa qualidade de água, condição atribuída especialmente aos significativos níveis de conservação da vegetação da área de drenagem da bacia, bem como às altas vazões registradas nessa região.

60. Já nos tributários, os índices de qualidade foram inferiores, notadamente nos igarapés de Altamira, onde foram observadas maiores concentrações de nutrientes e elevados

valores de DBO, DQO e coliformes. Esses resultados negativos relacionam-se principalmente às atividades antrópicas realizadas no entorno desses mananciais.

61. No trecho do futuro reservatório do rio Xingu (reservatório principal), as águas foram descritas por temperatura e acidez elevadas, altas concentrações de OD e baixos teores de turbidez e DBO.

62. A baixa ocorrência de algas da classe Cyanophyceae no rio Xingu e seus tributários sugere que esses ambientes não estejam sujeitos a grandes impactos de origem antrópica.

63. No entanto, nas redondezas da cidade de Altamira, especificamente nos igarapés Ambé, Panela e Altamira, verificou-se a presença significativa de macrófitas aquáticas e de níveis elevados de matéria orgânica.

64. Os principais mananciais do trecho do reservatório dos Canais (igarapés Galhoso, Di Maria, Paquiçamba e Ticaruca) apresentaram boa oxigenação, concentrações aceitáveis de DBO, águas ácidas, com baixa turbidez e sólidos em suspensão.

65. No trecho de vazão reduzida – TVR, as águas do igarapé Tucuri e do rio Xingu possuem altas temperaturas, baixa turbidez e boa oxigenação.

66. Baseado no diagnóstico brevemente descrito, o Volume 31 destacou os principais impactos decorrentes da formação dos reservatórios do AHE Belo Monte e os efeitos negativos esperados sobre a qualidade de água desses sistemas hídricos.

67. Entre os impactos previstos, destacam-se os classificados nos estudos como negativos e de alta relevância, sobre os quais se concentram as análises e a modelagem matemática realizadas.

Alteração da Qualidade de Águas Superficiais com Propensão ao Desenvolvimento de Cianofíceas, Macrófitas Aquáticas e Vetores de Doenças

68. Entendimentos apresentados por Tundisi et al. (1993) ressaltam que a transformação de ambientes lóticos em lênticos, com morfometria complexa e tempo de retenção superior a 30 dias têm grande probabilidade de estratificação.

69. Portanto, considerando que o tempo de residência, no período de estiagem, do reservatório principal será de 19 dias, enquanto o dos Canais de 69 dias, esse último sistema apresenta elevado risco de estratificação térmica e, conseqüente, deterioração da qualidade das águas.

70. A provável estratificação do Reservatório dos Canais promoverá a formação de um hipolímnio, camada mais profunda que favorecerá a decomposição da matéria orgânica depositada nos sedimentos, aumentando o consumo de oxigênio. A diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido no hipolímnio, por sua vez, favorecerá a liberação de nutrientes, como o fosfato, para as camadas superiores (metalímnio e epilímnio), disponibilizando, assim, nutrientes para os organismos fotossintetizadores (algas e macrófitas aquáticas).

71. Quanto ao Reservatório do Xingu, seu baixo tempo de retenção provavelmente não produzirá efeitos negativos sobre a qualidade da água, tanto no interior como a jusante desse lago, ou seja, no Trecho de Vazão Reduzida.

72. Entretanto, na região da cidade de Altamira, devido à diminuição da circulação da água, poderá ocorrer um aumento da biomassa de macrófitas aquáticas e da concentração de nutrientes, favorecendo, dessa forma, o desenvolvimento de macrófitas e, eventualmente, o florescimento de algas cianofíceas em locais com menor circulação e maior aporte de nutrientes.

Eutrofização dos Corpos Hídricos – Reservatório dos Canais

73. O padrão dendrítico e a morfometria complexa do reservatório dos Canais apontam para o desenvolvimento de subsistemas de circulação, com acúmulo de material biológico em decomposição. Essa compartimentalização do reservatório dos canais deve desencadear processos limnológicos característicos de lagos e reservatórios de regiões tropicais, como estratificações térmicas de longos períodos, podendo superar o tempo de residência do reservatório, nos bolsões onde há maior profundidade e, portanto, anoxia no hipolímnio.

74. A vegetação inundada também potencializará o aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada, visto o processo de decomposição que esse material será submetido.

75. Todos esses fenômenos contribuirão com a redução do oxigênio dissolvido da coluna d'água e com a intensificação da produção primária, provocando, assim, o início do processo de eutrofização.

Eutrofização dos Corpos Hídricos – Igarapés de Altamira

76. Conforme previsto nos estudos de remanso efetuados especificamente nos igarapés Altamira, Ambé e Panelas, os níveis d'água e velocidades serão afetados com a formação do Reservatório do Xingu, devido ao aumento das lâminas d'água nos igarapés e redução das velocidades do escoamento.

77. As novas condições criadas poderão ser determinantes para o desenvolvimento do processo de eutrofização, uma vez que os efluentes gerados na bacia e lançados, sem tratamento, nas águas dos igarapés resultarão em concentrações elevadas, devido aos efeitos de resistência à circulação da água e ao alto tempo de residência do reservatório formado.

Alteração da Qualidade da Água a Jusante da Casa de Força Principal

78. A qualidade da água a jusante da Casa de Força Principal será mais crítica em curto prazo, após o período de estiagem, quando haverá aumento da geração de energia e conseqüente aumento de volume da água turbinada.

79. Quando ocorrer a descarga a partir do Reservatório Principal, a água do Reservatório dos Canais, com baixa concentração de oxigênio dissolvido, deverá ser carregada para jusante, com conseqüências para a qualidade da água no Compartmento Ambiental Trecho de Restituição de Vazões.

80. No entanto, os estudos realizados indicam uma concentração de oxigênio dissolvido, na água proveniente da Volta Grande do Xingu, suficiente (maior que 90% de saturação) para oxigenar a água no Trecho de Restituição de Vazões. Como o volume de diluição será alto, pois envolve vazões de 300 a 400 m³/s durante o período de seca e de 7.000 a 10.000 m³/s durante a cheia, a reoxigenação e a revitalização do sistema será rápida (3 ou 4 dias), não acarretando prejuízos à vida aquática.

81. Por outro lado, no Reservatório dos Canais, a água estagnada durante o período de estiagem, que passou por diversos processos de degradação de sua qualidade, principalmente no teor de oxigênio dissolvido, poderá afetar, momentaneamente, a qualidade da água e as condições ecológicas do trecho de restituição de vazão.

82. A própria vazão do rio Xingu e o turbilhão formado pela água ao passar pelas máquinas minimizarão esse impacto, que poderá variar de 50 a 330 km a jusante da Casa de Força Principal, em um período de tempo de 1 a 5 dias.

Alteração do nível de coliformes em áreas de concentração populacional

83. O aumento da população na fase de implantação intensificará a concentração de coliformes totais e fecais nas águas superficiais e subterrâneas, nas áreas adjacentes aos assentamentos populacionais, canteiros de obras, alojamentos e vilas residenciais.

84. Segundo as projeções do diagnóstico do meio sócio-econômico, a estimativa de população atraída é de 96.000 habitantes ao longo dos primeiros cinco anos de obra. Desta forma, mesmo que para a operação do canteiro sejam previstos sistemas de controle intrínsecos, é provável que haja aglomerações humanas próximas aos canteiros de obras, tanto com o objetivo de moradia, quanto de fornecimento de pequenos serviços, cujas instalações possivelmente não contarão com o mesmo sistema de tratamento sanitário estabelecido para os assentamentos previstos.

85. Destaca-se, ainda, a diminuição da vazão no trecho da Volta Grande do Xingu, que poderá provocar o aumento da concentração de coliformes e de nutrientes (nitrogênio e fósforo) provenientes de efluentes não tratados, favorecendo a transmissão de doenças de veiculação hídrica e o comprometimento da qualidade de água, bem como os usos associados.

86. Conforme os resultados obtidos nas simulações do modelo, verificou-se que para vazões de até 200 m³/s não há problemas de qualidade da água no Trecho de Vazão Reduzida. Portanto, considera-se que, para os coliformes fecais também não haverá problemas de qualidade.

87. Contudo, a avaliação apresentada no diagnóstico ambiental do AHE Belo Monte destacou a alta probabilidade de eutrofização do reservatório dos Canais como o principal impacto esperado sobre a qualidade de água, em decorrência da construção dos reservatórios da usina.

Modelagem Matemática e Ecológica da Qualidade de Água dos Futuros Reservatórios

88. Visando verificar e determinar os impactos das cargas de fósforo e matéria orgânica na qualidade de água dos futuros reservatórios, o Volume 32 apresentou a modelagem matemática e ecológica realizada.

89. Os conceitos e metodologia que orientaram esses estudos foram fundamentados principalmente por experiências de Tundisi & Straskraba (1999) que destacam a relação volume/área inundada como fator determinante do tipo de circulação vertical que prevalecerá e, por conseguinte, o risco de eutrofização.

90. Segundo esses pesquisadores, reservatórios com profundidade superior a 50 metros produzem estratificações que deterioram os padrões de qualidade de água dos lagos e a jusante, podendo comprometer a vida aquática e os usos instalados nesses sistemas.

91. Os estudos de Tundisi, destacam, ainda, os efeitos negativos decorrentes de longos períodos de residência da água nos reservatórios, acima de 30 dias, e da carga inicial de biomassa.

92. Para o caso específico de Belo Monte, considerando-se que o reservatório principal tem baixo tempo de retenção, menor que 20 dias, a probabilidade de estratificação térmica é mínima.

93. Quanto ao reservatório dos Canais, o período de estratificação poderá se estender pelos meses de vazante, quando o tempo de retenção pode chegar a 69 dias (ver Tabela 7). Nesse caso, pode-se prever uma estratificação térmica e química com estabilidade e perda de oxigênio dissolvido durante o período de vazante.

TABELA 7 – TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA NOS RESERVATÓRIOS

	Reservatório Principal	Reservatório dos Canais
Vazão mínima (m ³ /s)	1200,0	300,0
Tempo de residência (dias)	19	69
Vazão média (m ³ /s)	7.300,0	7.300,0
Tempo de residência (dias)	3	3
Vazão máxima (m ³ /s)	20.700,0	14.000,0
Tempo de residência (dias)	1	1

94. A modelagem realizada abordou a área de interesse dividida em 4 (quatro) subsistemas (reservatórios principal e dos Canais, e trechos do rio Xingu a jusante dos reservatórios) e pautou a simulação na aplicação combinada dos modelos MQUAL e Índice de Estado Trófico – IET, a partir da consideração das fontes pontuais de cargas orgânicas e de fósforo e nitrogênio, e diversas escalas de desmatamento da área de drenagem da bacia.

95. As concentrações de oxigênio dissolvido na água também foram simuladas para diferentes cenários de desmatamento e de consumo de oxigênio devido à biomassa afogada.

96. A descrição dos modelos utilizados, MQUAL e IET, foi bastante superficial, indicando apenas as variáveis de entrada, sendo:

- *Cargas difusas*: provenientes do processo de uso e ocupação da bacia e estimadas com base em índices de produção apresentados na literatura e no efeito das chuvas no carreamento dessas matérias até os reservatórios.
- *Cargas pontuais*: trata-se do lançamento direto de esgotos domésticos. As cargas desses efluentes foram estimadas por índices de produção apresentados na literatura.
- *Volume e Vazão*: características que influenciam na definição do tempo de residência dos reservatórios e da capacidade de diluição/assimilação de cargas poluentes.

- *Coefficiente de exportação*: taxa utilizada para ponderar os valores estimados de produção de cargas da bacia.

97. Na estimativa de cargas geradas na bacia, o estudo não apresentou os índices de produção de cargas utilizados e nem os valores estimados, além de não detalhar a metodologia de aplicação do efeito das chuvas e o coeficiente de exportação citados como variáveis de entrada do modelo utilizado.

98. Para a concentração de fósforo nos reservatórios, a simulação pautou-se na utilização do modelo empírico Vollenweider (1976), entretanto, os resultados dessa atividade, em termos de valores, não foram apresentados.

99. Quanto ao Índice de Estado Trófico – IET, o cálculo baseou-se na metodologia da CETESB, a qual foca a análise no parâmetro fósforo.

Análise das conclusões apresentadas

100. Os resultados, apresentados na forma de gráficos, mostraram a evolução da concentração de fósforo (g/m^3), considerando separadamente os dois tipos de cargas de entrada (pontual e difusas) e cada reservatório, para as vazões mínimas, médias e máximas, conforme Tabela 8.

TABELA 8 – VAZÕES SIMULADAS NA MODELAGEM MATEMÁTICA DE QUALIDADE DE ÁGUA

Reservatório \ Vazões (m^3/s)	Mínimas	Médias	Máximas
Principal	1200	7300	20700
Dos canais	300	7300	14000

101. O resultado da simulação das cargas pontuais indicou uma maior concentração de fósforo no reservatório Principal, no período de vazões máximas, sendo de $0,01835 \text{ g/m}^3$, para o final da simulação, ano 2035.

102. Quanto ao reservatório dos Canais, as maiores concentração de fósforo, devido a cargas pontuais, estão previstas para as vazões mínimas e serão da ordem de $0,021 \text{ g/m}^3$, para o ano de 2035.

103. Sobre as cargas difusas, em ambos os reservatórios, as maiores concentrações de fósforo estão previstas para as vazões mínimas, sendo de $0,00037$ e $0,00155 \text{ g/m}^3$ para os reservatórios Principal e dos Canais, respectivamente, considerando o cenário de desmatamento de 20% e de $0,00039$ e $0,0016 \text{ g/m}^3$ para 100% de desmatamento. Lembra-se que a área de reserva legal, em regiões amazônicas, corresponde a 80%, conforme Código Florestal (Lei 4.771 de 1965), salvo algumas exceções.

104. Destaca-se que o processo de transferência de cargas do reservatório principal para o reservatório dos canais não foi referido, portanto, não se pode concluir que essa questão foi considerada ou não na análise apresentada.

105. Na seqüência, o estudo apresentou os resultados, novamente apenas no formato de gráficos, da avaliação do Índice de Estado Trófico, para os dois reservatórios, considerando

diferentes cenários de tratamento de esgoto da cidade de Altamira (sem tratamento, tratamento gradual e imediato).

106. Estranhamente, os gráficos mostraram que, no reservatório Principal, a eutrofização seria inevitavelmente a condição a ser alcançada ao final dos 20 (vinte) anos simulados, enquanto, no reservatório dos canais, o estado de eutrofização pode ser evitado com a implementação de sistema de tratamento de esgotos da cidade de Altamira.

107. Como nas conclusões finais, os documentos consideram apenas a possibilidade de eutrofização no reservatório dos Canais, descartando o risco de ocorrência desse fenômeno no reservatório Principal, possivelmente os resultados mostrados nos gráficos estejam trocados.

108. A falta de maiores detalhes acerca da metodologia utilizada e das cargas estimada dificulta a verificação desse equívoco.

109. De qualquer maneira, os resultados das análises mostraram a grande interferência dos esgotos desse município no grau de trofia dos reservatórios, concluindo que o tratamento desses efluentes é indispensável para a manutenção da qualidade de água abaixo das condições do estado eutrófico.

110. Outra questão que dificultou a interpretação desses resultados foi a falta de detalhamento e quantificação das variáveis consideradas, uma vez que o texto não esclarece se a simulação considerou também as cargas difusas e que tipo de tratamento (eficiência de remoção de cargas de fósforo) referenciou os cenários avaliados.

111. No entanto, como o programa de controle e mitigação de impactos indicado para equacionar essa problemática foi pautado na implantação de sistema de tratamento de esgoto, em nível secundário, observa-se que o tipo de tratamento preconizado não poderia interferir, da maneira significativa, como foi observado nos resultados.

112. A simulação posterior tratou da estratificação do reservatório dos Canais, uma vez que os dados hidráulicos e de morfologia do reservatório Principal, de acordo com a literatura, não acarretará o desenvolvimento desse fenômeno.

113. A avaliação baseou-se no cálculo da resistência térmica à circulação (gradiente de densidade que impede a circulação) e a estabilidade do sistema (ação do vento na circulação vertical).

