

Volume

02

PBA CONSOLIDADO
AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA

SEÇÃO 03
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO
15 DE JANEIRO DE 2009

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

- Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008**
- Módulo 2 - Programa Revisado, de 21/07/2008**
- Módulo 3 - Ata de Reunião – Protocolo MESA 000190**

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008, deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de Setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental – PBA, do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, faz-se necessária nova apresentação do Programa de Monitoramento do Lençol Freático.

Foi elaborada uma revisão deste Programa a partir de estudos complementares que está apresentada no módulo 2 deste documento.

A Licença de Instalação Retificada Nº 540/2008, IBAMA, de 18/08/2008, estabelece a Condicionante 2.28, conforme seguinte transcrição determina:

“2.8 No Âmbito do Monitoramento do Lençol Freático:

- (a) Realizar um diagnóstico prévio que contemple a sazonalidade de, no mínimo, cheia e seca, acompanhados de seus respectivos levantamentos de qualidade de água.*
- (b) Realizar o cadastramento georreferenciado de poços em utilização, de fossas, pocilgas, lixões e demais agentes poluidores.*
- (c) Realizar a desinfecção destas áreas, conforme pertinência.*
- (d) Elaborar um subprograma ou programa de Cadastramento de Fontes Hídricas.”;*

Referente ao item (c), a MESA solicitou em reunião com este IBAMA, realizada em 04/12/2008, que tal questão não seja tratada dentro deste Programa. Assim sendo, as considerações referentes ao assunto constam da Ata de Reunião - Protocolo MESA 000190, de 11/DEZ/08, que segue no módulo 4 deste documento.

Constam deste documento, portanto, os seguintes módulos, a saber:

- Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;
- Módulo 2 - Programa Revisado, de 21/07/2008;
- Módulo 3 - Ata de Reunião, de 04/12/2008 – Protocolo MESA 000190

Módulo 1
Programa Versão Original, de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental AHE Santo Antônio

SEÇÃO 03

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	1
3. BASE LEGAL	2
4. OBJETIVOS	2
5. METAS.....	2
6. ÂMBITO DE APLICAÇÃO	2
7. PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA	3
8. MONITORAMENTO	6
9. RESPONSABILIDADES.....	6
10. RELATÓRIOS	6
11. CRONOGRAMA.....	7
12. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	7

ANEXOS

Anexo 1:- Mapa da rede de monitoramento do lençol freático

Anexo 2 - Cronograma

FIGURAS:

Figura 1 - Imagem orbital com destaque da Área de Estudo conforme definido no EIA (Leme Engenharia, 2005) delimitada em vermelho

Figura 2 - Modelo de medidor de nível d'água – MNA

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento do Lençol Freático faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA. Este programa atende às condições de validade 2.1 e 2.32 da referida licença.

2. JUSTIFICATIVA

O enchimento de qualquer reservatório interfere no comportamento das águas subterrâneas podendo, eventualmente, provocar a criação de áreas úmidas e alagadas, afloramento, interferência em estruturas enterradas, em redes de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, afogamento de poços e cacimbas, bem como o afogamento do sistema radicular da vegetação adjacente.

No caso do futuro reservatório do AHE Santo Antônio, com o represamento das águas na cota 70 m, que corresponde à cheia máxima do rio Madeira, poderá haver uma elevação regional do nível freático, transformando áreas hoje secas e em uso para moradia, agricultura e/ou outras finalidades, em áreas permanentemente alagadas ou com terrenos saturados até muito próximo da superfície.

Este estudo pretende caracterizar a influência do enchimento do reservatório de Santo Antônio na dinâmica de fluxo dos aquíferos da região, através de um programa de monitoramento das variações do nível freático, identificando os locais situados no entorno do reservatório, passíveis de serem afetados por tal fenômeno com o surgimento de novas áreas permanentemente alagadas e/ou úmidas.

O resultado desse estudo fornecerá dados para a adoção de medidas preventivas, corretivas, mitigadoras ou compensatórias de problemas surgidos na vegetação e em áreas ocupadas pelas populações ribeirinhas.

Tal perspectiva poderá ainda ser potencializada pelo fato de boa parte dos terrenos da região, na área do reservatório e no seu entorno, serem constituídos por sedimentos arenosos e por cascalhos, os quais, em geral, são muito porosos e permeáveis, facilitando o fluxo da água subterrânea.

Assim sendo, os possíveis efeitos do enchimento do reservatório de Santo Antônio deverão ser previstos e quantificados através de um programa de monitoramento do lençol freático e, ainda, da caracterização das condições hidrogeológicas locais. As informações que forem produzidas deverão ser utilizadas objetivando a preservação dos patrimônios existentes, a conservação do meio ambiente, e a prevenção de transtornos para a comunidade local.

3. BASE LEGAL

O Ministério do Meio Ambiente, através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis outorgou a Licença Prévia – LP - Nº 251/2007 que resultou do Processo nº 02001.003771/2003-25. A LP é relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, Estado de Rondônia, município de Porto Velho.

Complementarmente, no caso específico da perfuração de poços, cumpre registrar que interferências entre tais atividades e projetos de utilidade pública são previstas no Decreto Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

4. OBJETIVOS

O Programa de Monitoramento Lençol Freático tem como objetivo a definição das áreas potenciais de influência do enchimento do reservatório do AHE Santo Antonio sobre o sistema aquífero livre adjacente e o estabelecimento de um programa de monitoramento do lençol freático.

Esse objetivo deverá ser alcançado através da identificação de áreas críticas, nas quais as modificações de carga hidráulica impostas pela água represada no reservatório, possam causar o afloramento ou sub-afloramento da água subterrânea, alterando profundamente o teor de umidade dos solos, podendo também causar o seu alagamento.

As conseqüências de tal fenômeno podem se refletir na saturação de solos agricultáveis, no afogamento do sistema radicular da vegetação adjacente e na eventual contaminação da água subterrânea pelo contato de afloramentos desta com depósitos de lixo, fossas, etc.

5. METAS

As metas principais do programa são as seguintes:

- Efetuar o monitoramento do nível do lençol freático durante um mês antes do enchimento, acompanhar a fase de enchimento e após o enchimento do reservatório, por um período de 4 anos.
- Identificar as áreas de vegetação mais sensíveis à elevação do nível do lençol freático e propor ações corretivas, quando pertinente.

6. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

As atividades de monitoramento do nível freático serão desenvolvidas ao longo do rio Madeira e adjacências, abrangendo uma envoltória definida pela Área de Influência Direta (AID) do futuro reservatório (**Figura 1**).

Inicialmente, está previsto a implantação de medidores de nível, nos locais indicados pelo mapeamento geológico e hidrogeológico como aqueles de maior sensibilidade aos fluxos verticais do lençol freático. Corresponde às áreas em que ocorrem os aquíferos livres, cujos estratos são constituídos de sedimentos quaternários e cenozóicos que compõem os terrenos

da bacia de contribuição. O programa inclui o monitoramento em pontos a jusante e a montante do futuro barramento.



Figura 1 - Imagem orbital com destaque da Área de Estudo conforme definido no EIA (Leme Engenharia, 2005) delimitada em vermelho

7. PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA

Para avaliar as mudanças no comportamento do lençol freático, recomenda-se o monitoramento do nível da água mediante construção de poços de observação, com a implantação de medidores de nível d'água (MNA) em furos a serem executados por meio de sondagens rotativas ou a trado. O modelo de MNA poderá ser semelhante a outros especificados pela projetista para a barragem, ou então, conforme o modelo apresentado na **Figura 2**. Em locais de difícil acesso poderão ser instalados MNA's eletrônicos com transmissores de dados a distância. Cada MNA instalado deverá ser objeto de locação e nivelamento topográficos.

O conjunto de Medidores instalados deverá ser lançado em planilha eletrônica contendo os dados relativos ao georreferenciamento dos pontos a serem monitorados, representados por coordenadas UTM e fuso.

Este monitoramento permitirá também analisar o mapa potencial de influência e traçar um mapa potenciométrico real após o enchimento da barragem.

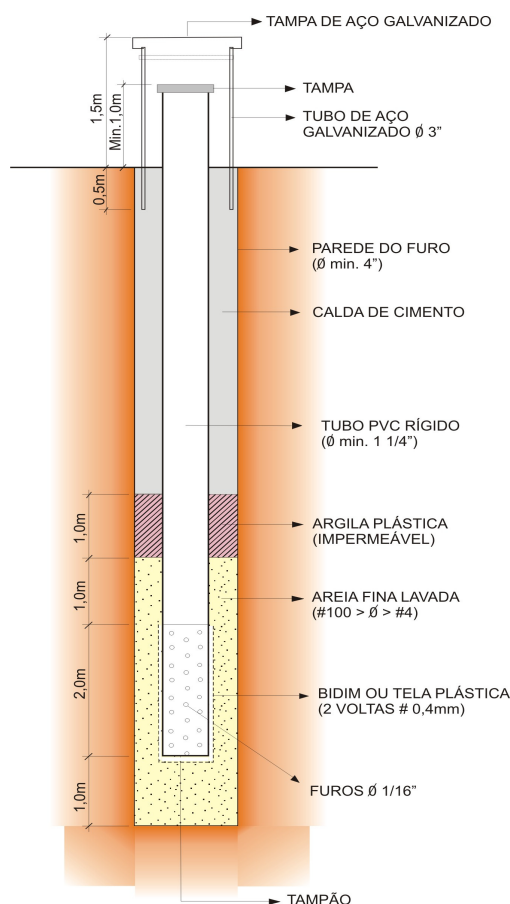


FIGURA 2 - Modelo de medidor de nível d'água – MNA

Os poços de observação a serem instalados são poços simples e multiníveis, com cerca de 10 a 20 metros de profundidade, alguns podendo superar 20 metros, dependendo da profundidade do lençol freático. A construção destes poços de monitoramento deve seguir as normas da ABNT (NBR 13.895 de junho/97 - Construção de poços de monitoramento e amostragem). Além disso, estes poços devem ser protegidos por tampas com cadeado e construção de cercas. A utilização de poços já existentes para o monitoramento do lençol freático traz uma dificuldade, pois os poços estão ativos ou têm a possibilidade de serem ativados, o que implica em influência nas medidas de nível d'água.

Devem ser construídos poços de monitoramento a montante e a jusante da barragem para avaliar o comportamento da superfície potenciométrica nesta região, que terá fortes fluxos verticais de água subterrânea. Em função destes fluxos verticais, os poços de observação a serem instalados devem ser poços multiníveis, com filtros a 2 m, 5 m e 10 m de profundidade abaixo da profundidade do lençol freático, medido na época da estiagem. Sugere-se que sejam instalados 8 poços de multiníveis, sendo 4 a montante e 4 a jusante da barragem. Os poços devem ser alinhados perpendicularmente a calha do rio Madeira.

Ao longo das proximidades do reservatório sugere-se a instalação de 40 poços de observação simples, distribuídos nas proximidades das áreas próximas às planícies das drenagens afluentes, bem como nas proximidades de áreas de vegetação que ocorre nas cotas mais baixas dos terrenos que compõem a AID, conforme indicado na **Figura 3 (Anexo I)** e conforme localização especificada na **Tabela 1**.

TABELA 1

Rede de Monitoramento do lençol freático

Pontos de monitoramento	Coordenada UTM (long)	Coordenada UTM (lat)
1	397616,67	9035968,13
2	399662,32	9033053,79
3	391227,53	9025291,55
4	388817,59	9026804,76
5	388565,39	9024226,69
6	385623,02	9026216,29
7	390190,70	9018285,91
8	388173,07	9019434,83
9	388369,23	9017080,94
10	384558,17	9019939,24
11	385538,95	9016044,11
12	381083,37	9027841,60
13	379850,38	9018650,20
14	377580,55	9022012,91
15	377300,33	9015427,61
16	378757,50	9012485,24
17	380186,65	9009654,97
18	373545,31	9006656,56
19	374526,10	9003938,37
20	369958,42	9000659,73
21	368585,32	9003966,39
22	365418,77	8996876,69
23	361327,48	8996316,24
24	363204,99	9002116,90
25	361747,82	9001080,07
26	359478,61	9004835,06
27	354293,82	8996428,33
28	356143,31	8989927,10
29	349221,74	8989198,51
30	349810,21	8975103,17
31	346307,40	8978353,79
32	344878,25	8974486,68
33	340226,51	8981828,58
34	335883,01	8985163,27
35	331343,36	8993794,21
36	331231,27	8982809,37
37	328793,31	8983874,23
38	318032,65	8979418,65
39	312596,28	8973197,64
40	320890,95	8973617,98
41	322936,60	8986228,12
42	348941,52	8982361,01
A	394507,63	9029205,00
B	395390,34	9027975,51
C	397959,65	9027502,63
D	392994,41	9028574,50
E	393845,59	9026257,38
F	394901,69	9024886,03

Dependendo dos resultados que forem sendo obtidos, poços adicionais poderão ser implementados ou relocados os anteriores. Recomenda-se que a instalação dos poços de observação não seja feita próxima de poços profundos e cacimbas existentes, de forma a não sofrer influência do bombeamento. Estes poços de observação simples foram colocados de forma aproximadamente perpendicular ao futuro reservatório, para facilitar a confecção de futuros mapas potenciométricos. Na margem esquerda do futuro reservatório, há um maior

número de poços de observação em relação à margem direita, em função das características geológicas que compõem os terrenos.

8. MONITORAMENTO

O nível da água subterrânea nestes poços de observação deve ser monitorado antes do início das obras, em duas campanhas mensais que antecedem o enchimento, para uma avaliação em maior detalhe da superfície potenciométrica nestas áreas de interesse. A última campanha de medida do nível d'água antes do fechamento da barragem deve coincidir com o início do enchimento do reservatório.

Durante o enchimento do reservatório deverá haver um monitoramento em alguns poços que serão selecionados com base na campanha de monitoramento antes do enchimento. Uma vez atingido o equilíbrio, a periodicidade será mensal, durante o primeiro ano após o enchimento, e trimestral durante os dois anos subseqüentes, abrangendo pelo menos 3 anos hidrológicos. Os resultados obtidos serão armazenados em banco de dados informatizado visando a sua importação para ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

De acordo com os resultados obtidos no monitoramento regional ou em eventuais estudos de detalhe, deverão ser efetuados monitoramentos locais, caso necessário.

O monitoramento do lençol freático deverá contemplar ainda os seguintes aspectos:

- exigir qualidade e acompanhamento técnico durante a perfuração dos poços de observação, atendendo às normas aplicáveis;
- efetuar o monitoramento do enchimento do reservatório de forma a melhor avaliar e acompanhar os possíveis impactos causados pela elevação do nível d'água;
- efetuar monitoramento da eventual alteração da qualidade da água subterrânea causada pelo enchimento do reservatório;
- acompanhar e avaliar a alteração da superfície potenciométrica de forma a determinar a necessidade de estudos locais.

9. RESPONSABILIDADES

A responsabilidade pelo Programa será do empreendedor, que contará com a supervisão de profissional qualificado, para supervisão do Programa.

10. RELATÓRIOS

Durante a execução desses estudos serão apresentados relatórios trimestrais das atividades desenvolvidas. Esses relatórios abordarão as informações obtidas durante o desenrolar do projeto e a compatibilização do mesmo com o cronograma físico previamente elaborado. O primeiro relatório trimestral apresentará uma síntese dos dados secundários levantados, acompanhado do mapa preliminar, mostrando as áreas potencialmente alagáveis identificadas preliminarmente.

Ao término dos trabalhos deverá ser elaborado o Relatório Final contendo os elementos levantados e avaliados neste Programa, acompanhados da descrição das atividades desenvolvidas, e incluindo mapas, tabelas e outros anexos.

11. CRONOGRAMA

O Cronograma está apresentado no **Anexo II** ao presente programa.

12. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

As atividades do Programa de monitoramento do lençol freático têm interface com o programa de Conservação da Flora, mais especificamente com o Subprograma de Monitoramento da Sucessão Vegetacional das Margens do Reservatório, bem como o Programa de Comunicação Sócia e Educação Ambiental.

ANEXO I

**FIGURA 3
PONTOS DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO**



CLIENTE:	Madeira Energia S/A
PROJETO:	PROJETO BÁSICO AMBIENTAL AHE - SANTO ANTONIO
FIGURA:	PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

ESCALA:	1:350,000
DATA:	08/02/08
BASE:	IMAGEM LANDSAT

LEGENDA	Pontos de Monitoramento do Lençol Freático
●	Poços de Observação Simples
●	Poços Multinível

ANEXO II
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Módulo 2
Programa Revisado, de 21/07/2008

Projeto Básico Ambiental AHE Santo Antonio

SEÇÃO 03 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

1	Motivada por ofício: 392/2008 – DILIC/IBAMA, de 05/06/08	18/07/2008		
0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

ÍNDICE

1.0	Introdução.....	1
2.0	Justificativa.....	1
3.0	Base Legal.....	2
4.0	Objetivos.....	2
5.0	Metas.....	2
6.0	Âmbito de Aplicação.....	2
7.0	Procedimentos/Metodologia.....	3
8.0	Monitoramento.....	7
9.0	Responsabilidades.....	7
10.0	Relatórios.....	7
11.0	Cronograma.....	7
12.0	Interface com outros Programas.....	7

ANEXOS

Anexo 1: Mapa da rede de monitoramento do lençol freático

Anexo 2: Cronograma

FIGURAS:

Figura 1: Imagem orbital com destaque da Área de Estudo conforme definido no EIA (Leme Engenharia, 2005) delimitada em vermelho

Figura 2: Modelo de medidor d nível d'água - MNA

1.0 Introdução

O Programa de Monitoramento do Lençol Freático faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA. Este programa atende às condições de validade 2.1 e 2.32 da referida licença.

2.0 Justificativa

O enchimento de qualquer reservatório interfere no comportamento das águas subterrâneas podendo, eventualmente, provocar a criação de áreas úmidas e alagadas, afloramento, interferência em estruturas enterradas, em redes de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, afogamento de poços e cacimbas, bem como o afogamento do sistema radicular da vegetação adjacente.

No caso do futuro reservatório do AHE Santo Antônio, com o represamento das águas na cota 70 m, que corresponde à cheia máxima do rio Madeira, poderá haver uma elevação regional do nível freático, transformando áreas hoje secas e em uso para moradia, agricultura e/ou outras finalidades, em áreas permanentemente alagadas ou com terrenos saturados até muito próximo da superfície.

Este estudo pretende caracterizar a influência do enchimento do reservatório de Santo Antônio na dinâmica de fluxo dos aquíferos da região, através de um programa de monitoramento das variações do nível freático, identificando os locais situados no entorno do reservatório, passíveis de serem afetados por tal fenômeno com o surgimento de novas áreas permanentemente alagadas e/ou úmidas.

O resultado desse estudo fornecerá dados para a adoção de medidas preventivas, corretivas, mitigadoras ou compensatórias de problemas surgidos na vegetação e em áreas ocupadas pelas populações ribeirinhas.

Tal perspectiva poderá ainda ser potencializada pelo fato de boa parte dos terrenos da região, na área do reservatório e no seu entorno, serem constituídos por sedimentos arenosos e por cascalhos, os quais, em geral, são muito porosos e permeáveis, facilitando o fluxo da água subterrânea.

Assim sendo, os possíveis efeitos do enchimento do reservatório de Santo Antônio deverão ser previstos e quantificados através de um programa de monitoramento do lençol freático e, ainda, da caracterização das condições hidrogeológicas locais. As informações que forem produzidas deverão ser utilizadas objetivando a preservação dos patrimônios existentes, a conservação do meio ambiente, e a prevenção de transtornos para a comunidade local.

3.0 Base Legal

O Ministério do Meio Ambiente, através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis outorgou a Licença Prévia – LP - Nº 251/2007 que resultou do Processo nº 02001.003771/2003-25. A LP é relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, Estado de Rondônia, município de Porto Velho.

Complementarmente, no caso específico da perfuração de poços, cumpre registrar que interferências entre tais atividades e projetos de utilidade pública são previstas no Decreto Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

4.0 Objetivos

O Programa de Monitoramento Lençol Freático tem como objetivo a definição das áreas potenciais de influência do enchimento do reservatório do AHE Santo Antonio sobre o sistema aquífero livre adjacente e o estabelecimento de um programa de monitoramento do lençol freático.

Esse objetivo deverá ser alcançado através da identificação de áreas críticas, nas quais as modificações de carga hidráulica impostas pela água represada no reservatório, possam causar o afloramento ou sub-afloramento da água subterrânea, alterando profundamente o teor de umidade dos solos, podendo também causar o seu alagamento.

As conseqüências de tal fenômeno podem se refletir na saturação de solos agricultáveis, no afogamento do sistema radicular da vegetação adjacente e na eventual contaminação da água subterrânea pelo contato de afloramentos desta com depósitos de lixo, fossas, etc.

5.0 Metas

As metas principais do programa são as seguintes:

- Efetuar o monitoramento do nível do lençol freático durante um mês antes do enchimento, acompanhar a fase de enchimento e após o enchimento do reservatório, por um período de 4 anos.
- Identificar as áreas de vegetação mais sensíveis à elevação do nível do lençol freático e propor ações corretivas, quando pertinente.

6.0 Âmbito de Aplicação

As atividades de monitoramento do nível freático serão desenvolvidas ao longo do rio Madeira e adjacências, abrangendo uma envoltória definida pela Área de Influência Direta (AID) do futuro reservatório (**Figura 1**).

Inicialmente, está previsto a implantação de medidores de nível, nos locais indicados pelo mapeamento geológico e hidrogeológico como aqueles de maior sensibilidade aos fluxos verticais do lençol freático. Corresponde às áreas em que ocorrem os aquíferos livres, cujos estratos são constituídos de sedimentos quaternários e cenozóicos que compõem os terrenos da bacia de contribuição. O programa inclui o monitoramento em pontos a jusante e a montante do futuro barramento.



Figura 1 - Imagem orbital com destaque da Área de Estudo conforme definido no EIA (Leme Engenharia, 2005) delimitada em vermelho

7.0 Procedimentos/Metodologia

Para avaliar as mudanças no comportamento do lençol freático, recomenda-se o monitoramento do nível da água mediante construção de poços de observação, com a implantação de medidores de nível d'água (MNA) em furos a serem executados por meio de sondagens rotativas ou a trado. O modelo de MNA poderá ser semelhante a outros especificados pela projetista para a barragem, ou então, conforme o modelo apresentado na **Figura 2**. Em locais de difícil acesso poderão ser instalados MNA's eletrônicos com transmissores de dados a distância. Cada MNA instalado deverá ser objeto de locação e nivelamento topográficos.

O conjunto de Medidores instalados deverá ser lançado em planilha eletrônica contendo os dados relativos ao georreferenciamento dos pontos a serem monitorados, representados por coordenadas UTM e fuso.

Este monitoramento permitirá também analisar o mapa potencial de influência e traçar um mapa potenciométrico real após o enchimento da barragem.

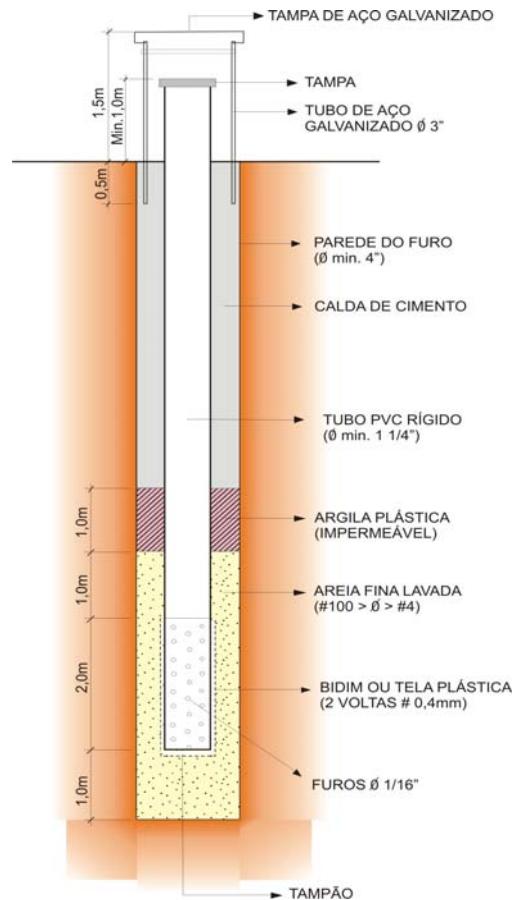


Figura 2 - Modelo de medidor de nível d'água – MNA

Os poços de observação a serem instalados são poços simples e multiníveis, com cerca de 10 a 20 metros de profundidade, alguns podendo superar 20 metros, dependendo da profundidade do lençol freático. A construção destes poços de monitoramento deve seguir as normas da ABNT (NBR 13.895 de junho/97 - Construção de poços de monitoramento e amostragem). Além disso, estes poços devem ser protegidos por tampas com cadeado e construção de cercas. A utilização de poços já existentes para o monitoramento do lençol freático traz uma dificuldade, pois os poços estão ativos ou têm a possibilidade de serem ativados, o que implica em influência nas medidas de nível d'água.

Devem ser construídos poços de monitoramento a montante e a jusante da barragem para avaliar o comportamento da superfície potenciométrica nesta região, que terá fortes fluxos verticais de água subterrânea. Em função destes fluxos verticais, os poços de observação a serem instalados devem ser poços multiníveis, com filtros a 2 m, 5 m e 10 m de profundidade abaixo da profundidade do lençol freático, medido na época da estiagem. Sugere-se que sejam instalados 8 poços de multiníveis, sendo 4 a montante e 4 a jusante da barragem. Os poços devem ser alinhados perpendicularmente a calha do rio Madeira.

Ao longo das proximidades do reservatório sugere-se a instalação de 40 poços de observação simples, distribuídos nas proximidades das áreas próximas às planícies das drenagens afluentes, bem como nas proximidades de áreas de vegetação que ocorre nas cotas mais baixas dos terrenos que compõem a AID, conforme indicado na **Figura 3** (Anexo I) e conforme localização especificada na **Tabela 1**.

Tabela 1
Rede de Monitoramento do lençol freático

Pontos de monitoramento	Coordenada UTM (long)	Coordenada UTM (lat)
1	397616,67	9035968,13
2	399662,32	9033053,79
3	391227,53	9025291,55
4	388817,59	9026804,76
5	388565,39	9024226,69
6	385623,02	9026216,29
7	390190,70	9018285,91
8	388173,07	9019434,83
9	388369,23	9017080,94
10	384558,17	9019939,24
11	385538,95	9016044,11
12	381083,37	9027841,60
13	379850,38	9018650,20
14	377580,55	9022012,91
15	377300,33	9015427,61
16	378757,50	9012485,24
17	380186,65	9009654,97
18	373545,31	9006656,56
19	374526,10	9003938,37
20	369958,42	9000659,73
21	368585,32	9003966,39
22	365418,77	8996876,69
23	361327,48	8996316,24
24	363204,99	9002116,90
25	361747,82	9001080,07
26	359478,61	9004835,06
27	354293,82	8996428,33
28	356143,31	8989927,10
29	349221,74	8989198,51
30	349810,21	8975103,17
31	346307,40	8978353,79
32	344878,25	8974486,68
33	340226,51	8981828,58
34	335883,01	8985163,27
35	331343,36	8993794,21
36	331231,27	8982809,37
37	328793,31	8983874,23
38	318032,65	8979418,65
39	312596,28	8973197,64
40	320890,95	8973617,98
41	322936,60	8986228,12
42	348941,52	8982361,01
A	394507,63	9029205,00
B	395390,34	9027975,51
C	397959,65	9027502,63
D	392994,41	9028574,50
E	393845,59	9026257,38
F	394901,69	9024886,03

Dependendo dos resultados que forem sendo obtidos, poços adicionais poderão ser implementados ou relocados os anteriores. Recomenda-se que a instalação dos poços de observação não seja feita próxima de poços profundos e cacimbas existentes, de forma a não sofrer influência do bombeamento. Estes poços de observação simples foram colocados de forma aproximadamente perpendicular ao futuro reservatório, para facilitar a confecção de futuros mapas potenciométricos. Na margem esquerda do futuro reservatório, há um maior número de poços de observação em relação à margem direita, em função das características geológicas que compõem os terrenos.

Na região de Jaci-paraná serão também monitorados parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos para determinar a qualidade da água do lençol freático disponível para a população local.

Foram considerados nove parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade da água – IQA - tendo como determinante principal, sua utilização para abastecimento público. Assim, os parâmetros escolhidos são: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

O IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades da água correspondente aos nove parâmetros citados, segundo a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA: índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100.

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida.

wi: peso correspondente do i-ésimo parâmetro, um nº entre 0 e 1, atribuído em função de sua importância para a conformação global da qualidade, portanto a somatória será:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

onde:

n = número de parâmetros que entram no cálculo.

A qualidade das águas brutas, indicada pelo IQA, numa escala de 0 a 100, pode ser classificada para abastecimento público (Tabela 2).

Tabela 2
Classificação e variação do IQA

Classificação	Faixa de variação
ótima	$91 < IQA \leq 100$
boa	$71 < IQA \leq 90$
média	$51 < IQA \leq 70$
ruim	$26 < IQA \leq 50$
muito ruim	$00 < IQA \leq 25$

8.0 Monitoramento

O nível da água subterrânea nestes poços de observação deve ser monitorado antes do início das obras, em duas campanhas mensais que antecedem o enchimento, para uma avaliação em maior detalhe da superfície potenciométrica nestas áreas de interesse. A última campanha de medida do nível d'água antes do fechamento da barragem deve coincidir com o início do enchimento do reservatório.

Durante o enchimento do reservatório deverá haver um monitoramento em alguns poços que serão selecionados com base na campanha de monitoramento antes do enchimento. Uma vez atingido o equilíbrio, a periodicidade será mensal, durante o primeiro ano após o enchimento, e trimestral durante os dois anos subseqüente, abrangendo pelo menos 3 anos hidrológicos. Os resultados obtidos serão armazenados em banco de dados informatizado visando a sua importação para ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

De acordo com os resultados obtidos no monitoramento regional ou em eventuais estudos de detalhe, deverão ser efetuados monitoramentos locais, caso necessário.

O monitoramento do lençol freático deverá contemplar ainda os seguintes aspectos:

- exigir qualidade e acompanhamento técnico durante a perfuração dos poços de observação, atendendo às normas aplicáveis;
- efetuar o monitoramento do enchimento do reservatório de forma a melhor avaliar e acompanhar os possíveis impactos causados pela elevação do nível d'água;
- efetuar monitoramento da eventual alteração da qualidade da água subterrânea causada pelo enchimento do reservatório;
- acompanhar e avaliar a alteração da superfície potenciométrica de forma a determinar a necessidade de estudos locais.
- monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos do poço N° 42, em Jaci-paraná.

9.0 Responsabilidades

A responsabilidade pelo Programa será do empreendedor, que contará com a supervisão de profissional qualificado, para supervisão do Programa.

10.0 Relatórios

Durante a execução desses estudos serão apresentados relatórios trimestrais das atividades desenvolvidas. Esses relatórios abordarão as informações obtidas durante o desenrolar do projeto e a compatibilização do mesmo com o cronograma físico previamente elaborado. O primeiro relatório trimestral apresentará uma síntese dos dados secundários levantados, acompanhado do mapa preliminar, mostrando as áreas potencialmente alagáveis identificadas preliminarmente.

Ao término dos trabalhos deverá ser elaborado o Relatório Final contendo os elementos levantados e avaliados neste Programa, acompanhados da descrição das atividades desenvolvidas, e incluindo mapas, tabelas e outros anexos.

11.0 Cronograma

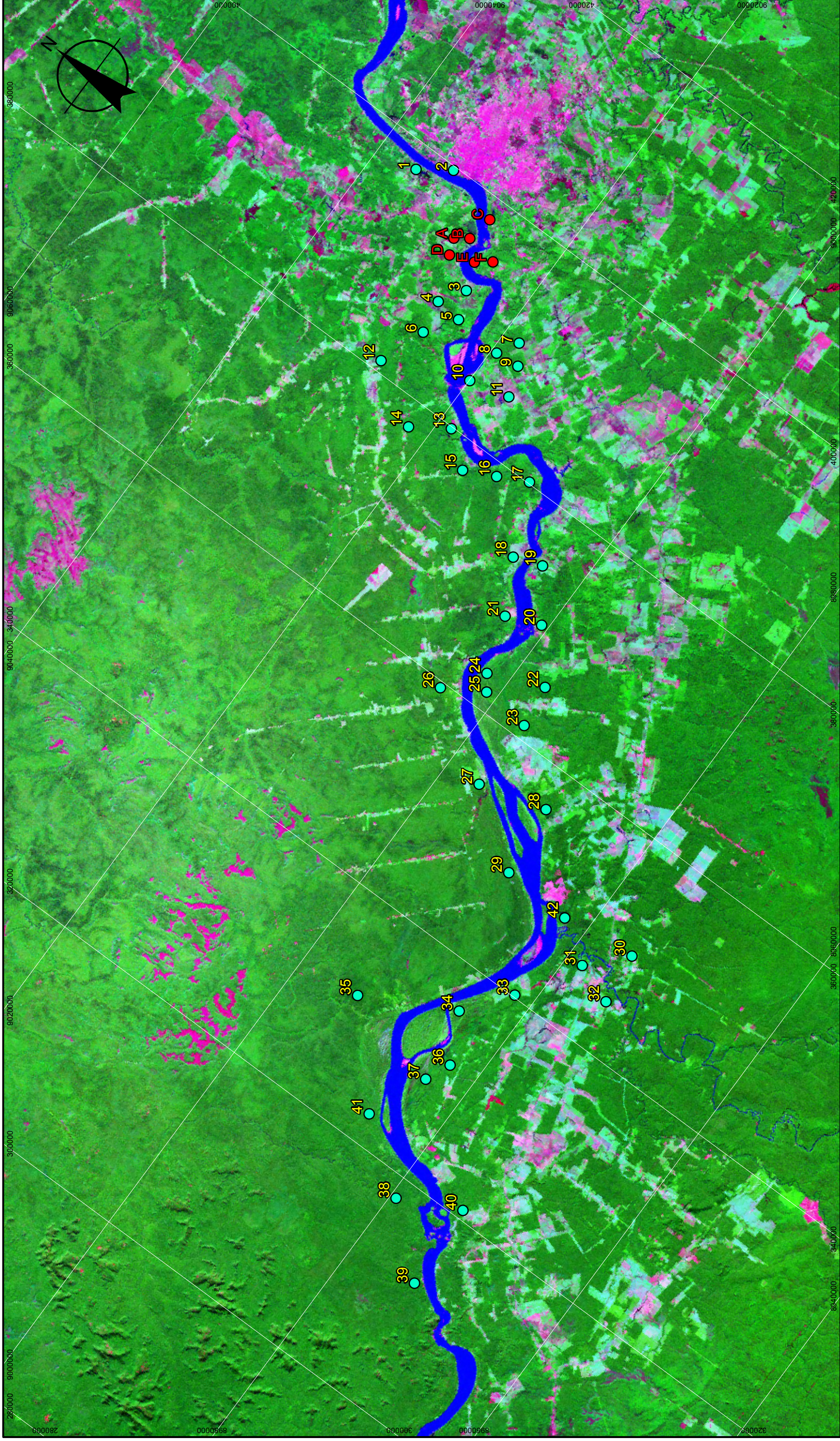
O Cronograma de Atividades está apresentado no **Anexo II** ao presente programa.

12.0 Interface com outros programas

As atividades do Programa de monitoramento do lençol freático têm interface com o programa de Conservação da Flora, mais especificamente com o Subprograma de Monitoramento da Sucessão Vegetacional das Margens do Reservatório, bem como o Programa de Comunicação Sócia e Educação Ambiental.

ANEXO I

**FIGURA 3
PONTOS DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO**



CLIENTE: MESA				
PROJETO: PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE - SANTO ANTONIO				
FIGURA: PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENCOL FREÁTICO				
<table border="1"> <tr> <td>ESCALA: 1:350,000</td> </tr> <tr> <td>DATA: 08/02/08</td> </tr> <tr> <td>BASE: IMAGEM LANDSAT</td> </tr> </table>		ESCALA: 1:350,000	DATA: 08/02/08	BASE: IMAGEM LANDSAT
ESCALA: 1:350,000				
DATA: 08/02/08				
BASE: IMAGEM LANDSAT				
<p>LEGENDA</p> <p>Pontos de Monitoramento do Lencol Freático</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Poços de Observação Simples ● Poços Multinível 				

ANEXO II
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Módulo 3

Ata de reunião, de 04/12/2008 - Protocolo MESA 00190



Rua Real Grandeza, 219
Telegrama RIOFURNAS Telex (0XX21)/212 -1166
22283-900 Rio de Janeiro RJ
CGC 23.274.194

Rio de Janeiro, 05 de dezembro de 2008

N.Ref. DEA.E.E.246.2008

S.Ref.

Senhor
Carlos Hugo Annes de Araújo
MESA - Madeira Energia S.A.
Av. Jucelino Kubitschek, 1400 - 2º andar/Conj.22
Vila Nova Conceição
São Paulo - SP

Assunto AHE Santo Antônio - Envio de Ata
de Reunião

Prezado Senhor,

1. Estamos encaminhando, anexa, para conhecimento e providências cabíveis, original da Ata de Reunião realizada no Edifício Sede do IBAMA/DF, na Diretoria de Licenciamento (DLIC), em 04/12/2008, tendo como objeto as propostas de revisão dos Programas de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas do Aproveitamento Hidrelétrico de Santo Antônio.
2. Ressaltamos que ficou decidido nesta reunião que a MESA deve encaminhar, ao IBAMA, correspondência formalizando a solicitação de que sejam estabelecidas as alterações nos Programas citados, conforme apontadas na Ata em questão.
3. Por oportuno, enfatizamos também que o IBAMA recomendou a realização de uma reunião específica com a MESA sobre o Sistema de Gestão Ambiental, conforme relatado no item 6 dessa Ata.
4. Sendo o que se apresenta para o momento, colocamo-nos à disposição para prestar quaisquer esclarecimentos adicionais que se façam necessários.

Atenciosamente,

Vera da Silva Vieira Paiva
Departamento de Engenharia Ambiental

Anexo

11/DEZ/2008 11:24 000190


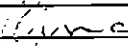





Objetivos da reunião

Apresentação e discussão e posterior possível revisão dos Programas de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira

Local da Reunião

IBAMA/DF, Diretoria de Licenciamento (DILIC) – Edifício Sede, Bloco C, 3º Andar, Sala de Reunião 02

PARTICIPANTES

NOME	EMPRESA	VISTO	NOME	EMPRESA	VISTO
Ricardo Choueri	IBAMA		Gina Luísa Boemer	ECOLOGY	
Rodrigo Heyles	IBAMA				
Adriano Queiroz	IBAMA				
André C. P. Cimblaris	MESA/FURNAS				
Paulo Roberto Brum	FURNAS				
Ivan S. Telles	ECOLOGY				

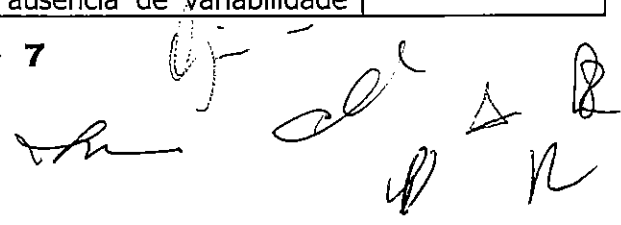
Distribuição

ASSUNTOS TRATADOS

RESPONSÁVEL PELA AÇÃO

1. A MESA/FURNAS e ECOLOGY Brasil esclareceram o motivo da reunião: apresentar e discutir aspectos relacionados aos Programas de Limnologia e Qualidade de Água e de Macrófitas Aquáticas buscando a otimização dos mesmos. Considerando que a alteração de alguns aspectos possa requerer uma análise mais detalhada para a sua aprovação, o IBAMA solicitou que uma proposta também seja encaminhada posteriormente, o que será feito por meio de correspondência. Foram tratados os seguintes pontos:

1.1 Amostragem nas margens – O PBA propõe a amostragem de algumas variáveis em 3 posições (calha central, margem esquerda, margem direita). A experiência adquirida na elaboração do EIA-RIMA atesta que não há variação significativa entre as amostragens de calha e de margens, no rio Madeira, devido à sua grande turbulência. De acordo com Tomo B, Volume 6/8, pg. IV-921: "A análise dos perfis verticais de temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH realizados na calha central e margens esquerda e direita do rio Madeira evidenciaram a ausência de variabilidade

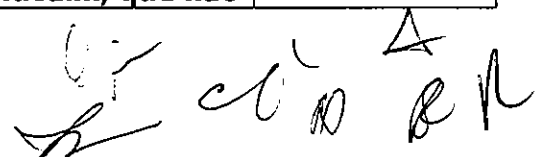


espacial bem definida, indicando uma homogeneidade na massa de água presente no rio ao longo das diferentes fases do ciclo hidrológico. Ou seja, os perfis verticais não indicaram a presença de ambientes quimicamente diferenciados nas margens do rio devido à influência dos afluentes nas condições hídricas do Madeira." Assim sendo, o ambiente é considerado homogêneo, sem a observação de gradientes transversais. Por esta razão, sugere-se a redução da quantidade de amostragens, realizando-se apenas uma amostragem por ponto de coleta, na calha central do rio Madeira, sendo representativos do eixo transversal como um todo.

Resposta do IBAMA: A requisição de coletas nas margens do rio Madeira consta do PBA, e não foi exigência da Licença de Instalação. O IBAMA concorda com a retirada das coletas das margens nos pontos do leito do rio Madeira.

1.2 Pontos adicionais no rio Jaciparanã e nos igarapés Mucuí e Jatuarana – O PBA sugere a inclusão de mais do que dois pontos no rio Jaciparanã e de mais do que um ponto nos igarapés, desde a fase rio do monitoramento. Estes corpos d'água manterão suas características naturais nas condições lóxicas, observadas antes do enchimento do AHE Santo Antônio, tornando assim excessiva a designação de mais de um ponto de amostragem durante este período. Sugere-se a amostragem em apenas dois pontos no rio Jaciparanã e um ponto nos igarapés Mucuí e Jatuarana antes do enchimento; os pontos adicionais serão incluídos após o início do enchimento. Considerando que não haverá alteração das variáveis limnológicas destes tributários decorrentes das obras, duas estações no rio Jaciparana e uma estação em cada igarapé (Mucuí e Jatuarana) são suficientes para atender os objetivos de monitoramento da fase de implantação do empreendimento.

Resposta do IBAMA: O IBAMA esclareceu que o acréscimo no N amostral pedido no item c da condicionante 2.11 se refere ao gradiente vertical. Devem ser acrescentados 3 pontos, configurando um perfil de 5 pontos ao invés de 2, em cada estação amostral. Não é necessário acrescentar novas estações amostrais no rio Jaciparanã e no igarapé Jatuarana; a única estação que deve ser acrescentada é a do igarapé Mucuí, que não



era contemplado no Projeto Básico Ambiental.

2) Frequência Amostral

2.1 **Sazonalidade** - As amostragens deverão ser realizadas nos meses de março, junho, setembro e dezembro, caracterizando cheia, vazante, seca e enchente, respectivamente.

Resposta do IBAMA: o IBAMA concorda com a sugestão da MESA.

2.2 **Tributários, canais e lagos de jusante** - O objetivo do monitoramento destes ambientes consiste em caracterizar a condição anterior ao enchimento, de forma a estabelecer um ponto de comparação com eventuais alterações decorrentes do enchimento do reservatório. Considerando que os tributários, canais e lagos de jusante não serão afetados pelo início das obras, julga-se pela não necessidade de monitoramento contínuo ao longo do período de obras. Um ano de monitoramento (cobrindo um ciclo hidrológico completo) é suficiente para a caracterização destes ambientes. Assim sendo, sugere-se que o monitoramento destes ambientes comece apenas um ano antes do enchimento do reservatório.

Resposta do IBAMA: O IBAMA pretende reavaliar este item e responder oportunamente à solicitação da MESA.

2.3 **Biocidas** - A amostragem de biocidas deve se concentrar no período e compartimento de máxima probabilidade de detecção destas substâncias, ou seja, durante a enchente (amostragem de dezembro), no sedimento. Não sendo identificada a sua presença em dezembro, no sedimento, considerada situação mais crítica, a amostragem desta variável em outros períodos e compartimentos se faz desnecessária. Caso a análise indique a presença de biocidas, serão executadas amostragens nos demais períodos e compartimentos, conforme descrito no PBA.

Resposta do IBAMA: O IBAMA sugeriu a consulta a uma Lei do Estado de Rondônia que enumera os biocidas proibidos naquele Estado. Os biocidas mais comuns (levantados por pesquisa junto ao comércio e aos agricultores da região) serão o principal foco da amostragem. Os pontos de coleta devem ser determinados com base em informações levantadas pelos Programas de Monitoramento Hidrossedimentológico e Hidrobiogeoquímico. Mais detalhes sobre a amostragem de biocidas serão discutidos conjuntamente com o Plano de Trabalho que será encaminhado pela MESA ao IBAMA para discussão.

2.4 **Estudo nictemeral** – O estudo do ciclo nictemeral, proposto pelo “Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jiarau, no rio Madeira, Estado de Rondônia”, incorporado pelo item **h** da condicionante 2.11 da LI no. 540/2008, tem como objetivo monitorar as alterações da qualidade da água em curtos período de tempo. Este tipo de estudo é adequado para corpos d’água com tempo de residência superior a pelo menos 1 dia, pois destina-se a aferir as variações limnológicas na coluna d’água ao longo de 24h. No rio Madeira e demais ambientes encontrados no AHE Santo Antônio, o tempo de residência é muito curto (ambientes lóticos), e a coluna d’água é totalmente renovada antes do término da amostragem nictemeral. Assim sendo, sugere-se a inclusão deste estudo somente após a conclusão do enchimento do reservatório.

Resposta do IBAMA: o IBAMA julga que a proposta de monitoramento em tempo real com a sonda multiparâmetros no leito do rio Madeira atende ao solicitado pela condicionante 2.11. No caso dos lagos de jusante, o estudo do ciclo nictemeral deve ser contemplado para a caracterização destes ambientes, sendo realizados dois estudos (seca e cheia). O IBAMA aguarda a proposta da MESA para avaliação.

3) Variáveis

3.1 **Metais** – Há uma superposição entre os Programas de Monitoramento

Hidrobiogeoquímico e Limnológico, pois ambos prevêem a análise de metais na água e nos sedimentos. Sugere-se a definição de um destes dois Programas (preferencialmente, o de Monitoramento Hidrobiogeoquímico) como o responsável por estas análises.

Resposta do IBAMA: o IBAMA, a princípio, não vê impedimento na otimização dos dois programas, e aguarda uma definição formal da malha amostral final e da metodologia de coleta em documento a ser apresentado pela MESA. O Programa de Monitoramento Limnológico deve discutir os dados de metais pesados gerados pelo Monitoramento Hidrobiogeoquímico em seus relatórios; deve haver uma interface entre os dois programas.

3.2 **Isótopos** – O fracionamento isotópico de ^{13}C e ^{15}N é uma análise de caráter científico, indo além das necessidades de um monitoramento estabelecido para avaliação de impactos decorrentes da implantação de um empreendimento hidrelétrico. Sugere-se a redução do número de análises, de modo a restringi-las às seis estações localizadas próximas à foz dos tributários, onde serão realizadas as análises da comunidade bentônica, ou a exclusão destas análises do Programa de Monitoramento Limnológico.

Resposta do IBAMA: o IBAMA concorda com a limitação das análises isotópicas aos pontos de coleta da comunidade bentônica, onde as respostas deste tipo de análises devem ser mais representativas.

3.3 **Bentos e sedimentos** – Estas variáveis deverão ser analisadas em 7 estações de coleta: no igarapés Caripunas (CAR), Jaciparanã (JAC), Caracol (CRC), Mucuim (MUC), Jatuarana (JAT) e rio Madeira (JUS1 e JUS2). O mais indicado para coleta da macrofauna bentônica é na foz dos igarapés, local favorável a maior densidade e diversidade destes organismos. Adverte-se que a coleta de bentos em leito rochoso é inviável. No rio Madeira as coletas deverão ser restritas as margens, em trecho viável, mais próximo à estação de coleta.

Resposta do IBAMA: o IBAMA solicita a inclusão de pontos nas margens do rio Madeira, a montante, configurando assim 9 estações de coleta de bentos e sedimentos. Neste 9 pontos serão realizadas também as análises isotópicas.

3.4 Imagens de satélite dos estandes de macrófitas – A observação de estandes de macrófitas aquáticas flutuantes em um ambiente turbulento, como o do rio Madeira, é um evento raro. Sugere-se que o Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas realize um levantamento preliminar em campo (por meio das campanhas trimestrais), e que as imagens de satélites, a serem adquiridas pelo empreendedor, se atenham apenas aos locais nos quais foram observadas proliferações destes organismos, durante as coletas do monitoramento. Assim sendo, no primeiro ano de estudo seriam identificadas as áreas e os meses mais favoráveis a ocorrência de bancos de macrófitas flutuantes. No segundo ano, seriam adquiridas imagens das áreas, nos meses correspondentes, onde foi diagnosticada presença de banco de macrófitas flutuantes superiores a 100m². Adverte-se que, imagens de satélite de boa qualidade só podem ser adquiridas durante os meses com baixa nebulosidade, que se estende de maio a outubro.

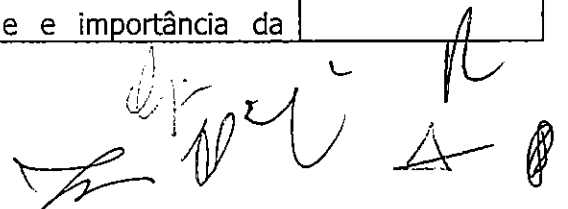
Resposta do IBAMA: o IBAMA concorda com a argumentação apresentada e aguarda o encaminhamento da proposta.

3.5 Monitoramento em tempo real – Sugere-se adaptação de uma balsa de garimpo para montagem de uma base móvel de apoio as campanhas de campo e implantação dos equipamentos do sistema de monitoramento em tempo real. A balsa poderá contar com um sistema de segurança com câmaras de vídeo com transmissão 24h.

Resposta do IBAMA: o IBAMA não tem nada a opor.

4) Atividades adicionais

4.1 Balsa escola – Juntamente com a estrutura montada para implantação dos equipamentos de monitoramento em tempo real e laboratório móvel, poderá ser estabelecido sistema de visitas educativas. As visitas guiadas seriam desenvolvidas em parceria com os Programas de Educação Ambiental e Comunicação Social, com objetivo de informar a população local sobre as variáveis da qualidade da água e suas alterações decorrentes da sazonalidade e implantação de empreendimento, medidas de controle e importância da



manutenção do equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos. A balsa escola atenderia prioritariamente o público em idade escolar e demais interessados da comunidade local.

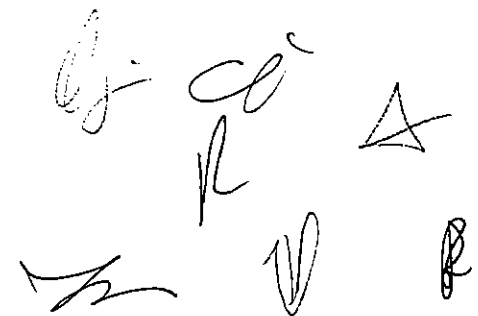
Resposta do IBAMA: o IBAMA não tem nada a opor.

4. **Validação dos resultados** – Propõe-se a contratação de pesquisador, com reconhecimento nacional e internacional na área de atuação, para acompanhar a execução dos trabalhos e subsidiar a adoção das medidas mitigadoras propostas para gestão da qualidade da água, como manejo da vazão do reservatório, em consonância com os resultados obtidos por meio da modelagem matemática.

Resposta do IBAMA: o IBAMA não tem nada a opor.

5. Foram tratados ainda pontos relativos ao Programa de Monitoramento do Lençol Freático. Sobre a questão da desinfecção de fossas, pocilgas, lixões e demais agentes poluidores na área do futuro reservatório, (citados no item 2.8 da Licença de Instalação), a MESA solicitou que esta questão não seja tratada dentro do Programa de Monitoramento do Lençol Freático. Além disso, a MESA solicitou a retirada da exigência da instalação dos medidores de nível do Monitoramento da Flora. O IBAMA ficou de avaliar a questão com os técnicos responsáveis pelos programas.

6. O IBAMA aproveitou a ocasião para solicitar à MESA que o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) receba uma atenção especial no que se refere a sua concepção e implementação, notadamente no que concerne a integração dos programas ambientais em andamento, recomendando a realização de uma reunião específica para a discussão deste SGA.



**PBA CONSOLIDADO
AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA**

**SEÇÃO 04
PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO
15 DE JANEIRO DE 2009**

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008 deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de Setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental - PBA do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio faz-se necessária nova apresentação do Programa de Monitoramento Sismológico.

Para este Programa não foi elaborada revisão a partir de estudos complementares.

A Licença de Instalação Retificada Nº 540/2008, IBAMA, de 18/08/2008, estabelece a Condicionante 2.33, conforme a seguinte transcrição determinação:

“2.33 Sobre o Programa de Monitoramento Sismológico:

- (a) Implantar três estações sismológicas, aumentando a área de abrangência e contribuindo para a maior consistência dos dados considerando o restrito conhecimento da sismicidade regional.*
- (b) Encaminhar ao IBAMA Termo de Convênio celebrado com Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB).*
- (c) Iniciar o monitoramento em data que permita registrar, por período mínimo de um ano, as vibrações geradas pelo desmonte de rocha com explosivos, seja em pedreira ou escavações obrigatórias. As datas e horas de cada desmonte deverão ser registradas e informadas à equipe que fará a análise dos dados coletados de forma que possam ser distinguidas as detonações registradas nos sismógrafos daquelas oriundas de sismos naturais.*
- (d) O monitoramento deverá ser contínuo, ao longo de toda vida útil do empreendimento.”*

Constam deste documento, portanto, os seguintes módulos, a saber:

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;

Módulo 1
Programa Versão Original de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental

AHE Santo Antônio

SEÇÃO 04

PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	2
3. OBJETIVO	3
3.1 Metas	3
3.2 Material	3
3.3 Métodos	4
4. EQUIPAMENTOS	6
5. PRAZO PARA A INSTALAÇÃO DO SISTEMA.....	7
6. OPERAÇÃO DO SISTEMA	7
7. CRONOGRAMA.....	7
8. INTERFACES COM OUTROS PROGRAMAS	7
9. BIBLIOGRAFIA	8

ANEXOS

Anexo I – Cronograma de Atividades

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento Sismológico faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de Instalação - LI - deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA. Este programa atende às condições de validade 2.1 e 2.32 da referida licença.

No Estudo de Impacto Ambiental (Tomo C, capítulo IV) a região do empreendimento foi caracterizada como uma paleogeográfica cenozóica, que teve o seu começo efetivo a partir dos movimentos neotectônicos desenvolvidos após o Oligoceno, com a geração de vários tipos de estruturas que afetaram as rochas pré-cambrianas, paleozóicas e mesozóicas, que constituem o arcabouço litológico regional, controlando a deposição de sedimentos e influenciando decisivamente no desenvolvimento dos sistemas de relevo e de drenagem hoje observados.

Assim, a área de estudo se insere na porção sudoeste do Cráton amazônico, que mostra uma evolução geológica policíclica iniciada no Paleoproterozóico, há aproximadamente 1.750 milhões de anos, sendo reativada por eventos tectono-magmáticos super impostos até 970 milhões de anos atrás, quando então essa parte do Cráton se estabilizou.

Reativações subseqüentes, a partir de fenômenos geológicos (Neotectônica), fizeram-se sentir, em seguida ao Terciário, com efeitos diretos por sobre o substrato onde se instalou o rio Madeira e condicionou toda a sua evolução.

A questão da Sismicidade Induzida ou Desencadeada por Reservatórios (SIR) hoje (SDR), iniciou-se há cerca de 50 anos, no EUA, logo após o enchimento do lago Mead, no Colorado, em 1936, quando foram observados sismos induzidos no local. Desde a identificação da relação causa e efeito entre a sismicidade e o enchimento do lago Mead, a SIR já foi observada mundialmente em cerca de 200 reservatórios.

A SIR está condicionada a diversos fatores como (Simpson 1976):

- tamanho e peso do reservatório;
- esforços tectônicos preexistentes;
- condições geológicas e hidromecânicas específicas da área;
- interação construtiva entre a orientação dos esforços sismotectônicos;
- dinâmica da variação do nível d'água do lago e a carga suplementar causada pelo reservatório.

Nas regiões intraplacas, como é o caso do Brasil, é bastante difícil verificar-se a relação entre a sismicidade natural e a geotectônica, tendo em vista a predominância da baixa sismicidade nessas áreas.

Na área do reservatório do AHE Santo Antônio, o sistema de falhas e fraturas está condicionado a reativação de antigas zonas de fraqueza estrutural. As estruturas definidas na referida área, em ordem cronológica, são representadas por uma foliação metamórfica penetrativa impressa nas rochas metaígneas do Complexo Jamari e metavulcano-sedimentares da Formação Mutum-Paraná. Nessas unidades, a foliação metamórfica define

um plano de fraqueza estrutural de direção aproximada N90º, com inflexões para N80ºW e N70º, aliadas a alto ângulo de mergulho. Aproveitando esses planos de fraqueza preexistentes, instalaram-se as falhas e fraturas que condicionaram, em parte, o encaixe do rio Madeira, além da geração de desníveis estruturais representados por inúmeras corredeiras ao longo do rio.

A partir da consulta bibliográfica observa-se que o reservatório do AHE Santo Antônio com volume de $3,9 \times 10^9 \text{ m}^3$ e profundidade de até 45 m não está enquadrado nos que se apresentam com maior probabilidade de ocorrência de sismos induzidos.

Em síntese, não existem evidências de que possa ocorrer indução de sismos pelo enchimento do lago do AHE Santo Antônio. Porém, devido a proximidade relativa da Cordilheira dos Andes, área reconhecida de alta atividade sísmica, considerando o histórico de abalos sísmicos regionais naturais, possivelmente alguns associados a estruturas geológicas e o aparecimento de um sismo natural de magnitude de 4,2 na escala Richter, posicionado a cerca de 200 km do eixo da barragem, foi recomendado o Programa de Monitoramento Sismológico.

Além desses aspectos, o programa poderá ser utilizado como parte integrante do AMAZONScope, que é um projeto financiado pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – PADCT, cujo objetivo principal é ampliar o poder de detecção sísmica da Amazônia Legal.

2. JUSTIFICATIVA

O monitoramento sismológico tem por objetivo avaliar a atividade sísmica natural na área de influência do reservatório, durante o período de um ano antes do enchimento, para comparação com o nível de atividade sísmica registrada durante e após o enchimento do reservatório, até no mínimo por um período de 4 anos. Essa comparação deve ser feita para avaliar a eventual existência de impactos no nível de sismicidade natural devido ao enchimento do reservatório e orientar a adoção de eventuais procedimentos futuros.

Além de verificar a eventual ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento do reservatório, são objetivos do programa obter a correlação entre sismos e feições geológicas e estruturais da área, determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas, área de influência e orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação da usina.

O empreendimento está localizado em área cujo potencial para sismos naturais e induzidos corresponde aproximadamente a magnitudes da ordem de 4,0 mb e a intensidade V-VI da escala Mercalli Modificada.

No Tomo C, página II-95 do EIA foi discutida a ocorrência de sismos induzidos pelo empreendimento. Assim, foi detectado como ação geradora, o enchimento do reservatório. Por outro lado foi discutido que em regiões intraplacas, como é caso do Brasil, é bastante difícil identificar a relação entre a sismicidade natural e a geotectônica, tendo em vista a predominância da baixa sismicidade nessas áreas. Assim, o resultado da classificação do impacto foi muito baixa.

Por outro lado, as áreas situadas no interior da Amazônia apresentam uma baixa densidade populacional e uma quantidade pequena de estações sismográficas, acarretando em relatos de sismos incompletos e pouco precisos.

No que diz respeito a sismicidade induzida por reservatórios no Brasil, observa-se que há uma grande variabilidade na forma do surgimento do sismo. Estudos demonstram que a profundidade de ocorrência de sismos induzidos aumenta quando o volume do reservatório e sua profundidade ultrapassam 10^{10} m³ e 92 m, respectivamente. Nessa linha, as informações do diagnóstico ambiental revelam que não existem evidências de que possa ocorrer o desencadeamento de sismos pelo enchimento do lago de Santo Antônio.

No EIA foi proposta a implementação de programa de monitoramento sismológico, antes, durante e após o enchimento dos lagos, com instalação de sismógrafos em áreas selecionadas no âmbito da AII.

3. OBJETIVO

Caracterizar e monitorar a atividade sísmica natural e induzida na região do reservatório.

3.1 Metas

- Definir as condições específicas de monitoramento que devem ser adotadas;
- Determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas, área de influência;
- Correlacionar sismos e feições geológicas e estruturais da área;
- Monitorar as atividades sísmicas eventualmente induzidas pela formação do futuro reservatório;
- Identificar medidas relativas a minimização de impactos decorrentes das obras;
- Orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação da usina;

3.2 Material

De acordo com a experiência nacional e ainda em conformidade com as prescrições dos estudos ambientais realizados, o reservatório a ser formado quando da construção da barragem de Santo Antônio, cuja altura não deverá exceder a 15 metros e que deverá alagar uma área de aproximadamente 271 km² deve ser permanentemente monitorado por uma rede composta por duas estações sismográficas. Tal fato deve-se à necessidade de localizar, com precisão, os eventos que possam ocorrer no local de interesse da futura barragem. Para efetuar a localização dos eventos (incluindo-se aqui explosões em pedreiras na região do lago, sismos naturais ou induzidos naquela região, ou qualquer outra atividade local que possa gerar ondas sísmicas), é preciso determinar os seguintes parâmetros para cada evento: a localização exata do epicentro (latitude e longitude), a profundidade do foco e a hora de origem (momento em que ocorreu o evento).

3.3 Métodos

Utiliza-se, de forma rotineira, um procedimento metodológico no monitoramento de barragens do porte de Santo Antônio, baseado na observação e acompanhamento da atividade local durante três fases da existência da barragem.

Tais fases são:

1. Período prévio a existência do reservatório;
2. Período de enchimento do reservatório;
3. Período de operação.

Descreve-se, a seguir, de forma simplificada, o escopo de cada uma das fases relacionadas acima:

Período Prévio a Existência do Reservatório

A sismicidade natural de uma região onde se pretende construir uma grande obra de engenharia, como é o caso do AHE de Santo Antônio é normalmente estudada em um período anterior à construção da barragem. Tal procedimento envolve a estimativa do risco sísmico na região de interesse, no qual é feita uma análise do catálogo sísmológico, com considerações sobre os níveis de cobertura do mesmo, determinação da relação frequência x magnitude e estimativa dos valores de probabilidade de ocorrência de danos materiais significativos, que possam danificar uma estrutura construída no local escolhido para a barragem.

Nesta fase de estudos, normalmente o problema envolve o conhecimento restrito da sismicidade natural, devido normalmente à recente ocupação pelo homem das áreas envolvidas, em níveis demográficos que permitam uma cobertura suficiente para registrar, em meios de comunicação, os sismos que possam ter ocorrido no passado.