114. Os dois resultados concluem pela ocorrência de estratificação térmica e química no reservatório dos Canais, no período da vazante, deteriorando a qualidade da água com possíveis repercussões à jusante. Destaque foi dado aos sistemas de vales e bolsões, que possuem profundidades de até 47 metros, que juntamente com a proteção do vento, prejudicará, ainda mais, a circulação vertical.

115. Por fim, o estudo destacou as seguintes conclusões:

a. Sobre o reservatório Principal:

- Baixo tempo de retenção.
- Baixo aporte de nutrientes (N e P) a partir da bacia hidrográfica.

- Alta oxigenação.
- Transporte elevado de material em suspensão e de plâncton.
- Alta capacidade de autodepuração.

b. Sobre o reservatório dos Canais:

- Alto tempo de retenção (maior que 60 dias).
- Baixo aporte de nutrientes a partir da bacia hidrográfica.
- Estratificação térmica e química.
- Maior capacidade de retenção de fósforo.
- Menor capacidade de autodepuração.
- Eutrofização do reservatório.

116. Diante das dificuldades encontradas para compreender plenamente os estudos e resultados apresentados acerca da modelagem matemática e ecológica do AHE Belo Monte, principalmente devido à omissão dos resultados em termos quantitativos e de maior detalhamento da metodologia empregada, conforme comentado nas análises anteriores, decidiu-se por desenvolver essas avaliações, de forma preliminar, para ter um cenário de comparação dos resultados.

117. Assim, o potencial de produção de cargas de fósforo da área de drenagem do AHE Belo Monte foi estimado, a partir de índices de contribuições unitárias típicas apresentados por Von Sperling (2005), conforme Tabela 9.

TABELA 9 – CONTRIBUIÇÕES UNITÁRIAS DE FÓSFORO TÍPICAS

Fonte	Tipo	Valores típicos
Drenagem	Áreas de matas e florestas	10 KgP/Km ² .ano
Drenagem	Áreas agrícolas	50 KgP/Km ² .ano
Esgotos	Domésticos	0,4 KgP/Km ² .ano

118. A determinação das cargas de fósforo de origem difusa depende do levantamento das áreas conforme o tipo de uso e ocupação do solo, caracterização que demandaria um tempo maior de estudo. Assim, por simplificação, considerou-se três situações de uso:

1. Unidade de conservação: área conhecida (89.847,5 km²).
2. Áreas de mata e floresta: restrição mínima de reserva legal estabelecida pelo Código Florestal Brasileiro – Lei N° 4.771 de 1965 para o bioma floresta amazônica, de 80% da área (286.297,20 km²).
3. Uso agrícola: potencial máximo de uso e exploração do solo (20%), de acordo a com Lei N° 4.771 de 1965 (71.574,30 km²).

119. A Tabela 10 apresenta os resultados dessas estimativas, totalizando as cargas difusas e pontuais. No entanto, observa-se que esses dados são superestimados, pois não consideram o decaimento dessas cargas ao longo da bacia, processo que deve reduzir significativamente essas cargas, visto o tamanho da bacia (447.719,0 Km²).

TABELA 10 – POTENCIAL TOTAL DE APORTE DE CARGAS DE DBO E FÓSFORO AOS RESERVATÓRIOS DA AHE DE BELO MONTE

Ano	Pontuais (tP/a)	Difusas (tP/a)	Total (tP/a)	DBO (t/ano)
Atual	65	6.441,7	6.506,7	3.714,1
Projeção 2020	117,9	6.441,7	6.559,6	6.737,4
Projeção 2030	166	6.441,7	6.607,7	9.485,8
Projeção 2044	233,34	6.441,7	6.675,0	13.333,7

120. A segunda fase da análise compreendeu o estudo da capacidade máxima de assimilação de cargas de fósforo pelos futuros reservatórios da usina, resguardando a concentração de fósforo limite de 0,03 mg/L, para ambientes lênticos, de classe II, estabelecida pela Resolução CONAMA N° 357 2005.

121. Para tanto, utilizou-se o mesmo modelo indicado nos documentos apresentados – Método de Vollenveider – e o cenário mais restritivo de regra de operação proposto naqueles estudos, que corresponde ao período de estiagem. A Tabela 11 apresenta esses resultados.

TABELA 11 – CARGA DE FÓSFORO ADMISSÍVEL AVALIADA PELO MÉTODO DE VOLLENVEIDER

Reservatório	Volume no NA Max Normal	Para a vazão mínima (t/ano)
Principal	2510 hm ³	1109,0*
Dos Canais	2231 hm ³	559**

* 700 m³/s

**300 m³/s

122. As estimativas realizadas mostram que o potencial máximo de aporte de cargas de fósforo, oriundas de fontes pontuais e difusas, aos reservatórios é praticamente quatro vezes maior que a capacidade de assimilação desses lagos. No entanto, destaca-se que as simplificações admitidas na análise, como o cenário de uso pleno das áreas não destinadas à reserva legal (20%) e a não consideração do decaimento dessas substâncias ao longo da bacia, superestimaram os resultados.

123. Contudo, destaca-se que o maior problema identificado pelos estudos ambientais - eutrofização do reservatório dos Canais - não foi avaliado adequadamente ou, pelo menos, as informações apresentadas não foram suficientes para explicar e concluir os efeitos decorrentes do processo de formação do reservatório dos Canais e seus respectivos impactos.

124. A intenção da análise aqui apresentada é destacar a necessidade de aprofundamento e detalhamento dos estudos de simulação da qualidade de água dos futuros reservatórios. O desenvolvimento desses estudos permitirá avaliar corretamente os impactos do AHE Belo Monte na qualidade de água, permitindo a gestão de recursos hídricos na área influenciada.

125. Por fim, entende-se que a decisão referente à vazão mínima circulante no reservatório dos Canais deve ser conservadora, visto as incertezas metodológicas e dos resultados dos estudos apresentados, bem como o cenário resultante da avaliação simplificada realizada. Assim, recomenda-se manter uma vazão mínima de circulação no reservatório dos Canais de 300 m³/s. Os estudos complementares sugeridos deverão avaliar corretamente o ganho, em termos de qualidade de água, com a manutenção dessa vazão mínima no reservatório dos Canais.

Estudos Complementares

126. Nesse item são apresentadas recomendações de estudos complementares a serem impostas como condicionantes para obtenção da outorga de direito de uso.

127. No estudo de qualidade de água apresentado pelo requerente utilizou-se uma vazão mínima de 300 m³/s afluente ao reservatório dos Canais. No entanto o estudo concluiu que tal condição não afasta o risco de eutrofização nesse reservatório. Apresentou-se assim uma avaliação feita pela GREG da capacidade de assimilação de cargas poluidoras pelos reservatórios da AHE Belo Monte em tais condições de vazão. Apesar de tratar-se de uma avaliação preliminar, negligenciando as diferentes fases do ciclo do fósforo, observam-se cargas afluentes muito superiores àquelas consideradas como limites, segundo metodologia usada.

128. Para mensurar corretamente os impactos da manutenção de 300 m³/s no Reservatório dos canais, propõe-se a elaboração de estudo de modelagem hidrodinâmica ambiental do AHE Belo Monte. Sugere-se a realização de tal estudo como condicionante à conversão desta DRDH em outorga de direito de uso.

129. O objetivo é mensurar os impactos do AHE Belo Monte na qualidade de água através da modelagem do transporte e reações cinéticas dos poluentes intervenientes no ciclo do fósforo, considerando-se dados hidrodinâmicos obtidos em escalas compatíveis com tais fenômenos. Para tanto, será prevista em tal condicionante a elaboração de medições de forçantes hidrodinâmicos do sistema, como os perfis topobatimétricos com espaçamentos condizentes com a resolução requerida, além de dados de vazão e ventos na área de escopo. Serão exigidas também coletas de dados de qualidade de água de poluentes específicos que compõe o ciclo do fósforo.

130. A necessidade de utilização de dados batimétricos em resolução adequada (bem superior àquela utilizada no estudo apresentado) é o principal fator para que tal condicionante seja imposta apenas na conversão desta DRDH em outorga de direito de uso, com prazo para sua execução. Isso porque a realização de uma campanha de medição topográfica com resolução condizente seria tecnicamente inviável. Já as técnicas de levantamento batimétricos permitirão obter as resoluções requeridas, o que demanda que o referido levantamento seja realizado com o reservatório já em operação.

131. A seguir, apresentam-se de forma sucinta as características básicas sugeridas para o referido estudo.

Escopo

132. Pretende-se utilizar a modelagem hidrodinâmica ambiental para resolver perfis de velocidades e elevações no reservatório Principal e no dos Canais e permitir a simulação da qualidade de água englobando a sinergia dos seguintes poluentes constituintes do ciclo do fósforo: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo orgânico, fósforo inorgânico, nitrogênio orgânico, amônio, nitrato, clorofila e biomassa de fitoplâncton.

133. Para tanto, serão utilizados dados de ventos locais, vazões afluentes, dados operativos definidos, dados batimétricos, dados meteorológicos da região (evaporação e precipitação), dados de qualidade de água e outros parâmetros para simular o impacto do AHE Belo Monte.

134. Os modelos hidrodinâmico e de qualidade de água poderão ser acoplados ou não, ou seja, será admitida a resolução de perfis de velocidade e de elevação de forma desacoplada do transporte de poluentes, como se esses fossem passivos. Sugere-se ainda a exigência de modelagem hidrodinâmica tridimensional (3D) e de modelagem de qualidade de água bidimensional horizontal (2DH).

135. O domínio modelado deverá se estender por todo reservatório Principal, desde o trecho a montante de Altamira, e pelo reservatório dos Canais.

Dados batimétricos

136. Apesar da tendência de estratificação no reservatório dos Canais exposta no estudo apresentado pelo requerente, o que sugere participação de gradientes baroclínicos na dinâmica, sabe-se que o principal forçante em tais sistemas é o gradiente barotrópico de pressão, ou seja, o escoamento é forçado, mormente, por desníveis na linha d'água. Tal forçante, por sua vez, é influenciado pela morfologia do fundo, incluindo batimetria e rugosidade do fundo. A rugosidade de fundo é geralmente utilizada como parâmetro de calibração de modelos hidrodinâmicos, ficando a batimetria local com um peso muito grande na obtenção de perfis de velocidade e elevação verossímeis.

137. A resolução requerida demanda levantamento de seções transversais espaçadas de, no máximo, 100 m no corpo principal do reservatório dos Canais e de 50 m nas estruturas dendríticas de tal reservatório. Tais especificações, no entanto, serão mais bem detalhadas após o enchimento do reservatório. O reservatório Principal não será foco do estudo, sendo incluído apenas para modelar os efeitos do transporte das cargas de montante até as derivações para o reservatório dos Canais. Portanto, a batimetria no reservatório principal poderá ser feita com espaçamento mínimo entre transversais de 500 m. Adicionalmente devem ser previstas longitudinais espaçadas de 500 m ao longo deste trecho.

Ventos

138. As dimensões do reservatório dos Canais exigem dados de ventos médios a cada meia hora para simulação adequada da recirculação forçada por tais ventos. No entanto, a maioria dos históricos de vento, possui frequências menores de amostragem. Sugere-se a obtenção do histórico de ventos junto ao aeródromo de Altamira, administrado pela INFRAERO.

139. O outorgado deverá ainda, em prazo definido na resolução de outorga, instalar e operar uma estação de medição de ventos sediada nas proximidades da barragem do reservatório dos Canais. A frequência de amostragem deverá ser horária, com dados de intensidade e azimute do vento.

Dados de vazão

140. Pretende-se construir um cenário crítico que considere as vazões ocorridas no ano crítico de 1969, nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro. Esses foram os meses para os quais a vazão afluyente foi menor que 1.000 m³/s naquele ano. Com a regra proposta de simulação, em tais condições a vazão mínima de 300 m³/s afluyente ao reservatório dos Canais seria mantida às custas do deplecionamento do reservatório Principal.

141. Entende-se, portanto, que a conjunção de tal condição com as cargas oriundas da ocupação da bacia de montante para o fim de plano constituiria o cenário crítico. As vazões citadas acima devem ser prescritas como condições de contorno de fluxo de montante.

Dados de qualidade de água

142. Os poluentes a serem modelados participam do ciclo do fósforo e influenciam no processo de eutrofização. São eles: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo orgânico, fósforo inorgânico, nitrogênio orgânico, amônio, nitrato, clorofila e biomassa de fitoplâncton.

143. Para a modelagem proposta será necessário construir um histórico de medições de tais poluentes. Tais informações ajudarão a compor as condições de contorno do modelo de qualidade de água e servirão para calibrar os resultados.

- **Condições de contorno:** Para um cenário de fim de plano, sugere-se a estimação das cargas concentradas lançadas em Altamira e das cargas distribuídas afluentes no trecho do reservatório Principal, no rio Xingu. As condições de contorno de concentrações de tais poluentes a montante deverão ser medidas. Por isso, devem ser realizadas campanhas de medição a montante de Altamira.
- **Calibração do modelo de qualidade de água:** demandará medições dos poluentes no interior do domínio modelado. Portanto, serão definidos pontos adicionais de coleta.

144. Cabe ressaltar as condicionantes sugeridas referentes ao estudo complementar, serão impostas após a conversão da DRDH em outorga de direito de uso, com definição de prazos e condições para seus cumprimentos, dada a necessidade de levantamentos batimétricos dos reservatórios e monitoramento de poluentes durante um período mínimo de operação do AHE.

Resultados esperados

145. Com os estudos complementares de modelagem hidrodinâmica e de qualidade de água pretende-se construir um cenário de simulação crítico do ponto de vista das vazões afluentes e das cargas de fim de plano. Com isso, será possível mensurar os impactos na qualidade de água tanto no trecho da AHE, notadamente no Reservatório dos Canais, como no trecho de jusante. Quanto ao TVR, não são esperados impactos significativos.

146. O tratamento dos resultados da modelagem e a apresentação de gráficos de isolinhas de concentrações dos poluentes citados, bem como de probabilidades de superação das concentrações limites de classes, ajudarão a assinalar as regiões mais afetadas e a guiar a gestão das futuras demandas de recursos hídricos na região de influência do empreendimento.

147. Sendo assim, sugere-se a imposição de novas condicionantes ligadas à elaboração de tais estudos complementares quando da conversão desta DRDH em outorga de direito de uso. Com a apresentação do projeto básico da AHE será possível detalhar prazos, bem como determinar a alocação de pontos de monitoramento de forçantes e de qualidade de água.

Condicionantes relativas à qualidade da água para a DRDH

- Manutenção de vazão mínima circulante no Reservatório dos Canais de 300 m³/s;
- Remoção de 100% da cobertura florestal na área a ser inundada devido à formação do Reservatório dos Canais, de acordo com ação prevista no âmbito do Programa de Desmatamento;
- No âmbito do Programa de Intervenção em Altamira, que prevê a implementação de sistema de coleta e tratamento de esgotos para a cidade de Altamira, apresentar Projeto Básico do referido sistema, em nível terciário, observando uma remoção mínima de 80% das cargas de fósforo e de nitrogênio e de 95% para matéria orgânica do efluente e estudo específico de adequação da localização do ponto de lançamento para evitar locais com maior propensão de resistência a circulação da água, como áreas marginais e de igarapés, em articulação com a concessionária dos serviços de abastecimento público e esgotamento sanitário;
- Detalhamento dos seguintes Programas Ambientais indicados no EIA do empreendimento: Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Águas; Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas; Programas de Desmatamento e Limpeza das Áreas dos Reservatórios; Programa de Proteção e Recuperação das APP's dos Reservatórios; Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório do AHE Belo Monte – PACUERA; Programa de Proposição de Áreas de Preservação Permanentes – APP e Programa de Gerenciamento e Controle dos usos múltiplos do reservatório e seu entorno.

148. Para a emissão da outorga ao titular do AHE Belo Monte, deverá ser exigido o aprofundamento dos estudos de qualidade da água conforme detalhado nesta Nota Técnica.

SEDIMENTOS, ASSOREAMENTO E VIDA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS

149. Segundo os estudos apresentados, as primeiras medições de descarga sólida em Altamira tiveram início em 1979, quando foram realizadas 30 medições até 1987. Entre 1987 e 1989, foram obtidas mais 86 medições de descarga sólida. A diferença entre as duas etapas de medições de descarga sólida é que na segunda etapa, além da descarga sólida em suspensão, também foram amostradas descargas sólidas de fundo. O número de verticais para amostragem da descarga sólida a partir de 1987 também foi maior. Estes motivos levaram a projetista a utilizar para os estudos sedimentológicos apenas as medições de descarga sólida realizadas após 1987. Apesar da amostragem de descarga sólida de fundo, a projetista optou por considerar, para o cálculo da descarga sólida total, uma majoração a partir da descarga sólida em suspensão, de 30%, percentual conservador.

150. A curva-chave de sedimentos ajustada pela projetista a partir das considerações já citadas é a apresentada a seguir. A qualidade do ajuste obtido não foi apresentada.

$$Q_s = 0,8506 \cdot Q^{0,8309}$$

151. A Figura 11 apresenta a curva-chave de sedimentos ajustada às medições de descarga sólida e líquida utilizadas nos estudos apresentados à ANA.

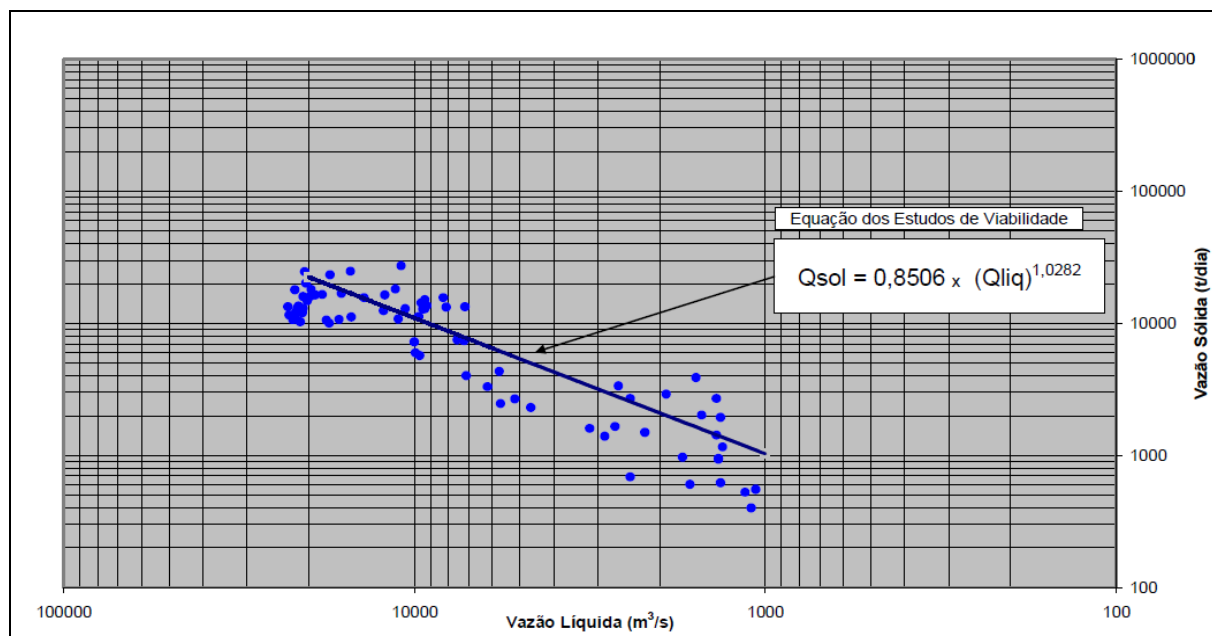


FIGURA 11 – MEDIÇÕES DE DESCARGA SÓLIDA E CURVA-CHAVE DE SEDIMENTOS UTILIZADA NOS ESTUDOS

152. A carga total diária de sedimentos transportados pelo rio Xingu em Altamira, calculada a partir da curva-chave proposta, foi de 8.702 ton/dia. Foi considerada pela projetista uma taxa de crescimento das descargas sólidas de 6% ao ano. Esta taxa foi aplicada durante 16 anos, resultando num multiplicador de 2,5 ao transporte sólido médio anual.

153. O peso específico adotado para os sedimentos foi de 0,852 ton/m³, para o início da operação, e 1,053 ton/m³ após 50 anos de operação, valores considerados conservadores.

154. Para estimativa da vida útil do reservatório do Xingu e do reservatório dos canais, foi adotada pela projetista uma partição de vazões entre a calha do Xingu e a vazão derivada para os canais, de 30% e 70%, respectivamente. Considerou-se que a descarga sólida segue a mesma proporção.

155. Para a tomada d'água principal, o estudo apresentado adotou duas abordagens para avaliação da vida útil: uma considerando um reservatório único e, a outra, a existência de dois volumes de reservação interligados pelos canais de derivação. Esta segunda abordagem contemplou ainda duas variantes, a seguir descritas:

- a) os quantitativos dos sedimentos transportados para o volume de reservação de jusante (canais) são função da eficiência de retenção do reservatório de montante (Xingu) e da razão da partição das efluências deste último, que ocorre entre os canais de derivação e o vertedouro principal traduzido pela seguinte equação:

$$V_{S_{\text{Canais}}} = (0,7) \cdot (1-ER_{\text{Xingu}}) \cdot (V_{\text{stotal}})$$

onde $V_{S_{\text{Canais}}}$ é o volume de sedimentos que chega ao reservatório dos canais, ER_{Xingu} é a eficiência de retenção do reservatório do Xingu e V_{stotal} é o volume total de sedimentos que aportam pelo rio Xingu;

b) os quantitativos de sedimentos depositados acima da cota 85,00 m (cota mais elevada do fundo dos Canais de Derivação) no volume de reservação do Xingu são integralmente transferidos para o volume de reservação dos canais.

156. A metodologia empregada nos estudos apresentados foi a de Borland e Muller para cálculo da altura do depósito de sedimentos no pé da barragem, e a curva de Brune para calcular a eficiência de retenção do reservatório.

157. Os estudos apresentados mostram que a vida útil, considerada como o tempo em que os sedimentos atingem a cota da soleira da tomada d'água da casa de força principal, seria de 180 anos (considerando reservatório único), de 248 anos (dois reservatórios, sedimentos integralmente transferidos para o reservatórios dos canais) ou de 513 anos (dois reservatórios, partição das descargas sólidas conforme equação citada).

158. Já o tempo em que os sedimentos atingem a soleira da casa de força complementar foi estimado em 100 anos, caso seja executado um muro de contenção de sedimentos a montante desta tomada d'água, com 44m de extensão e cota de coroamento de 81 m.

159. Para verificação dos estudos apresentados, inicialmente foi realizada uma consulta ao Mapa de Potencial de Produção de Sedimentos do Brasil, publicado pela ANEEL em 2005. Para a bacia do rio Xingu, praticamente toda a bacia foi classificada como potencial muito baixo de produção de sedimentos ($< 5 \text{ ton/km}^2\cdot\text{ano}$), com exceção das cabeceiras na região de Paranatinga, que apresentam um potencial de produção de sedimentos bem maior, mas se restringem a uma pequena porção da área total da bacia. Aplicando-se a taxa de $5 \text{ ton/km}^2\cdot\text{ano}$ à área de drenagem do AHE Belo Monte, chega-se a um potencial anual de 2.235.000 ton/ano, o que resulta em um potencial de produção de sedimentos de 6.123 ton/dia, valor inferior ao calculado em Altamira a partir da curva-chave de sedimentos apresentada pela projetista.

160. Outra verificação realizada foi a consulta ao documento “O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Bacia Amazônica Brasileira” (ANEEL/OMM/IRD/UNB/HIBAM, 1999), no qual a produção específica média anual de sedimentos no rio Xingu em Altamira é de 15 a 19 $\text{ton/km}^2\cdot\text{ano}$, que resultaria numa produção total entre 18.400 e 23.300 ton/dia, valor superior ao encontrado nos estudos apresentados. O referido documento também destaca a baixa produção de sedimentos da bacia do rio Xingu, se comparada a outras bacias amazônicas, como os rios Solimões e Madeira. Em termos percentuais, o rio Xingu contribui com 1,3% do fluxo global de sedimentos da bacia amazônica, ao passo que os rios Madeira e Solimões contribuem com 35% e 62%, respectivamente. Este documento não utilizou curva-chave de sedimentos para o cálculo da produção média de sedimentos, mas sim se baseou em séries de descargas sólidas medidas preenchidas. Isto porque não foram obtidas boas relações entre descarga líquida e descarga sólida nas bacias estudadas no referido documento.

161. Também foram plotadas as medições de descarga sólida da estação Altamira (18850000) disponíveis no *Hidro* a partir de 1987 (45 medições), e então foi ajustada uma

curva-chave de sedimentos, para verificação da adequação da curva-chave de sedimentos proposta pela projetista. Destaca-se que não estão disponíveis no *Hidro* as medições utilizadas nos estudos apresentados. As medições de descarga e a tentativa de ajuste são apresentadas na Figura 12.

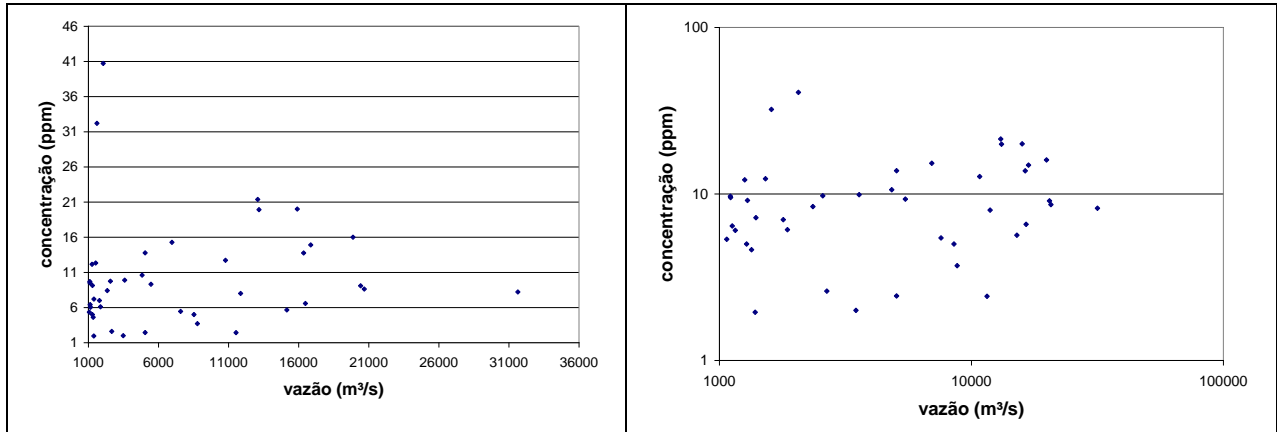


FIGURA 12 – MEDIÇÕES DE DESCARGA SÓLIDA EM ALTAMIRA DISPONÍVEIS NO HIDRO E CURVA-CHAVE DE SEDIMENTOS (EM ESCALA NORMAL E ESCALA LOGARÍTMICA)

162. Verifica-se a grande dispersão entre as medições de descarga sólida e líquidas da estação Altamira, o que corrobora com as afirmações do estudo “O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Bacia Amazônica Brasileira”, de que o uso de curva-chave de sedimentos pode não ser a melhor alternativa para o estudo sedimentológico da bacia do rio Xingu, apesar de que, para a verificação aqui realizada, não estavam disponíveis as medições de descarga sólida utilizadas pela projetista. No entanto, para obtenção de uma série histórica confiável de descargas sólidas, que seria uma alternativa à utilização de uma curva-chave de sedimentos, seria necessária uma maior periodicidade de medições de descarga sólida.

163. Para avaliar a disposição de sedimentos no pé da barragem e a eficiência de retenção de sedimentos, foram utilizados os mesmos métodos dos estudos apresentados à ANA.

164. Inicialmente, foi utilizada a curva de Brune para avaliação da eficiência de retenção dos reservatórios. Foi testada a eficiência de retenção considerando apenas a soma dos volumes dos reservatórios do Xingu e dos canais em conjunto e isoladamente. Para este segundo cenário, os volumes médios anuais afluentes foram particionados estimando a vazão média anual que passa pelo TVR, por conta do hidrograma ecológico somado aos vertimentos do vertedor principal. Este foi considerado o volume médio anual que passa pelo reservatório do Xingu. O volume médio afluente aos dois reservatórios (série de vazões em Altamira), descontado do volume médio anual que passa pelo rio Xingu foi considerado o volume médio anual que passa pelo reservatório dos canais. A partir da relação entre as capacidades dos reservatórios e os seus volumes afluentes já particionados, foram determinadas as eficiências de retenção pela curva de Brune.

165. As eficiências de retenção foram aplicadas às cargas totais de sedimentos que aportam aos reservatórios. A partição das cargas sólidas foi realizada na mesma proporção das vazões médias afluentes. Aplicando as eficiências de retenção encontradas e o peso específico de 0,852 ton/m³ (mais conservador), obtém-se o volume médio anual retido em cada reservatório nos cenários simulados.

166. Os resultados de eficiência de retenção estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 – EFICIÊNCIAS DE RETENÇÃO CALCULADAS PARA OS CENÁRIOS SIMULADOS

cenário	Capacidade (hm ³)	Vol. afluyente anual (hm ³)	Relação cap/volume	Efic. de retenção	Vol. Sedim. retido (hm ³ /ano)
Reservatórios em conjunto	4.741	247.936	0,019	60 %	2.236.782
Reservatórios separados: Xingu	2.510	75.340	0,033	70 %	792.964
Reservatórios separados: Canais	2.231	172.597	0,013	55 %	1.427.340

167. A seguir foi aplicado o método empírico de redução de área, de Borland e Muller, para avaliação da deposição dos sedimentos no pé das barragens. O tipo de reservatório adotado foi Tipo I, a mesma tipologia utilizada nos estudos apresentados à ANA. Foi possível a aplicação apenas aos reservatórios considerados em conjunto, pois as curvas cota-área-volume (CAV) dos compartimentos Xingu e canais do reservatório não foram apresentadas isoladamente.

168. Os resultados da aplicação do referido método, considerando os dois reservatórios em conjunto, estão apresentados na Tabela 13. Nesta Tabela, foram considerados cenários sem crescimento do aporte de carga sólida ao AHE Belo Monte e crescimentos de 1% e 2% ao ano.

TABELA 13 – TEMPOS DE ASSOREAMENTO DE COTAS CARACTERÍSTICAS (ANOS)

cenários	Cota (m)	0% a.a.	1% a.a.	2% a.a.
Reservatórios em conjunto	64,5	>200	>200	~130
	68,5	>200	>200	~150
Reservatórios separados: Xingu	68,5	*	*	*
Reservatórios separados: Canais	64,5	*	*	*

cota da tomada d'água na casa de força complementar: 68,5 m (desenho BEL-V 35-101-0050 R0, EIA volume 3)

cota da tomada d'água da casa de força principal: 64,5 m (desenho BEL-V 10-101-0035 R0, EIA volume 3)

* a ausência de curvas CAV separadas impediu o cálculo da deposição por reservatório.

169. Os resultados da Tabela 13 indicam que, no cenário dos reservatórios considerados em conjunto, o tempo para ocorrer assoreamento da tomada d'água em cota mais baixa é de pelo menos 130 anos, em um cenário de crescimento do aporte de sedimentos de 2% a.a.

170. No entanto, o cenário mais provável é o que considera os reservatórios em separado com uma partição do aporte dos sedimentos. Neste cenário, possivelmente o tempo de assoreamento até a cota da tomada d'água da casa de força complementar será menor do que os tempos aqui calculados. Isto porque a cota de fundo do compartimento do rio Xingu é superior à cota de fundo do compartimento dos canais e a eficiência de retenção do compartimento do Xingu é possivelmente mais alta, como evidenciado na Tabela 12. Além disso, é possível que a partição do aporte de sedimentos não reproduza a partição de descargas líquidas, porque a cota de fundo dos canais que formarão o desvio do rio Xingu para o compartimento dos canais (85 m) é superior à cota da tomada d'água da casa de força complementar. Isto poderia ocasionar um maior aporte de sedimentos até o pé da barragem do sítio Pimental em relação à barragem do sítio Belo Monte.