Assim, é necessário que haja um acompanhamento da sismicidade natural da área antes do início da construção da barragem, de forma que se possa conhecer o “nível de base”, que poderia ser também tratado como “nível zero” de atividade sísmica naquela área. Com tal conhecimento, estará estabelecida a atividade regional, que servirá de base para as duas etapas seguintes.

Período de Enchimento do Reservatório

Nesta fase, é importante o monitoramento da atividade sísmica regional e o acompanhamento dos eventos ocorridos durante a obra. Neste último caso, referente ao período de construção das estruturas (atividade anterior a fase de enchimento do reservatório), deve-se observar o comportamento e localização das pedreiras instaladas para fornecimento de material para a construção da barragem. Neste caso, deve-se inclusive realizar algumas visitas as principais pedreiras, verificando a localização das mesmas (utilizando os dados sísmológicos de ondas geradas pelas explosões realizadas nestas), para tentar conseguir uma programação dos horários de detonação de explosivos nas mesmas.

O erro no tempo de ocorrência das explosões em pedreiras, quando controlado pelas mesmas, é normalmente grande demais para permitir o estabelecimento do horário exato da explosão (o erro da observação do sismógrafo é normalmente de 1 milissegundos). Desta forma, a programação de explosões ocorridas fornecida pelas pedreiras é usada apenas como referência, para identificação de quais foram as explosões registradas nos sismógrafos.

Por outro lado, a localização das pedreiras é uma informação bastante útil, pois o erro na localização dos sismos é normalmente grande o suficiente para podermos distinguir, com segurança, as explosões registradas (mesmo que duas explosões de pedreiras próximas, que ocorreram a apenas alguns segundos de diferença no tempo, tenham ocorrido em um determinado dia).

No período de enchimento do reservatório (após a obtenção de todos os dados da atividade regional, durante a operação dos sismógrafos ao longo da duração da obra de construção da barragem), necessita-se de informações relativas ao nível da água dentro do reservatório. Neste caso, tal informação é importante para correlacionar um eventual aumento no nível de atividade sísmica com o enchimento do reservatório. Deve-se, no entanto, lembrar que tal correlação não é necessariamente positiva, visto que o aumento na sismicidade pode não estar correlacionado com o enchimento do reservatório.

Período de Operação

Tendo sido feito o enchimento do reservatório, o acompanhamento da atividade sísmica regional deve ter continuidade. Neste caso, é importante o controle da variação do nível de água do reservatório e também o controle de explosões realizadas nas pedreiras e escavações locais. Desta forma, podem-se estabelecer as possíveis correlações entre a variação do nível da água e o aumento ou diminuição do nível de atividade sísmica regional.

É importante que o acompanhamento seja feito durante alguns anos após o fechamento da barragem. O monitoramento sismológico por um período corrido permite a verificação da atividade sísmica da região de forma contínua e um acompanhamento da atividade (que pode aumentar ou diminuir a qualquer momento) e evita problemas de desmobilização da rede. Com um acompanhamento contínuo dos níveis de atividade sísmica, é possível detectar os problemas com antecedência, minimizando a surpresa da população local.

Apesar de a atividade sísmica regional brasileira ser em geral baixa, o que foi mostrado no EIA, grandes reservatórios associados a usinas hidrelétricas no Brasil estão normalmente associados a eventos de aumento de atividade sísmica no local. Tal fenômeno ocorreu no Brasil até com reservatórios de porte menor, como o de Carmo do Cajuru, localizado em Minas Gerais, onde apesar da pequena altura do nível de água no reservatório existe uma atividade sísmica bastante considerável, apesar da idade daquele reservatório situar-se em torno de 30 anos.

Para a execução dos trabalhos do Programa de Monitoramento Sismológico, serão necessários os seguintes procedimentos operativos:

- Inspeção de campo

Esta inspeção terá como objetivo escolher *in situ* os locais com afloramentos de rocha sã para posicionar os equipamentos de sismologia para formar a Rede de Auscultação. A região do entorno do reservatório nas margens esquerda e direita, deverá ser percorrida para verificação de sítios ideais para a localização das estações, levando-se em consideração também a geologia regional e local.

- Atualização da Listagem dos Sismos Naturais

Será efetuada uma atualização dos sismos naturais regionais, dentro de um círculo de 400 km a partir do eixo da barragem, no sentido de verificar se houve sismos com magnitudes maiores das que já foram registradas e auxiliar na definição do sismo de projeto para a sua inclusão nos parâmetros para análise da estabilidade da barragem. As informações serão obtidas

através do Observatório Sismológico da UnB.

- Instalação e Operação da Rede Sismográfica, Análise dos Dados e Relatórios Trimestrais

A rede sismográfica proposta poderá operar antes do enchimento do reservatório e será composta por duas estações sismológicas, cujas localizações serão definidas posteriormente.

Os sinais captados pelos sismômetros, nas estações, serão digitalizados e gravados, sendo encaminhados ao Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB) para análise, onde serão consubstanciados em Relatórios Trimestrais de Acompanhamento e enviados ao Empreendedor.

4. EQUIPAMENTOS

Conforme já abordado acima, sugere-se que o monitoramento do reservatório de Santo Antônio seja realizado com três estações sismográficas. A configuração da rede de sismógrafos pode ser alterada, dependendo das necessidades de cobertura de uma possível área de atividade sísmica mais limitada quando comparada com a área ocupada pelos dois reservatórios. No entanto, um número de duas estações deve servir para o monitoramento rotineiro do reservatório. A única exceção ocorreria se houvesse necessidade de um monitoramento mais preciso, se o nível de atividade sísmica dentro do reservatório aumentar significativamente. Neste caso, normalmente excepcional no Brasil, será avaliada a necessidade de ampliar o número de estações.

Para a rede de sismógrafos, a configuração do sistema a ser implantada, deverá ter a seguinte configuração:

- 3 sismômetros verticais de banda ampla de período, com cabo para o digitalizador;
- 3 digitalizadores de alta resolução, de 24 bits e com memória interna; Os sismômetros e digitalizadores devem ser equipamentos das marcas Guralp e RefTek ou equivalente.
- 3 discos rígidos para registro do sinal gerado pelos digitalizadores, com capacidade superior a 4 Gbytes;
- cabos de conexão dos elementos dos dois sistemas;
- 3 receptores GPS com as antenas e cabos correspondentes;
- 1 PC do tipo palmtop com cartão PCMCIA e software necessário para a manutenção dos sismógrafos;

Além desses equipamentos, relacionados acima, cada estação deverá contar com um carregador de bateria automotiva e uma bateria automotiva.

Deverá ser construído ainda um abrigo (pequena caixa de água de amianto ou de PVC) para os equipamentos de digitalização e de registro e de um abrigo (caixa de alvenaria construída no local ou de uma pequena caixa de água enterrada no solo) para o sismômetro em cada estação.

Tais abrigos deverão ser instalados no interior de uma área cercada com tela de metal, para isolamento e segurança do sistema, próximo de um sítio ou fazenda onde possa ser vigiada por algum morador da região ou funcionário do consórcio. Deverá também ser disponibilizada energia elétrica (220 ou 110 V) em cada local.

5. PRAZO PARA A INSTALAÇÃO DO SISTEMA

Para instalação do sistema proposto, estima-se um período de 30 dias. Este prazo inclui a fase de escolha dos locais exatos de instalação das estações sismológicas, acompanhamento da construção dos abrigos, instalação dos equipamentos e fase de teste dos mesmos.

6. OPERAÇÃO DO SISTEMA

Depois de instalado o sistema, deverá ter início sua operação rotineira. Para tanto, será necessário:

- a. Uma visita mensal a cada estação, com substituição do disco rígido contendo os dados registrados no período, manutenção do sistema, com substituição das baterias, limpeza e outro procedimento necessário;
- b. Leitura de todos os registros efetuados no mês, com o processamento dos dados para localização das explosões em pedreiras e possíveis eventos sísmicos detectados;
- c. Elaboração de um relatório mensal, contendo as observações, análises e recomendações sobre os procedimentos a serem adotados com base da análise dos eventos registrados no período;
- d. Elaboração de relatórios trimestrais, contendo todas as observações e interpretações de resultados, a ser encaminhado ao órgão ambiental.

7. CRONOGRAMA

O Cronograma está apresentado no **Anexo I**.

8. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Os resultados do monitoramento serão publicizados por meio do Programa de Comunicação Social.

9. BIBLIOGRAFIA

- ALGERMISSEN, S. T. & D. M. PERKINS. *A probabilistic estimate of maximum acceleration in rock in the continous. United States. U. S. Geol. Survey, Open File Report 76-416, 45 pp., 1976.*
- ASSUMPÇÃO, M. & E. G. SUAREZ. *Source mechanisms of moderate-size earthquakes and stress orientation in mid-plate South America. Geophys. J. Int., 92, 253-267, 1988.*
- ASSUMPÇÃO, M. & E. J. A. V. VELOSO. Levantamento de intensidade do sismo da Serra do Tombador, MT, de 31.01.1955. Efeito no cálculo de risco sísmico no Mato Grosso, relatório técnico enviado à ELETRONORTE, 1986.
- ASSUMPÇÃO, M. & J. W. C. ROSA. Sismicidade da região Centro-Oeste do Brasil, manuscrito não publicado, 1984.
- ASSUMPÇÃO, M. & E. P. W. BURTON. Atenuação de intensidades macrossísmicas no Brasil e estimativa do risco sísmico no Sudeste, manuscrito não publicado, 1986.
- ASSUMPÇÃO, M., J. W. C. ROSA, J. A. V. VELOSO, & P. FERNANDES e J. BERROCAL. Contribuição ao estudo da sismicidade do Centro-Oeste do Brasil, Anais 33º Congr. Bras. Geol., Rio de Janeiro, RJ, 4, 2051-2057, 1984.
- ASSUMPÇÃO, M. Risco sísmico em Nova Ponte, relatório técnico enviado à CEMIG, não publicado, 1985.
- ASSUMPÇÃO, M., T. M. LIMA E L. & A. R. TOMAS. O sismo de Araguapaz de 14.01.1986 e o Lineamento Transbrasiliano. Anais 34º Congr. Bras. Geol., Goiânia, GO, 2573-2580, 1986.
- ELETRONORTE, Avaliação do risco sísmico - UHE de Manso. Relatório Técnico MAN-10-3902 RE, 1986. FERREIRA, J. M. & M. ASSUMPÇÃO. Sismicidade do Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Geofísica, 1, 67-88, 1983.
- FERREIRA, J. M. Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de Mestrado. Inst. Astronômico e Geofísico, USP, 192pp. 1983.
- HASUI, Y. & W. L. PONÇANO. Geossuturas e sismicidade no Brasil. In: Congr. Bras. Geol. Eng., 2, São Paulo, Anais ABGE/IPT, 1, 331-338, 1978.
- MENDIGUREN, J. A. & F. M. RICHTER. *On the origin of compressional intraplate stresses in South America. Phys. Earth Planet. Inter. 16, p. 318-326, 1978.*
- ROSA, J. W. C. Avaliação do risco sísmico em São Domingos, relatório técnico elaborado para a Duke Engineering. Não publicado, 1998.
- ROSA, J. W. C. Avaliação do risco sísmico no local da futura UHE de Barra do Peixe. Relatório técnico enviado à Engevix S.A. Não publicado, 1992.
- SYKES, L. R. *Intraplate seismicity, reactivation of preexisting zones of weakness, alkaline magmatism and other tectonism post-dating continental fragmentation. Rev. Geophys. Space Phys., 16, 621-688, 1978.*

ANEXO I
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

**PBA CONSOLIDADO
AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA**

**SEÇÃO 05
PROGRAMA DE MONITORAMENTO CLIMATOLÓGICO
15 DE JANEIRO DE 2009**

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008 deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de Setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental - PBA, do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, faz-se necessária nova apresentação do Programa de Monitoramento Climatológico.

Para este Programa não foi elaborada revisão a partir de estudos complementares.

A Licença de Instalação Retificada Nº 540/2008, de 18/08/2008, estabelece a Condicionante 2.32, conforme a seguinte transcrição determina:

‘2.32 Sobre o Programa de Monitoramento Climatológico:

- (a) Celebrar com o INMET o convênio proposto, e encaminhar cópia ao IBAMA.*
- (b) Apresentar manifestação do INMET com relação ao número e localização das estações climatológicas propostas.*
- (c) Apresentar o inventário de estações fluviométricas e pluviométricas existentes na bacia do rio Madeira.*
- (d) Elaborar o modelo de previsão de cheias proposto.*
- (e) O número de estações pluviométricas e fluviométricas deverá atender ao previsto na resolução 369/98 da ANEEL. A área de drenagem incremental entre os aproveitamentos Santo Antônio e Jirau é de 16.136 km², o que implica na instalação de quatro estações pluviométricas e igual número de estações fluviométricas.*
- (f) Implantar o programa com antecedência mínima de 2 anos ao enchimento do reservatório.*
- (g) A operação e manutenção das estações de monitoramento climatológico são de responsabilidade do empreendedor, bem como a divulgação dos dados, em caso de eventuais paralisações no convênio firmado com o INMET.”*

Constam deste documento, portanto, os seguintes módulos, a saber:

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;

Módulo 1

Programa Versão Original, de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental

AHE Santo Antônio

SEÇÃO 05

PROGRAMA DE MONITORAMENTO CLIMATOLÓGICO

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	JUSTIFICATIVA	1
3.	BASE LEGAL	2
4.	OBJETIVOS	2
4.1	Objetivo Geral	2
4.2	Objetivo Específico	3
5.	METAS E RESULTADOS ESPERADOS.....	3
6.	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	3
7.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	4
8.	RESPONSABILIDADES	4
8.1	Formalização das Responsabilidades	5
8.2	Definição das Áreas para Instalação das Estações Meteorológicas Justificativa Técnica.....	6
8.3	Especificação Técnica para Aquisição das Estações Meteorológicas.....	7
8.4	Obrigações de Elaboração de Convênio para Repasse dos Dados e Informações Meteorológicas	7
8.5	Condições para Instalação, Calibração e Integração das Estações Justificativa Técnica.....	8
9.	ÁREA DE ABRANGÊNCIA.....	8
10.	RELATÓRIOS E PRODUTOS A SEREM GERADOS	9
11.	INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	9
12.	CRONOGRAMA.....	9

ANEXOS

Anexo I - FIGURA1 Locais para instalação das estações meteorológica e uma hidrológica, selecionados em parceria com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Anexo II – Cronograma de Atividades

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento Climatológico faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de instalação - L I - deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA. Este programa atende às condições de validade 2.1 e 2.32 da referida licença.

A concepção do Programa de Monitoramento Climatológico e Meteorológico da bacia do rio Madeira referente ao empreendimento denominado Aproveitamento Hidrelétrico de Santo Antônio, com a capacidade instalada de 3.150 MW, a ser construída no município de Porto Velho, RO contempla quatro Atividades Executivas:

- a) Definição das Áreas para Instalação das Estações Meteorológicas;
- b) Especificação Técnica para Aquisição das Estações Meteorológicas;
- c) Necessidade de Elaboração de Convênio para Repasse dos Dados e Informações Meteorológicas;
- d) Condições para Instalação, Calibração e Integração das Estações.

O monitoramento meteorológico da bacia hidrográfica do rio Madeira decorre da necessidade de se gerar dados básicos para a perfeita operação do conjunto de empreendimentos a serem implantados ao longo dos principais rios da região: O próprio rio Madeira, rio Guaporé, rio Benin (Bolívia) e rio Madre de Deus (Peru).

A proposta do monitoramento meteorológico será elaborada em estreita cooperação com o 9º Distrito de Meteorologia, órgão subordinado ao Instituto Nacional de Meteorologia (9º DISME/INMET).

O programa tem como objetivo principal a geração de dados meteorológicos para serem utilizados na evolução da caracterização do clima regional de modo a subsidiar informações técnicas pertinentes para assegurar a melhor operação do empreendimentos em foco.

A operacionalização do Programa de Monitoramento Meteorológico se baseará na aquisição e instalação de estações Meteorológicas definidas na Especificação Técnica de acordo com o perfil dos equipamentos estabelecidos para atender as necessidades do projeto.

As estações meteorológicas automáticas deverão funcionar de modo independente, atrelada a um sistema de comunicação via satélite, que possibilite a transmissão de dados em tempo real, compatível com a rede de estações meteorológicas do 9º-DISME/INMET.

2. JUSTIFICATIVA

A necessidade de geração de dados meteorológicos no entorno da bacia tem como objetivo principal acompanhar a evolução do clima para subsidiar a operação do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio. Além disso, durante a operação do sistema, alertar sobre possíveis oscilações do clima em relação a enchentes e estiagens prolongadas, além da formação de um banco de dados que será a fonte permanente de consulta para ampliação, melhoria e modernização das condições futuras da bacia hidrográfica do rio Madeira.

As estações meteorológicas a serem instaladas em locais estratégicos da bacia alimentarão a base de dados existente no 9º DISME/INMET, em tempo real, que fortalecerá a previsão das condições de tempo ao longo do trecho da bacia do rio Madeira, principalmente durante a ocorrência de eventos críticos.

Dentre o que se espera na utilização dos dados das estações a serem instaladas: estão a complementação da informação diária da previsão do tempo do INMET, com vistas às anomalias climáticas de pequena escala, importantes durante a operação e manutenção do reservatório hidrelétrico; e a integração dos dados para o sistema de alerta contra cheias na bacia do rio Madeira.

3. BASE LEGAL

O uso de estações meteorológicas com fins de monitoramento climatológico tem a sua base legal respaldada na Resolução Nº 396 de 4 de dezembro de 1998 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a qual é aplicável em todos os aproveitamentos hidrelétricos, onde os concessionários são obrigados a instalar, manter e operar estações automáticas pluviométricas (e ou estação meteorológica completa automática) em número e quantificação conforme a extensão da área de drenagem incremental de cada aproveitamento de acordo com as faixas estipuladas.

Essa resolução complementa os dispositivos estabelecidos na Lei 9433 de janeiro de 1997 – Lei das Águas – que define um modelo gerencial e adequado para o Sistema de Informações e a sua modernização.

Outro instrumento legal está explicitado na Lei nº 9.969/00; anexo I, art. 26, Decreto nº 3.527/2000, que trata da Produção e Divulgação de Informações Meteorológicas e Climatológicas. Essa Lei estabelece a forma de produção de dados confiáveis para previsão de tempo e estudos sobre climatologia, além da disseminação dos dados para outras entidades afins elaboradoras de informações meteorológicas.

Finalmente essas bases legais se somam aos condicionantes estabelecidos na Legislação Estadual de Meio Ambiente dos Estados de Rondônia e Amazonas.

4. OBJETIVOS

Aqui serão explicitados os objetivos gerais e específicos do programa de monitoramento climatológico.

4.1 Objetivo Geral

Considerando o estabelecido na Lei 9433 – Lei das Águas – e na Resolução Nº. 396 de 4 de dezembro de 1998 da ANEEL, o objetivo geral deste programa é o de acompanhar a evolução dos parâmetros meteorológicos locais, antes, durante e após a implantação do AHE Santo Antonio, cujo reservatório resultará na formação de um espelho d'água de 271 km² além de estabelecer um modelo gerencial adequado para o Sistema de Informações e a sua modernização no acompanhamento da evolução do clima local na área da bacia.

4.2 Objetivo Específico

Ampliar a antecedência e a confiabilidade das previsões de tempo e clima na área da bacia do rio Madeira protegendo a sociedade, informada sobre o meio ambiente e contribuição para a gestão do setor hidroelétrico. Acrescente-se também assegurar a disponibilidade e o uso dos dados de previsão do tempo, clima e da evolução hidrológica, em benefício dos usuários do setor hidroelétrico e da melhora das condições de vida dos habitantes de Porto Velho.

5. METAS E RESULTADOS ESPERADOS

A concretização do Programa de Monitoramento Climatológico depende do alcance das metas e dos resultados esperados, conforme estabelecidas a seguir no **Quadro 1**.

Quadro 1
Metas e Resultados esperados

ATIVIDADE
Firmar acordo de cooperação técnica com INMET.
Selecionar os locais para instalação de três (3) estações meteorológicas e uma hidrológica completa, os quais deverão ser dotados de infraestrutura necessária para o bom funcionamento da estação, como logística de comunicação e segurança.
Elaborar o processo de aquisição das estações meteorológicas compatíveis com as da rede INMET, bem como os componentes acessórios.
As estações serão do tipo Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCDs), por serem dotadas de equipamentos de ponta de informática e comunicação.
Incorporar nas estações meteorológicas um medidor automático de descargas elétricas dotado de componentes pulsos óticos, magnéticos e eletrostáticos, que informe em tempo real a precisão dos eventos de descargas elétricas.
Firmar contrato com a empresa fornecedora das antenas AUTOTRACs
Instalar as estações meteorológicas nos locais selecionados e autorizados atendendo sempre que possível os procedimentos e normas técnicas nacionais e internacionais compatíveis com a rede do INMET.
Teste operacional das estações, calibração, aferição dos sensores meteorológicos e geração dos dados básicos para o gerenciamento da bacia do rio Madeira.
Aprovação e aceitação das estações meteorológicas, hidrológica e de descarga elétrica bem como os dados gerados para fortalecer a Previsão Meteorológica Nacional.

6. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O âmbito de aplicação do Programa de Monitoramento Climatológico não se restringe exclusivamente atender apenas a área de Influência Direta do Reservatório da bacia hidrográfica do rio Madeira próximo ao eixo da usina. O programa terá uma amplitude de alcance maior para dar suporte ao déficit das informações meteorológicas nesta região do Estado de Rondônia ao incorporar as três estações meteorológicas à rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia para fortalecer a previsão meteorológica na região, fator determinante no gerenciamento do reservatório.

As definições dos aspectos técnicos do empreendimento que serão enfatizados pelo Programa

serão:

- Definição dos locais mais representativos para instalação das três estações meteorológicas;
- Considerar as estações meteorológicas e pluviométricas já existentes na bacia do Rio Madeira bem como a equidistância entre elas para preservar a melhor qualidade dos dados a serem gerados;
- Considerar a logística de acesso às estações e a preservação da segurança dos equipamentos contra atos de vandalismo e depredação;
- Considerar na definição dos sítios de localização das estações o preenchimento das lacunas espaciais na geração de dados meteorológicos primários ao longo da bacia do Rio Madeira;
- Com base na premissa anterior possibilitar a criação de um banco de dados histórico com registros dos eventos anômalos que subsidiarão a previsão meteorológica no gerenciamento do reservatório, prevenindo a ocorrência de danos materiais e humanos.

7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos consistem na listagem de atividades técnicas e administrativas que serão realizadas para atingir o programa de Monitoramento Climatológico. A abordagem do Programa da Bacia do Rio Madeira contemplará as seguintes etapas e procedimentos:

- Estabelecimento de uma parceria com o 9º DISME/INMET para definir os trâmites legais da assinatura de um Acordo de Cooperação Técnica entre as partes na gestão das três estações meteorológicas que deverão ser instaladas na bacia;
- Assinatura do acordo de Cooperação Técnica com o INMET para definição das ações e operação da parceria na boa gestão dos dados meteorológicos;
- Reuniões com os técnicos do 9º DISME/INMET sobre os procedimentos legais da seleção do local das estações bem como a definição e a facilitação para obtenção da cessão da área para instalação das estações meteorológicas;
- Compra de três estações meteorológicas modelo MAWS301 compatível com as existentes na rede do INMET;
- Contrato de locação com a empresa operadora de uma antena padrão de INMET transmissão de dados via satélite, modelo *AUTOTRAC*, entre a estação e o centro de previsão meteorológica. Essa antena permite a transmissão de dados via satélite em tempo real, com uso foi padronizado para rede do INMET;
- Instalação das estações meteorológicas e hidrológicas e a respectiva antena *AUTOTRAC*;
- Testar a emissão e recepção do sinal de transmissão dos dados entre as estações e o INMET.

8. RESPONSABILIDADES

A responsabilidade pelo Programa de Monitoramento Climatológico será dividida entre a instituição pública (INMET) e a privada (Hidroelétrica Santo Antonio) de acordo com a tarefa definida para cada uma. O empreendedor poderá celebrar um Acordo de Cooperação Técnica com o INMET, poderá contar com as facilidades técnicas oferecidas pelo Instituto. Apesar disso, é necessário definir as atribuições de cada instituição visando atingir o principal objetivo do Programa que é o Monitoramento Climático, cujas responsabilidades de cada um descrevem-se a seguir:

8.1 Formalização das Responsabilidades

Formalização do convênio entre o Aproveitamento Hidrelétrico de Santo Antônio e o INMET para transferências dos dados, expedição do boletim diário de previsão para a região da Bacia do Rio Madeira. Para tanto será firmado o Acordo de Cooperação Técnica entre o Empreendedor e o INMET.

Os termos deste acordo serão discutidos e formalizados, através de uma minuta padrão adotada pelo INMET e submetido à apreciação da consultoria jurídica das duas instituições interessadas no Acordo, para apreciação e expedição de parecer.

Eventuais solicitações de correções e ajustes na redação do documento deverão ser rediscutidas por ambas as partes para a assinatura final.

Basicamente, nesse acordo de cooperação uncluirá as responsabilidades de cada instituição:

8.1.1 Aproveitamento Hidrelétrico de Santo Antônio

Competirá ao Aproveitamento Hidroelétrico Santo Antônio:

- Adquirir as três estações meteorológicas do tipo MAWS301;
- Adquirir um medidor automático de descargas elétricas dotado de componentes do tipo pulsos óticos, magnéticos e eletrostáticos;
- Providenciar a comunicação ponto a ponto do medidor de descargas de raio;
- Adquirir e instalar uma estação hidrológica modelo MAWS301;
- Adquirir quatro antenas *AUTOTRAC* e demais instrumentos, equipamentos e materiais necessários para o seu correto funcionamento;
- Firmar contrato com a empresa gerenciadora do sistema de comunicação de dados via satélite *AUTOTRAC*;
- Assumir os custos de instalação, manutenção e aquisição de peças de reposição das estações devido ao desgastes com o tempo;
- Adquirir as áreas para instalação das estações meteorológicas, descarga elétrica e hidrológica, bem como a manutenção da conservação destes locais;

8.1.2 Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Competirá ao Instituto Nacional de Meteorologia:

- Participar em conjunto com o empreendedor na instalação das estações meteorológicas, antenas *AUTOTRAC* e demais instrumentos e equipamentos complementares, segundo as normas e padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Meteorologia;
- Receber os dados meteorológicos gerados pelas estações, integrando-as à sua base de dados meteorológicos além de utilizá-los na previsão do tempo;
- Manter e operar as estações e as antenas *AUTOTRAC*. Os custos destes serviços serão assumidos pelo empreendedor proprietário das estações.

8.2 Definição das Áreas para Instalação das Estações Meteorológicas Justificativa Técnica

No âmbito do projeto executivo de controle ambiental do Aproveitamento Hidroelétrico de Santo Antônio, foi proposta a instalação de três estações meteorológicas, um medidor automático de descargas elétricas da atmosfera (raios), e uma estação hidrológica. A partir de orientação, procedimentos e normas do INMET em consonância com a *World Organization Meteorological (WMO)*, definiu-se a localização das estações nas regiões apresentadas no **Quadro 2**.

Quadro 2

Localização das estações para o Monitoramento Climatológico Procedimentos

Estações	Coordenadas	Sensores	Observações
Mun. Rio Novo, RO. (meteor. RemotaMAWS301)	Lat. 9,6º S Longit. 65,4º	Pressão atmosférica, temperatura e Umidade relativa, direção e velocidade do vento, radiação solar e Precipitação. Antena AUTOTRAC para transmissão de dados por satélite.	Próxima da fronteira com a Bolívia.
Mun. Caldeirão, RO. (meteor. RemotaMAWS301)	Lat. 9,3º S Longit. 64,5º		Localizada entre Porto Velho e Rio Novo.
Mun. Calama, RO. (meteor. RemotaMAWS301)	Lat. 8,04º S Longit. 62,9º		Localizada a nordeste de Porto Velho e a 140 km de distância.
Mun. Porto Velho, RO (hidrológica Remota MAWA 301).	Lat. 8,8º S Longit. 63,9º	Fluviometria, medidor do nível de água, precipitação. Antena AUTOTRAC para transmissão de dados por satélite.	Localizado no Eixo AHE Santo Antonio Porto Velho.
Mun. Porto Velho, RO (medidor de descargas elétricas)	Lat. 8,8º S Longit. 63,9º	Sensor avançado de descargas nuvem solo LS7000.	Localizado no Eixo AHE Santo Antonio Porto Velho.

A definição dos locais de instalação das estações meteorológicas completas na área de abrangência do empreendimento, frente às estações já existentes ao longo da bacia do Rio Madeira, considerou a equidistância entre elas, a representatividade espacial dos dados a serem gerados, a estreita relação com o empreendimento em foco e a segurança dos equipamentos das estações contra atos de vandalismo e roubo.

Considerou-se ainda, a oportunidade de se preencher uma lacuna espacial na geração de dados meteorológicos primários na bacia do Rio Madeira, frente à informação de ocorrência de fortes chuvas sobre essa bacia, originários de avanços rápidos de sistemas frontais procedente de sudoeste do Estado Rondônia.

O monitoramento meteorológico na Bacia do Rio Madeira, satisfaz ainda os objetivos de um projeto do Governo de proporcionar uma previsão do tempo aplicada ao controle de cheias com a expedição de alertas nas comunidades existentes ao longo do Rio Madeira.

A disposição das estações nos locais selecionados teve como objetivo também captar as mudanças bruscas do tempo com reflexos diretos sobre a elevação da vazão ao longo do rio Madeira. Tomando Porto Velho como centro de observações, definiu-se um local a montante e outro a jusante e com isso facilitando a observação das mudanças do tempo com relação às ações para minimização de catástrofes no período de grandes cheias.

8.3 Especificação Técnica para Aquisição das Estações Meteorológicas

Justificativa Técnica

A opção pela aquisição futura das estações modelo MAWS301, fabricadas pela empresa finlandesa VAISÅLA, se justifica pelo fato de que a rede do Instituto Nacional de Meteorologia é composta de estações com essa configuração e origem. A rede do INMET possui o mesmo sistema automático de transmissão de dados e a mesma rotina de operação dotada de rápidos mecanismos de atendimento técnico para que não haja descontinuidade na aquisição e transmissão de dados. Portanto, trata-se de uma opção coerente uma vez que sendo o empreendimento conveniado com o INMET, após a instalação das estações facilitará a sua imediata operação eliminando custos de treinamento de equipes e economia de tempo na coleta e repasse dos dados.

Considera-se também de fundamental importância o fato da empresa finlandesa possuir representação no Brasil o que facilitará sobremaneira a manutenção e assistência técnica.

Procedimentos

- Adquirir as estações meteorológicas e a hidrológica, bem como todas as demais peças acessórias, componentes e instrumentos complementares.
- Após a aquisição das estações e instalação, será assinado contrato com a empresa gerenciadora do sistema de comunicação e transmissão de dados via satélite AUTOTRAC.

8.4 Obrigação de Elaboração de Convênio para Repasse dos Dados e Informações Meteorológicas

Os trâmites e procedimentos relativos à aquisição, instalação, operação e manutenção de um sistema de monitoramento meteorológico são complexos e de custo elevado para uma empresa ou instituição não especializada neste assunto. Além disso, os dados gerados por um conjunto de estações devem ser integradas a uma rede de monitoramento para adquirir consistência espacial.

O INMET é um órgão do Ministério da Agricultura responsável pela medição e gerenciamento dos dados meteorológicos nacionais. Como forma de ampliar a rede nacional de coleta de dados meteorológicos o INMET firma Acordos de Cooperação Técnica com empresas privadas que manifestam interesse em adquirir e implantar novas estações meteorológicas no território nacional.

8.5 Condições para Instalação, Calibração e Integração das Estações Justificativa Técnica

A seleção de sítios adequados para instalação das estações meteorológicas será realizada pelo empreendedor em parceria com os técnicos do INMET, com vistas a atender às normas e padrões internacionais convencionados através da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Esta tarefa implicará em se eleger um local que atenda as normas para instalação de estações meteorológicas. Para tanto deverá passar pelas etapas de contatar o proprietário do imóvel, proceder a aquisição ou cessão do mesmo. Em caso de terreno público, obter a autorização para uso do terreno para fins de instalação das estações.

Após a definição do imóvel e a sua aquisição para cada estação, deverá ser procedida a preparação do terreno executando as seguintes tarefas:

- Obras de terraplanagem;
- Implantação de sistema de drenagem;
- Plantação de grama;
- Fechamento com cerca padrão de acordo com as normas do INMET;
- Energia elétrica;
- Linha telefônica para comunicação; e
- Pára-raios do tipo Franklin;
- Instalação das antenas *AUTOTRACs*;
- Assinatura de contrato de utilização *AUTOTRAC*.

Procedimentos

As equipes técnicas do empreendedor e do INMET realizarão uma vistoria nos locais selecionados para instalação das estações, a fim de autorizar a instalação dos equipamentos na medida em que toda infra-estrutura tenha sido providenciada. Aprovado o local, as equipes se mobilizam para instalar os equipamentos de cada estação bem como as respectivas antenas *AUTOTRACs*, definindo as autorizações para acesso futuro às mesmas. Após a instalação dos equipamentos de cada estação, os Técnicos do INMET junto com o fornecedor das estações sob a supervisão de representante do empreendedor iniciam os trabalhos de calibração e teste de todos os sensores das estações para dar partida nas medições dos parâmetros meteorológicos, integrando à rede de estações do INMET.

9. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

As três estações meteorológicas, a hidrológica, o medidor de descargas de raios e as antenas *AUTOTRAC* propostas serão instaladas nos locais selecionados na bacia hidrográfica do Rio Madeira, abrangendo uma área incremental aproximada, superior a 500 km². As estações serão telemétricas, com registros para uma central *on-line* de hora em hora, com disponibilização das informações durante as 24 horas do dia em tempo real.

10. RELATÓRIOS E PRODUTOS A SEREM GERADOS

Os principais produtos esperados da implantação do Programa de Monitoramento Climatológico serão:

- A geração dos dados de vento, temperatura, umidade relativa, precipitação, radiação solar e pressão atmosférica;
- Hidrológicos, fluviometria e nível de elevação do espelho d'água;
- Registros de descargas elétricas em tempo real.

Os relatórios a serem expedidos para consecução do programa serão:

- Relatório 1 – Celebração de convênio de Acordo de Cooperação Técnica entre o Empreendedor e o Instituto Nacional de Meteorologia;
- Relatório 2 – Cotação de preço das estações e das antenas *AUTOTRAC*;
 - Definição dos locais para instalação das estações e antenas;
- Relatório Final – Calibração dos sensores que comporão o sistema e a aprovação da integração das estações com a rede de meteorologia do INMET.

11. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Este programa apresenta interface com os seguintes programas:

- Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico;
- Programa de Monitoramento Limnológico; e
- Programa de Comunicação Social e Educação Ambiental.

12. CRONOGRAMA

O Cronograma está apresentado no **Anexo II**.

ANEXO I
Mapa de Localização das Estações

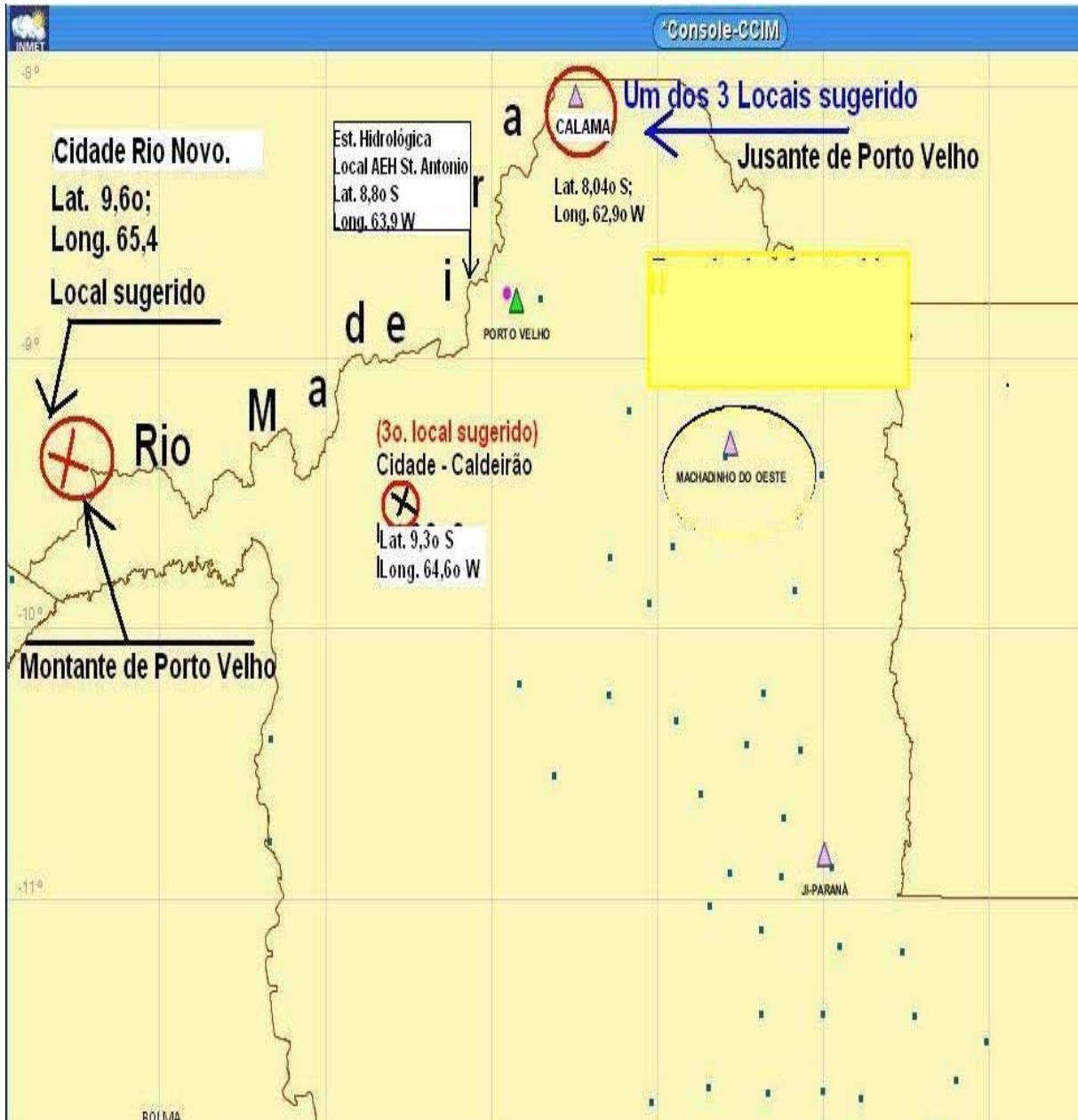


FIGURA1 Locais para instalação das estações meteorológica e uma hidrológica, seleccionados em parceria com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

ANEXO II
Cronograma de Atividades

MADEIRA ENERGIA S.A - MESA

PBA CONSOLIDADO

AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA

SEÇÃO 06

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

15 DE JANEIRO DE 2009

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008 deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de Setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental – PBA, do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, faz-se necessária nova apresentação do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.

Para este Programa não foi elaborada revisão a partir de estudos complementares.

A Licença de Instalação Retificada Nº 540/2008, IBAMA, de 18/08/2008, estabelece a Condicionante 2.9, conforme a seguinte transcrição determina:

“2.9. Para o Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico:

- (a) *Implantar integralmente o Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, apresentado na seção 6 do PBA. Os estudos de monitoramento hidrossedimentológico deverão ser compartilhados entre os aproveitamentos do AHE Jirau e Santo Antônio. O programa não poderá ter sua execução prejudicada ou postergada, devendo ser realizado integralmente por cada uma das partes envolvidas, caso não exista acordo ou compartilhamento.*
- (b) *Instalar estações fluviosedimentométricas compostas por equipamentos que permitam a obtenção e transmissão de dados em tempo real, inclusive instrumentos capazes de executar o monitoramento sedimentológico como granulometria e concentração.*
- (c) *As estações devem ter sua localização estrategicamente estudada de modo a permitir:*
 - *Monitoramento em tempo real da concentração de sedimentos afluentes a UHE Santo Antônio.*
 - *Monitoramento em tempo real da concentração de sedimentos defluentes a UHE Santo Antônio.*
 - *Que se tenha uma ferramenta alternativa que possibilite realizar o balanço do que entra e do que sai de sedimentos dos reservatórios para, em sinergia com o programa proposto, uma vez calibrado, subsidiar as etapas futuras de gestão dos sedimentos.*
 - *As estações fluviosedimentométricas telemétricas devem ser inseridas no escopo deste programa e contar com levantamento*

MADEIRA ENERGIA S.A - MESA

de seções e amostragem detalhada (este item da condicionante corresponde ao mesmo que a condicionante b?).

- (d) Prever a continuidade do programa por período igual ou maior que a operação da UHE Santo Antônio.*
- (e) Realizar diagnóstico do desequilíbrio sedimentológico e as cíclicas alterações da concentração de sedimentos com a abertura das comportas.*
- (f) Apresentar, previamente a solicitação da Licença de Operação, proposta de parâmetros restritivos de qualidade da água e de concentração de sedimentos impostos a operação da usina, incluindo um sistema de monitoramento em tempo real desta restrição. Como não se conhece o impactos da operação dos vertedouros fica definido que as águas restituídas não poderão ter sua concentração superior à concentração máxima medida de sedimentos em suspensão no rio Madeira em Porto Velho, de 3.500 mg/l.*
- (g) O diagnóstico deste tema deverá propiciar a identificação de seus respectivos impactos, suas medidas mitigadoras e compensatórias assim como os parâmetros de restrição à restituição da água deverão estar definidos previamente a qualquer eventual operação.*
- (h) Em “Outros Monitoramentos” estabelecer programa ou subprograma de monitoramento de focos erosivos e depósitos aluvionares. Todo o trecho abrangido pelo programa de Monitoramento Hidrossedimentológico deverá ser documentado espacialmente e temporalmente através de imageamento ortorretificado e de alta definição. As imagens deverão ser georreferenciadas e subsidiar análises temporais como a evolução geomorfológica do estirão do rio até jusante de Humaitá, reservatório de Santo Antônio e seu entorno. As imagens deverão retratar marcos temporais como a obtenção da Licença de Instalação e Licença de Operação além de considerar períodos de com vazão semelhante.*
- (i) No monitoramento de Processos Erosivos contemplar reconhecimento da ocupação e registro dos usos do meio físico, biótico e antrópico relevantes para o objetivo deste estudo, aspectos geotécnicos, incluindo análise de áreas que apresentem riscos de integridade das edificações em especial a jusante da UHE Santo Antônio.”*

Constam deste documento, portanto, os seguintes módulos, a saber:

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;

Módulo 1

Programa Versão Original, de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental
AHE Santo Antônio

SEÇÃO 06
PROGRAMA DE MONITORAMENTO
HIDROSEDIMENTOLÓGICO

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

INDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	JUSTIFICATIVA	1
3.	BASE LEGAL	2
4.	OBJETIVOS	4
4.1	Objetivos Gerais	4
4.2	Objetivos Específicos	4
5.	METAS	5
5.1	Meta I: Implantação e Operação de Estações Fluviométricas.....	5
5.2	Meta II: Realização de Medições de Descarga Líquida e Sólida.....	6
5.3	Meta III: Análises Laboratoriais.....	8
5.4	Meta IV: Levantamento de Seções Topobatimétricas e Coleta de Material para Análise Granulométrica	8
5.5	Meta V: Outros Monitoramentos	10
5.6	Meta VI: Banco de Dados Hidrossedimentométricos	11
5.7	Meta VII: Caracterização e Avaliação do Sedimento Transportado e Retido nos Reservatórios	11
5.8	Meta VIII: Elaboração de Relatórios	12
6.	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	12
7.	PROCEDIMENTOS / METODOLOGIA.....	13
7.1	Considerações iniciais	13
7.2	Licitação dos equipamentos de aquisição e transmissão de dados em tempo real....	15
7.3	Instalação e Operação da Rede Fluviométrica	15
7.4	Medições de Descarga Líquida e Sólida.....	17
7.5.	Complementação da descrição do rio Madeira para suporte À modelagem de transporte de sedimentos unidimensional na condição atual e com reservatórios	28
7.6.	Levantamentos topobatimétricos e de granulometria para acompanhamento da evolução do leito do rio Madeira após o enchimento do reservatório da AHE Santo Antônio	29
7.7	Levantamentos batimétricos do rio Madeira, nas áreas próximas ao AHE Santo Antônio, para suporte à modelagem matemática bi-dimensional do transporte de sedimentos	30
7.8	Consolidação da base de dados hidrossedimentológicos.....	30
7.9	Estudos Hidrossedimentológicos Básicos.....	31
7.10	Caracterização Espacial do Sedimento Transportado pelo Rio Madeira.....	32
	em Condições Naturais.....	32
7.11	Análise do Comportamento Sedimentológico do Reservatório da AHE Santo Antônio	33
7.12	Caracterizar as principais feições geomorfológicas do rio Madeira a jusante do AHE Santo Antônio até a localidade de Humaitá	36
8.	RESPONSABILIDADES	36
9.	RELATÓRIOS / PRODUTOS	36
10.	CRONOGRAMA	38
11.	INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	38

12. BIBLIOGRAFIA.....38

ANEXOS

ANEXO I - Cronograma de Atividades

ANEXO II – Modelo Sedimentológico Bidimensional

ANEXO III – Modelo Reduzido

LISTA DE FIGURAS:

FIGURA 7.1 Exemplo de amostragem pelo método de igual incremento de largura (EDWARDS & GLYSSON, 1999)

FIGURA 7.2 Amostrador pontual integrador US P-61-A1 (DAVIS, 2005)

FIGURA 7.3 Amostrador pontual integrador US P-72 (DAVIS, 2005)

Figura 7.4 Amostrador pontual integrador US P-63 (DAVIS, 2005)

FIGURA 7.5 Amostrador pontual instantâneo Callede I

FIGURA 7.6 Peneiramento (malha de 62 μm) para separar as areias do material fino

FIGURA 7.7 Dispositivo de filtração frontal Sartorius

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA.

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico apresentado nesta Seção 06 do PBA do AHE Santo Antônio atende às condições de validade Nº 2.1, 2.3 e 2.32 da LP Nº 251/2007.

2. JUSTIFICATIVA

Em decorrência da grande carga sólida transportada pelo rio Madeira e da necessidade de realização de estudos adequados de remanso e de assoreamento dos reservatórios, bem como dos efeitos a jusante dos aproveitamentos planejados, torna-se necessário realizar um monitoramento hidrossedimentológico permanente que permita acompanhar e avaliar os impactos ambientais potenciais e orientar a futura operação das usinas hidrelétricas. Neste sentido, como se demonstrará adiante, os trabalhos previstos neste Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico serão realizados em trecho do rio Madeira que abrange tanto aquele que futuramente se transformará no reservatório do AHE Santo Antônio quanto o que estará sob a influência do futuro reservatório do AHE Jirau. Isto levará à situação de que os estudos de monitoramento hidrossedimentológico deverão ser compartilhados entre os aproveitamentos do AHE de Jirau e de Santo Antônio.

Os estudos encontrados na literatura técnica demonstram que cada reservatório tem características próprias em função da topografia, da morfologia fluvial, do tempo de residência da água, da vazão e da carga sólida afluente, da granulometria dos sedimentos, bem como de outros fatores. Assim, não se pode generalizar ocorrências, devendo ser avaliada antecipadamente a questão de vazões afluentes e defluentes e a possibilidade de assoreamento progressivo do reservatório. Da mesma forma, é necessário estudar antecipadamente, caso a caso, os eventuais problemas de mudanças da morfologia do canal de jusante da barragem.

Essa avaliação é feita a partir de estudos baseados na experiência já existente e em modelos computacionais, sendo necessária a existência de dados e informações diversas, como conformação do curso d'água, medidas de descarga líquida, descarga sólida, granulometria de sedimentos em suspensão e do leito, levantamentos de seções transversais e outros.

Os estudos hidrossedimentológicos realizados no âmbito dos estudos de viabilidade apoiaram-se em um monitoramento extenso e abrangente dessas principais variáveis. Entretanto, o detalhamento desses estudos demonstrou a necessidade de complementação e ajustes do monitoramento executado no sentido de:

- aprofundar e detalhar os estudos realizados por ocasião do EIA e de outros a serem realizados visando elucidar questões relativas a sedimentos surgidas durante o processo de licenciamento, permitindo a elaboração de prognósticos evolutivos mais confiáveis (por

meio de modelagem matemática e com apoio dos ensaios a serem realizados em modelo reduzido);

- permitir o acompanhamento das alterações do comportamento hidrossedimentométrico das características morfológicas do rio Madeira, antes e após a implantação dos reservatórios;

A área de abrangência do monitoramento se estende desde a confluência do rio Madeira com o rio Beni, a montante do reservatório da AHE Jirau, até a localidade de Humaitá, a jusante da barragem da AHE Santo Antônio.

Assim, os estudos de assoreamento dos reservatórios e seus efeitos sobre o remanso, no trecho de montante, e a jusante da barragem de Santo Antônio elaborados na fase de Estudos de Viabilidade serão complementados e detalhados durante a fase de Projeto Básico, com base em um conjunto maior de informações, algumas já disponíveis e outras a levantar, que integram o presente Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do rio Madeira e dos Futuros Reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio.

3. BASE LEGAL

A legislação ambiental brasileira é composta por instrumentos preventivos, orientadores, corretivos e repressivos, de incentivo e fomento de atividades que visam o adequado equilíbrio entre a proteção ambiental e o uso dos recursos naturais.

A Lei n.º 6.938/81 instituiu a política nacional de meio ambiente seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Esta lei constituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA e instituiu o cadastro técnico federal de atividades e instrumentos de defesa ambiental. Estabeleceu, dentre os instrumentos da política:

- o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- o zoneamento ambiental;
- a avaliação de impactos ambientais;
- o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

Esta lei estabelece que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de empreendimentos e a realização de atividades que utilizam recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como aqueles que são os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis. Já no caso de atividades e obras com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional, o licenciamento compete ao IBAMA.

O licenciamento ambiental e a avaliação de impacto ambiental destacam-se como instrumentos de planejamento ambiental e de prevenção, sendo o processo de licenciamento ambiental das atividades que afetam o meio ambiente regulamentado, a partir de 1986, através da Resolução CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986. Esta resolução estabelece as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da

Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Esta resolução define que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental (EIA) e do respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), a serem submetidos a aprovação do órgão competente.

Destacam-se ainda como elementos norteadores dos processos de avaliação de impactos ambientais e da adequação de atividades potencialmente poluidoras as seguintes normas legais:

A Resolução CONAMA n.º 006, de 16 de setembro de 1987, que estabelece regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante como a geração de energia elétrica.

A Resolução CONAMA n.º 237/1997 que dispõe sobre o licenciamento ambiental e a repartição de competência entre os diversos níveis do SISNAMA.

A Resolução n.º 15 do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, de 22 de novembro de 2002, criou um Grupo de Trabalho para propor procedimentos e mecanismos visando assegurar que todos os empreendimentos destinados à expansão da oferta de energia elétrica disponham da Licença Prévia Ambiental, como condição para serem autorizados ou licitados, a partir de 2004.

Nesse sentido, destaca-se que a Lei n.º 10.487/2004 que autoriza a criação da EPE, define entre suas competências a obtenção da licença prévia ambiental e a declaração de disponibilidade hídrica necessária às licitações de empreendimentos de geração hidrelétrica, selecionados pela EPE.

A lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, com funções de regulação e fiscalização, e disciplinou o regime de concessões de serviços públicos de energia elétrica.

No caso de concessão para exploração de usinas com potência superior a 30 MW, a lei n.º 9.074/1995, estabelece que o relatório final do estudo de viabilidade pode constituir a base técnica para a licitação da concessão de projetos de geração de energia hidrelétrica.

A Lei n.º 9.984/2000, que criou a Agência Nacional de Águas (ANA) indica a ANEEL como responsável para solicitar a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica junto a ANA, para licitar a concessão ou autorizar o uso de potencial de energia hidráulica em corpo de água de domínio da União.

A Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, que criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), estendeu também essa competência a esta empresa pública.

Finalmente, é oportuno destacar que a ANA emitiu a resolução ANA n.º 131, de 11 de março de 2003, que dispõe sobre procedimentos referentes à emissão de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União.

Na análise do pedido de declaração de reserva de disponibilidade hídrica é verificada a compatibilidade do projeto face aos usos múltiplos na bacia. A base destes estudos é a alocação de água e prioridades para outorgas de uso estabelecidas no plano de recursos hídricos da bacia, quando este existir. Além disso, essa declaração objetiva dar condições para que o processo de concessão do empreendimento hidrelétrico se inicie com a certeza de que a

empresa vencedora tenha a garantia da obtenção da outorga de direito de recursos hídricos. Em geral, são estabelecidos condicionantes a serem atendidos durante o período de instalação e operação do empreendimento hidrelétrico.

Desta forma, a DRDH e a conseqüente outorga de direito de uso de recursos hídricos, bem como a concessão da LI e da LO do AHE Santo Antônio vai depender do cumprimento daquilo que foi examinado e deferido nas fases anteriores. Portanto, nesse sentido, se insere a presente programação de monitoramento hidrossedimentológico.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivos Gerais

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório do AHE Santo Antônio tem os seguintes objetivos gerais:

- Aprofundar o conhecimento sobre o comportamento sedimentológico do rio Madeira nas condições atuais, anteriores a construção dos aproveitamentos de Santo Antônio e Jirau, ampliando a base de dados disponível;
- Monitorar a evolução do comportamento hidrossedimentológico dos reservatórios dos AHEs de Santo Antônio e de Jirau e do rio Madeira ao longo de todo o estirão afetado pela implantação dos mesmos, durante a etapa de construção e por um período de 5 anos após a entrada de operação das usinas;
- Subsidiar estimativas de erosão e/ou deposição a jusante dos aproveitamentos hidrelétricos;
- Monitorar as variações morfológicas da calha fluvial e margens do rio Madeira em um trecho representativo a jusante do AHE de Santo Antônio
- Avaliar os prognósticos de assoreamento e de vida útil dos reservatórios, bem como os efeitos a montante e a jusante dos mesmos após um período de 5 anos da entrada de operação das usinas.

4.2 Objetivos Específicos

Entre os objetivos específicos, destacam-se os seguintes:

- Monitorar e avaliar a evolução temporal da descarga sólida do rio Madeira afluente aos reservatórios de forma a identificar tendências evolutivas da produção de sedimentos na bacia;
- Monitorar e avaliar a evolução espacial e temporal do fluxo de sedimentos do rio Madeira a jusante dos reservatórios de forma a identificar tendências evolutivas da erosão e deposição de sedimentos no trecho;
- Monitorar e avaliar os prognósticos do comportamento hidrossedimentológico e de alterações morfológicas do rio Madeira, estabelecidos com base nas modelagens

matemáticas do escoamento e do transporte de sedimentos, nos trechos dos futuros reservatórios e nos trechos por eles influenciados;

- Monitorar e avaliar os prognósticos de assoreamento e vida útil dos reservatórios por meio de modelagem matemática;
- Monitorar e avaliar a evolução geomorfológica do curso do rio Madeira a jusante do AHE Santo Antônio (migração lateral do curso, dinâmica de ilhas, etc.);
- Monitorar a evolução dos taludes marginais em trechos representativos do rio Madeira;
- Monitorar e efetuar prognósticos de remanso devido aos reservatórios de Jirau de Santo Antônio através do uso de modelagem matemática.

5. METAS

Para que os objetivos (gerais e específicos) declarados no item anterior sejam atingidos, será necessário que se alcancem as metas, por meio da realização das atividades listadas a seguir:

5.1 Meta I: Implantação e Operação de Estações Fluviométricas

As atividades integrantes dessa meta são:

5.1.1 Atividade I.1

Aquisição de equipamentos da rede para obtenção de dados em tempo real. Esta atividade compreende a elaboração de termo de referência com especificação técnica dos equipamentos, e aquisição dos equipamentos.

5.1.2 Atividade I.2

Implantar equipamentos de aquisição e transmissão de dados em tempo real em 8 (oito) estações fluviométricas, indicadas na **Tabela 5.1** e destacadas na **Tabela 5.2**.

Tabela 5.1
Monitoramento Hidrossedimentológico
do rio Madeira - Rede Fluviométrica Básica

POSTO	RIO	ENTIDADE	TIPO	ESTAÇÃO TELEMÉTRICA A INSTALAR
Guajará-Mirim	Mamoré	ANA	FDS	
Cachuela Esperanza	Beni		FDS	X
Abunã-Vila	Madeira	ANA	FDS	X
Morada Nova – Jusante	Abunã	ANA	FDS	
Vila Mutum	Mutum-Paraná		F	X
Jirau-jusante	Madeira	FURNAS	FDS	X
Jaciparan – Jusante	Jaciparan	ANA	FDS	

Continua...

...Continuação

POSTO	RIO	ENTIDADE	TIPO	ESTAÇÃO TELEMÉTRICA A INSTALAR
Porto Velho	Madeira	ANA	FDS	
Seção Jus-03	Madeira	ANA	F	X
Jamari - Foz	Jamari		F	X
São Carlos (Seção Jus-10)	Madeira	FURNAS	FDS	X
Vila Papagaios	Madeira	AHIMOC	F	X
Jiparaná – Foz	Jiparaná		F	X
Humaitá	Madeira	ANA	FDS	

Observações Gerais:

- FDS – nível d'água, descarga líquida e descarga sólida;
- F - nível d'água;
- A frequência de medições esta detalhada no item 7;
- Todas as estações serão dotadas de equipamentos de aquisição e transmissão de dados em tempo real;
- Localização por Coordenadas do Sistema IBGE.

Tabela 5.2
Estações para implantação de
equipamentos de aquisição em tempo real

ESTAÇÃO	RIO
Abunã-Vila	Madeira
Vila Mutum	Mutum-Paraná
Jirau-jusante	Madeira
Seção Jus-03	Madeira
Jamari - Foz	Jamari
São Carlos (Seção Jus-10)	Madeira
Vila Papagaios	Madeira
Jiparaná – Foz	Jiparaná

5.1.3 Atividade I.3

Instalar estações fluviométricas em Cachuela Esperanza no rio Beni, a jusante da cachoeira de Jirau no rio Madeira, na foz do rio Jamari, e na foz do rio Jiparaná, conforme indicado na **Tabela.5.1**;

5.1.4 Atividade I.4

Operar 14 (quatorze) estações fluviométricas conforme indicado na **Tabela 5.1**.

5.2 Meta II: Realização de Medições de Descarga Líquida e Sólida

Essa meta é composta pelas seguintes atividades:

5.2.1 Atividade II.1

Realizar campanhas de medições de descarga líquida e sólida, com amostragem integrada na vertical, visando a obtenção de concentração de sedimentos em suspensão e granulometria média na vertical e granulometria do material do leito, em nove estações fluviométricas indicadas na **Tabela 5.1** e destacadas na **Tabela 5.3** seguir. A frequência dessas medições consta do item 7.

Tabela 5.3
Estações com medições convencionais de descarga líquida e sólida
(amostragem integrada na vertical)

ESTAÇÃO	RIO
Guajará-Mirim	Mamoré
Cachuela Esperanza	Beni
Abunã-Vila	Madeira
Morada Nova – Jusante	Abunã
Jirau-jusante	Madeira
Jaciparaná – Jusante	Jaciparaná
Porto Velho	Madeira
São Carlos (Seção Jus-10)	Madeira
Humaitá	Madeira

5.2.2 Atividade II.2

Realizar campanhas de medições de descarga líquida e sólida, com amostragem pontual detalhada visando obter granulometria do material do leito, concentração e granulometria dos sedimentos em suspensão em até 5 (cinco) pontos ao longo das verticais, em quatro estações fluviométricas, indicadas na **Tabela 5.1** e destacadas na **Tabela 5.4** a seguir. A frequência dessas medições consta do item 7.

Tabela 5.4
Estações com medições detalhadas de descarga líquida e sólida
(amostragem pontual)

ESTAÇÃO	RIO
Abunã-Vila	Madeira
Jirau-jusante	Madeira
Porto Velho	Madeira
Humaitá	Madeira

5.2.3 Atividade II.3

Cálculo das Medições de Descarga Líquida e Sólida visando quantificar a carga sólida em suspensão e de arrasto nas seções dos postos fluviométricos de controle, resultante de medição de descarga líquida realizada simultaneamente com a descarga sólida, conforme metodologias descritas no item 7.

5.3 Meta III: Análises Laboratoriais

5.3.1 Atividade III.1

Controlar, registrar e armazenar adequadamente cada amostra para análise posterior, considerando a metodologia a ser utilizada.

5.3.2 Atividade III.2

Realizar as análises de laboratório para as amostras de sedimento em suspensão para obtenção da concentração e da granulometria conforme metodologia apresentada no item 7.

5.4 Meta IV: Levantamento de Seções Topobatimétricas e Coleta de Material para Análise Granulométrica

Esta meta é composta das seguintes atividades:

5.4.1 Atividade IV.1

Levantamento de Seções Topobatimétricas e Análise Granulométrica do leito para suporte à modelagem uni-dimensional.

A **Tabela 5.5** apresentada a seguir indica a quantidade de seções para levantamento batimétrico e de granulometria do leito em cada trecho de interesse. A coleta de material para análise granulométrica do material do leito deverá ser feita em 3 verticais por seção. Caberá ao hidrometrista a seleção das seções nas quais serão realizadas as coletas, entre aquelas com levantamento batimétrico, em função das facilidades operacionais, respeitando uma distribuição uniforme ao longo do trecho.

Tabela 5.5
Número de Seções Topobatimétricas para suporte a
modelagem de transporte de sedimentos (1D)

TRECHO	EXTENSÃO DO TRECHO (KM)	NÚMERO DE SEÇÕES PARA LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	NÚMERO DE SEÇÕES PARA GRANULOMETRIA DO LEITO
A montante de Abunã	60	12	6
Reservatório de Jirau	127	38	20
Reservatório de Santo Antônio	124	35	20
Santo Antônio a Humaitá	246	40	20

5.4.2. Atividade IV.2

Levantamentos topobatimétricos de trechos do rio Madeira, nas áreas próximas aos aproveitamentos, para suporte a modelagem física e matemática (bi-dimensional) do transporte de sedimentos.

A **Tabela 5.6** apresentada a seguir indica as extensões e áreas necessárias em cada trecho.

Tabela 5.6
Levantamentos topobatimétricos para suporte a modelagem física e matemática (bi-dimensional)

TRECHO	TRECHO	EXTENSÃO (KM)	ÁREA COMPLEMENTAR (KM ²)
AHE Santo Antônio	montante	7,5	1,5
	jusante	9	6,5

Observação:

A área indicada para levantamento corresponde a área complementar em relação aos levantamentos já disponíveis.

5.4.3 Atividade IV.3

Levantamentos de seções topobatimétricas dos rios Abunã, Mutumparaná e Jaciparaná.

5.4.4 Atividade IV.4

Levantamentos topobatimétricos e de granulometria para acompanhamento da evolução do leito do rio Madeira após a construção dos reservatórios, compreendendo:

- Levantamentos de perfil longitudinal ao longo do reservatório de uma linha poligonal representativa do curso principal.
- Coleta e análise granulométrica de material do leito em todas as seções topobatimétricas levantadas, em 3 verticais por seção.
- Levantamentos de seções topobatimétricas: A **Tabela 5.7** apresentada a seguir indica a quantidade de seções para levantamento topobatimétrico em cada trecho de interesse.