171. Em função das considerações acima, e também por conta dos resultados dos estudos apresentados pela projetista, que sugerem uma vida útil inferior para o reservatório do rio Xingu, com previsão de estrutura de proteção para a tomada d'água do sítio Pimental, recomenda-se que, para conversão da DRDH em outorga, seja exigido um detalhamento do estudo de assoreamento, com as seguintes premissas:

- Consideração dos reservatórios do Xingu e Canais em separado;
- Apresentação das curvas cota-área-volume dos dois reservatórios em separado;
- Consideração de que o aporte de descarga sólida de fundo do rio Xingu seja totalmente direcionado à barragem do sítio Pimental. A descarga sólida em suspensão pode ser particionada entre os reservatórios na mesma proporção da descarga líquida;
- Consideração, para cálculo da vida útil dos reservatórios, as cotas das soleiras das tomadas d'água para geração, previstas no projeto (64,5 m para casa de força principal e 68,5 m para a casa de força complementar);
- Detalhamento das eventuais estruturas de proteção necessárias para prolongamento da vida útil dos reservatórios em relação à geração de energia.

172. Recomenda-se também que seja exigida uma atualização, a cada 5 anos, das linhas de remanso do reservatório do rio Xingu para as cheias características, em função da evolução do assoreamento no reservatório.

REMANSO

173. Os estudos de remanso da UHE Belo Monte foram iniciados na fase dos Estudos de Viabilidade, mas foram mais bem detalhados nos estudos ambientais. Por conta disso, a análise aqui feita baseia-se fundamentalmente nos relatórios apresentados no EIA. Estes estudos tiveram por finalidade principal caracterizar as condições de escoamento no rio Xingu a montante do barramento, após a implantação do reservatório, e avaliar a elevação da linha d'água, tanto no rio Xingu quanto nos igarapés localizados na cidade de Altamira, buscando determinar a influência da presença do reservatório, especialmente sobre a cidade de Altamira. Para isso, o estudo foi conduzido separadamente para o rio Xingu e para os 3 igarapés de Altamira.

Remanso do reservatório sobre a calha do rio Xingu

174. O estudo do remanso do reservatório contemplou todo o estirão do rio Xingu que abrigará o reservatório, estendendo-se desde o barramento principal, localizado no sítio Pimental, até o local denominado Furo da Boa Esperança, totalizando uma extensão de aproximadamente 84,5 km.

175. Para o estudo do remanso do reservatório, foram utilizadas 12 seções transversais do rio Xingu, todas obtidas de levantamentos topobatimétricos, realizados em diferentes etapas do estudo. Considerando a extensão do trecho estudado e, principalmente, as características da calha do rio, com muitas ilhas e bifurcações, a densidade de seções foi considerada baixa para este tipo de estudo. Recomenda-se que, na continuidade dos estudos, sejam realizados novos levantamentos de campo, para um melhor detalhamento da geometria do rio, com o estabelecimento de novas seções.

176. Os estudos foram realizados com a aplicação do modelo matemático REMANTH, desenvolvido para a THEMAG, que calcula perfis de linhas d'água e respectivas linhas de energia, considerando o escoamento em regime permanente, unidimensional e gradualmente variado. Este modelo tem as mesmas características funcionais básicas do consagrado modelo HEC-RAS, mas com algumas funcionalidades que lhe são particulares, as quais determinaram a sua escolha.

177. Para a calibração do modelo, foram utilizados dados de níveis d'água em 6 seções, obtidos de curvas-chaves estabelecidas em cada uma. Uma dessas seções corresponde ao posto fluviométrico de Altamira, operado pela ANA (código 18850000), cujos dados analisados no estudo cobrem o período de 1978-2001. Nas outras 5 seções, as curvas-chaves foram estabelecidas nos levantamentos de campo, cobrindo o período de 2001-2002, cujos dados abrangem vazões de até 30.000 m³/s. Estas curvas-chaves apresentam uma boa regularidade gráfica, com pouca dispersão dos valores medidos em relação à curva estabelecida, de forma que os erros cometidos com o emprego da equação não comprometem a precisão dos resultados. Em outras 3 seções, as localizadas mais a montante, foram levantados níveis d'água somente em uma ocasião, o que não permite avaliar se a calibração consegue reproduzir as variações de níveis para as outras situações. A Tabela 14 resume o que foi exposto.

TABELA 14 – SEÇÕES UTILIZADAS PARA CALIBRAÇÃO DO MODELO DE REMANSO

Seção	Tipo de levantamento	Período
Nova 3	Nível d'água	1 dia
Nova 2	Nível d'água	1 dia
Nova 1	Nível d'água	1 dia
Babaquara BAb1b	Curva-chave	2001-2002
Altamira	Curva-chave ANA	1978-2001
BM1	Curva-chave	2001-2002
BM2	Curva-chave	2001-2002
Taboca	Curva-chave	2001-2002
Cana-Verde I	Curva-chave	2001-2002

178. No relatório do estudo, são ainda apresentadas as seções Babaquara BAb1a e Canteiro que, por não terem informações de níveis d'água em campo, não representaram ganhos em termos de informação para a calibração.

179. A calibração do modelo consistiu em determinar os coeficientes de rugosidade de Manning e de perdas por 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 ou concordantes com as curvas-chaves. Foram ajustadas 6 situações de vazões que variaram de 3.450 m³/s a 34.795 m³/s. No relatório, é observado que “exceto a curva chave de Altamira, todas as demais têm medições até cerca de 20.000 m³/s. Acima deste valor as curvas são extrapoladas e, portanto, menos precisas que a de Altamira.” (pg. 36 do EIA, Volume 11). O relatório não apresenta justificativa para a seleção destas vazões.

180. O estudo considerou o coeficiente de rugosidade variável, diminuindo com o aumento da profundidade da seção, além de considerar seções interpoladas entre as seções levantadas. Devido à baixa densidade de seções, os coeficientes calibrados para as cotas mais baixas foram “artificiais”, ou seja, representam mais as deformidades entre as seções (ilhas e

bifurcações) do que a rugosidade da calha. Por isso, para estas cotas, os coeficientes resultaram em altos valores, variando de 0,075 a 0,2. Em contrapartida, para as cotas mais altas, quando os níveis d'água cobrem a maior parte das deformidades, os coeficientes de Manning reduzem-se para valores que variam de 0,02 a 0,05.

181. O ajuste conseguido na calibração foi considerado aceitável para todas as seções, embora tenham ocorrido algumas diferenças significativas entre os valores observados e simulados. A Figura 13 apresenta os resultados obtidos na calibração do modelo e a localização das seções utilizadas. Observe-se que, na seção BM2, essa diferença foi superior a 1,0 m para a vazão mais baixa, enquanto que, nas demais seções, houve diferenças acima de 0,5 m em situações variadas. Porém, no geral, as diferenças foram consideradas pequenas. Contudo, na seção Altamira, que representa o local de maior interesse para este estudo, as diferenças foram consideradas muito pequenas, frente às discrepâncias observadas na sua curva-chave. Com isso, os coeficientes de Manning puderam ser considerados válidos.

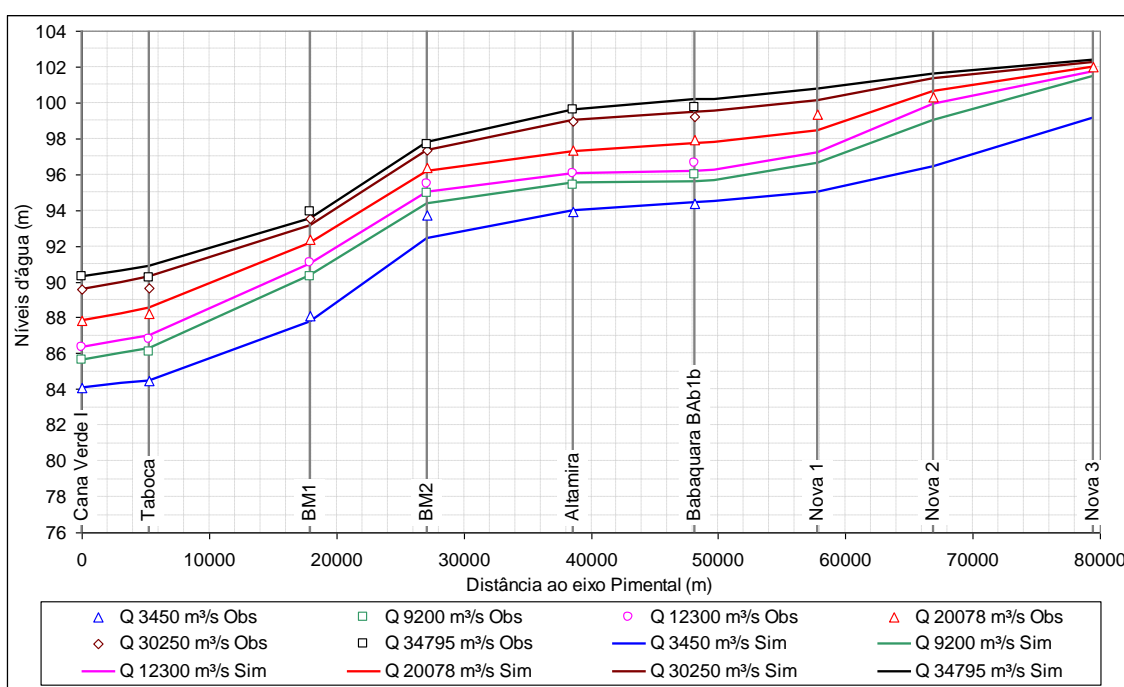


FIGURA 13 – RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO MODELO DE REMANSO

182. Com o modelo calibrado, foram simulados os perfis da linha d'água para as situações natural e com o reservatório implantado. Foram simuladas as vazões características determinadas no estudo estatístico, variando desde a vazão média das mínimas anuais (MMA), passando pela média histórica (MLT) e pela cheia média anual (CMA), até as vazões máximas com tempos de recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. A Tabela 15 apresenta os valores dessas vazões.

TABELA 15 – VAZÕES CARACTERÍSTICAS SIMULADAS NO ESTUDO DE REMANSO

Vazões	Q (m³/s)
MMA (média das mínimas anuais)	1.017
MLT (média histórica)	7.851
CMA (cheia média anual)	23.414
TR 5 anos	26.270

TR 10 anos	29.518
TR 25 anos	33.812
TR 50 anos	37.060
TR 100 anos	40.309

183. Observa-se que não foram simuladas situações de cheias com maiores tempos de recorrência. No entanto, essas situações podem ser dispensadas por não serem condicionantes para a definição da faixa de desapropriação e nem para a relocação das estruturas viárias.

184. Em todas as situações, foi adotado, como condição de contorno, o nível do reservatório junto à barragem igual ao NA máximo normal, na cota 97,0 m, já que o vertedouro foi dimensionado para extravasar até a cheia de projeto (TR 10.000 anos) sem sobrelevação.

185. As simulações realizadas permitiram que fossem determinados os limites do reservatório, que ficou estabelecido entre a barragem principal, no sítio Pimental, e o local denominado de Furo da Boa Esperança, localizado aproximadamente 45 km a montante da cidade de Altamira, apesar da última seção transversal estudada localizar-se a jusante deste ponto. O motivo para a definição deste ponto como limite do reservatório é que, logo a montante, existe uma cachoeira com níveis d'água acima da cota 104,0 m que não devem ser atingidos pelo remanso do reservatório.

186. Para a cidade de Altamira, mais precisamente na seção Altamira, os resultados mostraram que, para toda a gama de vazões simuladas, o reservatório promoverá alterações permanentes nos níveis d'água naturais. A Tabela 16 e a Figura 14 apresentam os resultados dos níveis d'água simulados antes e após a implantação do reservatório, onde se vê claramente a influência do remanso.

TABELA 16 - NÍVEIS D'ÁGUA EM ALTAMIRA

Recorrência	Vazão (m ³ /s)	NA (m)	
		Situação natural	Com reservatório
MMA (média das mínimas anuais)	1.017	93,29	97,01
MLT (média histórica)	7.851	95,27	97,29
CMA (cheia média anual)	23.414	97,9	98,9
TR 5 anos	26.270	98,37	99,24
TR 10 anos	29.518	98,88	99,62
TR 25 anos	33.812	99,5	100,1
TR 50 anos	37.060	99,91	100,45
TR 100 anos	40.309	100,3	100,78

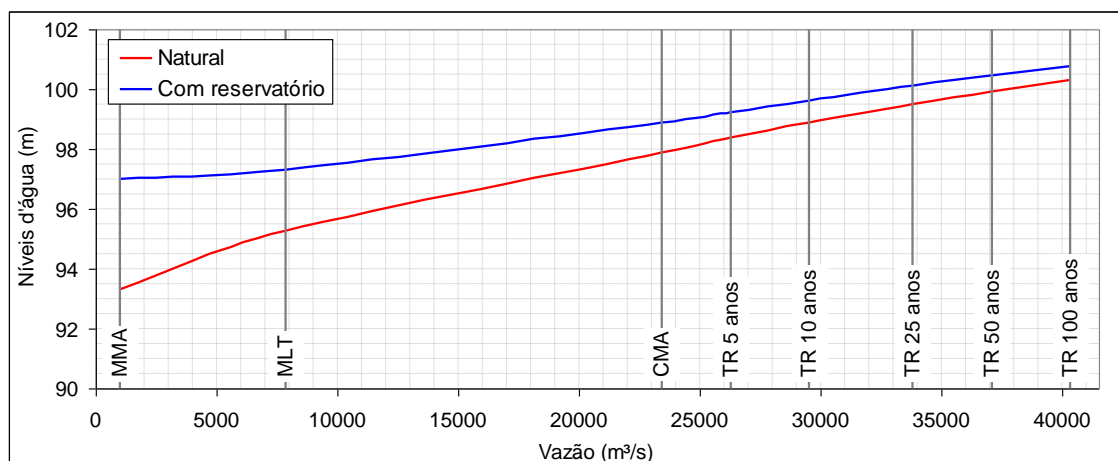


FIGURA 14 – NÍVEIS D'ÁGUA EM ALTAMIRA

187. A projetista avaliou e apresentou no desenho 6365-EIA-DE-G91-009, em planta, os limites do reservatório, mostrando que, devido ao rio Xingu correr bastante encaixado na sua calha, não há diferenças significativas entre as áreas inundadas para a cheia média anual e para as cheias de maior porte. No desenho 6365-EIA-DE-G91-010, é mostrado, em planta, um detalhamento do reservatório sobre a cidade de Altamira. O que se vê é que, às margens do rio Xingu, o remanso não promoverá alterações significativas no reservatório, mesmo que os níveis d'água sejam bastante alterados, como mostrado na Figura 14. Já nos igarapés localizados na cidade de Altamira, vê-se que há alterações significativas na extensão do reservatório sob a influência do remanso. Contudo, toda esta análise foi realizada desconsiderando os efeitos das vazões escoadas nestes igarapés. A avaliação dos igarapés foi feita separadamente e é discutida no próximo item.

Remanso sobre os igarapés de Altamira

188. Na cidade de Altamira, existem 3 igarapés de porte considerável que tem relevante interesse para o estudo dos efeitos do remanso do reservatório, pois implicam em áreas sujeitas a inundações, que afetam diretamente parte da população da cidade. São os igarapés Altamira, Pannels e Ambé.

189. Para estudar os efeitos do remanso do reservatório sobre os igarapés de Altamira, foi realizado um amplo estudo de conhecimento hidráulico-hidrológico de cada um, já que não existia qualquer informação para embasar o estudo do remanso.

190. Como não existiam dados fluviométricos nos igarapés, as vazões de cheias foram estimadas pela aplicação de um modelo chuva-vazão para as suas bacias. Foi empregado o modelo HEC-HMS, que determina a vazão com base no hidrograma unitário adimensional do SCS. Para este modelo são necessários dados da bacia como a área, a chuva distribuída no tempo, o índice CN e o tempo de concentração.

191. Tendo como base a Carta Topográfica do IBGE para a região, na escala 1:100.000, foram traçadas e planimetradas as áreas das bacias hidrográficas de cada um dos igarapés. As áreas encontradas para os igarapés Pannels, Altamira e Ambé foram, respectivamente, de 508 km², 72 km² e 222 km².

192. Para a determinação da chuva de projeto, foram analisados os dados de dois postos pluviométricos existentes na região. Os dois postos possuem muitas falhas nas suas séries, podendo ser aproveitados poucos valores máximos anuais. Ainda assim, foram realizados cálculos estatísticos sobre um dos postos, o posto Brasil Novo, com 13 valores de máximos anuais. Os resultados foram comparados com os valores da equação IDF do posto Taperinha, estabelecida pelo Eng. Otto Pfafstetter. Foi adotada a duração de 24 horas e tempos de recorrência de 2, 10 e 100 anos. Essas chuvas foram distribuídas no tempo, gerando um hietograma de 24 horas para cada tempo de recorrência. A Figura 15 mostra os hietogramas obtidos. Observe que a forma dos hietogramas é a mesma, alterando somente os seus valores.

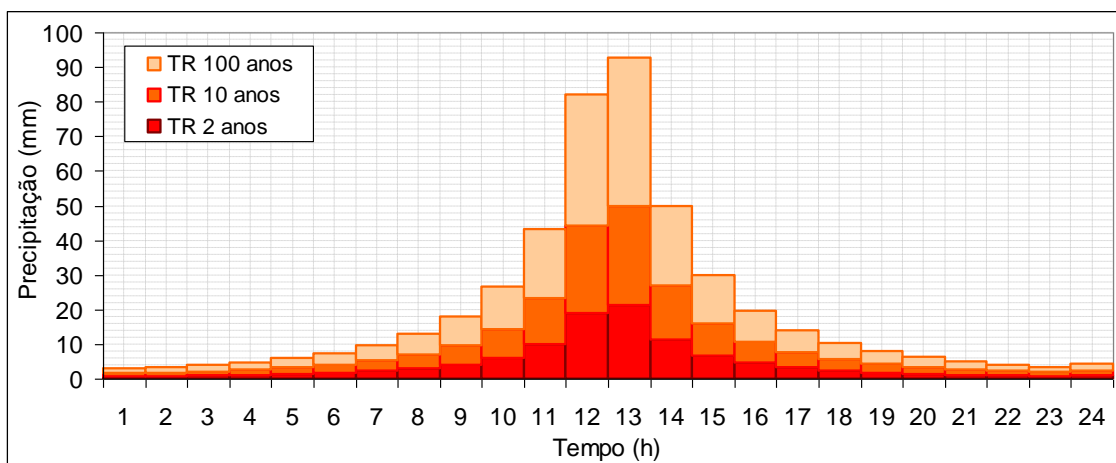


FIGURA 15 – CHUVAS DE PROJETO PARA OS IGARAPÉS

193. O índice CN foi obtido de valores padronizados, obtidos da literatura, com base nas informações de tipo de solo e do tipo de ocupação da bacia. Foram assumidos, para os igarapés, valores próximos a 70.

194. Por fim, o tempo de concentração foi determinado utilizando a equação de Dooge, com base nas informações de área e declividade do talvegue, obtidas da Carta Topográfica do IBGE, na escala 1:100.000. Os tempos de concentração encontrados para os igarapés Panelas, Altamira e Ambé foram, respectivamente, de 12,3 h, 5,6 h e 9,5 h.

195. Com esses resultados, foi empregado o modelo matemático HEC-HMS, com o qual foram determinadas as vazões máximas apresentadas na Tabela 17.

TABELA 17 – VAZÕES MÁXIMAS NOS IGARAPÉS

Recorrência	Vazão (m³/s)		
	Ambé	Altamira	Panelas
2 anos	178	70	294
10 anos	317	130	540
100 anos	617	259	1.077

196. Para este estudo, foi utilizado o modelo HEC-RAS, em contraposição ao modelo utilizado anteriormente no estudo do remanso no rio Xingu.

197. Para montar o modelo de remanso, foram levantadas algumas seções topobatimétricas nos igarapés e determinados os níveis das pontes que os cruzam. Outras seções transversais foram obtidas diretamente da cartografia, pois se verificou que as seções topobatimétricas apresentavam boa correspondência com a cartografia.

198. Como não existem medições fluviométricas em nenhum dos igarapés, não seria possível determinar uma relação entre vazões e níveis que pudesse ser utilizada para a calibração do modelo. Por conta disso, partiu-se para uma solução alternativa. Foram realizadas entrevistas com os moradores locais e identificados os níveis d'água máximos atingidos nas cheias observadas nos igarapés.

199. Para o modelo de remanso, foram definidos os coeficientes de Manning de 0,035 para o leito e de 0,1 para as margens. Estes valores não foram calibrados, mas assumidos com base naqueles recomendados na literatura.

200. Assim, com o modelo configurado, foi verificado que tempos de recorrência estavam associados aos níveis d'água máximos coletados nas entrevistas com os moradores. Nos 3 cenários avaliados, partindo dos níveis d'água obtidos no rio Xingu, foram testadas várias vazões para tentar reproduzir os níveis máximos coletados nas entrevistas. Em geral, observou-se que cheias de recorrência de 10 anos no rio Xingu, sem contribuição significativa dos igarapés, já são suficientes para promover os níveis observados em campo e coletados nas entrevistas.

201. Procurando atender os Termos de Referência do IBAMA, que exigiu a análise dos efeitos do remanso para uma recorrência de 100 anos, que corresponde a uma probabilidade de 1%, o projetista avaliou que as cheias do rio Xingu e dos igarapés são eventos independentes, baseado principalmente na grande diferença de porte das suas áreas de drenagem. Dessa forma, procurou-se combinar cheias com diferentes tempos de recorrência no Xingu e nos igarapés de modo que a probabilidade final resultasse em 1% (TR 100 anos). Com isso, a probabilidade final seria o produto das probabilidades individuais. As combinações utilizadas são apresentadas na Tabela 18.

TABELA 18 – CONDIÇÕES DE VAZÕES NO RIO XINGU E NOS IGARAPÉS, PARA TR 100 ANOS

Xingu		Igarapés			
Recorrência	Vazão (m³/s)	Recorrência	Vazão (m³/s)		
			Panelas	Altamira	Ambé
CMA (1 ano)	23.414	100 anos	1.077	259	617
10 anos	29.518	10 anos	540	130	317
100 anos	40.309	CMA (1 ano)	294	70	178

202. Com o modelo configurado, foram simulados os perfis da linha d'água para as situações natural e com o reservatório implantado, seguindo as condições propostas na Tabela 18. Em todas as situações, foram adotados, como condição de contorno, os níveis atingidos pelo reservatório junto à cidade de Altamira, mais precisamente, aqueles associados à seção Altamira, estudada anteriormente e apresentada na Tabela 16.

203. A projetista avaliou e apresentou no desenho 6365-EIA-DE-G91-012, em planta, os limites do reservatório sobre os igarapés e a sua influência sobre a cidade de Altamira, onde se percebem diferenças significativas na extensão do reservatório sob a influência do

remanso. Para essa situação, porém, foram consideradas as diretrizes do estudo de urbanização, que prevêem a remoção de algumas restrições ao escoamento, o que promoveria redução significativa dos níveis d'água a montante.

Comentários finais sobre os estudos de remanso

204. Os estudos de remanso aqui discutidos apresentaram-se bastante abrangentes no que diz respeito à quantidade e à qualidade dos dados utilizados. Reconhece-se que modelar um sistema fluvial complexo como o rio Xingu na região da UHE Belo Monte é extremamente complicado por conta das características do leito, com muitas ilhas e bifurcações. Por conta dessa complexidade, considerou-se que o número de seções transversais utilizadas foi considerado baixo. Isto, no entanto, não inviabiliza os resultados, que se mostraram bastante confiáveis, dentro das premissas utilizadas.

205. Contudo, a consideração de que os eventos no rio Xingu e nos igarapés sejam independentes não significa que os mesmos sejam excludentes. Observa-se, pelos resultados finais, com a presença do reservatório, obtidos para os igarapés, que as cheias de maior porte promovem alterações significativas nas linhas d'água para montante, à exceção do igarapé Ambé. Isso significa que, no caso de uma ocorrência de cheias com altos tempos de recorrência em conjunto, a extensão do reservatório e a sua influência sobre a cidade de Altamira podem tornar-se muito mais expressivas.

206. Por conta disso, recomenda-se, para a conversão desta DRDH para a outorga, que seja estudada a situação de cheias simultâneas no Xingu e nos igarapés, contemplando principalmente aquelas com tempos de recorrência de 50 e 100 anos ocorrendo simultaneamente no rio Xingu e em seus afluentes. Os seus resultados deverão ser apresentados em planta, com as manchas de inundação sobre a cidade de Altamira em escala adequada.

207. Além disso, o projetista deverá reavaliar as diretrizes do estudo de urbanização, considerando as faixas de proteção das edificações para o tempo de recorrência de 50 anos e as proteções das infra-estruturas, em especial as viárias, para o tempo de recorrência de 100 anos.

CONDIÇÕES GERAIS DE OPERAÇÃO

Trecho de Vazão Reduzida - TVR

208. O arranjo proposto para o AHE Belo Monte prevê um barramento no local denominado Sítio Pimental, a partir do qual a vazão é conduzida para o reservatório dos canais, paralelo à margem esquerda do rio Xingu, até o barramento do Sítio Belo Monte, onde se encontra a casa de força principal. Este arranjo acarretará que um trecho de cerca de 100km, conhecido como a Volta Grande do Xingu, terá sua vazão diminuída. Este trecho é citado nesta NT como Trecho de Vazão Reduzida, ou TVR.

209. Cabe salientar que a barragem do Sítio Pimental também é dotada de uma casa de força com 233 MW, de forma a aproveitar a vazão remanescente para geração de energia. No entanto, do ponto de vista unicamente do uso para geração hidrelétrica, a operação “ótima”

seria desviar toda a água para o reservatório dos canais e geração no Sítio Belo Monte, onde a queda, e portanto a potência, são muito mais elevados.

210. O estudo de viabilidade apresentado traz uma proposta de vazão remanescente a ser mantida no TVR, denominada hidrograma ecológico, resultado do cotejo entre necessidades de água para ecossistemas e navegação no TVR e geração de energia. O hidrograma ecológico proposto, portanto, é fruto de um compromisso, ou *trade-off*, entre dois usos conflitantes.

211. A construção do hidrograma ecológico partiu de 3 premissas ou condições de contorno:

- a. Deveria ser mantida uma vazão alta o suficiente no período de estiagem, de forma a manter o transporte fluvial. Este representa uma conexão da população do TVR com Altamira (pólo de referência na região), uma vez que se identificou que através da navegação os alunos chegam às escolas e se torna viável o atendimento em postos de saúde. A partir da modelagem de níveis e vazões no TVR, estabeleceu-se que esta vazão é de, pelo menos 700 m³/s;
- b. Pelo menos uma vez ao ano, devem ocorrer vazões suficientemente altas para inundar os pedrais existentes na volta Grande. A inundação destes pedrais é fundamental para a sobrevivência do Acari-Zebra (*Hypancistrus zebra*), espécie de peixe ornamental que representa uma receita estimada em R\$ 1.000,00 por mês para cada pescador (o documento estima que 170 moradores da Volta Grande dependam da pesca ornamental ou de consumo). A vazão necessária para inundar os pedrais, obtida de medições em campo e modelagem de níveis, foi estabelecida em, pelo menos, 4000 m³/s;
- c. A cada dois anos, pelo menos, deve haver inundação das ilhas existentes na Volta Grande e de parte da planície de inundação, permitindo conexão hidráulica destes ambientes, deposição de nutrientes e desova de determinadas espécies de interesse comercial. Estas espécies, no entanto, são mais tolerantes do que o Acari, de forma que esta inundação não precisa ser anual. A inundação das ilhas e da maior parte da planície ocorre para vazões a partir de 8000 m³/s.

212. As demais ordenadas do hidrograma foram definidas de forma a permitir uma transição gradual entre as vazões de 700m³/s e 4000/8000 m³/s, resultando no hidrograma mostrado na Tabela 19.

TABELA 19 – HIDROGRAMA ANUAL A SER MANTIDO NO TVR (M³/S)

Hidrograma	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
A	1100	1600	2500	4000	1800	1200	1000	900	750	700	800	900
B	1100	1600	4000	8000	4000	2000	1200	900	750	700	800	900

213. Se, em determinado ano, a geração de energia for priorizada (hidrograma A), no ano seguinte o empreendimento deve necessariamente operar de forma a manter o hidrograma B no TVR. Na hipótese de vertimentos, a vazão excedente também fluirá pelo TVR.

214. Um outro ponto a ser definido diz respeito à variação permitida na vazão diária em relação à média mensal prescrita para o TVR. Este ponto é importante, pois sua não-definição poderia levar o empreendedor a variar a vazão de outubro de 0 a 1400 m³/s de um dia a outro, por exemplo, o que certamente não é interessante do ponto de vista da navegação e dos ecossistemas no TVR. Sendo assim, sugere-se que a cada mês, a vazão instantânea não possa ser inferior à vazão média prescrita para o mês anterior (em casos de ascensão do hidrograma) ou do mês seguinte (recessão). A exceção é o mês de outubro, em que a mínima instantânea não deve ser inferior à vazão requerida para a navegação, 700 m³/s. O resultado prático desta proposta pode ser visualizado na Tabela 20.

TABELA 20 – VAZÃO INSTANTÂNEA MÍNIMA QUE PODE SER PRATICADA NO TVR (M³/S)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
900	1100	1600	1800	1200	1000	900	750	700	700	700	800

215. A exemplo do próprio hidrograma médio mensal, as vazões instantâneas podem ser inferiores às da Tabela 20, caso as vazões afluentes o sejam.

216. Do ponto de vista de recursos hídricos, o estudo de vazão remanescente pode ser considerado bastante satisfatório, pois expressou as necessidades dos ecossistemas em termos de vazões, o que possibilita que o cotejo entre os usos múltiplos existentes seja realizado com mais propriedade.

Operação em períodos críticos

217. Embora o hidrograma ecológico proposto seja considerado adequado para a manutenção dos usos múltiplos no TVR, sua manutenção não pode ser garantida em 100% do tempo, o que se depreende da série de vazões afluentes, já analisada. Do ponto de vista das ordenadas superiores, a vazão média do mês de abril foi sempre superior a 8000m³/s ao longo do histórico, de forma que há uma garantia estatística na manutenção de uma vazão desta ordem no TVR. Já a vazão mínima do hidrograma proposto, de 700 m³/s, tem uma garantia de 99,3%, de forma que é possível que a manutenção desta condição de contorno não se dê em todos os anos. De fato, a menor vazão média mensal da série desde 1931 foi de 444 m³/s, ocorrida em outubro de 1969. Entende-se que nestes períodos, a vazão a ser mantida no TVR deva ser igual à vazão afluente, o que, embora viole o hidrograma ecológico prescrito, não é consequência da operação da usina, e sim das condições naturais, que os usuários de água do TVR (navegação e ecossistemas) experimentariam de toda forma e já experimentaram no passado.

218. No entanto, o estudo de qualidade de água apresentado no EIA recomenda a manutenção uma vazão de 300 m³/s no reservatório dos canais para a garantia de uma condição mínima de qualidade de água. Dada a operação a fio d'água do reservatório, fica evidente que a manutenção destas três condições de contorno (operação a fio d'água, vazão de 300 m³/s no reservatório dos canais e vazão mínima de 700 m³/s no TVR) só é possível para vazões afluentes acima de 1000 m³/s (garantia de 94%), de forma que em 6% do tempo alguma das condições terá de ser relaxada.

219. Os estudos apresentados não propõem regra de operação para estas condições. Portanto, a documentação apresentada, olhada como um todo, é contraditória, pois em dado capítulo recomenda a vazão de $300 \text{ m}^3/\text{s}$ nos canais e em outro prevê que esta vazão será nula para vazões afluentes muito baixas. Não há, ao longo da documentação apresentada, uma descrição de como as condições operativas podem ser compatibilizadas em períodos de vazão muito baixa. No entanto, as curvas de permanência no TVR com e sem reservatório, apresentadas no EVTE e mostradas na Figura 16, mostram que para vazões muito baixas, com permanência acima de 95%, não há alteração da vazão no TVR.