Tabela 5.7
Nº de seções topobatimétricas e de granulometria do leito
para suporte ao acompanhamento da evolução do leito

TRECHO	NÚMERO DE SEÇÕES	NÚMERO DE SEÇÕES PARA GRANULOMETRIA DO LEITO
A montante de Abunã	6	6
Reservatório de Jirau	20	20
Reservatório de Santo Antônio	20	20
Santo Antônio a Humaitá	20	20

Observações:

- a) As seções levantadas deverão, em princípio, coincidir com as levantadas para suporte a modelagem. Os resultados desta modelagem poderão indicar a eventual necessidade de relocação de seções.
- b) As seções deverão ser levantadas com frequência anual, a partir do ano do enchimento do reservatório, sempre no mês de junho (após o período de cheia).

5.5 Meta V: Outros Monitoramentos

5.5.1 Atividade V.1

Caracterizar as principais feições geomorfológicas (linhas de margens, principais ilhas e ilhotas e depósitos aluvionares) do rio Madeira a jusante da AHE Santo Antônio até a localidade de Humaitá mediante o auxílio de fotos aéreas e/ou imagens de satélite atuais e para períodos pretéritos (1980, 1990, 2000).

5.5.2 Atividade V.2:

Realizar 1 (uma) campanha de campo com o intuito de reconhecer e levantar, em trechos de interesse, a vegetação ciliar que compõe os principais depósitos aluvionares e as margens do rio Madeira, antes do início da operação do projeto.

5.5.3 Atividade V.3

Realizar 1 (uma) campanha de campo com o intuito de reconhecer e levantar trechos representativos do rio Madeira com margens já erodidas ou potencialmente erodíveis no estirão a jusante do AHE Santo Antônio até a localidade de Humaitá, antes do início da operação do projeto.

5.5.4 Atividade V.4

Monitorar a regressão de margens em trechos representativos do rio Madeira no estirão a jusante do AHE Santo Antônio até Humaitá, após a entrada de operação do reservatório.

5.6 Meta VI: Banco de Dados Hidrossedimentométricos

5.6.1 Atividade VI.1:

Definição / estabelecimento do banco de dados hidrossedimentométricos.

5.6.2 Atividade VI.2

Manter atualizado o Banco de Dados hidrossedimentométricos considerando as medições sedimentométricas realizadas após a conclusão dos estudos anteriores e no âmbito deste programa;

5.6.3 Atividade VI.3:

Realizar a análise de consistência das medições hidrossedimentométricas, incluindo: concentração de sedimentos, descarga líquida, descarga sólida em suspensão, fundo e total, granulometria em suspensão e fundo, de toda a base de dados.

5.7 Meta VII: Caracterização e Avaliação do Sedimento Transportado e Retido nos Reservatórios

5.7.1 Atividade VII.1

Caracterizar o sedimento transportado pelo rio Madeira para diferentes trechos que compõem o estirão em estudo, desde o ingresso ao reservatório de Jirau (a jusante da confluência com o rio Beni) até a localidade de Humaitá, definindo granulometrias típicas para o material de fundo e em suspensão, e associadas a diferentes condições hidrológicas, na condição atual e com reservatórios;

5.7.2 Atividade VII.2

Realizar um balanço hidrossedimentológico (a partir do fluxo de sedimentos) para os trechos Abuna-Jirau-PortoVelho-Humaitá, de forma a identificar tendências evolutivas da erosão e/ou deposição de sedimentos em cada trecho, na condição atual e com frequência anual a partir do início de operação do projeto;

5.7.3 Atividade VII.3

Avaliar a evolução temporal da descarga sólida do rio Madeira afluyente aos reservatórios de forma a identificar tendências evolutivas da produção de sedimentos na bacia;

5.7.4 Atividade VII.4

Caracterizar a evolução da eficiência da retenção do reservatório do AHE Santo Antônio

5.7.5 Atividade VII.5

Caracterizar a evolução da curva cota x área x volume do reservatório do AHE Santo Antônio

5.7.6 Atividade VII.6

Caracterizar os trechos de deposição e de erosões previstos ao longo dos reservatórios e no trecho de jusante, através dos levantamentos topobatimétricos e de granulometria, e verificar os prognósticos de evolução de alterações morfológicas indicadas pelos modelos matemáticos (real x previsto).

Na hipótese de ocorrência de diferenças significativas em termos espaciais e temporais entre a condição real (verificada pelo monitoramento) e os prognósticos (realizados através da modelagem unidimensional – **ANEXO 2**), deverão ser desenvolvidas análises para identificação das possíveis causas de divergências utilizando, caso necessário, o modelo unidimensional como ferramenta de análise.

5.8 Meta VIII: Elaboração de Relatórios

5.8.1 Atividade IX.1

Consolidar em relatórios todos os levantamentos, monitoramentos e análises realizadas apresentando conclusões e recomendações objetivas para todas as atividades realizadas.

6. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O presente programa de levantamentos e monitoramento hidrossedimentológico terá como área de abrangência o rio Madeira desde seus formadores, a montante no rio Beni e no rio Mamoré, até o limite de jusante no rio Madeira junto à cidade de Humaitá. Com isso, os estudos abrangem conjuntamente as áreas de influência de ambos os aproveitamentos de Santo Antônio e de Jirau. A decisão de incluir esta ampla área de estudos teve por base a necessidade de obter dados que permitam simultaneamente analisar tanto a situação atual quanto a futura com a presença dos dois empreendimentos. Com isso, pressupõe-se que a responsabilidade pela realização de tais estudos e programa será inicialmente do empreendimento do AHE de Santo Antônio e, posteriormente, compartilhada entre os dois empreendimentos, de Jirau e de Santo Antônio.

Essa ampla área de abrangência, para a realização de levantamentos e do monitoramento de dados e informações hidrossedimentológicas, se justifica devido ao efeito sinérgico que esses reservatórios podem promover no transporte e na deposição de sedimentos, na erosão das margens e da calha fluvial, seja no estirão dos próprios reservatórios, bem como a jusante dos mesmos.

A localização, imediatamente a jusante desses aproveitamentos hidrelétricos da cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia, com cerca de 300 mil pessoas, é mais um aspecto relevante que justifica uma ampla área para desenvolver este programa de monitoramento e levantamentos de dados e informações hidrossedimentológicas.

7. PROCEDIMENTOS / METODOLOGIA

7.1 Considerações iniciais

A construção de uma barragem e a formação de um reservatório ocasionam mudanças num curso d'água, reduzindo as velocidades médias do escoamento e criando bolsões de relativa estagnação que propiciam a deposição de sedimentos. Com isso, o equilíbrio sedimentológico do estirão fluvial é modificado, podendo trazer reflexos a montante e a jusante da barragem, cuja magnitude depende do grau de modificação de regime introduzido pelo barramento.

De uma forma geral, é de se esperar, quando se implanta uma barragem em um curso d'água e se forma um reservatório em que o fluxo adquire características de relativa estagnação, que a redução de velocidades dentro do reservatório formado dê início a um processo de assoreamento, com o sedimento mais grosso se depositando logo na entrada do reservatório, enquanto que as partículas mais finas se depositam ao longo do mesmo, preferencialmente nos locais de menor velocidade ou de água estagnada.

Ao mesmo tempo, a água liberada a jusante da barragem, caso venha a transportar uma quantidade menor de sedimentos, devido a parcela que retida no reservatório, apresenta uma “sobra” de energia, que pode resultar em trabalhos de erosão a jusante do barramento.

Com o tempo, espera-se que esta situação evolua para um novo regime de equilíbrio. Dentro do reservatório, à medida que o assoreamento vai evoluindo, as velocidades voltam a aumentar, reduzindo assim, paulatinamente, a parcela de sedimento que se deposita. Costuma-se dizer, por isso, que a capacidade de retenção de sedimentos do reservatório diminui com o tempo.

De forma equivalente, o desequilíbrio sedimentológico no estirão a jusante da barragem tende a diminuir, porque o material erodido imediatamente a jusante acaba se depositando mais adiante, reduzindo aos poucos a declividade média do trecho, até que um novo perfil de equilíbrio se estabeleça.

Nos casos onde ocorre mais acentuadamente, o processo de assoreamento dos reservatórios pode trazer diversas modificações, tais como:

- Diminuição da capacidade de armazenamento do reservatório, com reflexos na regularização de vazões e, no caso de usinas hidrelétricas, possíveis perdas na produção energética;
- Intensificação dos efeitos de remanso, com elevação gradual dos níveis d'água na região da entrada (montante) do reservatório;
- Em casos extremos, quando o sedimento alcança o pé da barragem e a região da tomada d'água da usina, podem ocorrer danos aos equipamentos hidromecânicos e, às vezes, interrupção da geração.

Por outro lado, a possibilidade de ocorrer um desequilíbrio sedimentológico a jusante da barragem pode acarretar:

- Erosão do leito fluvial e das margens imediatamente a jusante da barragem;

- Deposição de sedimento erodido um pouco mais a jusante, com o surgimento de novos bancos de areia ou ilhas;
- Necessidade de reavaliação de potenciais interferências com a navegação.

Por esses motivos, justifica-se a realização de avaliações qualitativas e quantitativas do processo de assoreamento dos reservatórios e da evolução do leito a jusante das barragens por meio de modelagens matemáticas, baseadas em uma base detalhada de dados e de informações que resultarão do presente programa de monitoramento hidrossedimentológico. Este programa deverá incluir:

- Descrição detalhada da topologia do leito fluvial e dos futuros reservatórios, através de seções topobatimétricas, perfis do leito do rio e perfis de linha d'água para diferentes condições hidrológicas;
- Avaliação quantitativa do transporte sólido existente, através de medições de descarga sólida realizadas em diferentes pontos do estirão de interesse;
- Descrição da natureza do sedimento transportado, através de curvas granulométricas do material de fundo e em suspensão. Essas curvas devem ser associadas as condições fluviais nas quais o material foi coletado (magnitude de vazões líquidas, enchente ou vazante, etc.) e aos locais de coleta, de preferência cobrindo todo o trecho de interesse;
- Conhecimento acerca da origem do sedimento transportado pelo rio, se é gerado a montante ou se resulta de erosão ao longo do próprio trecho em estudo;
- Conhecimento do comportamento do leito fluvial, sua mobilidade, ocorrência de dunas, praias móveis ou fixas, ilhas, etc..

Parte dessas informações deverá ser obtida mediante campanhas de levantamento, como as seções, medições de descarga líquida e sólida, perfis de linha d'água, análises granulométricas e petrográficas, sondagens, etc. Outras informações, entretanto, exigem intervalos de tempo de observação para serem construídas, de forma que devem ser atualizadas e reavaliadas a medida que novos dados são agregados.

É oportuno ressaltar que os estudos hidrossedimentológicos elaborados no âmbito do EVTE de Santo Antônio foram realizados fundamentalmente com dados de duas campanhas de medições de descarga líquida e sólida, nas quais foram realizadas as seguintes medições:

- 1ª Campanha – maio/2002
 - 3 Medições em Abunã e Porto Velho
- 2ª Campanha – novembro/2003 a setembro/2004
 - 37 Medições em Guajará Mirim
 - 1 Medição em Araras
 - 28 Medições em Abunã
 - 38 Medições em Porto Velho

No período de setembro de 2004 até janeiro de 2007 FURNAS deu continuidade à campanha hidrométrica, tendo sido realizadas outras 186 medições assim distribuídas.

- 50 Medições em Guajará Mirim
- 56 Medições em Abunã

- 80 Medições em Porto Velho

A quantidade adicional de informação gerada após a realização dos estudos apresentados no EIA já é suficiente para justificar uma revisão e atualização daqueles estudos. Entretanto, outras questões levantadas indicam a necessidade dessa revisão e aprofundamento, a saber:

- As seções topobatimétricas empregadas na modelagem não eram em número suficiente para detalhar, de forma adequada, a topologia do rio Madeira e do futuro reservatório do AHE Santo Antônio, por que: (1) algumas seções haviam sido obtidas de levantamentos batimétricos do canal de navegação, sem a precisão altimétrica requerida na modelagem; (2) alguns estirões do rio Madeira apresentam corredeiras localizadas seguidas de longos trechos de baixa declividade, exigindo maior número de seções para sua representação adequada no modelo; (3) o trecho modelado a jusante de Santo Antônio não possuía a extensão necessária para que as condições de contorno de jusante deixassem de afetar diretamente o comportamento do rio Madeira nas imediações de Porto Velho, logo a jusante de Santo Antônio, prejudicando assim a aplicação do modelo no estirão de jusante.
- Os resultados apresentados pelo modelo sedimentológico unidimensional empregado divergiram das estimativas feitas com auxílio de modelos empíricos, no âmbito dos estudos de engenharia. Os resultados do modelo apresentaram ainda divergências em relação a dados observados do atual comportamento de seções de montante do rio Madeira na região do reservatório de Jirau. Mesmo que conceitualmente essas divergências possam ser explicadas, é necessário aprofundar os estudos de modelagem para maior confiabilidade das previsões relativas ao futuro comportamento hidrossedimentológico dos trechos do rio Madeira na área dos reservatórios e a montante deles.
- Algumas questões quanto ao comportamento dos sedimentos na região próxima aos barramentos não foram abordadas diretamente pelo modelo empregado, em parte devido à sua limitação dimensional, em parte porque exigiria também informações ainda não existentes. Uma nova modelagem, com emprego de modelos bi ou tridimensionais foi demandada pelo IBAMA em função dessa dificuldade.

Estes pontos justificam a realização do presente programa.

7.2 Licitação dos equipamentos de aquisição e transmissão de dados em tempo real

Esta atividade consiste na elaboração dos termos de referência e as especificações técnicas para licitação da compra dos equipamentos de aquisição e transmissão de dados em tempo real, bem como a operação e manutenção dos equipamentos por 5 (cinco) anos.

7.3 Instalação e Operação da Rede Fluviométrica

7.3.1 Considerações Iniciais

Os trabalhos de operação da rede hidrométrica básica do AHE Santo Antônio compreendendo a instalação, aquisição de leituras de réguas, realização de medições de descarga líquida e de descarga sólida, serão realizados segundo as normas do extinto DNAEE (1970), das instruções indicadas nos guias da ANEEL (CARVALHO *et al.*, 2000a,b), bem como o orientado pelos Manuais da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1994; WMO, 2003), e de outras

entidades, como o Serviço Geológico dos Estados Unidos e o Departamento do Interior dos Estados Unidos.

7.3.2 Instalação de Estação Fluviométrica

A instalação das estações fluviométricas previstas no presente programa estão listadas na **Tabela 5.1**.

Os postos a serem instalados para complementação da rede atual (na terceira coluna da tabela referida descreve-se a entidade responsável pela estação) deverão ser posicionados numa das margens com os lances de réguas de forma a permitir a execução de leituras desde cotas inferiores ao nível mínimo ocorrido a cotas superiores à maior enchente registrada. Preferencialmente, os postos fluviométricos em cursos d'água afluentes ao rio Madeira deverão ser instalados em trechos de rio sem influência de remanso do futuro reservatório ou de enchente do próprio rio Madeira.

Nas estações onde serão realizadas medições de descarga líquida e sólida será estabelecida uma seção transversal materializada por dois postes alinhados, um em cada margem, a fim de permitir a realização dessas medições em qualquer situação de nível d'água. Em cursos d'água estreitos, até 200 m de largura, os postes deverão permitir a medição com cabo de aço. Em rios largos, os postes serão utilizados para balizamento e deverão ter cores diferenciadas para permitir posicionamento adequado do barco.

Em todos os locais onde existirem réguas deverão ser instaladas duas referências de níveis como a seguir:

- A primeira no alto da barranca antes do final do último lance para facilidade de nivelamento e correção periódica dos lances;
- A segunda em posição acima do nível de maior enchente para garantia de reposição dos lances numa eventual perda por efeito de enchentes extraordinárias.

Todas as referências de nível deverão ser em concreto, nas dimensões indicadas nas normas do DNAEE (1970), e amarradas ao *Datum* oficial do IBGE.

Preferencialmente, os postos a serem instalados deverão ser posicionados em locais com moradores próximos a serem contratados e devidamente treinados, para efetuar leituras duas vezes ao dia, manter o local limpo e zelar pela integridade das instalações. A ficha descritiva da estação deverá ser elaborada pelo hidrometrista, de acordo com as normas da Agência Nacional de Águas.

7.3.3 Critérios de Operação

A operação dos postos fluviométricos consiste na obtenção de leituras de régua diárias e na realização periódica de medições de descarga líquida e sólida, dependendo da finalidade da estação. As réguas de todos os postos deverão ser lidas diariamente às 7 e às 17 horas, pelo observador, devidamente treinado, que anotará essas leituras em cadernetas apropriadas. As medições de descargas líquida e sólida serão realizadas pelo hidrometrista, de acordo com a metodologia e frequência estabelecida nos itens seguintes.

7.3.4 Critérios de Manutenção da Estação

Em cada visita ao posto, o hidrometrista deverá inspecionar os lances de réguas, verificando seu estado de conservação e limpeza, as condições de acesso, a verticalidade das réguas, a legibilidade das escalas e facilidades de leitura. A re-instalação será providenciada caso algum lance tenha sido carregado por enchente ou desaparecer por qualquer outro motivo.

As seções transversais de medições deverão ser mantidas limpas e visíveis para permitir a realização das medições comodamente. Os postes de materialização deverão ser mantidos pintados para permitir boa visibilidade. Os postos fluviométricos de outras entidades deverão também merecer cuidados se estiverem em más condições. Nesse caso, o engenheiro responsável pela rede deverá notificar os responsáveis pela operação dos postos daquelas entidades e solicitar permissão para a realização da manutenção necessária.

Em cada visita ao posto o hidrometrista deverá preencher o formulário “Ficha de Inspeção” indicando as condições do posto no momento da visita e todas as providências realizadas ou a ser executadas no futuro.

7.4 Medições de Descarga Líquida e Sólida

7.4.1 Considerações Iniciais

Os trabalhos de operação da rede hidrométrica básica do AHE Santo Antônio, compreendendo a instalação, aquisição de leituras de réguas, realização de medições de descarga líquida e de descarga sólida, serão realizados segundo as normas do extinto DNAEE (1970), das instruções indicadas nos Guias da ANEEL (CARVALHO *et al.*, 2000a,b), bem como o orientado pelos Manuais da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1994; WMO, 2003), e de outras entidades, como o Serviço Geológico dos Estados Unidos (EDWARDS & GLYSSON, 1999) e o Departamento do Interior dos Estados Unidos (USDI, 2001).

As equipes de hidrometria deverão utilizar dois tipos de embarcações para a realização das medições:

- Para as medições nos afluentes - Mutum, Jaciparaná, Abunã, Jamari e Jiparaná - poderá ser utilizada uma canoa de alumínio de 6 m, com motor de popa a fim de permitir a colocação de pelo menos dois guinchos e acomodar quatro técnicos.
- Para as medições no rio Madeira, Beni e Mamoré deverão ser utilizados barcos maiores, com cobertura, que possam permitir a instalação de três guinchos com 50m de cabo cada, para medição simultaneamente (se conveniente) de descarga líquida, amostragem de sedimento em suspensão e de material de fundo, instalação e uso de ecobatímetro e ADCP, além de comportar pelo menos oito tripulantes.

Considerando a distância entre as estações e ainda a impossibilidade de transposição das cachoeiras e barragens, deverá ser prevista a aquisição de pelo menos 3 (três) barcos e 3 equipes. Em função das condições locais do rio Madeira deverá ser previsto também o uso de uma canoa com motor de popa e tripulante para apoio ao barco principal, com a finalidade de executar entre outras as seguintes atividades: afastamento de troncos de madeira, transporte de pessoal, apoio em situações de emergência, etc.

7.4.2 Procedimentos

Está prevista a aplicação de 3 (três) tipos de procedimentos para a realização de medições de descarga líquida e sólida no rio Madeira e afluentes, no âmbito deste Programa, a saber:

- Medição convencional em grandes rios;
- Medição convencional em pequenos e médios cursos d'água – afluentes; e,
- Medição detalhada de descarga sólida em grandes rios.

7.4.2.1 Medição convencional em grandes rios – Madeira, Beni e Mamoré

Esta metodologia se aplica à realização de medição de descarga líquida e sólida convencional nos rios Madeira, Mamoré e Beni nas estações listadas na **Tabela 7.1**. a seguir:

Tabela 7.1
Estações com medições convencionais de descarga líquida e sólida
(Grandes rios - amostragem integrada na vertical)

POSTO	RIO
Guajará-Mirim	Mamoré
Cachuela Esperanza	Beni
Abunã-Vila	Madeira
Jirau-jusante	Madeira
Porto Velho	Madeira
São Carlos (Seção Jus-10)	Madeira
Humaitá	Madeira

Observação: destaca-se que qualquer atividade em Território Boliviano (na estação de Cachuela Esperanza no rio Beni) deve ser precedida de negociações entre estes Países.

- Freqüências das medições

As medições de descarga líquida e sólida deverão ser realizadas com freqüência quinzenal no período de águas altas (dezembro a junho) e freqüência mensal no período de estiagem. Por outro lado, como uma forma de assegurar a qualidade do dado sedimentométrico obtido, será implementada uma rotina de re-amostragem de sedimentos em suspensão durante dois dias sucessivos, para cada estação. Cita-se um exemplo: os trabalhos de amostragem acontecem um dia, e as mesmas atividades repetem-se no dia seguinte (para a mesma estação), o que permitiria vislumbrar flutuações da descarga sólida em suspensão (esta metodologia de re-amostragem considera que não existem mudanças significativas da descarga líquida de um dia para o outro).

- Medições de descarga líquida

As medições de descarga líquida serão realizadas preferencialmente com medidores acústicos de efeito doppler (ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler) de 300 kHz, uma vez que equipamentos de 600 ou de 1200 kHz não tiveram um bom desempenho em campanhas

anteriores (equipamentos com frequências maiores teriam mais dificuldades de medir em condições de elevada carga de sedimentos).

Uma metodologia alternativa ao uso de ADCP é o uso de molinete hidrométrico de eixo horizontal, suspenso em guincho hidrométrico, com 50m de cabo e com uso de lastro adequado às velocidades da ocasião da medição (20, 30 ou 50 quilos). Nesse caso, as medições deverão ser preferencialmente realizadas pelo método detalhado (superfície, 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 da profundidade e fundo) de acordo com as normas do DNAEE (1970). Em ocasião de enchentes, com velocidades acima de 2 m/s, poderá ser utilizado o método de dois pontos (0,20 e 0,80 da profundidade de cada vertical) a critério do responsável pelo Programa.

Excepcionalmente, em ocasião de grandes vazões, em que a velocidade pode alcançar valores acima de 3 m/s e profundidades da ordem de 40m, com o rio transportando grande quantidade de troncos, será aceito o método de medida a 0,60 da profundidade, mantendo-se, porém, o critério da quantidade de verticais. Esse procedimento garante agilidade na medição e diminuição dos riscos para a equipe e equipamentos.

As verticais deverão ser distribuídas em igual incremento de largura em número adequado a largura do rio e de acordo com os critérios das normas do DNAEE e do WMO (1994, 2003), e também com instruções complementares do responsável do programa. Durante as medições recomenda-se o uso de um ecobatímetro para definição das profundidades e posicionamento das verticais. É de fundamental importância a disponibilidade deste equipamento para a qualidade da medição, especialmente durante o período de águas altas, em razão das grandes velocidades e profundidades de escoamento, que arrastam o molinete impedindo de alcançar a profundidade total do rio na vertical considerada, mesmo utilizando lastro de 50 kg.

O barco é posicionado na vertical com uso de poita (garatéia) para ancoragem, sendo a distância aos marcos estabelecida com uso de um Sistema de Posicionamento Global (GPS).

- Medições de descarga sólida

As medições de descarga sólida compreendem a amostragem de sedimento em suspensão para determinação da concentração e da granulometria e amostragem do leito para determinação da granulometria (além da medição da descarga líquida). A partir dessas grandezas será obtida, de forma direta, a descarga sólida em suspensão e, de forma indireta, a descarga sólida do leito.

Normalmente, a quantidade transporte de sedimentos de arrasto representa uma fração pequena em relação a carga total de sedimentos, variando normalmente entre o 1,0% e 20,0% do transporte total. Todavia, devido a sua importante contribuição a morfologia fluvial em rios e ambientes costeiros, é uma informação necessária e essencial nos estudos sobre evolução de canais de navegação, formação de deltas e sedimentação de reservatórios.

Basicamente, existem duas formas de quantificar a carga sólida de arrasto de uma corrente d'água: mediante métodos diretos (*in situ*) ou por métodos indiretos (VANONI, 1975; CARVALHO *et al.*, 2000a). As medições diretas são feitas mediante o uso de amostradores portáteis apoiados no leito ou mediante o uso de estruturas fixas ou fendas que retém o sedimento na seção transversal. Dentre as medições indiretas destaca-se principalmente o uso de fórmulas de previsão do transporte de sedimentos que utilizam dados hidrossedimentológicos da corrente. Esta última sistemática é justificada pela dificuldade de medições diretas da carga do leito devido às grandes velocidades e profundidades dos rios Madeira, Mamoré e Beni, que dificultam sobremaneira a realização da medição pelo grande empuxo no cabo e no equipamento de amostragem. Além desses fatores, o posicionamento

deste equipamento no leito do rio provoca perturbações nas condições de escoamento em seu entorno que mascaram os resultados finais.

Até o momento tem-se usado o método modificado de Einstein para obter uma primeira estimativa da descarga sólida do leito, mas serão implementados outros modelos de uso reconhecido na literatura internacional como são os de Toffaletti e van Rijn (VANONI, 1975; SIMONS & SENTURK, 1992).

Em relação à amostragem de sedimentos em suspensão, cabe dizer que será realizada pelo método de igual incremento de largura (IIL), com integração na vertical, que permite a reunião das sub-amostras das diversas verticais e que seja feita uma só análise de concentração e de determinação da granulometria por processo adequado. Nas amostragens de material em suspensão pelo método IIL deverá ser utilizado o equipamento adequado às profundidades. Nas situações com profundidades até 4,5m deverá ser utilizado o amostrador D-49 e para profundidades superiores o amostrador de saca. Considerando as características dos rios Madeira, Mamoré e Beni, deverá ser utilizado o amostrador de saca para a coleta da amostra.

Em relação ao procedimento de amostragem, cabe destacar que o método IIL é o método mais utilizado para amostragem da mistura água-sedimento, devido a sua simplicidade. No método, a área da seção transversal é dividida numa série de verticais igualmente espaçadas. Em cada vertical se utiliza a amostragem por integração na vertical, mas com a mesma velocidade de trânsito em todas as verticais. Nesse caso deve-se também utilizar sempre o mesmo amostrador, com o mesmo bico. Como as velocidades médias em cada vertical são diferentes, diminuindo geralmente do talvegue para as margens, então as quantidades amostradas por garrafa vão se reduzindo a partir do talvegue (**Figura 7.1**).

Para a operação de campo e obtenção adequada das diversas amostras, em primeiro lugar é feita a medida da descarga líquida com verticais escolhidas igualmente espaçadas para se ter as velocidades médias da corrente para o cálculo dos tempos de amostragem. O bico do amostrador é escolhido conforme a velocidade: em baixas velocidades, usa-se o bico de 1/4"; em velocidades moderadas, o bico de 3/16" e em maiores velocidades, o de 1/8". É necessário que a primeira sub-amostra seja otimizada, isto é, que seja coletado um volume até o limite permitido na garrafa, ou próximo. As outras sub-amostras serão obtidas com tempos proporcionais. As sub-amostras obtidas podem ser combinadas em uma só amostra composta para determinação da concentração média e, se necessário, da granulometria média.

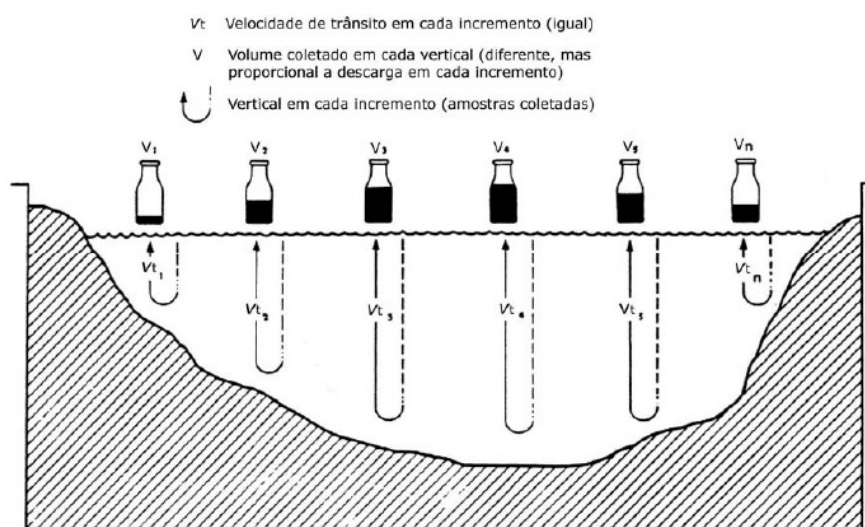


Figura 7.1 - Exemplo de amostragem pelo método de igual incremento de largura (EDWARDS & GLYSSON, 1999)

O número de verticais a ser adotado na coleta deverá ser de 10 a 20, sendo que o hidrometrista deverá garantir a coleta de um volume mínimo de amostra de forma a garantir a análise da **Tabela 7.3**.

Tabela 7.3
Volume mínimo de amostra necessária para a análise da concentração de sedimentos em suspensão (WMO, 2003)

CONCENTRAÇÃO ESPERADA DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO [mg/l, ppm, g/m ³]	VOLUME DA AMOSTRA [l]
> 100	1
50 a 100	2
20 a 30	5
< 20	10

Na coleta de sedimento do leito, deverá ser utilizado o amostrador BM-54 que garante a obtenção da mesma quantidade de material em cada vertical. Deverá ser utilizado também o método de igual incremento de largura nessas amostragens, com as verticais coincidentes com as verticais de amostragem de sedimento em suspensão. Nas situações em que as velocidades estiverem elevadas, superiores a 3,0m/s, e com dificuldades de amostragem, pode-se acoplar um lastro acima do amostrador BM-54 de forma a garantir a amostragem (DAVIS, 2005).

As amostras obtidas deverão ser colocadas em sacas independentes, etiquetadas adequadamente e enviadas ao laboratório para análise de granulometria. Os frascos com amostras em suspensão e os sacos plásticos com amostras do leito deverão estar bem acondicionados e protegidos para não haver perda de material no transporte.

- Análises laboratoriais

Uma vez no laboratório o responsável registrará cada amostra e armazenará para análise posterior, considerando em cada caso a metodologia a ser utilizada. As amostras de sedimento em suspensão deverão ser analisadas para obtenção da concentração e da granulometria. Atualmente, os métodos mais utilizados para determinação da concentração de sedimentos no laboratório são os métodos de filtração e evaporação.

Considerando que as amostras do sedimento em suspensão deverão ser analisadas para obtenção da concentração e da granulometria, deverão ser utilizados preferencialmente os métodos do tubo de remoção pela base e o de pipetagem para essas análises. No entanto, antes desse processo deverão ser removidas, por peneiramento, as frações com dimensões iguais ou maiores que areia de toda a amostra. Esse peneiramento é feito em “peneirinhas” de 5 cm de diâmetro que depois são levadas a estufa e, em seguida, pesadas.

As amostras de sedimento do leito deverão ser analisadas para obtenção da granulometria por peneiramento. Caso haja resíduo significativo na última peneira, esse resíduo de silte e argila deverá ser então analisado por método semelhante aos explicitados para o sedimento em suspensão.

- Cálculos da descarga líquida e sólida

Os resultados da medição da descarga líquida, as anotações de campo durante a realização das medições e as anotações durante a análise laboratorial deverão ser encaminhados ao responsável pelo programa para cálculo da descarga sólida em suspensão e total.

Quando as medições da descarga líquida são realizadas mediante molinete hidrométrico, os resultados de todos os cálculos deverão compor um arquivo específico para cada estação, contendo: número da medição, data de realização, cota do nível d'água, largura, profundidade média, velocidade média, área da seção, descarga líquida e observações. No caso da medição ser realizada com ADCP, o software de aquisição e pós-processamento de dados (*WinRiver*) determina automaticamente todos esses dados.

A descarga sólida do leito deverá ser calculada através dos seguintes métodos: método modificado de Einstein, Toffaletti, van Rijn (todos os métodos descritos foram desenvolvidos originalmente para escoamentos com leito de areia, como acontece com o rio Madeira). O método modificado de Einstein permite obter a descarga em suspensão medida, a descarga sólida não medida, a descarga de arrasto e a descarga sólida por faixas granulométricas.

É possível obter valores aproximados da descarga de sedimentos em suspensão através de tecnologias alternativas, como o uso de turbidímetros ou o uso de ADCP's, mas em ambos os casos deve-se realizar a calibração dos mesmos a partir de medições pontuais de sedimento em suspensão. Quanto maior o número de pontos e de verticais, melhor a calibragem a ser obtida. No entanto destaca-se que essas metodologias são exploratórias e não se encontram totalmente estabelecidas na literatura.

Os resultados finais consistirão de um relatório de cada medição incluindo as listagens da granulometria por porcentagens de faixas granulométricas e por porcentagens de argila, silte, areia fina, areia média, areia grossa e cascalho.

7.4.2.2 Medição convencional em pequenos e médios cursos d'água – afluentes

Esta metodologia se aplica à realização de medição de descarga líquida e sólida convencional em pequenos e médios cursos d'água, com largura igual ou menor que 200 m, ou seja, nas estações indicadas na **Tabela 7.4**.

Tabela 7.4
Estações com medições convencionais de descarga líquida e sólida
(Pequenos e Médios Cursos D'água - amostragem integrada na vertical)

POSTO	RIO
Morada Nova – Jusante	Abunã
Vila Mutum	Mutum-Paraná
Jaciparaná – Jusante	Jaciparaná
Jamari - Foz	Jamari
Jiparaná – Foz	Jiparaná

- Freqüências das medições

As medições de descarga líquida e sólida deverão ser realizadas no primeiro ano com freqüência mensal no período de águas altas (dezembro a junho) e bimestral no período de estiagem. Após este período os resultados obtidos deverão ser analisados visando o espaçamento entre as medições.

- Medições de descarga líquida

Serão realizadas exclusivamente com o uso de molinete hidrométrico, conforme consta no item anterior (descarga líquida em grandes rios). O posicionamento da embarcação nas margens, bem como nas verticais será realizada com GPS.

- Medições de descarga sólida

Nas situações com profundidades de até 4,5m recomenda-se o uso do amostrador D-49 e para profundidades superiores o amostrador de saca. Em relação a amostragem de sedimentos do leito nos afluentes, pode-se utilizar o amostrador de fundo BMH-60 que é um pouco mais leve que o BM-54 e de mais fácil operação (DAVIS, 2005).

- Análises laboratoriais

As análises laboratoriais serão realizadas da mesma forma descrita no item anterior (grandes rios).

- Cálculos da descarga líquida e sólida

Os cálculos da descarga líquida e sólida serão realizados da mesma forma descrita no item anterior (grandes rios).

7.4.2.3 Medição detalhada de descarga sólida em grandes rios

Alem das atividades de monitoramento sedimentológico que incluem a amostragem de sedimentos em suspensão com amostradores integradores na vertical (corresponde ao programa convencional de medição de descarga sólida), recomenda-se a implementação de outro programa de amostragem com a finalidade de caracterizar a distribuição vertical de sedimentos ao longo do estirão em estudo.

- Locais de amostragem

Para ter uma boa representação temporal do comportamento das diferentes frações de sedimentos seriam necessárias de 4 a 6 campanhas de medições ao longo do ano, que permitam representar os períodos de enchente, cheia, vazante e estiagem do rio Madeira. Quanto à representatividade espacial, o adequado seria 5 locais de amostragem: em uma seção a montante da área de influência do reservatório de Jirau (Abunã), em uma seção no reservatório de Jirau, em uma seção no reservatório de Santo Antônio, e duas seções a jusante de Porto Velho (São Carlos e Humaitá).

Em cada seção de medição deverão coletar-se amostras em 3-5 verticais (em função da largura da seção e características batimétricas da mesma) e, em cada vertical, colhidas de 3 a 5 amostras. Em média, a amostragem em uma vertical requer aproximadamente de 30 a 60 minutos, sendo que a maior parte do tempo é utilizado para posicionar a embarcação.

- Amostragem de sedimentos em suspensão com o uso de amostradores pontuais

A amostragem pontual de sedimentos objetiva a caracterização vertical do perfil da concentração dos sedimentos em suspensão. Dessa forma, será possível conhecer os gradientes de concentração com a profundidade não apenas em função da fração (areia ou sedimentos finos) mas também para os diferentes tamanhos de grãos de sedimento. Por outro lado, o adequado conhecimento das frações que estão sendo transportadas nas diferentes profundidades é fundamental para avaliar a eficiência de retenção dos reservatórios.

- Tipos de amostradores:

Os amostradores pontuais de sedimentos em suspensão podem ser do tipo integrador ou instantâneo. Entre os amostradores pontuais integradores pode-se citar o US P-61-A1 (**Figura 7.2**), US P-72 (**Figura 7.3**) e US P-63 (**Figura 7.4**). Como exemplo de amostrador pontual instantâneo pode-se citar o Callede I (**Figura 7.5**). Este último amostrador é comumente utilizado nos rios amazônicos no escopo do Projeto HiBAm (Hidrologia e Geoquímica da Bacia Amazônica), e consiste num tubo de PVC com capacidade aproximada de 12 litros e na sua parte inferior um sobrepeso de 50 quilogramas. O tubo possui os extremos abertos e com tampas ligadas a um gatilho para o fechamento, o qual é ativado com o lançamento de um mensageiro. Quando o mensageiro toca o gatilho, o tubo se fecha, guardando no seu interior a água coletada na profundidade onde o amostrador se encontra posicionado.



Figura 7.2 - Amostrador pontual integrador US P-61-A1 (DAVIS, 2005)

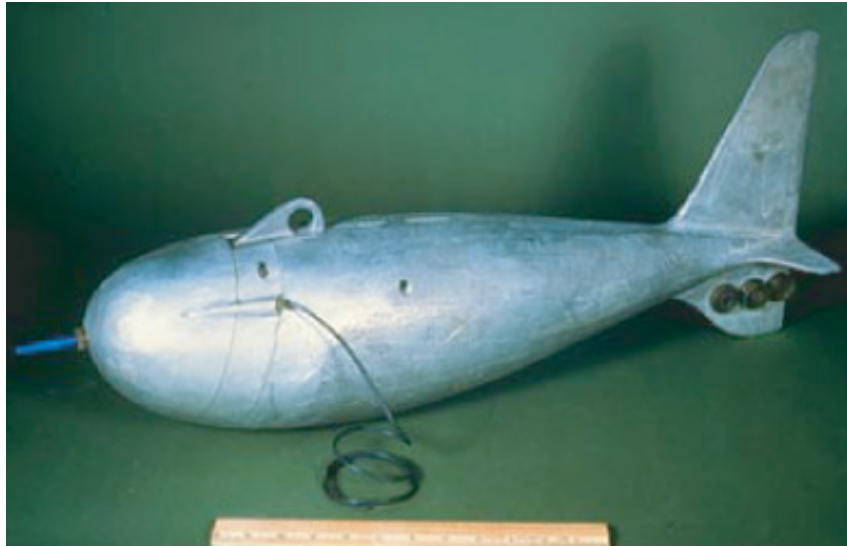


Figura 7.3 - Amostrador pontual integrador US P-72 (DAVIS, 2005)

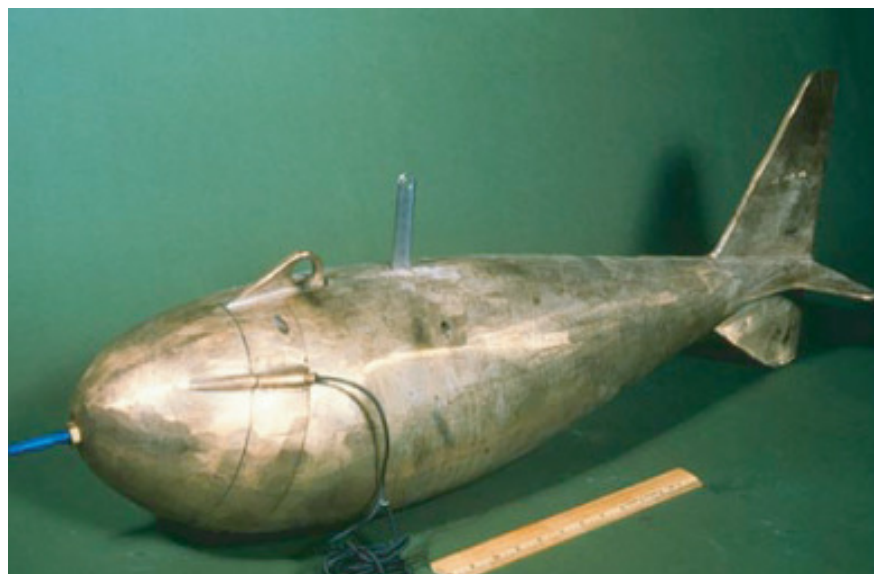


Figura 7.4 - Amostrador pontual integrador US P-63 (DAVIS, 2005)



Figura 7.5 : Amostrador pontual instantâneo Callede I

- Análise da concentração e distribuição granulométrica dos sedimentos em suspensão:

Depois de colhida a amostra, parte dela deverá ser armazenada para a determinação da distribuição granulométrica para cada uma das diferentes profundidades de amostragem. O restante da amostra deverá ser peneirada na malha de 0,063 mm (**Figura 7.6**) para separar as areias dos sedimentos finos (argila e silte). As areias deverão ser colocadas num recipiente adequado para posterior secagem e determinação da concentração no laboratório. A amostra com sedimentos finos deverá ser dividida (com o intuito de ter um volume de amostra menor) para sua posterior filtragem (**Figura 7.7**).



Figura 7.6 - Peneiramento (malha de 62 μ m) para separar as areias do material fino (silte e argila)



Figura 7.7 - Dispositivo de filtração frontal Sartorius

Para realizar a análise da granulometria do sedimento em suspensão deve-se separar uma garrafa com 1 ou 2 litros de amostra. A análise granulométrica desta fração pode ser feita através de métodos tradicionais de sedimentação, como o método do tubo de retirada pelo fundo, pipetagem ou pelo densímetro.

- Do processamento dos dados

Os cálculos da descarga líquida e descarga sólida listadas serão utilizados para o processamento final dos dados.

O primeiro passo será a obtenção de níveis médios diários em boletins mensais e anuais. Isso será feito para todos os meses e anos de operação das réguas.

O segundo passo será a análise de consistência dos dados de vazões e de descarga sólida pelos processos conhecidos.

O terceiro passo será a obtenção da curva-chave de vazões com os valores de níveis e descarga líquida medida, $Q = f(h)$. Pela aplicação da equação da curva-chave nos valores dos boletins de níveis d'água médios anuais serão obtidos os boletins de vazões médias diárias para todos os anos de operação do posto.

O quarto passo será a obtenção da curva-chave de sedimentos com os valores de descarga sólida em suspensão medida em função da vazão, $Q_{sm} = f(Q)$. Pela aplicação da equação da curva-chave de sedimentos nos valores dos boletins de descarga líquida serão obtidos os boletins da descarga sólida em suspensão medida para todos os anos de operação do posto.

Prefere-se utilizar a descarga em suspensão para o traçado da curva-chave de sedimentos pela maior confiança nos resultados. De acordo com os trabalhos dessa natureza espera-se um erro de 10%, enquanto para medições ou resultados de descarga do leito tem-se um erro de 25%.

A descarga sólida total será obtida com o seguinte artifício: na lista de medições de descarga sólida pelo método de Einstein procura-se ver no conjunto de medições, qual a diferença e a porcentagem entre descarga sólida total e descarga sólida medida para todas as medições realizadas. Adiciona-se o valor médio a descarga sólida medida média. Este procedimento é importante porque nem todas as medições de descarga sólida apresentam um resultado coerente, sendo a descarga sólida em suspensão o valor mais confiável.

7.5. Complementação da descrição do rio Madeira para suporte à modelagem de transporte de sedimentos unidimensional na condição atual e com reservatórios

7.5.1. Considerações Iniciais

Durante os estudos de viabilidade dos AHEs Santo Antônio e Jirau foram levantadas diversas seções transversais no rio Madeira que serviram de base aos estudos de remanso devido os reservatórios como também à modelagem matemática do transporte de sedimentos unidimensional na situação atual e com reservatórios. Entretanto, tem-se a necessidade de detalhamento para maior confiabilidade nas previsões.

A complementação da descrição atual do rio Madeira compreende o levantamento de seções topobatimétricas e de granulometria do leito nessas seções. A **Tabela 5.5** indica a quantidade de seções para levantamento batimétrico e de granulometria do leito em cada trecho de interesse.

A coleta de material para análise granulométrica do material do leito deverá ser feita em 3 verticais por seção. Caberá ao hidrometrista a seleção das seções nas quais serão realizadas as coletas, entre aquelas com levantamento batimétrico, em função das facilidades operacionais, respeitando uma distribuição uniforme ao longo do trecho.

7.5.2. Frequência dos levantamentos

Tanto o levantamento das seções topobatimétricas transversais como das amostragens para granulometria do leito deverão ser levantadas no primeiro ano, visando sua utilização imediata nas modelagens matemáticas e na caracterização dos trechos de interesse do rio Madeira. Após o enchimento do reservatório o relevamento das seções transversais e amostragem de sedimento do leito será realizada com uma frequência anual.

7.5.3. Levantamentos das seções transversais

Deverão ser instalados marcos de concreto em ambas margens, demarcando a seção, para os quais serão determinadas as coordenadas (mediante uso de GPS), amarradas ao *Datum* do IBGE, a partir dos marcos já instalados na região. O levantamento da parte submersa da seção deverá ser realizada com ecobatímetro digital acoplado a GPS. Quando possível sugere-se o uso de DGPS (GPS com correção diferencial) para a determinação das coordenadas geográficas.

7.5.4. Granulometria do Leito

As amostras obtidas deverão ser colocadas em sacos plásticos independentes, isto é, uma para cada vertical, etiquetadas adequadamente e enviadas ao laboratório para análise. Uma vez no laboratório, as amostras deverão ser analisadas para obtenção da granulometria por peneiramento (úmido ou seco). O material do leito coletado ao longo da seção transversal pode apresentar uma diversidade de granulometria grande, desde material grosso como pedregulho e areia, até material fino como silte e argila. Nesse caso, uma análise desse material exigirá métodos diferentes para sua completa definição. O material grosso seria analisado por peneiramento. Sobrando resíduo fino após a peneira de malha mais fina igual ou

maior que 5%, procede-se a uma análise pelo processo do densímetro, de pipetagem ou do tubo de retirada pelo fundo.

Na coleta de sedimento do leito, deverá ser utilizado o amostrador BM-54 que garante a obtenção da mesma quantidade de material em cada vertical, isto é, sem perdas. Nas situações em que as velocidades estiverem elevadas, superiores a 3,0m/s, e com dificuldades de amostragem, pode-se acoplar um lastro acima do BM-54 visando a garantia de amostragem.

7.6. Levantamentos topobatimétricos e de granulometria para acompanhamento da evolução do leito do rio Madeira após o enchimento do reservatório da AHE Santo Antônio

7.6.1 Considerações Iniciais

Os levantamentos topobatimétricos e de granulometria para monitoramento da evolução do leito do rio Madeira após o enchimento do reservatório do AHE Santo Antônio compreenderá:

- O levantamento de seções transversais topobatimétricas

A **Tabela 5.7** indica a quantidade de seções em cada trecho de interesse. As seções levantadas deverão, em princípio, coincidir com as levantadas para suporte à modelagem. Entretanto, os resultados desta modelagem poderão indicar a eventual necessidade de relocação das seções.

- Levantamentos de perfil longitudinal ao longo do reservatório de uma linha poligonal representativa do curso principal.
- Coleta e análise granulométrica de material do leito em todas as seções topobatimétricas levantadas, em 3 verticais por seção.

7.6.2 Frequência dos levantamentos

Tanto o levantamento das seções, quanto do perfil longitudinal e das amostragens para granulometria do leito deverão ser realizadas anualmente a partir do ano do enchimento do reservatório, sempre no mês de junho (após o período de cheia).

7.6.3 Levantamentos das Seções transversais

Deverão ser instalados marcos de concreto em ambas as margens, demarcando a seção, para os quais deverão ser determinadas suas coordenadas, amarradas ao *Datum* do IBGE, a partir dos marcos já instalados na região. A localização dos marcos poderá realizar-se com o auxílio de GPS.

O levantamento da parte submersa da seção será realizado mediante ecobatímetro digital, enquanto que a localização dos pontos levantados será feita com posicionamento global (GPS ou DGPS). A escolha de utilizar GPS ou DGPS vai depender do objetivo específico do levantamento. Aos efeitos de obter seções batimétricas com adequado grau de precisão, indica-se preferencialmente o uso de ecobatímetro (single-beam ou multi-beam) ao uso de ADCPs, pois as medições de ADCP não apresentam a resolução vertical requerida na camada

mais próxima ao fundo. Um ecobatímetro freqüentemente utilizado é o RAYTHEON DE 719E (Precision Survey Fathometer) com saída acústica de 200 kHz, que apresenta resolução vertical de 0,01-0,05 m. e permite trabalhar em um amplo intervalo de profundidades (0-160 m) e permite a correção por salinidade e temperatura da água para a velocidade do som (1393-1590 m/s). Paralelamente ao uso deste equipamento, pode-se utilizar o software HYPACK Max - Hydrographic Survey Software, que permite o trabalho acoplado do ecobatímetro com saída digital e gráfica, e do GPS ou DGPS (via satélite).

7.6.4 Levantamento de Perfis Longitudinais

De forma a complementar as medições de perfis batimétricos, serão realizados perfis longitudinais do leito ao longo dos reservatórios, em linhas representativas do curso principal. Os procedimentos metodológicos bem como os equipamentos utilizados para estes levantamentos são os mesmos que os descritos no item anterior (Levantamento das Seções Transversais).

Estes levantamentos serão realizados após a implantação dos reservatórios quando terão uma freqüência anual

7.6.5 Granulometria do Leito

Na coleta de sedimento do leito, deverá ser utilizado o amostrador BM-54 que garante a obtenção da mesma quantidade de material em cada vertical, isto é, sem perdas. Nas situações em que as velocidades estiverem elevadas, superiores a 3,0m/s, e com dificuldades de amostragem, pode-se acoplar um lastro acima do BM-54 visando a garantia de amostragem.

As amostras obtidas deverão ser colocadas em sacos plásticos independentes, isto é, uma para cada vertical, etiquetadas adequadamente e enviadas ao laboratório para análise. Uma vez no laboratório, as amostras deverão ser analisadas para obtenção da granulometria por peneiramento. Caso haja resíduo significativo na última peneira (mais fina), o resíduo deverá ser analisado pelo método de retirada pelo fundo, pipetagem ou tubo de acumulação visual.

7.7 Levantamentos batimétricos do rio Madeira, nas áreas próximas ao AHE Santo Antônio, para suporte à modelagem matemática bi-dimensional do transporte de sedimentos

As áreas localizadas a montante e a jusante de cada reservatório serão levantadas mediante batimetria de alta resolução (espacial e vertical) de forma a auxiliar a modelagem física e matemática (bi-dimensional) do transporte de sedimentos. A **Tabela 5.6** indica as extensões e áreas necessárias em cada trecho.

7.8 Consolidação da base de dados hidrossedimentológicos

A estimativa da precisão de dados sedimentométricos é uma tarefa complexa, devido as diferentes fases necessárias para obtenção do valor final da descarga sólida. Além de uma série de amostras e análises laboratoriais, bem como dos métodos de cálculo usualmente

empregados; ressalta-se, neste contexto, a falta de uma metodologia adequada para a análise de consistência (WMO, 2003).

Erros podem ser devido à má escolha do equipamento, ou equipamento defeituoso; erro de operação na amostragem; erro devido a medição da vazão que incidirá no cálculo e até na amostragem; erros de análise do sedimento, bem como erro na escolha da fórmula adequada no caso de descarga do leito ou total (CARVALHO, 2000a). Paralelamente, erros acumulados podem resultar numa diferença significativa, comprometendo a qualidade dos dados.

Um fator diretamente relacionado à análise de consistência das séries de dados é a frequência de operação, que algumas vezes pode conduzir a obtenção de resultados inadequados. Por exemplo, dados de operação eventual devem cobrir toda a variação do nível d'água e vazão no posto, bem como abranger todo o período de estiagem e, principalmente, do período chuvoso. Parâmetros adequados para a realização de estudos são de primordial importância. Assim, pode-se chegar a conclusão que, mesmo tendo bons dados, se estes não foram obtidos com a frequência adequada, não representaram o fenômeno natural e conduzirão a estudos incompletos ou resultados não confiáveis.

Alguns dos prováveis erros serão eliminados a partir dos requisitos a cumprir pelas equipes de trabalho de campo e de laboratório. Por exemplo, os equipamentos devem ser testados antes do início da campanha de medição, as amostras coletadas devem ter uma graduação coerente (uma sub-amostra com muito sedimento em relação às demais deve conduzir a outra amostragem naquela vertical), o processo de etiquetagem das amostras em suspensão e do leito deve ser coerente, simples e claro, e assim por diante. Fica explícito que a eliminação da maior parte dos erros se atinge através de medições cuidadosas no campo e no laboratório.

Durante o processamento dos dados, por exemplo, ao preparar uma curva-chave de sedimento e verificar dispersão de pontos incoerentes, o operador não deverá simplesmente desprezar dados, mas sim verificar cada planilha de medição antes de descartar. Os pontos muito distantes da curva média que estejam introduzindo erros, após o seu exame, são os que serão descartados (Edward & Glysson, 1999; CARVALHO, 2000a).

Assim sendo, a análise de consistência de dados hidrossedimentológicos e a consolidação da ampla base de dados hidrossedimentológicos, que será gerada no decorrer dos estudos do AHE Santo Antônio, justificam a criação de um banco de dados hidrossedimentométricos atualizado e consistido, agregando as medições de descarga sólida realizadas pela Agência Nacional de Águas ANA, por FURNAS-CNO antes e após a conclusão dos estudos de viabilidade, e aquelas realizadas no âmbito deste programa.

Este banco deverá conter para todas as medições realizadas, as seguintes informações gerais: número de identificação, data de execução, nível d'água, descarga líquida, concentração de sedimentos em suspensão, descarga sólida em suspensão, granulometria em suspensão e de fundo, e um resumo da metodologia utilizada. Deverá também agregar as informações referentes a descarga sólida de fundo estimada pelo método de Einstein modificado, e outros.

7.9 Estudos Hidrossedimentológicos Básicos

7.9.1 Considerações Iniciais

Os estudos hidrossedimentológicos básicos têm o objetivo de produzir informações essenciais, para uso em estudos subseqüentes. Desta forma, para todas as estações monitoradas,

deverão ser realizados estudos visando a definição da curva chave de sedimentos, série de descargas sólidas médias diárias e médias mensais.

7.9.2 Curva-Chave de Sedimentos

A curva-chave de sedimentos das estações monitoradas deverá ser representada pela relação entre a descarga sólida em suspensão medida, Q_{sm} , e a descarga líquida, Q_L , ou seja, $Q_{sm} = f(Q_L)$.

Prefere-se utilizar a descarga em suspensão para o traçado da curva-chave de sedimentos pela maior confiança nos resultados. De acordo com os trabalhos dessa natureza espera-se um erro de 10%, enquanto que para medições os resultados de descarga do leito apresentam erros na faixa de 25% (CARVALHO *et al.*, 2000a).

7.9.3 Série de descarga sólida média diária

Pela aplicação da equação da curva-chave de sedimentos aos valores de descarga líquida média diária obtém-se as descargas sólidas em suspensão médias diárias, para todo o período histórico de operação do posto fluviométrico.

Considerando a grande variabilidade da descarga sólida de fundo (não medida) em relação à descarga sólida em suspensão (valor mais confiável), a série de descarga sólida total deverá ser obtida através do seguinte procedimento:

- Seleção do método a ser utilizado para estimativa da descarga total através das descargas sólidas medida;
- Cálculo da relação entre a descarga sólida total e a descarga sólida medida para todas as medições realizadas;
- Obtenção das estatísticas dessas relações;
- Geração da série de descarga sólida total através da aplicação da relação média a série de descarga sólida em suspensão.

7.9.4 Série de descarga sólida média mensal e anual

A partir da série de descargas sólidas (total média diária) serão obtidas as séries de descarga médias mensais e anuais, para todo o período com disponibilidade de dados.

7.10 Caracterização Espacial do Sedimento Transportado pelo Rio Madeira em Condições Naturais

7.10.1 Considerações Iniciais

A caracterização espacial do sedimento transportado pelo rio Madeira ao longo do estirão fluvial de interesse, de Guajará Mirim à cidade de Humaitá, tem o objetivo de identificar a variabilidade espacial da concentração total de sedimentos em suspensão, da descarga sólida em suspensão e total, da granulometria do sedimento em suspensão e do leito, para condições

hidrológicas típicas – seca, enchente, cheia e vazante – na situação atual, isto é sem os reservatórios.

Os resultados produzidos nesta atividade permitirão também a formação de uma base de informações para análise dos resultados da modelagem matemática uni-dimensional e bi-dimensional (**Anexo I**) do transporte de sedimentos do rio Madeira em condições naturais.

7.10.2 Frequência

Esta atividade deve ser realizada no primeiro ano de elaboração deste programa, considerando toda a base de dados disponível e repetida com os dados disponíveis até o enchimento do reservatório

7.10.3 Procedimentos

- Para cada estação, classificar os dados de concentração total de sedimentos em suspensão, da descarga sólida em suspensão e total, da granulometria do sedimento em suspensão e do leito por período hidrológico e por faixa de vazões (níveis d'água);
- Análise dos resultados de cada estação visando identificar características do transporte de sedimentos representativas de cada período hidrológico;
- Análise dos resultados visando identificar a variabilidade espacial das características do transporte de sedimentos nos trechos de interesse, Guajará Mirim – Abunã, Abunã – Jirau, Jirau – Porto Velho e Porto Velho – Santo Antônio.

Na primeira avaliação, será utilizada a base de dados atual, o que certamente limitará a análise dos trechos entre Abunã e Porto Velho. Porém, a segunda avaliação contará com os dados da estação de Jirau - jusante (cerca de três anos aproximadamente) o que permitirá uma melhor caracterização do transporte de sedimentos do rio Madeira neste trecho, em condições naturais. As avaliações deverão ser consolidadas em relatório específico.

7.11 Análise do Comportamento Sedimentológico do Reservatório da AHE Santo Antônio

7.11.1 Considerações Iniciais

Os levantamentos e monitoramentos previstos neste programa permitirão caracterizar os volumes e granulometria dos sedimentos afluentes, retidos/erodidos, e defluentes do reservatório de Santo Antônio, permitindo caracterizar o comportamento sedimentológico do reservatório e aferir parâmetros estabelecidos nos estudos anteriores bem como os prognósticos realizados, quais sejam:

- A evolução do leito no trecho do reservatório;
- A evolução da curva cota x área x volume do reservatório de Santo Antônio;
- Comportamento sedimentológico do reservatório;
- Eficiência de retenção do reservatório; e,

- Validação dos prognósticos de deposição ou de erosão previstos pelos resultados da modelagem matemática do transporte de sedimentos.

7.11.2 A evolução do leito no trecho do reservatório e a jusante (entre Santo Antônio e Humaitá)

7.11.2.1 Freqüência das Análises

O acompanhamento da evolução do leito do rio Madeira, no trecho do reservatório deverá ser realizado, a princípio, anualmente, devendo ser avaliada posteriormente a possibilidade de um maior espaçamento em função da velocidade das alterações morfológicas eventualmente detectadas. Os resultados das medidas das descargas sólidas mais recentes serão úteis para a verificação de maior ou menor carga sólida afluyente ao reservatório, permitindo, outrossim, o cálculo do assoreamento e sua possível evolução através de modelos matemáticos como o HEC-RAS ou HEC-6.

7.11.2.2 Procedimentos

- A forma clássica de determinar a evolução morfológica do reservatório leva em consideração a obtenção do volume de sedimentos retidos/erodidos, no período em análise, através da comparação do volume do reservatório no tempo (t) e no tempo (t+1). O volume do reservatório em cada instante de análise será estimado através das áreas de escoamento em cada seção (superposição das seções transversais), para cada cota do nível d'água. A precisão esperada para esse procedimento vai depender diretamente do intervalo de tempo utilizado para avaliar os depósitos bem como da precisão (espacial) com a qual os relevamentos são realizados.
- Paralelamente ao método anterior, será realizada a superposição de perfis longitudinais efetuados ao longo do reservatório, para o mesmo período em análise, identificando os principais trechos de deposição e/ou erosão;
- Identificação da granulometria do leito em cada seção transversal levantada e análise comparativa desses resultados com o regime fluvial verificado no período, ou seja, magnitude das vazões líquidas e sólidas afluentes ao reservatório;
- Elaboração de um desenho síntese do comportamento hidrossedimentológico do reservatório no período, com a indicação dos depósitos mais importantes, variação de volumes e granulometrias;
- Elaboração de relatório específico após cada período de monitoramento e estudos.

7.11.3 Evolução da Curva Cota x Área x Volume do reservatório

7.11.3.1 Considerações Iniciais

A evolução das alterações da curva cota x área x volume do reservatório pode ser avaliada através das seções transversais topobatimétricas realizadas anualmente no reservatório. A precisão dessas estimativas é diretamente proporcional a quantidade dessas seções.

Ressalta-se que a curva constante do estudo de viabilidade foi obtida de restituição aerofotogramétrica na escala 1:10.000 com curvas de nível a cada 5,00m de equidistância. Em razão dessas diferenças metodológicas torna-se necessário avaliar os desvios entre essas estimativas e avaliar a possibilidade de ajustar um fator de correção.

7.11.3.2 Freqüência das Análises

A evolução temporal da curva cota x volume deverá ser avaliada a cada três anos, a contar do enchimento do reservatório, considerando para tal fim os levantamentos topobatimétricos realizados anualmente como parte desse programa.

7.11.3.3 Procedimentos

Conforme apresentado, as seções topobatimétricas transversais obtidas de levantamentos periódicos (anuais), permitirão o traçado de novas curvas cota x área x volume, a comparação com levantamentos anteriores e também o traçado de perfis longitudinais ao reservatório. Isto possibilita a verificação da curva de dejeção e a evolução de um provável assoreamento.

Conforme previsto no programa de monitoramento, serão efetuadas medições da descarga líquida e descarga sólida regularmente. Esses dados permitirão que seja acompanhado, paralelamente, o comportamento da bacia através da verificação do aumento ou redução da carga sólida com o tempo.

7.11.4 Evolução do Comportamento Sedimentológico do Reservatório

O acompanhamento do possível assoreamento do reservatório através dos levantamentos realizados e estudos paralelos de fluxo de sedimentos no trecho permitirá a adoção de medidas de proteção que forem necessárias em tempo hábil. A carga sólida do rio Madeira é praticamente toda gerada nos Andes e em território boliviano, fora do alcance de providências na alta bacia por parte da gerência dos aproveitamentos de Jirau e Santo Antônio. Assim, medidas de controle de sedimento pelo assoreamento do reservatório terão de ser locais. No trecho de influência do reservatório será mantida floresta ciliar em ambas as margens do rio Madeira e também nos afluentes, o que evitará a afluência da maior parte do sedimento lateral provocado por erosão na bacia contribuinte. Outras medidas de controle de sedimento serão estudadas de acordo com a evolução do comportamento no reservatório, podendo ser prevista a dragagem localizada de sedimentos, se necessária.