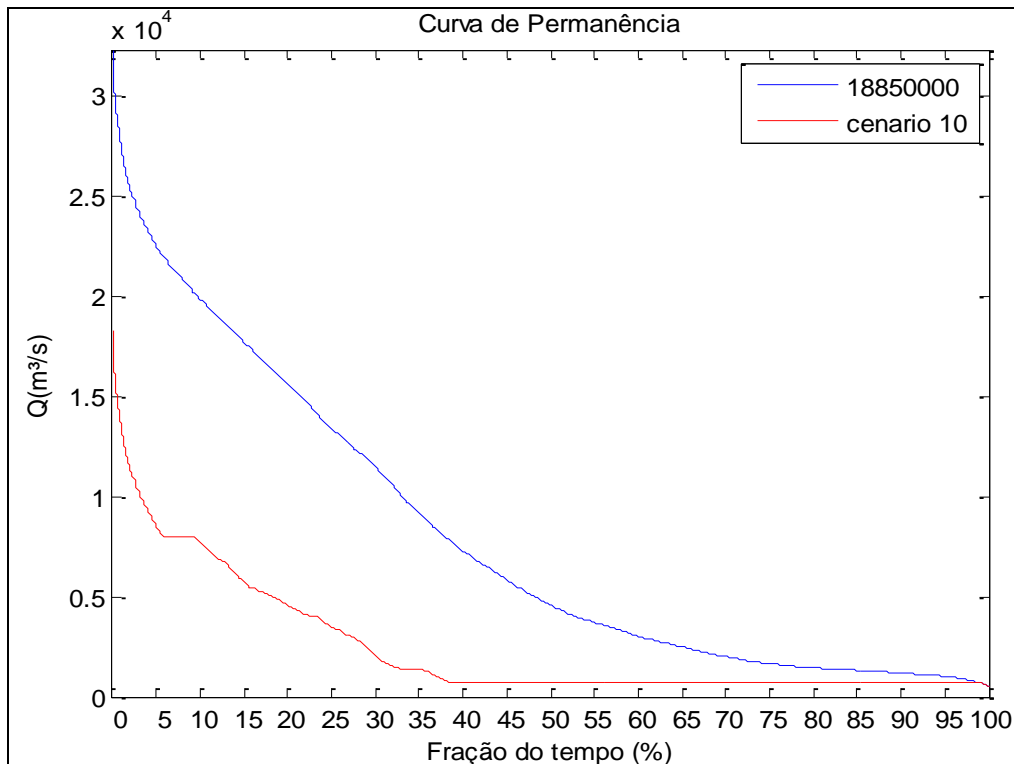


FIGURA 16 – CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES NO TVR COM E SEM O AHE BELO MONTE (18850000: VAZÕES NO POSTO ALTAMIRA, SITUAÇÃO SEM O AHE; CENÁRIO 10: SITUAÇÃO COM O AHE E MANTIDO O HIDROGRAMA ECOLÓGICO NO TVR)

220. Das curvas de permanência apresentadas no EVTE, infere-se que, em situações críticas (vazão abaixo de $700 \text{ m}^3/\text{s}$) toda a vazão afluente será enviada ao TVR, permanecendo vazão nula no reservatório dos canais. Infere-se também que, para vazões superiores a $700 \text{ m}^3/\text{s}$ e inferiores a $1000 \text{ m}^3/\text{s}$, a vazão no reservatório dos canais será inferior a $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

221. Cabe à ANA estabelecer, de forma clara, na resolução de DRDH, as regras operativas nas situações críticas mencionadas, ou seja, quando a vazão for inferior a $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. A solução encontrada pela ANA para a compatibilização das condições operativas propostas nos Estudos apresentados foi um relaxamento da operação a fio d'água, com manutenção de $300 \text{ m}^3/\text{s}$ nos canais e da vazão mensal do TVR (ou a vazão afluente, caso esta seja inferior a $700 \text{ m}^3/\text{s}$), ao custo de um rebaixamento do nível d'água no reservatório principal. Preliminarmente, verificou-se qual teria que ser o rebaixamento para manter esta regra na hipótese de ocorrência de um ano crítico como 1969, obtendo-se um deplecionamento de cerca de 9,2m no reservatório principal.

222. A Figura 17 mostra as curvas de permanência de cotas resultantes das diversas propostas apresentadas aqui, bem como a curva natural (sem reservatório) em Altamira.

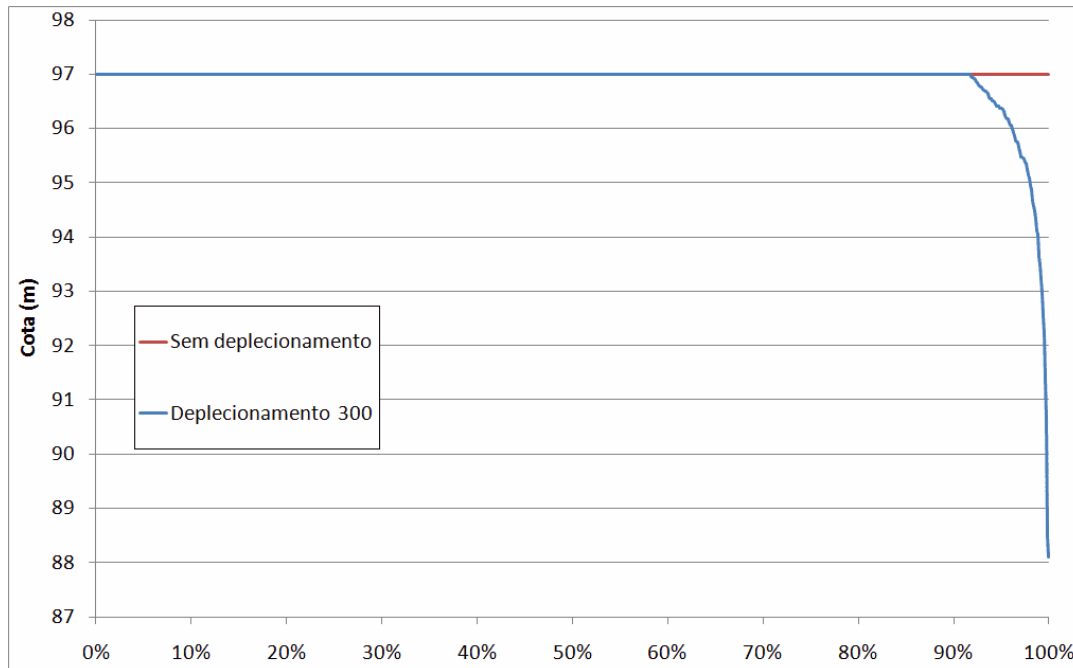


FIGURA 17 – CURVAS DE PERMANÊNCIA DE COTAS NOS CENÁRIOS SEM DEPLECIONAMENTO (PROPOSTA A) E COM DEPLECIONAMENTO (PROPOSTA B) EM PERÍODOS DE VAZÃO MUITO BAIXA.

223. Pode-se perceber que, para manter uma vazão de $300\text{m}^3/\text{s}$ nos canais, sem prejuízo ao TVR, o reservatório teria de deplecionar em até 9m. Este deplecionamento é operacionalmente possível, visto que a soleira da conexão entre o reservatório do Xingu e do reservatório dos canais fica à cota 85m, abaixo do nível mínimo estimado nesta NT ($97\text{m} - 9,2\text{m} = 87,8\text{m}$).

224. Tendo em vista, portanto:

- a. que as condições operativas apresentadas em diferentes capítulos da documentação apresentada não podem ocorrer simultaneamente em 100% do tempo;
- b. que o estudo de vazões remanescentes no TVR é considerado satisfatório, não sendo conveniente reduzi-las;
- c. que é recomendada a manutenção de uma vazão permanente de $300\text{ m}^3/\text{s}$ no reservatório dos canais, por questões de qualidade de água;
- d. que o deplecionamento esporádico (6% do tempo) do reservatório não altera fundamentalmente o caráter a fio d'água do AHE Belo Monte,

225. recomenda-se que seja prescrita a seguinte operação do reservatório:

- a. manutenção do hidrograma ecológico sugerido no TVR (Tabela 19);
- b. caso a vazão afluyente seja inferior à ordenada prescrita para o mês em questão, manutenção da vazão afluyente no TVR;

- c. manutenção de uma vazão mínima de 300 m³/s no reservatório dos canais;
- d. operação a fio d'água, exceto nos períodos em que a vazão afluyente for inferior à vazão mensal prescrita no TVR somada a 300 m³/s.

226. Considera-se que a definição pela proposta *b*, embora não esteja explicitada no EVTE, resguarda a manutenção dos usos múltiplos, pois acata diretrizes ambientais, de qualidade da água, energéticas e de outros usos, notadamente navegação, ao custo de uma alteração bastante esporádica nos níveis d'água do reservatório.

USOS MÚLTIPLOS

USOS CONSUNTIVOS A MONTANTE

227. A documentação apresentada não faz referência a usos consuntivos, tanto atuais quanto futuros, a montante do AHE Belo Monte. De fato, o uso atual é muito pequeno, devido à pequena população residente na bacia e à pouca atividade de irrigação, que normalmente representa a maior parte do consumo em bacias brasileiras. No entanto, é importante fazer uma projeção correta do crescimento do uso ao longo da concessão da AHE Belo Monte (35 anos), de forma a garantir segurança ao gerenciamento de recursos hídricos na bacia, por parte da ANA e dos órgãos gestores do Pará e Mato Grosso, sem prejudicar a viabilidade do empreendimento hidrelétrico.

228. A Resolução ANA nº 96, de 9 de abril de 2007, estabeleceu a série de usos consuntivos a montante da AHE Belo Monte, de 1931 a 2010. Esta série apresenta o uso agregado, de forma que não é possível fazer projeções separadas de acordo com o setor usuário. Este ponto é importante, na medida em que se esperam taxas diferentes de crescimento para setores como abastecimento urbano e dessedentação animal, por exemplo. Cabe ressaltar ainda que a SOF consultou a SPR (fl. 256 do processo), no sentido desta UORG encaminhar eventuais projeções já realizadas no âmbito do Plano dos Afluentes da Margem Direita do Amazonas. A SPR enviou estimativas de retirada de água a montante de Belo Monte para o ano de 2007, de acordo com o setor usuário, as quais foram incorporadas na análise de projeções feitas nesta NT.

229. Desta forma, optou-se por reavaliar os usos consuntivos existentes por setor, de forma a projetar consumos separadamente e após agregar. Estas estimativas são baseadas no estudo de ONS (20032) e ONS (20063), que levam em conta dados de censos demográficos, agropecuários e econômicos. Uma vez que não existem informações da distribuição da agropecuária e da população rural sobre o município, esta distribuição é considerada homogênea, e o consumo correspondente é proporcional à área municipal abrangida pela bacia. A Figura 18 mostra o contorno da bacia e os municípios abrangidos, enquanto a Tabela 21 mostra a proporção da área do município interna à bacia, e a informação sobre a posição da sede municipal em relação à bacia (sim-interno; não-externo).

² ONS (2003) Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – Metodologia e Resultados Consolidados – Relatório Final. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Brasília, DF. 209p

³ ONS (2005) Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – Metodologia e Resultados Consolidados – Relatório Final. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Brasília, DF. 236p

TABELA 21 – PARCELA DA ÁREA DO MUNICÍPIO INTERNA À BACIA

NOME	Proporção	Sede	NOME	Proporção	Sede
Água Boa	70%	Não	Ribeirão Cascalheira	29%	Sim
Alto Boa Vista	57%	Não	Santa Carmem	100%	Sim
Campinópolis	72%	Não	São José do Xingu	100%	Sim
CanaBrava do Norte	13%	Não	São Félix do Araguaia	58%	Não
Canarana	86%	Sim	Sinop	23%	Não
Cláudia	68%	Sim	Sorriso	1%	Não
Confresa	50%	Não	União do Sul	100%	Sim
Feliz Natal	100%	Sim	Vera	44%	Não
Gaúcha do Norte	100%	Sim	Vila Rica	51%	Não
Guaratã do Norte	30%	Não	Bom Jesus do Araguaia	61%	Não
Itaúba	2%	Não	Nova Santa Helena	27%	Sim
Marcelândia	82%	Sim	Santa Cruz do Xingu	100%	Sim
Matupá	41%	Não	Santo Antônio do Leste	46%	Não
Nova Ubiratã	95%	Sim	Altamira	99%	Sim
Nova Xavantina	3%	Não	Bannach	98%	Sim
Paranatinga	82%	Não	Brasil Novo	39%	Não
Peixoto de Azevedo	85%	Não	Cumaru do Norte	99%	Sim
Planalto da Serra	4%	Não	Ourilândia do Norte	100%	Sim
Porto Alegre do Norte	7%	Não	São Félix do Xingu	87%	Sim
Primavera do Leste	17%	Não	Tucumã	100%	Sim
Querência	100%	Sim	Vitória do Xingu	15%	Não



FIGURA 18 – MUNICÍPIOS NA BACIA DO RIO XINGU

Dessedentação animal

230. A dessedentação animal representa o maior consumo de água atualmente na bacia, fruto da transformação da floresta amazônica em pastagens, preponderantemente. Este fato é peculiar, uma vez que este setor apresenta pequenas parcelas do consumo total na maior parte das bacias brasileiras, em que predomina o consumo para irrigação. No entanto, considera-se que não seja possível este consumo continuar crescendo a taxas iguais às verificadas até o presente, devido à intensificação do controle ao desmatamento, por parte do poder público, e à possibilidade da conversão de pastagens em agricultura.

231. A Figura 19 mostra os dados de consumo da dessedentação animal, obtidas dos censos agropecuários de 1985, 1996 e 2006 bem como uma curva ajustada para projeção.

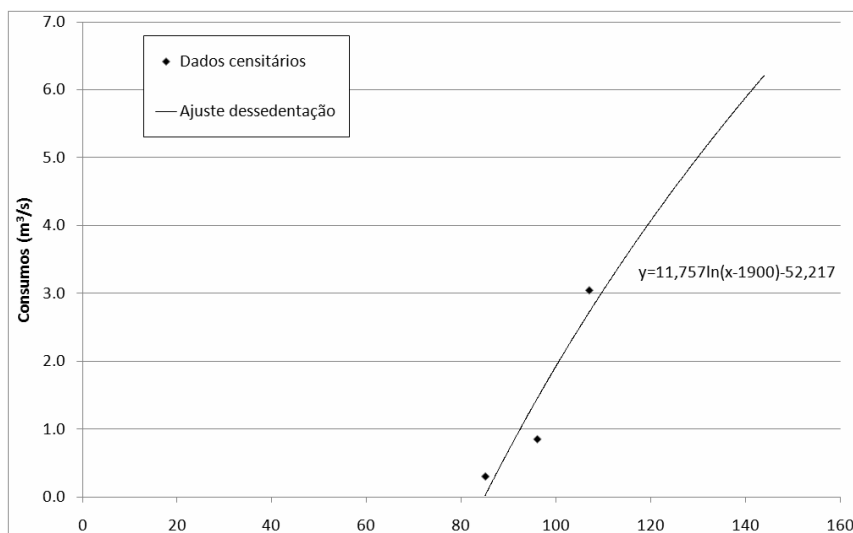


FIGURA 19 – DADOS CENSITÁRIOS DE CONSUMO DA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

232. Cabe ressaltar que os dados de consumo foram obtidos considerando-se uma demanda de 50 l/cabeça/dia, multiplicada pelo BEDA (bovinos equivalentes para demanda de água) obtido em cada censo. Considera-se ainda um coeficiente de retorno de 20%, conforme metodologia de ONS (2005).

233. Embora a curva logarítmica não seja a que se ajusta melhor aos dados censitários, optou-se por ajustar esta curva devido à expectativa de redução das taxas de crescimento de rebanhos na Amazônia, já citada acima.

Abastecimento urbano e rural

234. Para o setor de abastecimento urbano, podem-se prever taxas de crescimento altas, uma vez que as cidades da bacia têm atraído migrantes. De fato, as taxas de crescimento entre os últimos censos foram superiores a 7% ao ano. A própria construção do AHE Belo Monte tende a ser um fator de crescimento populacional. Já o abastecimento rural tende a crescer menos. A Figura 20 mostra os consumos censitários e a projeção ao longo do prazo da DRDH/outorga.

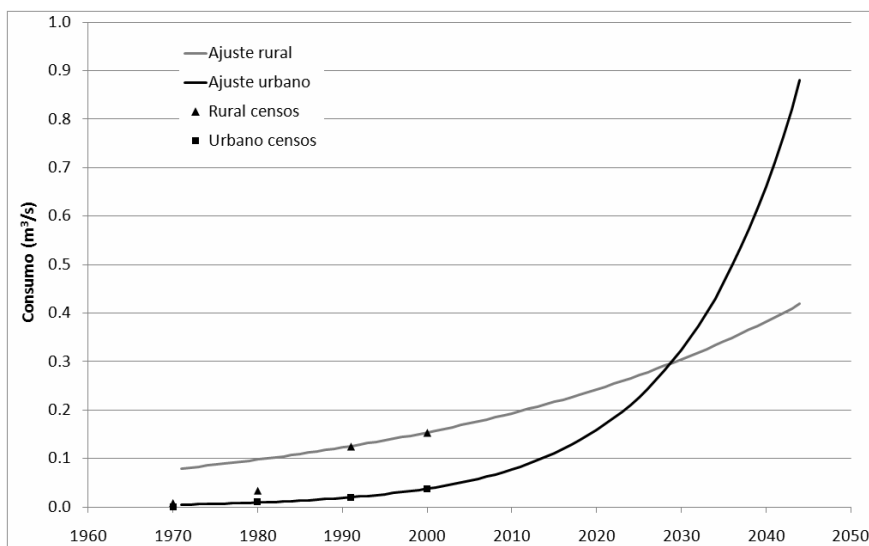


FIGURA 20 – CONSUMOS CENSITÁRIOS (ABASTECIMENTO HUMANO) E PROJEÇÕES AO LONGO DO PRAZO DE OUTORGA

235. As projeções feitas levaram em conta uma taxa de crescimento populacional de 7,4% para abastecimento urbano e 2,3% para abastecimento rural, correspondentes às taxas observadas entre os dois últimos censos. Foram consideradas demandas per capita de 200 e 150 l/hab/dia, respectivamente, bem como coeficientes de retorno de 80%.

Indústria

236. O setor industrial tem pouca importância em termos de consumo de água nesta bacia, e não há elementos para crer em mudanças neste quadro. A Figura 21 mostra os dados de consumo obtidos dos censos econômicos e a projeção para o período da concessão/outorga.

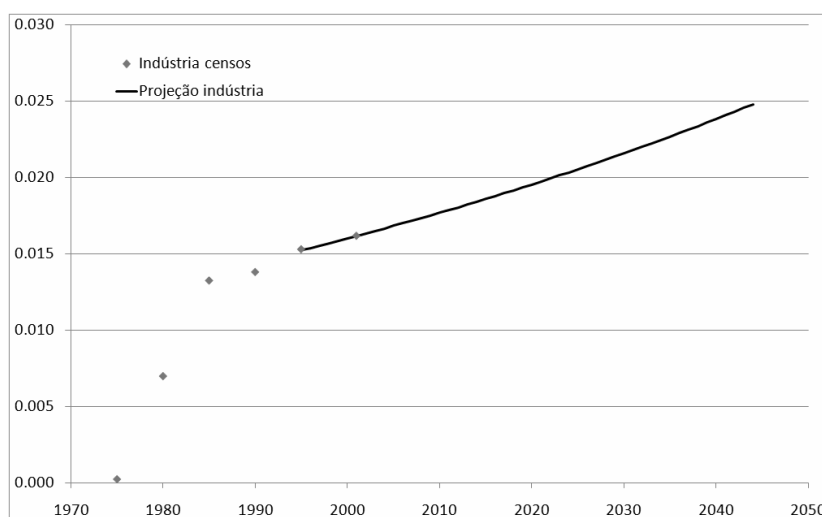


FIGURA 21 – CONSUMOS INDUSTRIAIS OBSERVADOS E PROJEÇÃO ATÉ 2044

237. Para projeção deste setor, adotou-se a taxa de crescimento observada entre os dois últimos censos.

Irrigação

238. Conforme já mencionado, a irrigação representa uma parcela pequena do consumo total na bacia, em especial se levado em conta o peso deste setor no consumo de outras bacias. É possível que isto se deva à ausência de rodovias que atravessem a bacia e permitam escoar produção agrícola. No entanto, dados mais recentes, obtidos preliminarmente do Plano dos Afluentes da Margem Direita do Rio Amazonas, em elaboração na SPR/ANA, já sinalizam um aumento importante na área irrigada nos últimos 10 anos. Há ainda a possibilidade de conversão das áreas já desmatadas, atualmente ocupadas por gado, em cultivos. Desta forma, optou-se por ajustar uma equação de reta entre os dados dos censos agropecuários de 1996 e 2006, visto que antes a demanda era inexpressiva, e projetá-la para o horizonte de outorga. O referido ajuste é apresentado na Figura 22.

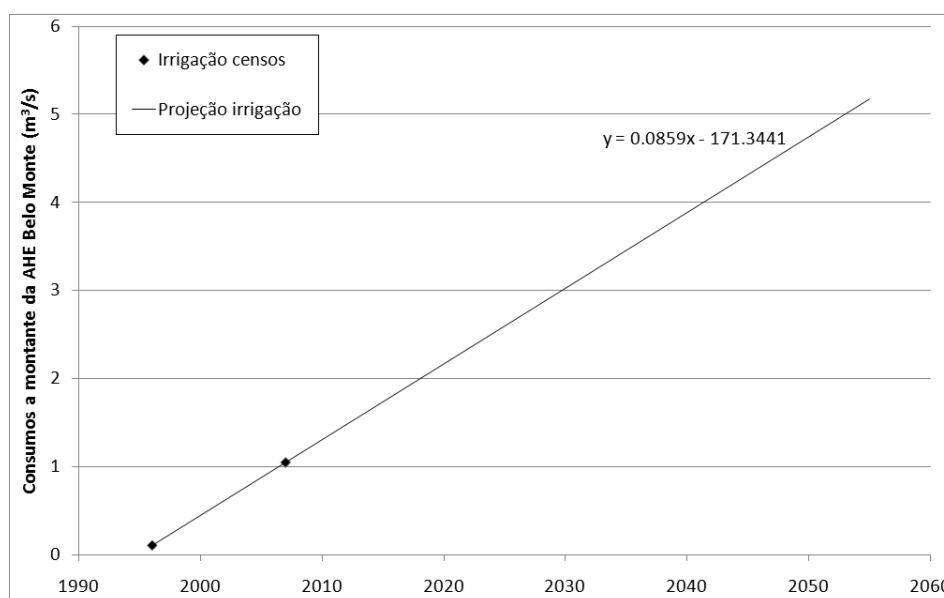


FIGURA 22 – CONSUMOS OBSERVADOS NA IRRIGAÇÃO E PROJEÇÃO PARA 2044

239. Como se vê, mesmo adotando uma equação de regressão como esta, o consumo previsto ao fim da concessão é pequeno para o tamanho da bacia. Cabe salientar que o dado informado pela SPR para o ano de 2007 era de retiradas de água para irrigação, e não de consumos. Desta forma, adotou-se um coeficiente de retorno de 20% para a consideração do dado da SPR no ajuste da reta.

Consumo total

240. A Tabela 22 mostra o resumo por setor e totalizado das projeções de consumo realizadas.

TABELA 22 – RESUMO DOS CONSUMOS PROJETADOS A MONTANTE DE BELO MONTE ATÉ 2044 (M³/S)

	Dessedentação	Ab.rural	Ab. urbano	Indústria	Irrigação	Total
2009	2,94	0,19	0,07	0,02	1,23	4,45
2019	3,97	0,24	0,15	0,02	2,09	6,47
2029	4,92	0,30	0,30	0,02	2,95	8,49
2039	5,80	0,37	0,62	0,02	3,81	10,62
2044	6,21	0,42	0,88	0,02	4,24	11,77

241. Como se vê, as vazões projetadas são praticamente insignificantes em comparação com o tamanho da bacia hidrográfica e a ordem de grandeza das vazões afluentes. Sugere-se, portanto, a inserção da Tabela 23 como anexo da resolução de DRDH, a título de vazões de usos consuntivos a serem descontados da disponibilidade hídrica do aproveitamento.

TABELA 23 – VAZÕES DESCONTADAS DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO AHE BELO MONTE

Ano	Consumo
2009	4,5
2019	6,5
2029	8,5
2039	10,6
2044	11,8

CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DA SEDE DO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA

242. A ANA, por meio do Ofício nº 791/2009/SOF-ANA, solicitou à ANEEL e à projetista “Avaliação de interferências do remanso sobre o sistema de captação de água de Altamira”.

243. Atendendo à solicitação da ANA, foram sistematizadas informações disponíveis nos Estudos de Impacto Ambiental, conforme segue.

244. O abastecimento de água da cidade de Altamira é realizado pela COSAMPA – Companhia de Saneamento do Pará. O Plano Diretor do município realizado em 2003 indica, porém, que apenas uma parcela menor da população urbana é atendida pela rede geral de abastecimento.

245. O sistema de produção de água, com capacidade de 75 L/s (270 m³/h), consiste de uma captação em balsa flutuante no rio Xingu a jusante do Igarapé Pannels, uma estação elevatória, uma adutora de água bruta, uma ETA, cinco reservatórios de água tratada e a rede de distribuição de água tratada. A ETA tem capacidade de tratar 380 m³/h, com possibilidades de ampliação, mas é limitada atualmente pela capacidade das demais estruturas do sistema. Nesse sentido, encontra-se em implantação uma nova estação elevatória com capacidade de 600 m³/h.

246. A equipe de pesquisa de campo para elaboração do EIA observou que a prefeitura abastece algumas áreas da sede urbana não servidas pela rede geral com carros-pipa que coletam água no Igarapé Ambé e a fornecem à população sem nenhum tipo de tratamento.

Outras regiões não atendidas pela rede geral são abastecidas por sistemas isolados, constituídos de poços profundos que alimentam diretamente reservatórios, sem tratamento. Já os bairros mais distantes do centro não dispõem nem de sistemas isolados, e assim a população utiliza poços individuais, alguns próximos aos Igarapés, que são inundados na época das chuvas e acabam contaminados.

247. Após o diagnóstico da situação atual do sistema de abastecimento de água da sede urbana do município de Altamira, a documentação encaminhada à ANA apresenta a proposta de um “Programa de Intervenção em Altamira” como uma das medidas mitigadoras a ser implementada junto com a implantação do AHE Belo Monte. Este Programa inclui, dentre outros projetos, a “melhoria das condições de Altamira em termos de infra-estrutura de saneamento, privilegiando o abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana”. Na parte relativa ao abastecimento de água, o Programa de Intervenção em Altamira prevê a implantação de redes de abastecimento de água nas áreas onde ocorrerá o reassentamento da população a ser atingida pelo reservatório, nas áreas de habitação dos funcionários da obra e nas áreas de expansão da cidade, que receberão a população afluyente prevista com a implantação da obra. Estas áreas correspondem, segundo a documentação apresentada, a 50% da área da cidade. A documentação encaminhada também informa que os sistemas de captação de água bruta, tratamento e distribuição de água tratada terão de ser readequados para a população prevista para a sede urbana. A captação de água deverá ser implantada em um novo local (não especificado), a montante da área urbanizada.

248. Tendo em vista que o consumo humano é um uso prioritário, recomenda-se que a DRDH estabeleça como condicionante a elaboração de um projeto básico, por conta do futuro outorgado, do novo sistema de abastecimento de água de Altamira (captação, tratamento e distribuição), incluindo eventuais relocações, devendo ser realizado em comum acordo com a concessionária do serviço. Outra condicionante recomendada é que, em nenhum momento da implantação, enchimento do reservatório e da entrada em operação do AHE Belo Monte poderá ocorrer interrupção do abastecimento de água tratada pela rede geral, que hoje já atende uma parcela da sede do município.

NAVEGAÇÃO

249. O Plano Nacional de Viação, de 1973, informa que há previsão de uma hidrovia no rio Xingu entre Porto de Moz e Altamira (Belo Monte), numa extensão de 298 km. Pela descrição do referido Plano, não foi prevista a transposição das corredeiras da Volta Grande a montante do sítio Belo Monte, que são um obstáculo natural à navegação. O arranjo previsto para o AHE Belo Monte não propiciará melhores condições de navegação na Volta Grande em relação às atuais, pois este trecho não será inundado pelo reservatório do aproveitamento.

250. A documentação apresentada pela projetista informa que existe navegação de passageiros em linhas regulares pelo rio Xingu a partir de Vitória do Xingu para jusante, cujos principais destinos são Belém e Santarém. Já a navegação de cargas ocorre a partir de Vitória do Xingu para jusante, com escala em Senador José Porfírio. As cargas são levadas ou trazidas entre Altamira e o porto de Vitória do Xingu, que fica no rio Tucuruí, afluyente do rio Xingu a jusante da Volta Grande do Xingu, e a partir dali seguem pelo rio Xingu até Belém. A frota que opera este trecho é composta de 6 balsas de 1.200 e 800 toneladas, e os principais produtos cimento, materiais de construção, gado, madeira e cacau.

251. A documentação apresentada pela projetista também informa sobre a existência de navegação de cargas (castanhas do Pará, pescado, hortigranjeiros e comércio de mercadorias, além de cacau que escoam pelo rio Bacajá) e de passageiros no trecho do rio Xingu a montante do sítio Belo Monte, citando que *“O uso do rio como meio de transporte das comunidades ribeirinhas e comunidades indígenas que residem nas margens do rio é o principal impacto que deve ser considerado quando se propõe vazões menores do que as atuais no TVR, em períodos de estiagem. Interromper ou prejudicar muito essa navegação significa impedir as pessoas de se deslocarem para locais, ao longo do próprio TVR, onde existem postos de saúde e escolas, como é o caso da Ilha da Fazenda e Ressaca, e mesmo para Altamira”. “É em Altamira que a população busca apoio para se tratar em casos mais sérios de doenças e, também, para onde levam os produtos de suas atividades econômicas para serem negociados. A diminuição das vazões provocará uma alteração dos percursos de navegação, sendo necessárias escolhas de locais mais profundos e a existência de um mecanismo de transposição de barcos para se chegar à Altamira”.*

252. A CI nº 100 / 2009 / SPR (proton 019208/2009), elaborada pela Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos indica que a montante de Vitória do Xingu a *“navegação é atualmente impedida pelo desnível do rio Xingu, que dá origem a numerosas cachoeiras num extenso trecho, denominado Volta Grande do Xingu”.* Adicionalmente, a referida CI informa que *“Em vista desses aspectos, na presente fase de estudos do PERH-MDA, considera-se que o rio Xingu não deverá constituir uma hidrovia para escoamento da produção desta bacia no horizonte de planejamento adotado, que corresponde ao ano de 2030. Esse transporte deverá ocorrer mediante outros modais de transporte, em especial pela Hidrovia do Tocantins e, demonstrada a sua viabilidade, pela Hidrovia do Tapajós-Teles Pires”.*

253. Assim, a proposta de uma vazão mínima de 700 m³/s a ser mantida no TVR para fins de vazão ecológica também é necessária para a manutenção da navegação existente nesta região, além da necessidade da implantação de um mecanismo de transposição de barcos na barragem do Sítio Pimental.

254. Desta forma, além da vazão mínima a ser mantida no TVR, recomenda-se que conste na DRDH uma condição de manutenção, durante o todo o período de implantação e de operação do empreendimento, das condições atuais de navegação, adequadas ao porte de navegação existente atualmente na região (inclusive as embarcações de transporte regular de passageiros), para todas as comunidades que se utilizam deste transporte, inclusive os núcleos rurais.

255. Também se recomenda constar uma condicionante para conversão da DRDH em outorga exigindo a apresentação do Projeto Básico do mecanismo de transposição de barcos, mostrando a sua viabilidade técnica para a transposição das embarcações que operam na região da Volta Grande do Xingu (inclusive as embarcações de transporte regular de passageiros).