Com o crescimento da população em todo o mundo, espera-se o mesmo para a bacia contribuinte na Bolívia. Isso acarretará maior uso do solo, com potenciais reflexos na geração de sedimentos. Fica evidente que o monitoramento sedimentológico do reservatório é uma necessidade permanente.

7.11.5 Evolução da Eficiência da Retenção de Sedimentos nos Reservatórios

A partir do momento que é feito o enchimento do reservatório altera-se o comportamento hidráulico e sedimentométrico do curso d'água. Um dos primeiros reflexos possíveis é o assoreamento do reservatório (na area denominada delta do reservatório, na extremidade a montante). No início, a capacidade de reter sedimento é função do volume de sedimento afluente, da granulometria do sedimento, da topografia local, do tipo de operação do reservatório, da vazão afluente, do tempo de residência da água no reservatório e outros

fatores. A medida que o reservatório vai se alterando, a capacidade de reter sedimentos vai diminuindo.

O monitoramento hidrossedimentológico programado e constante (fundamentalmente descarga sólida), junto com os levantamentos topobatimétricos do reservatório (e de sua área de influência), permitirá que se calcule anualmente a eficiência de retenção de sedimentos e, com isso, a evolução da eficiência de retenção.

7.12 Caracterizar as principais feições geomorfológicas do rio Madeira a jusante do AHE Santo Antônio até a localidade de Humaitá

Pretende-se caracterizar as principais feições geomorfológicas (linhas de margens, principais ilhas e ilhotas e depósitos aluvionares) do rio Madeira a jusante da AHE Santo Antônio até a localidade de Humaitá mediante o auxílio de fotos aéreas e/ou imagens de satélite atuais e para períodos pretéritos (1980, 1990, 2000). Através da digitalização em um sistema de informação geográfica das diferentes configurações (geomorfologias) do curso principal será possível estabelecer tendências evolutivas da calha do rio, bem como inferir o comportamento sedimentológico do rio baseado na migração de bancos de areia, ilhas e ilhotas.

Essa atividade terá desdobramento com o reconhecimento e levantamento de trechos representativos do rio Madeira com margens já erodidas ou potencialmente erodíveis no estirão a jusante do AHE Santo Antônio até a localidade de Humaitá, antes do início da operação do projeto. Nesse contexto, os levantamentos e visitas de campo assumem particular importância como uma forma de monitorar a regressão de margens em trechos representativos do rio Madeira

8. RESPONSABILIDADES

A execução deste programa será inicialmente da responsabilidade do empreendedor do projeto do AHE Santo Antônio. Posteriormente, com a definição do empreendedor do projeto do AHE Jirau, as responsabilidades deverão ser compartilhadas entre ambos os empreendedores, tendo por base o conceito de que a área de estudos é comum a ambos os projetos.

9. RELATÓRIOS / PRODUTOS

A **Tabela 9.1** apresenta a relação dos produtos a serem elaborados ao longo da execução do Programa e correspondentes datas previstas de emissão.

Tabela 9.1
Elaboração de Relatórios

Nº	TÍTULO	DATA DE EMISSÃO
R1	Termo de Referência para fornecimento de rede de aquisição de dados em tempo real	1 abril de 2008
R2	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira e Análise Granulométrica do Leito - Trecho Abunã a Humaitá - Relatório Parcial	1 junho de 2008
R3	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira sem reservatório (dados até abril de 2008) - Relatório Parcial	1 junho de 2008
R4	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira e Análise Granulométrica do Leito - Trecho Abunã a Humaitá - Relatório Final	1 agosto de 2008
R5	Implantação da Rede Telemétrica - Relatório Final	1 de outubro de 2008
R6	Monitoramento das Condições Geomorfológicas do rio Madeira anteriores a implantação do reservatório Santo Antônio	1 de fevereiro de 2009
R7	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira sem reservatório - Período: abril de 2008 a junho de 2009 - Relatório Parcial	1 de dezembro de 2009
R8	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira sem reservatório - Período: julho de 2009 a junho de 2010 - Relatório Parcial	1 de dezembro de 2010
R9	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira no trecho do futuro reservatório da AHE Santo Antônio e entre Santo Antônio e Humaitá - Período: junho e julho de 2011	1 de outubro de 2011
R10	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira sem reservatório - (dados até junho de 2011) - Relatório Final	1 de dezembro de 2011
R11	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira - Trechos: reservatório da AHE Santo Antônio e entre Santo Antônio e Humaitá - Período: junho e julho de 2012	1 de outubro de 2012
R12	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira com reservatório - Período: agosto 2012 a julho de 2013	1 de dezembro de 2012
R13	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira - Trechos: reservatório da AHE Santo Antônio e entre Santo Antônio e Humaitá - Período: junho e julho de 2013	1 de outubro de 2013
R14	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira com reservatório - Período: agosto 2012 a julho de 2013	1 de dezembro de 2013
R15	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira - Trechos: reservatório da AHE Santo Antônio e entre Santo Antônio e Humaitá - Período: junho e julho de 2014	1 de outubro de 2014
R16	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira com reservatório - Período: agosto 2013 a julho de 2014	1 de dezembro de 2014
R17	Levantamento Topobatimétrico do rio Madeira - Trechos: reservatório da AHE Santo Antônio e entre Santo Antônio e Humaitá - Período: junho e julho de 2015	1 de outubro de 2015
R18	Consolidação e Análise dos Dados Hidrossedimentológicos do rio Madeira com reservatório - Período: agosto 2014 a julho de 2015	1 de abril de 2016

10. CRONOGRAMA

O Cronograma de Atividades está apresentado no **Anexo I**.

11. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Dentre os programas ambientais previstos no projeto básico Ambiental dos aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio, o Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentométrico do rio Madeira e do futuro reservatório do AHE Santo Antônio terá relação com os seguintes:

- Programa 17 – Programa de Compensação Ambiental.
- Programa 22 – Programa de Remanejamento da População Atingida.
- Programa 23 – Programa de Ações a Jusante.

Estes programas empregarão os resultados do levantamento e monitoramento Hidrossedimentométrico como informação auxiliar na identificação das áreas, infra-estrutura e populações atingidas.

Além desses programa, os resultados dos levantamentos hidrométricos e topobatimétricos previstos serão fundamentais para a modelagem matemática do comportamento sedimentológico do rio Madeira e futuros reservatórios.

12. BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, N.O., Filizola Jr., N.P., dos Santos, P.M.C. & Lima, J.E.F.W., 2000 *Guia de Práticas Sedimentométricas*, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília.

CARVALHO, N.O., Filizola Jr., N.P., dos Santos, P.M.C. & Lima, J.E.F.W., 2000 *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília.

DAVIS, B.E., 2005. *A Guide to the Proper Selection and Use of Federally Approved Sediment and Water-Quality Samplers*, Vicksburg, MS, U.S. Department of the Interior – U.S. Geological Survey, Open-File Report 2005-1087, 20p.

Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), 1970. *Normas e Recomendações Hidrológicas - Anexo II Fluviometria*, Ministério das Minas e Energias, estabelecidas pelo Decreto N° 60852 de 14 de junho de 1967, Brasília.

Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), 1970. *Normas e Recomendações Hidrológicas - Anexo III Sedimentometria*, Ministério das Minas e Energias, estabelecidas pelo Decreto N° 60852 de 14 de junho de 1967, Brasília.

DOS SANTOS I., Heiz Dieter Fill, Martha R. V. B. Sugai, Homero Buba, Regina Tiemy Kishi, Eduardo Marone & Luiz Fernando Lautert, LACTEC, ABRH, 2001, 372p.

EDWARDS, T.K. & Glysson, G.D., 1999. *Field methods for measurement of fluvial sediment*, U.S. Geological Survey, Techniques of Water-Resources Investigations, Book 3, Chapter C2.

SIMONS D. & Senturk F., 1992. *Sediment Transport Technology*, Water and Sediment Dynamics, Water Resources Publications, LLC, 919p.

USDI, 2001. *Water Measurement Manual*. US Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Disponível em http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/pubs/wmm/.

VANONI V.A., 1975. *Sedimentation Engineering* (Manuals and Reports on Engineering Practice, No. 54), ASCE, 726p.

World Meteorological Organization (WMO) N° 168, 1994. *Guide to Hydrological Practices*, Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications, Fifth Edition, Geneva, Switzerland.

World Meteorological Organization (WMO) N° 948, 2003. *Manual on Sediment Management and Measurement* by Yang Xiaoqing, Operational Hydrology Report N° 47, Geneva, Switzerland.

ANEXO I
Cronograma de Atividades

ANEXO II
MODELO SEDIMENTOLÓGICO BIDIMENSIONAL

1. INTRODUÇÃO

Em atenção à condição de validade 2.3 da LP 257/2007, emitida pelo IBAMA para o AHE Santo Antônio, apresenta-se, neste anexo, o modelo sedimentológico bidimensional para subsidiar o detalhamento de programas deste PBA.

1.1 Considerações Iniciais

Os estudos sedimentológicos do rio Madeira realizados durante o Projeto de Viabilidade e o EIA, que cobriram todo o estirão do rio Madeira desde sua confluência com o rio Beni, a montante dos futuros reservatórios, até a confluência com o rio Jamarí, cerca de 50 km a jusante da barragem de Santo Antônio, compunham uma programação de trabalho mais abrangente, formulada com o objetivo de responder a três questões propostas no âmbito dos Estudos de Meio Ambiente, naquela ocasião, a saber:

- Espacialização dos sedimentos no reservatório - Elaborar uma carta temática localizando no reservatório os pontos mais importantes de acúmulo de sedimentos, indicando também as estimativas em termos quantitativos, destas deposições.
- Tipos de sedimentos que predominariam (ou deverão predominar) nos pontos notáveis de deposição - Complementando o item anterior, indicar a faixa granulométrica predominante em cada depósito.
- Depósitos identificados: sazonais e permanentes - Estimar quais deposições seriam (ou deverão ser) permanentes, não sendo removidas para jusante em virtude do regime hidrológico e de operação.

O confronto dessas questões com a base de dados disponível naquela ocasião indicou ser necessário abordar o problema por etapas, tendo sido estabelecida uma programação geral, distribuindo o trabalho em três etapas sucessivas, conforme descrito a seguir:

- **Primeira etapa:** realizada com base nos dados e levantamentos disponíveis propiciados pelo Inventário Hidrelétrico do Rio Madeira e nos Estudos de Viabilidade do AHE Jirau e Santo Antônio, visando a: caracterização hidráulica e sedimentológica geral do trecho de interesse, empregando metodologias e ferramentas de análise compatíveis com as informações disponíveis.
- **Segunda etapa:** realização de uma campanha complementar de levantamentos de campo, de programação definida em função do resultado da primeira etapa de estudos. Essa campanha, voltada para subsidiar os estudos da terceira etapa, deve centrar-se no levantamento de mais seções topobatimétricas (maior discretização do trecho) e perfis longitudinais do leito do rio, além da realização de medições de descarga líquida e sólida e análises granulométricas, para caracterização mais detalhada do material do leito.
- **Terceira etapa:** a ser desenvolvida após a realização da campanha complementar: envolve estudos mais aprofundados, objetivando caracterizar com maior precisão os processos fluviais. Para tanto, contempla o emprego de um modelo hidrodinâmico acoplado a modelo de transporte de sedimento, ambos desenvolvidos com base nos dados coletados.

Apenas a primeira etapa da programação acima foi abordada nos estudos realizados durante a elaboração do EIA, tendo sido apresentadas algumas sugestões e recomendações com relação às duas etapas seguintes dos estudos.

Os resultados dessa primeira etapa foram amplamente debatidos durante o processo de licenciamento, dando origem, entre outros desdobramentos, à condicionante estabelecida na Licença Prévia Nº 251/2007 emitida pelo IBAMA.

A modelagem aqui proposta tem por objetivo, portanto, aprofundar os estudos realizados por ocasião do EIA e elucidar questões que surgiram durante o processo de licenciamento.

A área de abrangência da mesma se estende desde uma seção no rio Madeira localizada 60 km a montante do rio Abunã, a montante do reservatório da UHE Jirau, até a localidade de Humaitá, a jusante da barragem da UHE Santo Antonio, o que perfaz um trecho de 560 km.

A modelagem matemática proposta é composta por modelos unidimensional e bi-dimensionais, dependendo da área de aplicação dos mesmos, conforme apresentado na Metodologia, mais adiante.

1.2 Justificativa

Nos Estudos de Viabilidade Técnico Econômica (EVTE) de Usinas Hidrelétricas, constitui prática normal a realização de estudos de Remanso e de Vida Útil dos reservatórios formados. Na grande maioria dos casos, estes estudos permitem uma análise adequada dos efeitos da implantação dos reservatórios, em particular quanto às modificações nos níveis d'água e no equilíbrio sedimentológico no estirão a montante do empreendimento.

Considerando que o rio Madeira caracteriza-se por apresentar elevadíssimas concentrações de sedimentos em suspensão, alcançando valores que se destacam quando comparados com outros cursos d'água no Brasil e no exterior, era natural que se dispensasse um cuidado especial na análise das possíveis modificações no equilíbrio sedimentológico decorrentes da introdução das barragens de Jirau e Santo Antônio, o que se procurou fazer. A metodologia empregada nos estudos do EIA buscou, inicialmente, tirar o melhor proveito dos estudos já realizados para o projeto de engenharia da viabilidade das duas usinas, para em seguida aprofundar essas análises através do emprego de um modelo de hidráulica fluvial com fundo móvel, o modelo HEC-6, capaz de quantificar a evolução da calha fluvial através da realização de balanços sedimentológicos por trechos.

O emprego desse tipo de modelagem deve ser fundamentado em uma base de dados bastante detalhada, incluindo:

- Descrição detalhada da topologia do leito fluvial e dos futuros reservatórios, através de seções topobatimétricas, perfis do leito do rio e perfis de linha d'água para diferentes condições hidrológicas;
- Avaliação quantitativa do transporte sólido existente, através de medições de descarga sólida realizadas em diferentes pontos do estirão de interesse;
- Descrição da natureza do sedimento transportado, através de curvas granulométricas do material de fundo e em suspensão. Essas curvas devem ser associadas às condições fluviais nas quais o material foi coletado (magnitude de vazões líquidas, enchente ou vazante, etc.) e aos locais de coleta, de preferência cobrindo todo o trecho de interesse;

- Conhecimento acerca da origem do sedimento transportado pelo rio, se é gerado a montante ou se resulta de erosão ao longo do próprio trecho em estudo;
- Conhecimento sobre o comportamento do leito fluvial, sua mobilidade, ocorrência de dunas, praias móveis ou fixas, ilhas, etc.

Parte dessas informações pode ser obtida mediante campanhas de levantamento, como as seções, medições de descarga líquida e sólida, perfis de linha d'água, análises granulométricas e petrográficas, sondagens, etc. Outras informações, entretanto, exigem maior tempo de observação para serem obtidas, de forma que devem ser atualizadas e reavaliadas à medida que novos dados vão sendo agregados.

Os estudos hidrossedimentológicos elaborados no âmbito do EVTE de Santo Antônio foram realizados fundamentalmente com dados de duas campanhas de medições de descarga líquida e sólida, nas quais foram realizadas as seguintes medições:

- 1ª Campanha - maio/2002
 - 3 Medições em Abunã e Porto Velho
- 2ª Campanha - novembro/2003 a setembro/2004
 - 37 Medições em Guajará Mirim
 - 1 Medição em Araras
 - 28 Medições em Abunã
 - 38 Medições em Porto Velho

No período de setembro de 2004 até janeiro de 2007, portanto após a apresentação da EVTE / EIA, FURNAS / CNO deu continuidade à campanha hidrométrica, tendo sido realizadas outras 186 medições assim distribuídas.

- 50 Medições em Guajará Mirim
- 56 Medições em Abunã
- 80 Medições em Porto Velho

Apenas a quantidade adicional de informação gerada após a realização dos estudos apresentados no EIA já indicaria a necessidade de uma revisão e atualização daqueles estudos.

Entretanto, outras questões foram levantadas, reforçando a necessidade dessa revisão e indicando a conveniência do seu aprofundamento, a saber:

- As seções topobatimétricas empregadas na modelagem não eram em número suficiente para detalhar, de forma adequada, a topologia do rio Madeira e dos futuros reservatórios, porque: (1) algumas seções haviam sido obtidas de levantamentos batimétricos do canal de navegação, sem a precisão altimétrica requerida na modelagem; (2) alguns estirões do rio Madeira apresentam corredeiras localizadas seguidas de longos trechos de baixa declividade, exigindo maior número de seções

para sua representação adequada no modelo; (3) o trecho modelado a jusante de Santo Antônio não possuía a extensão necessária para que as condições de contorno de jusante deixassem de afetar diretamente o comportamento do rio Madeira nas imediações de Porto Velho, logo a jusante de Santo Antônio, prejudicando assim a aplicação do modelo no estirão de jusante.

- Os resultados apresentados pelo modelo sedimentológico unidimensional empregado divergiram das estimativas feitas com auxílio de modelos empíricos, no âmbito dos estudos de engenharia, gerando discussões adicionais durante o processo de licenciamento. Mesmo que conceitualmente essas divergências possam ser explicadas, é necessário demonstrar os argumentos empregados nas discussões havidas, com o emprego de uma modelagem mais aprofundada.
- Algumas questões quanto ao comportamento dos sedimentos na região próxima aos barramentos não foram abordadas diretamente pelo modelo empregado, em parte devido à sua limitação dimensional, em parte porque exigiria também informações ainda não existentes. Uma nova modelagem, com emprego de modelos bi ou tridimensionais foi demandada pelo IBAMA em função dessa dificuldade.

Estes pontos justificam a realização da Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e dos Futuros Reservatórios, cujos objetivos são apresentados a seguir.

1.3 Objetivos

A Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e dos Futuros Reservatórios tem os seguintes objetivos:

- Aprofundar o conhecimento sobre o comportamento sedimentológico do rio Madeira nas condições atuais, anteriores à construção dos aproveitamentos de Santo Antônio e Jirau, considerando todas as informações disponíveis até o presente;
- Prognosticar a evolução do comportamento do rio Madeira ao longo de todo o estirão afetado pela implantação dos reservatórios mencionados, ampliando a base de dados disponível e empregando as melhores técnicas de modelagem existentes e compatíveis com essa base;
- Detalhar o prognóstico do comportamento hidrossedimentológico das porções do reservatório próximas à barragem da AHE Santo Antônio, com auxílio de modelos bidimensionais;
- Deixar implantada ferramenta de análise sedimentológica (modelo unidimensional) que permita o acompanhamento dos processos prognosticados, após a entrada em operação dos aproveitamentos.

2. SEQÜÊNCIA DOS ESTUDOS

Para que os objetivos declarados anteriormente sejam atingidos, é necessária a execução de diversas atividades, englobando os estudos e levantamentos listados a seguir. Destaca-se que algumas dessas atividades deverão ser executadas no âmbito do Projeto Básico Ambiental -

Programa 5 - “Programa de Levantamentos e Monitoramentos Hidrossedimentológico do rio Madeira e do Futuro Reservatório do AHE Santo Antônio”. As atividades programadas são:

- Atualização da base de dados existente, com a adição das medições sedimentométricas realizadas após a conclusão dos estudos anteriores e com o conhecimento adquirido durante o processo de discussão e nas viagens de inspeção realizadas;
- Complementação da base de dados com o levantamento de novas seções topobatimétricas e de granulometria do leito distribuídas ao longo de todo o estirão de interesse, particularmente nas zonas de corredeiras e a montante da barragem de Jirau. A Tabela 2.1 apresenta a quantidade necessária em cada segmento a ser estudado. Esta atividade será realizada no âmbito do Programa 5 do PBA;

Tabela 2.1
Quantidade de Seções para Levantamento Topobatimétrico e de Granulometria do Leito, para suporte à modelagem unidimensional

TRECHO	EXTENSÃO DO TRECHO (km)	QUANTIDADE DE SEÇÕES PARA LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	QUANTIDADE DE SEÇÕES PARA GRANULOMETRIA DO LEITO
A montante de Abunã	60	12	6
Reservatório de Jirau	127	38	20
Reservatório de Santo Antônio	124	35	20
Santo Antônio a Humaitá	246	40	20
Total	557	125	66

- Caracterização do sedimento transportado pelo rio Madeira ao longo do estirão compreendido entre uma seção localizada 60 km a montante de Abunã e a cidade de Humaitá, definindo granulometrias típicas de material de fundo e em suspensão, associadas a diferentes segmentos e a diferentes condições hidrológicas;
- Estabelecimento de um modelo matemático unidimensional para o estirão mencionado, incorporando as novas informações levantadas e disponíveis, e desta forma rever e atualizar a modelagem utilizada anteriormente, ampliando a abrangência até Humaitá. A extensão total a modelar, passa a ser de 560 km;
- Estabelecimento de dois modelos matemáticos bidimensionais para as zonas dos reservatórios próximas à barragem do AHE Santo Antônio, onde os efeitos laterais e verticais apresentem importância no comportamento sedimentológico. O modelo de montante abrangerá um trecho com 5 km de extensão e o de jusante 9 km;
- Com o auxílio desses modelos, quantificação do sedimento depositado ao longo dos reservatórios, caracterizando a distribuição espacial e a evolução cronológica dos depósitos;
- Ainda empregando tais modelos, caracterização e quantificação dos efeitos causados pela captura de sedimentos no reservatório sobre o comportamento do estirão de jusante, tais como degradação do leito e/ou ocorrência de concentrações sólidas mais significativas no mesmo. Neste último caso, ao início de cada período de vertimento, devido à possível liberação de sedimentos mais finos, eventualmente retidos a montante e nas imediações do vertedouro, na estiagem anterior.

- Finalmente, produção de um documento que consolide o conhecimento acumulado com a modelagem e forneça subsídios para o acompanhamento futuro (após implantação dos reservatórios) dos processos prognosticados.

3. METODOLOGIA

Embora tenha havido, por parte do IBAMA, a demanda por uma modelagem bidimensional do rio Madeira, não houve uma definição quanto à abrangência do modelo. A definição do domínio a modelar foi feita, então, com base nos seguintes argumentos:

- O trecho de rio em maior parte envolvido nas análises possui quase 560 km de extensão e em maior parte, largura máxima da ordem de 1 km, com profundidades que não ultrapassam os 30 m. Analisado em conjunto, portanto trata-se claramente de um domínio unidimensional;
- Observando-se em detalhe, entretanto, é possível verificar que mesmo em condições naturais alguns trechos apresentam largura apreciável e modificações em planta importantes, cuja consideração é necessária para a correta compreensão do escoamento e do processo de transporte de sedimento. Este é o caso, por exemplo, do alargamento que ocorre a jusante do Salto Teotônio, onde se forma uma ampla bacia, com depósitos sedimentares e ilhas;
- Após a implantação dos aproveitamentos, os trechos próximos às barragens também apresentam essa característica bidimensional, com o escoamento se aproximando em velocidades mais baixas e afunilando em direção à Tomada de Água e/ou ao Vertedouro, sendo depois restituído a jusante, quando volta a se expandir;
- Em resumo, as demandas mais importantes para modelagem bidimensional se impõem apenas nos trechos próximos às barragens, a montante e a jusante, onde se deseja investigar o comportamento do sedimento fino aí depositado, assim como sua movimentação durante as manobras de vertimento;

Esses fatos indicaram a diretriz metodológica a adotar na modelagem, ou seja, executá-la em duas etapas complementares, assim definidas:

Modelagem unidimensional do já referido estirão de 560 km – de montante da foz desde do rio Abunã até a cidade de Humaitá - para simulação das condições atuais (calibragem de parâmetros) e prognóstico das futuras, após a implantação dos dois reservatórios, considerando a ordem prevista de implantação, ou seja, Santo Antônio antes de Jirau.

Modelagem bidimensional de segmentos do reservatório e do rio Madeira a jusante, próximo à barragem de Santo Antônio, utilizando os resultados da modelagem unidimensional para o estabelecimento das condições de contorno. Os domínios da modelagem bidimensional deverão ter seus limites suficientemente afastados da região de interesse da simulação (próxima da barragem) para que os efeitos numéricos decorrentes das condições de contorno não afetem os resultados.

3.1 Modelo Unidimensional

Prevê-se a utilização do modelo HEC-6T, que é uma versão comercial do modelo HEC 6 - Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs, desenvolvido e distribuído pelo U.S Army Corps

of Engineers, empregado nos estudos anteriores (referências 1 e 2). A opção pelo emprego de um modelo comercial nessa etapa dos trabalhos foi ditada pela existência de suporte técnico ao software, que para o modelo HEC-6 já não é mais disponível.

Será também empregado, para verificação, o modelo HEC-RAS - River Analysis System, desenvolvido pelo U. S. Corps of Engineers, que em sua versão mais recente, a versão 4.0, possui um módulo de simulação de transporte de sedimentos (referências 3 a 5).

Os principais aspectos da modelagem a realizar são apresentados a seguir.

- **Caracterização da Geometria do Canal:** para caracterização adequada, pelo modelo, da geometria do canal, é necessária a utilização de seções topobatimétricas com espaçamento da ordem de 5 vezes a largura do canal. Este espaçamento deve ser refinado nas regiões mais sensíveis, como é o caso das extremidades dos reservatórios, onde podem ser esperadas as maiores alterações, devido à deposição de sedimentos. As seções levantadas no campo deverão receber tratamento prévio, antes da implantação no modelo, para eliminação de zonas sem escoamento ou de irregularidades localizadas, que possam introduzir ruídos na modelagem.
- Caracterização do escoamento e dos sedimentos: é necessário definir as cargas de sedimento afluentes e as vazões associadas. A distribuição granulométrica do material do leito deverá ser elaborada a partir de análises de amostras de sedimento coletadas ao longo do estirão a ser modelado. Deverão ser tomadas, para tanto, amostras de material de fundo em diversas seções, de modo a caracterizar a variação longitudinal da granulometria do material de leito.
- Calibração do Modelo: o modelo deverá ser calibrado para reproduzir (1) as cargas sedimentares medidas em pontos situados na porção intermediária do trecho modelado ou no seu limite de jusante; (2) qualquer tendência detectada anteriormente - de modificação de geometria de leito ou calha (evolução de seções topobatimétricas ou margens, por exemplo); eventuais evoluções de curvas-chave existentes ao longo do trecho modelado.
- Extensão Geográfica do Trecho Modelado: O trecho a ser modelado (560 km) estende-se desde 60 km a montante da localidade de Abunã, a montante do reservatório do AHE Jirau, até a localidade de Humaitá, cerca de 240 km a jusante da barragem do AHE Santo Antonio. Cobre, portanto, toda a extensão dos dois futuros reservatórios e também um longo estirão a jusante, de modo a tratar a uma só vez e, supõe-se com certa folga, todo trecho do rio Madeira potencialmente sensível aos efeitos da implantação dos dois empreendimentos.
- Cenários a Serem Simulados: Cada simulação deverá compreender um mesmo período de 50 anos, de modo a capturar as tendências correspondentes ao cenário específico em análise. Estes cenários devem abranger, pelo menos, a situação atual, sem os empreendimentos, e as futuras, considerando a ordem de implantação das usinas e algumas hipóteses de defasagem das construções.
- Resultados do Modelo: O modelo HEC-6 permite fornecer a evolução histórica do perfil do leito do rio, afetado pela deposição ou remoção de sedimentos, e a conseqüente evolução do perfil da linha d'água, afetado pela mudança das condições hidráulicas. Estes resultados serão analisados tendo em vista suas diversas implicações, tais como: incremento dos efeitos de remanso a montante dos reservatórios, formação de barras que possam afetar a navegação nos trechos de deposição, alteração da morfologia de leito e margens a jusante das barragens, em virtude de erosões e modificações do equilíbrio sedimentológico nesses trechos, e outros.

- Análise de Sensibilidade: deverá ser realizada análise de sensibilidade dos resultados da modelagem à variação de seus parâmetros e dos dados de entrada. Por exemplo, deverá ser analisado o efeito de variações da carga sedimentar da bacia sobre os resultados da modelagem.

3.2. Modelo Bidimensional

A modelagem bidimensional deverá se restringir às regiões próximas às obras do AHE Santo Antônio (5 km a montante e 9 km a jusante), onde as maiores profundidades e o alargamento proporcionado pela barragem, a montante, e os efeitos das estruturas de descarga, a jusante, têm maior influência sobre o comportamento sedimentológico.

A modelagem visa responder às questões levantadas nas fases precedentes dos estudos, até que sejam esgotados os recursos da ferramenta computacional.

Dentre os modelos que poderão ser empregados na modelagem bidimensional podem ser citados

- SSIIM - Sediment Simulation In Intakes with Multiblock Option, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Faculdade de Engenharia, Ciência e Tecnologia da NTNU - Norwegian University of Science and Technology (referência 6). Este modelo resolve as equações de Navier-Stokes empregando o método dos volumes de controle com o algoritmo SIMPLE e o modelo de turbulência k-epsilon. Soluciona também a equação de difusão-convecção para transporte de sedimento, utilizando a fórmula de Van Rijn para o contorno do leito. O modelo inclui ainda um módulo de qualidade da água.
- GEMSS - Generalized Environmental Modeling System for Surface Waters, desenvolvido a partir das pesquisas que deram origem ao conhecido modelo bidimensional de qualidade da água CE-QUAL-W2 (referência 7) e baseado no algoritmo tridimensional do modelo GLLVHT (referência 8), atualmente mantido e distribuído pela ERM, empresa multinacional de consultoria em meio ambiente. O modelo possui módulos para simulação de qualidade da água e de transporte de sedimento.
- MIKE 21C - River Hydraulics and Morphology, modelo bidimensional de hidráulica e morfologia fluvial desenvolvido e distribuído pelo DHI-Software, que permite simular alterações na forma do leito do rio e das margens, ocasionadas por mudanças de regime fluvial ou pela introdução de estruturas ao longo do curso d'água. O modelo simula o transporte de sedimentos para qualquer fração granulométrica, desde materiais finos e coesivos até cascalho, empregando diversas fórmulas de transporte.
- SMS - Surface Water Modeling System, modelo matemático bidimensional, integrado na vertical, desenvolvido pelo Brigham Young University - Environmental Modeling Research Laboratory. Esta interface inclui o modelo hidrodinâmico RMA-2 e o modelo de transporte de sedimentos SED2D, além dos programas de pré e pós-processamento. Permite simular alterações na forma do leito do rio e das margens, ocasionadas por mudanças de regime fluvial ou pela introdução de estruturas ao longo do curso d'água. O modelo simula o transporte de sedimentos para qualquer fração granulométrica, desde materiais finos até cascalho, empregando diversas fórmulas de transporte (referências 9 e 10).

Domínio de Modelagem: A modelagem referente ao AHE Santo Antonio será compartimentada em dois segmentos, um a montante da barragem (com 5 km) e outro a jusante (com 9 km). Baseando-se no método dos elementos finitos, o modelo deverá permitir que a configuração e a densidade da malha reflitam os padrões do escoamento e minimizem as zonas de recirculação, onde pertinente.

Dados Necessários: Para implementação e calibração são necessários:

- Batimetria Contínua - em detalhe, dos trechos abrangidos pelos domínios da modelagem.
- Dados Hidrodinâmicos - Níveis d' água, curvas-chave de descarga líquida e distribuição transversal de velocidades ou vazões.
- Sedimentométricos - Concentrações de sedimento em suspensão e distribuição granulométrica do sedimento do leito.