LAZER

256. Os estudos apresentados pela projetista à ANA também mencionam a existência de praias que são formadas durante o período de seca na região de Altamira, e que são muito utilizadas pela população como balneários. Maior destaque foi dado à praia de Arapujá, que impulsiona o comércio da região durante a sua temporada de uso (de junho a dezembro).

Como medida compensatória, a projetista propõe um “Projeto de Recomposição das Praias e Locais de Lazer”, sem detalhar o referido projeto.

257. Assim, recomenda-se que a DRDH estabeleça como condicionante para conversão em outorga a apresentação do detalhamento do referido Projeto de Recomposição das Praias e Locais de Lazer.

CONCLUSÃO

258. Tendo em vista as análises realizadas, recomenda-se a emissão da DRDH, à ANEEL, referente ao aproveitamento hidrelétrico Belo Monte, reservando as vazões naturais afluentes, subtraídas das vazões destinadas aos usos consuntivos e à manutenção de um hidrograma de vazões no Trecho de Vazão Reduzida, nas condições especificadas a seguir:

- I. coordenadas geográficas do eixo do barramento dos canais no sítio Belo Monte (casa de força principal): 03° 07' 35'' de latitude sul e 51° 46' 30'' de longitude oeste;
- II. coordenadas geográficas do eixo do barramento da calha do rio Xingu (casa de força complementar): 3° 26' 15'' de latitude sul e 51° 56' 50'' de longitude oeste;
- III. nível d'água máximo normal a montante do reservatório do rio Xingu: 97,0 m;
- IV. nível d'água máximo maximorum a montante do reservatório do rio Xingu: 97,5 m;
- V. nível d'água mínimo normal a montante do reservatório do rio Xingu: 97,0 m;
- VI. nível d'água máximo normal a montante do reservatório dos canais: 97,0 m;
- VII. nível d'água mínimo normal a montante do reservatório dos canais: 96,0 m;
- VIII. área inundada do reservatório do rio Xingu no nível d'água máximo normal: 386 km²;
- IX. área inundada do reservatório dos canais no nível d'água máximo normal: 130 km²;
- X. volume do reservatório do rio Xingu no nível d'água máximo normal: 2.510 hm³;
- XI. volume do reservatório dos canais no nível d'água máximo normal: 2.231 hm³;
- XII. vazão máxima turbinada: 13.900 m³/s (principal) + 2.277 m³/s (complementar);
- XIII. vazão mínima para dimensionamento dos vertedores: 62.000 m³/s;

§ 1º Os vertedores deverão ser verificados para a cheia máxima provável, mantendo uma borda livre em relação às cristas das barragens adequada para o porte do empreendimento;

§ 2º O arranjo das estruturas previstas deve buscar favorecer a passagem de sedimentos, conforme os resultados dos novos estudos dos previstos;

§ 3º O abastecimento de água da cidade de Altamira não poderá ser interrompido em decorrência da implantação do empreendimento, em suas fases de construção e operação;

§ 4º As áreas urbanas e localidades deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 50 anos, considerando cheias desta magnitude simultâneas no rio Xingu e afluentes;

§ 5º A infra-estrutura viária, composta por rodovias, ferrovias e pontes, deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência de 100 anos;

§ 6º Deverão ser mantidas as condições atuais de navegação, adequadas ao porte de navegação existente atualmente na região, inclusive as embarcações de transporte regular de passageiros, para todas as comunidades que se utilizam deste transporte, durante as fases de construção e operação do empreendimento;

§ 7º A cada 5 anos, deverão ser atualizadas as linhas de remanso do reservatório do rio Xingu para as cheias características, em função da evolução do assoreamento no reservatório.

§ 8º Deverá ser removida 100% da cobertura florestal na área a ser inundada devido à formação do Reservatório dos Canais, conforme preconizado no Programa de Desmatamento e Limpeza das Áreas dos Reservatórios, de forma a evitar a degradação da qualidade da água;

Condições gerais de operação:

I – Vazão mínima a ser mantida no reservatório dos canais: 300 m³/s;

II – Vazões médias mensais a serem mantidas no trecho de vazão reduzida (TVR), alternando os hidrogramas A e B em anos consecutivos, conforme tabela abaixo:

VAZÕES MÉDIAS A SEREM MANTIDAS NO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR), EM M³/S

Hidrograma	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
A	1100	1600	2500	4000	1800	1200	1000	900	750	700	800	900
B	1100	1600	4000	8000	4000	2000	1200	900	750	700	800	900

§ 1º Caso, em dado mês, a vazão afluente for inferior à prescrita na Tabela, deve ser mantida vazão igual à afluente no TVR;

§ 2º O NA mínimo do reservatório poderá ser reduzido para atender simultaneamente as condições expressas nos incisos I e II, quando a vazão afluente for inferior à vazão prescrita para o TVR somada a 300 m³/s;

§ 3º A vazão instantânea no mês de outubro no TVR não poderá ser inferior a 700 m³/s, exceto caso a vazão afluente o seja;

§ 4º Nos meses de ascensão do hidrograma, a vazão instantânea no TVR não deverá ser inferior à vazão média mensal prescrita para o mês anterior, exceto caso a vazão instantânea afluente o seja;

§ 5º Nos meses de recessão do hidrograma, a vazão instantânea no TVR não deverá ser inferior à vazão média mensal prescrita para o mês seguinte, exceto caso a vazão instantânea afluente o seja;

III - Operação a fio d'água, com vazões defluentes iguais às vazões afluentes, com exceção dos períodos em que a vazão afluente for inferior à vazão prescrita para o TVR somada a 300 m³/s;

IV – o início do enchimento do reservatório deverá ocorrer entre os meses de janeiro e junho, mantendo-se neste período, no Trecho de Vazão Reduzida, o hidrograma ecológico prescrito.

Novos Estudos e Documentos Necessários para conversão da DRDH em outorga:

- I. Projeto Básico do aproveitamento hidrelétrico;
- II. Detalhamento do estudo de assoreamento, conforme critérios definidos pela ANA:
 - Consideração dos reservatórios do Xingu e Canais em separado;
 - Apresentação das curvas cota-área-volume dos dois reservatórios em separado;
 - Consideração de que o aporte de descarga sólida de fundo do rio Xingu seja totalmente direcionado à barragem do sítio Pimental. A descarga sólida em suspensão pode ser particionada entre os reservatórios na mesma proporção da descarga líquida;
 - Consideração, para cálculo da vida útil dos reservatórios, as cotas das soleiras das tomadas d'água para geração, previstas no projeto (64,5 m para casa de força principal e 68,5 m para a casa de força complementar);
 - Detalhamento das eventuais estruturas de proteção necessárias para prolongamento da vida útil dos reservatórios em relação à geração de energia.
- III. Projeto Básico do novo sistema de captação de água para abastecimento de água de Altamira, desenvolvido em articulação com a concessionária do serviço de saneamento e em conformidade com as projeções de incremento da demanda decorrentes da implantação do empreendimento;
- IV. Projeto Básico do mecanismo de transposição de barcos da barragem do sítio Pimental, mostrando a sua viabilidade técnica para a transposição das embarcações que operam na região da Volta Grande do Xingu, inclusive as embarcações de transporte regular de passageiros;
- V. Apresentação do detalhamento do Projeto de Recomposição das Praias e Locais de Lazer, com indicação dos locais e a extensão dos balneários a serem recompostos.
- VI. Projeto Básico do sistema de coleta e de tratamento de esgotos da sede urbana de Altamira, conforme preconizado no Programa de Intervenção em Altamira, desenvolvido em articulação com a concessionária do serviço de saneamento e observando uma remoção mínima de 80% das cargas de fósforo e de nitrogênio do efluente e de 95% para matéria orgânica, e a localização adequada do(s) ponto(s) de lançamento, e em conformidade com as projeções de incremento da demanda decorrentes da implantação do empreendimento;

- VII. Plano de Contingência e de Emergência;
- VIII. Apresentação do detalhamento dos seguintes Programas Ambientais indicados no EIA do empreendimento: Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Águas; Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas; Programas de Desmatamento e Limpeza das Áreas dos Reservatórios; Programa de Proteção e Recuperação das APP's dos Reservatórios; Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório do AHE Belo Monte – PACUERA; Programa de Proposição de Áreas de Preservação Permanentes – APP e Programa de Gerenciamento e Controle dos usos múltiplos do reservatório e seu entorno;

Atenciosamente,

BRUNO COLLISCHONN
Especialista em Recursos Hídricos
Hidrologia

JORGE AUGUSTO PIMENTEL FILHO
Especialista em Recursos Hídricos
Qualidade da água

PATRÍCIA REJANE GOMES PEREIRA
Especialista em Recursos Hídricos
Qualidade da água

RUBENS MACIEL WANDERLEY
Especialista em Recursos Hídricos
Remanso

ANDRÉ RAYMUNDO PANTE
Especialista em Recursos Hídricos
Gerente de Regulação

De acordo,

FRANCISCO LOPES VIANA
Superintendente de Outorga e Fiscalização

Anexo 1 – Série de vazões naturais médias mensais afluentes ao AHE Belo Monte

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1931	6720	15603	15024	28377	21385	11156	3204	1615	1063	1531	2414	4409
1932	8288	10831	20099	15360	8821	3947	2854	1707	1348	1353	1737	3461
1933	5586	13325	16684	19387	16123	6687	2589	1242	846	1233	2173	3482
1934	5542	11151	16869	31431	19243	8035	2668	1394	1036	1191	1555	4514
1935	12456	14571	18767	32162	18893	12845	3215	1653	1143	678	1496	4709
1936	11863	18970	14371	18281	10131	4395	1883	1250	1016	761	1428	4175
1937	4365	5908	10586	20528	11789	5276	2947	1763	1392	1272	1633	3254
1938	8511	10827	11769	31154	21481	10025	2645	1475	1177	1254	2444	2511
1939	14508	19005	21863	19728	11199	6848	3631	1789	1276	1201	1966	5070
1940	9770	17682	19653	22773	24638	13201	3582	1575	967	870	1977	2810
1941	6375	8629	15461	22046	12661	5666	2106	1259	995	1565	2010	4004
1942	3098	8614	11771	14644	11300	6263	2674	1312	775	696	2750	4161
1943	12879	22803	42442	12371	10528	4674	2589	1559	834	888	1835	3518
1944	4887	11255	14595	22642	18829	7809	2744	1317	896	1343	2367	3793
1945	6312	14656	14112	35764	26952	14061	2694	1358	894	1171	1846	3370
1946	4117	11114	19633	13384	11693	4171	4358	2484	1524	690	1744	2454
1947	8182	14766	17296	35119	23249	11207	2547	1221	872	1709	1968	4532
1948	8610	16725	26205	22290	13647	5698	2765	1444	1073	914	1193	3463
1949	15085	19731	23408	12747	11413	4727	3122	1729	1262	997	1793	3179
1950	5744	13217	15070	29324	24549	11974	2430	1182	683	859	1386	3292
1951	7424	9566	14444	9564	8404	4309	3368	1666	1218	1006	1583	3401
1952	5002	10942	10867	29924	21274	8043	2930	1634	1239	1399	1564	2309
1953	6801	15791	15205	31488	23729	12380	2914	1469	967	1886	2973	5430
1954	5693	10079	18760	18050	15361	6820	2777	1672	895	655	1353	2594
1955	7872	14756	15835	25487	27575	14775	2884	1268	778	1047	2377	3378
1956	7411	16212	16102	25055	17812	6734	4153	2316	1756	1784	1995	2944
1957	15483	18112	23328	29031	17053	11594	2722	1399	967	584	1290	4058
1958	4644	9676	16982	40610	19158	8236	2486	1547	1213	1044	1520	3850
1959	8384	13447	22444	22341	17334	7857	3218	1612	1129	614	1174	3778
1960	3253	8734	12361	22708	17523	9711	2561	1257	742	791	3127	4732
1961	7448	20711	28301	11301	8721	4833	2889	1417	837	482	1906	2884
1962	4882	7737	13485	23178	12269	4470	2030	1964	1007	921	1930	4178
1963	8472	10916	16482	13775	12105	6207	2683	1327	970	716	1127	2422
1964	17033	21543	25668	35135	19944	12195	2863	1411	1007	1091	1785	4604
1965	6208	14334	16126	27236	16080	6931	2764	1705	1450	1084	1544	3875
1966	3345	7978	9989	20185	16786	6962	3059	1468	999	1280	2255	3614
1967	6377	8354	9610	41621	23626	14447	2518	1240	885	798	1307	3370
1968	4570	6993	12623	25799	13656	4976	2183	1050	684	698	1033	4028
1969	7112	10120	14059	15284	12068	5015	1854	915	425	380	560	1176
1970	3774	9204	18001	14636	13213	4561	2063	1176	698	496	1213	1764
1971	2522	6337	9585	14133	11270	6045	2682	1315	752	693	2650	4144
1972	5532	11920	16523	16925	14544	5837	2689	1290	850	641	1093	1810
1973	4338	6938	14297	19675	17302	7434	3667	2209	1144	1422	2841	5631
1974	7474	15200	21604	27573	25985	13431	4446	2061	1448	1352	1418	4054
1975	7372	15322	19342	20860	18047	8518	3845	1870	1046	735	1148	2817
1976	6406	10941	15398	14931	11247	5523	2475	1193	795	988	2224	5082
1977	9206	15586	18518	17358	19405	10062	4498	1977	1175	1503	3303	4850
1978	15681	16107	25621	22801	17479	9427	4180	2360	1437	1465	1962	3935
1979	8666	18303	24556	18009	11234	5105	2416	1451	1394	1455	1986	3348
1980	8258	15542	30200	21559	10510	4372	2271	1413	1072	1119	1576	4126
1981	10348	15479	12535	16897	9676	4062	2105	1398	1100	965	1754	5296
1982	10087	23290	28311	21711	17471	7184	3378	1843	1317	1854	1989	2725
1983	6258	15094	16609	16910	7538	3707	2037	1355	1068	1189	2343	3938
1984	6847	9563	13533	19397	19100	7517	3087	1581	1303	1375	2562	3386
1985	9688	22569	24857	22859	23251	9520	4061	2132	1333	1348	2673	6761
1986	16328	18760	22578	20716	14760	6667	3309	1844	1426	2146	4047	4294
1987	7062	8633	17126	17850	10593	4587	2264	1354	1035	1167	1450	2985
1988	7200	10431	19275	20819	16692	7321	3284	1645	1114	1156	2142	7120
1989	13358	14113	20126	21904	13296	8748	4448	2287	1530	1408	3006	9778
1990	17948	13564	22254	18137	10799	5292	2757	1874	1250	1357	1878	2861
1991	7597	15933	16984	23195	18062	9119	3692	1861	1185	1231	1878	3543
1992	6751	14080	17538	19152	11683	4874	2352	1451	1193	1501	2069	5364
1993	9233	11123	19537	16090	11027	4930	2372	1419	1312	1348	1814	2994
1994	11106	18103	23477	22538	15418	7193	4402	2111	1458	1357	1512	3598
1995	12016	17631	20361	21050	21479	12182	4723	2260	1366	1201	1509	4312
1996	10460	12357	16231	18060	16710	6697	2940	1629	1150	1128	1965	3600
1997	7373	15086	16017	22807	16755	6131	2873	1603	1176	1183	1280	1952
1998	3731	5668	9887	9843	6605	2880	1421	911	710	717	1383	3653
1999	6886	8013	13396	12449	11303	5610	2231	1104	781	904	1378	3057
2000	10644	15970	22007	22075	13606	5428	2838	1674	1177	1533	2664	6322
2001	11305	13377	17037	18497	10850	6421	3051	1503	1038	1003	1588	4234
2002	11562	12412	12067	13079	7567	4375	1835	1161	810	879	1396	1986
2003	1132	3960	13079	19204	10503	3703	2361	2284	1133	1144	2320	5188
2004	7981	13031	28219	27700	14720	6698	3306	1894	1368	1313	2446	3699
2005	6774	12311	20619	22893	14483	5852	2705	1413	1015	1104	1394	4184
2006	11102	13229	19592	25123	24596	11794	4113	2048	1172	1238	2660	3889
2007	6026	13276	20884	17281	9933	4876	2269	1444	959	871	1053	2259