3.3 Levantamentos Necessários

Para a realização da modelagem unidimensional, considerando inclusive o efeito dos principais afluentes existentes no trecho, tais como os rios Abunã, Mutum-Paraná, Jaci Paraná e Jamarí, deverão ser inicialmente levantadas seções topobatimétricas complementares às já existentes. Tomando por base a experiência acumulada nos estudos realizados durante a Viabilidade e o EIA, serão definidos os locais dessas novas seções de forma a suprir as deficiências detectadas na modelagem anterior. Os principais aspectos a serem observados para a determinação das novas seções a serem levantadas são:

- No trecho a jusante de Porto Velho, substituir as seções topobatimétricas empregadas anteriormente, baseadas em cartas náuticas, por novas seções, localizadas de forma a melhor representar o estirão fluvial e devidamente amarradas altimetricamente.
- Repetir este procedimento no trecho a montante de Abunã, considerando ainda a necessidade de modelar com maior precisão as diversas cachoeiras e corredeiras existentes, prevendo seções a montante e a jusante das mesmas.
- Nos afluentes, levantar seções cobrindo o estirão afetado pelas variações de nível d'água do rio Madeira e, mais tarde, pelos futuros reservatórios.
- Nos trechos dos futuros reservatórios, complementar o levantamento existente com novas seções topobatimétricas, tomando os mesmos cuidados descritos anteriormente. Envolvem trechos com diversas corredeiras e cachoeiras, que necessitam ser adequadamente representadas.
- Finalmente, nos trechos próximos ao barramento de Santo Antonio, onde será empregada a modelagem bidimensional, elaborar planta topobatimétrica completa, para conformar o modelo digital de terreno necessário à implementação do modelo.

Estima-se que serão necessárias cerca de 130 seções topobatimétricas ao longo de todo o estirão objeto dos estudos. Essas seções serão mais concentradas nos trechos de remanso, na entrada dos reservatórios e em seu estirão superior, devendo ter distribuição (espaçamento) mais uniforme nos demais trechos. Ressalta-se que os levantamentos de campo são previstos para serem realizados no âmbito do Programa 5 do PBA.

3.4 Considerações Finais

Após a implementação de cada modelo, será dada ênfase especial à fase de calibragem, quando se buscará, ajustando os respectivos parâmetros, reproduzir situações de campo registradas/observadas. Os modelos estarão aptos para as aplicações após a devida validação com os dados observados / registrados.

As simulações deverão ser organizadas em conjuntos dedicados à investigação de cada uma das questões levantadas durante as fases anteriores dos estudos, considerando separadamente os efeitos da implantação de cada um dos dois reservatórios, segundo a ordem de construção estabelecida.

Os estudos em cada modelo serão apresentados em Relatório Final, de consolidação de todo o trabalho, o qual deverá incluir os aspectos metodológicos, a coleta e o tratamento dos dados básicos, as aplicações realizadas, as análises, as conclusões obtidas e as recomendações quanto ao monitoramento da fase pós implantação de cada aproveitamento.

4. INTERRELAÇÃO COM OS PROGRAMAS AMBIENTAIS

Dentre os programas ambientais previstos no Projeto Básico Ambiental dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antonio e Jirau, a Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e dos Futuros Reservatórios terá relação com os seguintes:

- Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentométrico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da AHE Santo Antônio.
- Programa de Compensação Ambiental.
- Programa de Remanejamento da População Atingida.
- Programa de Ações a Jusante.

O Programa 5 fornecerá grande parte das informações necessárias à implantação dos modelos matemáticos objeto deste documento.

Os Programas 17, 22 e 23 empregarão resultados da modelagem matemática como informação auxiliar na identificação das áreas, infraestrutura e população atingidas.

5. CRONOGRAMA FÍSICO

O Cronograma Físico da Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e dos Futuros Reservatórios é apresentado em anexo e prevê um prazo total de 22 meses para sua execução.

Destaca-se que a Consolidação dos Dados Hidrossedimentológicos disponíveis e os Estudos para seleção do Modelo Bidimensional a ser empregado já estão em elaboração.

6. BIBLIOGRAFIA

- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), "Guidelines for the Calibration and Application of Computer Program HEC-6", Training Document No. 13, Davis, CA, October 1992.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), "HEC-6, Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs, User's Manual," June 1991, Davis, CA.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), "HEC-RAS, River Analysis System - User's Manual", Computer Program Documentation CPD-68, Version 4.0, November, 2007.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), "HEC-RAS, River Analysis System - Hydraulic Reference Manual", Computer Program Documentation CPD-69, Version 3.1, November, 2002.
- U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), "HEC-RAS, River Analysis System - Applications Guide", Computer Program Documentation CPD-70, Version 3.1, November, 2002.
- Niel Reidar B. Olsen, "A Three Dimensional Numerical Model for Simulation of Sediment Movements In Water Intakes With Multiblock Option", Version 1.1 and 2.0 for OS/2 and Windows, User's Manual - Department of Hydraulics and Environmental Engineering, NTNU - Norwegian University of Science and Technology, December 7, 2006.
- Cole, T. and Buchak, E. "CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 2.0," Tech. Rpt. EL-95-May 1995, Waterways Experiments Station, Vicksburg, MS, 1995.
- John Eric Edinger, "Waterbody Hydrodynamic and Water Quality Modeling - An Introductory Workbook and CD-ROM on Three-Dimensional Waterbody Modeling. ASCE Press, 2002.
- Donnell, Barbara P., Letter, Joseph V., McAnally, W. H., and others, "Users Guide for RMA2 Version 4.5," [22 Apr] 2005.
- Letter, Joseph V., Teeter, Teeter, Allen M., Donnell, Barbara P., and others, "User's Guide for SED2D Version 4.5 [14 Apr] 2003.

ANEXO III
MODELO REDUZIDO

1. INTRODUÇÃO

Em atenção à condição de validade 2.3 da LP 257/2007, emitida pelo IBAMA para o AHE Santo Antônio, apresenta-se, neste anexo, com base em seu arranjo geral e projeto das obras, um resumo das características sugeridas para cada um dos modelos a serem utilizados para estudos que irão subsidiar o detalhamento de programas deste PBA.

Esses estudos demandam a construção e a operação de 5 (cinco) modelos das principais estruturas hidráulicas componentes do arranjo, com características e escopos diversos e, portanto, com prazos de materialização e utilização diferentes, embora parcialmente realizáveis de forma simultânea. Os modelos previstos são:

- Modelo de conjunto do AHE
- Modelo de detalhe do vertedouro
- Modelo de detalhe da tomada d'água
- Modelo de conjunto do sistema de transposição de peixes (STP)
- Modelo de detalhe das singularidades do sistema de transposição de peixes

2. MODELO DE CONJUNTO DO AHE

Características preliminares:

- Escala – 1:80 (desejável)
- Vazão máxima – 84.000 m³/s
- Dimensões da área a ser modelada – aproximadamente 7,5km x 3,8km (protótipo). Ver croqui anexo.
- Estruturas de Barramento – altura – 27,0m a 34,0m
- Desnível (Queda) - máximo = 26,1m(maior estiagem) ; mínimo = 6,8m(cheia decamilenar)
- Tomada de Água / Casa de Força:
 - Nº. de unidades – 44
 - Tipo de turbina – bulbo
 - Vazão de cada unidade - ~600m³/s
 - Seção das grades -18,0m(largura) x 30,0m(altura)
 - Diâmetro rotor - ~8,0m
 - Tubo de sucção(saída) – 1 vão de 15,3m(altura) x 16,6m(largura)
- Vertedouro:
 - Vazão máxima – 84.000m³/s
 - Tipo – Soleira baixa, com comportas segmento e laje curta a jusante.

- Nº. e dimensões aproximadas das comportas – 21 de 20,0m(largura) x 22,0m(altura) x 22,0m(raio)
- Eclusa:(Ver Escopo Básico)
 - Câmara única, de 320,0m (comprimento) x 40,0m(largura) x 33,5m (profundidade)
 - Canais – 0,5km(montante) ; 2,9km(jusante)
- Sistema de Transposição de Peixes
 - Distância máxima entre entrada e saída do canal – aproximadamente 2,0km

Escopo Básico:

Os ensaios envolverão as estruturas do Vertedouro, do Circuito de Geração e as Etapas de Desvio do Rio.

A reprodução da entrada e saída dos canais da Eclusa(eventual, dependendo do arranjo final destes) e do STP neste modelo se destina a permitir caracterizar as condições de fluxo e ondas reinantes nos respectivos trechos de rio e reservatório, nas diferentes situações de operação do aproveitamento hidroelétrico, e servir de subsídio aos projetos dessas obras.

Quanto ao circuito de geração, os estudos nesse modelo envolverão os canais de adução e de fuga, incluindo as eventuais melhorias em suas geometrias, muros divisórios ou laterais, diques de proteção, dispositivos anti-vórtice, etc., para diversos números de unidades operativas e situações de ensaio, tendo em vista as condições de aproximação e restituição observadas/registradas nos ensaios de diagnóstico iniciais.

O vertedouro será avaliado quanto à sua capacidade de vazão, perfis envoltórios de linha d'água, condições de aproximação, dissipação de energia e restituição(incluindo os levantamentos de velocidades e ondas nas margens e calha do rio a jusante), transposição de sedimentos e de troncos para jusante (ensaios qualitativos), plano de operação das comportas, etc. Os testes das eventuais alternativas de melhorias na estrutura e/ou nos canais associados que se mostrem necessários também fazem parte do escopo. O modelo deverá dispor de facilidades para realização de ensaios com fundo móvel a jusante dessa estrutura.

Deverão ser realizados, também, ensaios qualitativos de avaliação dos efeitos do vertedouro (a montante e a jusante) sobre os sedimentos transportados até o local do barramento. Considerando a predominância de sedimentos finos no rio Madeira e a impossibilidade de sua representação na escala do modelo, o laboratório deverá utilizar os materiais usuais nesses casos. Estes devem apresentar facilidade para a simulação do transporte por arraste e por suspensão de sedimentos e boa visualização dos efeitos das obras e de sua operação sobre os mesmos, durante os ensaios. Tais materiais tanto serão colocados em locais ou trechos pré-determinados, antes dos ensaios, como lançados durante os mesmos. As facilidades e os procedimentos laboratoriais para a realização desse tipo de ensaio devem ser previstos e entendidos como parte do escopo.

Com o vertedouro e/ou a tomada de água, em várias situações de operação, será avaliado o desempenho de alternativas de dispositivos ou facilidades para retenção e coleta de corpos flutuantes, sobretudo troncos, a montante do aproveitamento (Estruturas móveis, tipo “log-boom”, ou fixas – a definir).

Os ensaios das etapas de desvio do rio poderão envolver a reprodução de canais, de ensecadeiras e de blocos rebaixados (inconclusos) em determinados vãos do vertedouro. No caso das ensecadeiras, em determinadas fases dos ensaios e em determinados trechos, as

mesmas poderão ser rígidas (segmentos pré-moldados); na maioria das fases, entretanto, serão reproduzidas com material granular solto. No primeiro caso, para análise quantitativa das seqüências de lançamento (níveis e velocidades); no segundo, para as análises mais qualitativas(arraste de blocos, formação e mobilidade de barras pelos blocos arrastados, etc).

Registros fotográficos e em video e a elaboração de relatórios específicos fazem parte do escopo.

Prazos:

Prevê-se que, após construção, o modelo poderá ser utilizado para aferição e ensaios por um período de 18 (dezoito) meses; devendo ficar disponível para eventuais ensaios complementares na fase de Projeto Executivo por mais um ano.

Importante - Nos primeiros 5 (cinco) meses, o modelo deverá ser usado para a realização de um diagnóstico geral do arranjo proposto, com a identificação dos aspectos que obrigatoriamente exigirão revisão mais significativa na fase de Projeto Executivo. Essas revisões, em princípio não otimizadas, já deverão constar do Projeto Básico a ser submetido à ANEEL no final do primeiro semestre de 2008. Este fato torna prioritários o início da construção e a realização dos ensaios nesse modelo. Para agilizar esses ensaios de diagnóstico, que nas circunstâncias poderão ser realizados até mesmo de modo expedito, onde possível o modelo deverá ser projetado prevendo a execução em módulos, facilmente substituíveis; inclusive sem exigir a interrupção do ensaio, em alguns casos. Ao laboratório caberá definir os materiais mais convenientes – concreto, massa epóxi, acrílico, madeira, etc., conforme o caso. Indicações mais precisas quanto às partes do modelo que deverão prever essa concepção serão fornecidas oportunamente, juntamente com os desenhos que subsidiarão a modelagem.

Também em função dos prazos, eventualmente poderá ser solicitada a implantação das obras no modelo sem prévia aferição. Por esta razão, sugere-se que a batimetria, nos trechos em que não se prevê escavação, seja reproduzida com boa precisão; utilizando-se para modelagem, por exemplo, o método dos planos cotados ou outro similar.

3 MODELO DE DETALHE DO VERTEDOURO

3.1 Características Básicas

Reproduzindo pelo menos 1 (um) vão completo, 2 (dois) pilares de 5,0m de espessura e 2 (dois) meios vãos, o mesmo deverá ter escala de 1:50, no mínimo, e extensões equivalentes a 500m a montante e 600m a jusante, aproximadamente.

3.2 Escopo

Deverão ser levantadas as curvas de vazão, com e sem controle de comportas, perfis de linha d'água, pressões médias e instantâneas(na soleira, bacia e pilar) e estudadas as condições de dissipação de energia e de erosão a jusante, neste último caso com ensaios em fundo móvel. Eventuais otimizações de geometria dos pilares e da concordância soleira-laje de jusante incluem-se neste escopo.

Em particular, nesse modelo, em função da escala mais favorável, deverão ser avaliadas de modo minucioso as condições de transposição para jusante de sedimentos mais pesados – eventualmente trazidos até o local do barramento por arraste. Todos os recursos – materiais e técnicas de ensaio – usualmente empregados em estudos dessa natureza devem ser previstos, visando à maior confiabilidade dos resultados. Devido à sua grande relevância ambiental, esta parte dos estudos deve ser considerada prioritária na programação dos ensaios. Também deverão ser avaliadas, de forma qualitativa, as condições de passagem de troncos – de dimensões características – através da estrutura.

Registros fotográficos e em vídeo e a elaboração de relatórios específicos complementam o escopo.

3.3 Prazos

O projeto, a construção e os ensaios deste modelo deverão ser desenvolvidos em paralelo aos do modelo de conjunto, podendo seu cronograma de ensaios ser estabelecido em 8 (oito) meses, com possibilidade de ser prorrogado por mais 4 (quatro) meses, eventualmente. O seu projeto deverá prever o estudo de alternativas de forma rápida, ou seja, com a utilização de módulos intercambiáveis, etc.

4. MODELO DE DETALHE DA TOMADA D'ÁGUA

4.1 Características básicas

Simulando o circuito hidráulico completo de uma unidade, este modelo deverá ter uma escala (não distorcida) não inferior a 1:40 e reproduzir extensões mínimas de canal a montante e a jusante de, respectivamente, 300m e 200m.

4.2 Escopo

Neste modelo será dada ênfase às avaliações das características do escoamento, desde a seção das grades até a seção inicial do bulbo e à saída dos tubos de sucção, verificando-se a adequabilidade (ou não) das formas propostas no Projeto Básico e indicando possíveis melhorias recomendáveis.

Medições de velocidade e pressão em seções e pontos específicos da estrutura, além da caracterização dos campos de velocidade nos trechos de canal e rampas contíguas, a montante e a jusante, e observações visuais fazem parte do escopo.

Também nesse modelo deverão ser realizados ensaios que visem caracterizar, da melhor maneira possível, as condições da transposição, para jusante, de sedimentos que se aproximem da estrutura de Tomada d'Água.

Na eventualidade de se evidenciarem no modelo de conjunto tendências de vorticidades à entrada das unidades, poderão vir a ser ensaiadas alternativas de dispositivos anti-vórtice neste modelo de detalhe. Nesse caso, se possível, com um aumento na vazão de engolimento. Por isto, o projeto das instalações específicas deverá prever uma certa folga de dimensionamento das bombas, dispositivos de controle, altura de paredes, etc.

Registros fotográficos e em vídeo e a elaboração de relatórios específicos fazem parte do escopo.

4.3 Prazo

Além do prazo de construção, devem ser previstos 6 (seis) meses para a realização dos ensaios normais e mais 3 (três) para possíveis ensaios complementares.

Visando à adequada compatibilização dos ritmos de obtenção das informações no modelo e de sua utilização no projeto, a modelagem também deve ser concebida para permitir o estudo rápido de alternativas, ou seja, com a utilização de módulos intercambiáveis e outros recursos, sempre que possível.

5 MODELOS DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES (STP)

Em princípio, se prevêem que serão necessários dois modelos reduzidos para os estudos do STP: um modelo de conjunto e um de detalhe de singularidades típicas.

5.1 Modelo de conjunto

5.1.1 Características

Escala - 1:25

Vazão – 35m³/s

Limites de área para implantação do modelo – suficiente para reprodução do canal do STP em toda sua extensão (cerca de 2,0km, no arranjo dos Estudos de Viabilidade). Em caso de conveniência para o laboratório, o canal poderá ser sub-dividido em segmentos, para serem construídos em paralelo, unidos por curvas de raios suficientemente longos em planta, porém respeitando os desníveis teóricos previstos para cada segmento.

Desníveis totais (entre as seções de entrada e saída) – os mesmos do aproveitamento hidroelétrico.

Estruturas e obras – canais em solo ou rocha, estruturas de controle e singularidades (rampas e degraus) que simularão características topobatimétricas e hidrodinâmicas naturais da Cachoeira de Teotônio. Em princípio, as estruturas de controle consistirão de 2(duas) tomadas de água, cada uma com 5 aberturas de 3,0m(largura) x 2,0m(altura), dotadas de comportas segmento(de fundo) e muros e paredes divisórias a montante e a jusante.

5.1.2 Escopo

Este modelo se destinará às observações qualitativas do desempenho hidráulico geral e à verificação dos níveis e velocidades esperados ao longo de todo o sistema.

Também deverá permitir a avaliação das características específicas do escoamento através e nas imediações das estruturas de controle (neste caso, incluindo o levantamento de suas curvas de vazão, para diferentes aberturas de comporta) e nas singularidades do circuito (degraus ou rampas).

Inicialmente, neste modelo de conjunto serão implantadas e observadas, com o intuito de diagnóstico e concomitantemente ao desenvolvimento do Projeto Básico do AHE, apenas as concepções preliminares dos tipos de singularidades previstas, já apresentadas à ANEEL como complemento ao projeto de Viabilidade do empreendimento. Numa fase posterior, com as soluções definitivas das singularidades, estudadas no modelo de detalhe, já implantadas nos pontos respectivos do sistema neste modelo, será feita a caracterização final da versão correspondente ao Projeto Executivo do Sistema.

Registros fotográficos e em vídeo e a elaboração de relatórios específicos complementam o escopo, em ambas as fases.

5.1.3 Prazos

Além do prazo de construção, estimado em 2(meses), devem ser previstos 18(dezoito) meses de disponibilidade deste modelo para os ensaios das fases de Projeto Básico e Projeto Executivo.

Em função dos prazos estipulados, provavelmente apenas no Projeto Executivo e no PBA será possível incorporar-se ao projeto as otimizações das singularidades, objeto do modelo de detalhe descrito no item seguinte.

Desta forma, pode-se estimar que os ensaios **prioritários** neste modelo para a fase de Projeto Básico terão duração de apenas 3(três) meses. Os 15 (quinze) meses restantes deverão compreender o tempo de espera da chegada das informações de campo, que subsidiarão a definição mais precisa de alternativas para as singularidades, o seu estudo no modelo de detalhe e a implantação e estudo, neste modelo de conjunto, das alternativas selecionadas no de detalhe para cada tipo de singularidade.

6 MODELO DE DETALHE DE SINGULARIDADES

6.2.1 Características

Escala – 1:10 a 1:15

Limites para implantação – 60m x 30m, aproximadamente (protótipo).

Singularidades – por ora, deve ser admitido que consistirão de trechos de canal com seções pré-definidas (trapezoidais, típicas de escavação em solo ou em rocha), nos quais será possível a implantação de sub-trechos dotados de degraus e/ou rampas, em princípio com desníveis de 0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m. Esses degraus ou rampas terão algumas particularidades geométricas a serem especificadas oportunamente (prevê-se que deverão ser 3 tipos de singularidades, com 2 alternativas para cada um). Os sub-trechos mencionados devem ser concebidos na forma de pré-moldados (ou peças intercambiáveis de madeira, por exemplo), visando facilitar a substituição de uma alternativa por outra e o estudo de variantes, caso necessário. Visualiza-se que por comodidade operacional o trecho inferior do canal seja modelado em cota fixa (com o nível d'água de jusante sendo controlado por comporta basculante, por exemplo) e o de montante tenha seu fundo facilmente modificável, utilizando

um dos processos construtivos mencionados(ou outro qualquer), impondo-se a altura desejada para a singularidade.

Blocos cúbicos dissipadores(pré-moldados) – em alternativas com lados desde 0,5m até 2,0m, modelados em quantidades suficientes para, aplicados nos trechos de degraus e rampas e suas vizinhanças, propiciarem a possibilidade de se introduzir as perdas de carga e as características hidrodinâmicas ambientalmente desejadas em cada caso. Na concepção ora vigente, esses blocos teriam a função de simular, na escala do modelo, o efeito de blocos de rocha de dimensões similares previstos para o protótipo.

OBS. – Estima-se que características geométricas dessas singularidades, para a modelagem na versão inicial, poderão ser fornecidas ao laboratório logo após o início dos serviços, na seqüência de uma reunião específica com os consultores em Ictiofauna, os quais deverão referendar a solução de engenharia encaminhada à ANEEL ou propor as modificações necessárias ainda nessa fase. As características das alternativas para a fase final, como já mencionado, dependem dos resultados do monitoramento e levantamentos de campo.

6.2.2 Escopo

.Avaliação qualitativa e quantitativa de desempenho de cada alternativa dos tipos de singularidades, nas duas fases.

Levantamento de perfis de linha d'água e de velocidades.

Estudo da melhor disposição, em planta, dos blocos dissipadores, para cada tipo e alternativa.

Amplio registro fotográfico e em vídeo das situações ensaiadas.

Relatórios específicos.

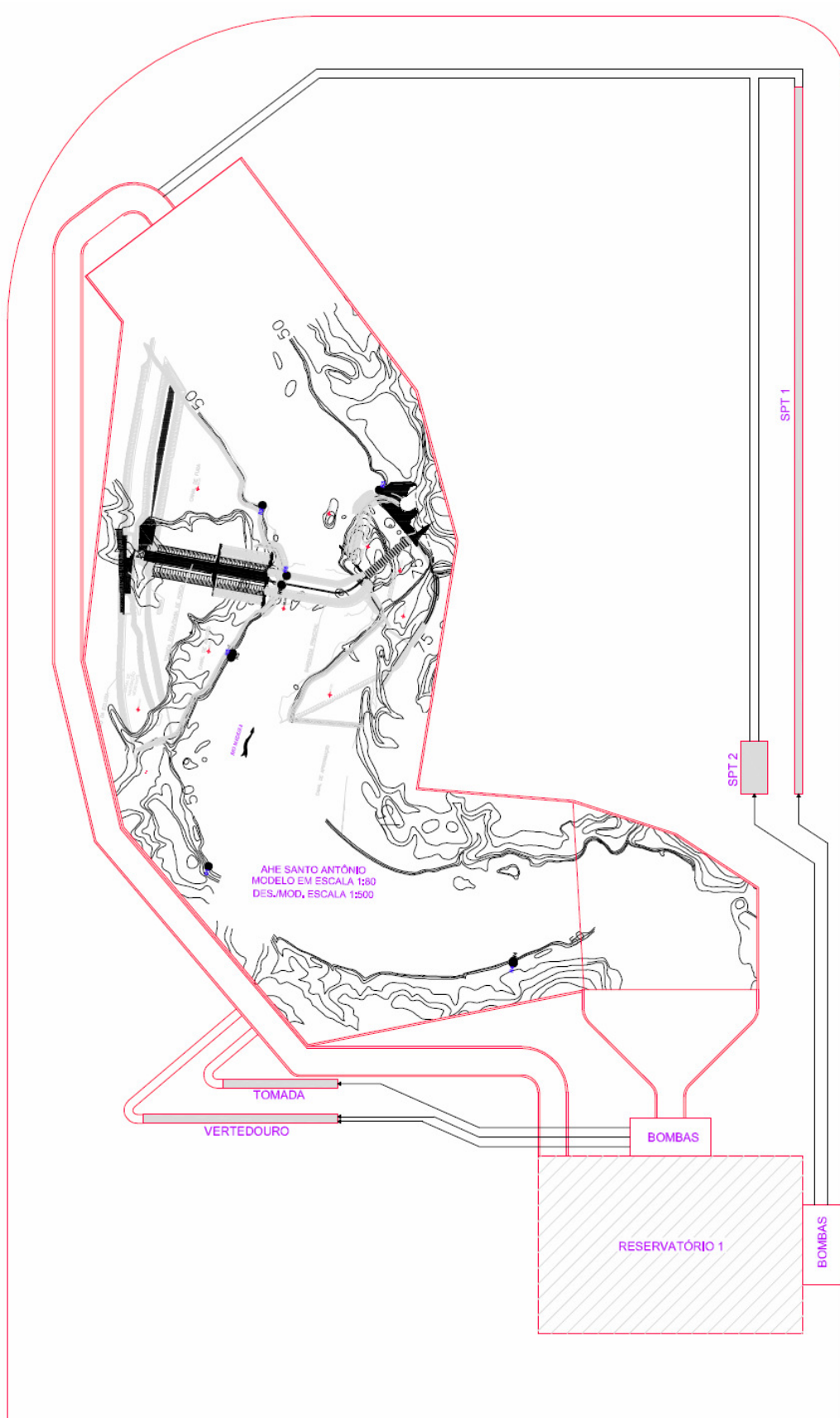
6.2.3 Prazo

Incluindo o prazo de construção (suposto em 2 meses), estima-se que este modelo deverá estar disponível por um período total de 8 (oito) meses.

Seu início poderá ter uma defasagem da ordem de até 6(seis)meses em relação ao do modelo de conjunto do STP.

Os modelos reduzidos estão sendo construídos em terreno de Furnas Centrais Elétricas S/A no Rio de Janeiro de acordo com o desenho apresentado a seguir.

AHE Santo Antônio – Modelo Reduzido



**PBA CONSOLIDADO
AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA**

**SEÇÃO 07
PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROBIOGEOQUÍMICO
15 DE JANEIRO DE 2009**

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

- Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008**
- Módulo 2 - Parecer Técnico da Secretaria de Vigilância em Saúde/SVS/MS, em resposta ao Ofício 394/2008 – DILIC/IBAMA**

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008 deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de Setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental - PBA, do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, faz-se necessária nova apresentação do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.

Para este Programa não houve revisão a partir de estudos complementares.

Foi realizada uma campanha de campo, no período de 22 a 25 de julho/08, cujo relatório foi encaminhado ao IBAMA, como atendimento à condicionante da Licença Prévia - LP. Para fins operacionais, o plano de trabalho está dividido em 2 etapas: monitoramento ambiental – sob responsabilidade do Prof. Wanderley Rodrigues Bastos (UNIR/RO) - e monitoramento humano – sob responsabilidade da Prof. Sandra de Souza Hacon (FIOCRUZ/RJ).

Prevê-se que em Janeiro/09 o programa seja efetivamente iniciado, tanto no que se refere ao monitoramento ambiental, quanto ao monitoramento humano.

Segue neste documento o Parecer Técnico, devidamente enviado por meio da Secretaria de Vigilância em Saúde/SVS/MS, em resposta à solicitação do Ofício 394/2008 DILIC/IBAMA como consta no módulo 2 deste documento.

No que diz respeito à Licença de Instalação - LI Nº 540/2008, IBAMA, de 18/08/2008, não foram estabelecidas condicionantes específicas para este Programa.

Constam deste documento, portanto, os seguintes módulos, a saber:

- Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;
- Módulo 2 - Parecer Técnico da Secretaria de Vigilância em Saúde/SVS/MS, em resposta ao Ofício 394/2008 – DILIC/IBAMA, de 07/08/2008.

Módulo 1

Programa Versão Original, de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental

AHE Santo Antônio

SEÇÃO 07:

PROGRAMA DE MONITORAMENTO

HIDROBIOGEOQUÍMICO

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	JUSTIFICATIVA	3
3.	OBJETIVOS	4
3.1	Objetivo Geral.....	4
3.2	Objetivos Específicos	4
4.	METAS/RESULTADOS ESPERADOS.....	4
4.1	Fase de Pré-enchimento	4
4.2	Fase de Pós-enchimento.....	5
5	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	5
6.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
6.1	Desenho Amostral	6
6.2	Georeferenciamento das Estações de Coleta.....	6
6.3	Definição das Variáveis Amostradas	7
6.4	Amostragem Abiótica.....	7
6.5	Amostragem Biológica.....	9
6.6	Monitoramento de Fontes Difusas (MFD)	12
6.7	Avaliação Humana	12
6.8	Análises Laboratoriais	13
6.9	Análise dos Dados.....	13
6.10	Autorizações Especiais.....	16
7.	RELATÓRIOS/PRODUTOS	17
8.	CRONOGRAMA.....	17
9.	INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	17
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	18

ANEXOS

Anexo I – Cronograma de Atividades

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de Instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA.

O Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico apresentado nesta Seção 07 do PBA do AHE Santo Antônio atende às condições de validade da LP Nº 251/2007 relacionadas a seguir: condições de validade Nº 2.1, 2.7, 2.8, e 2.32.

Metais pesados são já de longa data considerados poluentes prioritários em estudos ambientais. Porém, somente há poucos anos, a comunidade científica começou a dar atenção a exposição humana a certos compostos químicos, a exemplo do metilmercúrio (MeHg), Cd, Pb entre outros que, mesmo em doses moderadas e contínuas, podem provocar efeitos tóxicos irreversíveis à saúde humana. A disponibilidade e conseqüente toxicidade destas substâncias depende da extensão da contaminação e de seu comportamento físico-químico e biológico, determinado por fatores ambientais do sistema aquático. Embora essas atividades variem de acordo com a ocupação da bacia de drenagem e com a organização econômica e social da região, todas elas geram impactos e deterioração da qualidade da água, e interferem na quantidade de água disponível.

A bacia superior do rio Madeira foi a segunda mais importante região produtora de ouro de garimpo na Amazônia, desde os anos 70 até meados dos anos 90. Esta atividade teve seu ápice durante a década de 80, quando da liberação da Reserva Garimpeira do rio Madeira, regulamentada pelas portarias MME 1345/79 e 1034/80, que delimitou a área de SW de Porto Velho a NE-SW da Vila de Abunã (BASTOS & LACERDA, 2004). Entre 1979 e 1990 estima-se que cerca de 90 toneladas de mercúrio foram emitidas para o meio ambiente, sendo cerca de 60% emitida para a atmosfera e o restante perdido sob forma de mercúrio metálico na calha do próprio rio (PFEIFFER & LACERDA, 1988; LACERDA *et al.*, 1989). Segundo Lacerda *et al.* (2004), essa porção emitida para a atmosfera teria se depositado nos corpos d'água e em solos próximos as margens do rio Madeira., considerando que a deposição do mercúrio gasoso originário dessa atividade acontece em até 60 km da fonte.

A atividade de mineração de ouro no rio Madeira em território brasileiro decresceu significativamente nos últimos 10 anos, no entanto, na porção boliviana (rios Beni e Madre de Dios) esta atividade tem apresentado um crescimento substancial, sendo responsável pela emissão anual de 0,25 a 0,5t de mercúrio, contribuindo diretamente para a porção brasileira da bacia (MAURICE-BOURGOIN *et al.*, 2000). O rio Mutum-Paraná, afluente da margem direita, vem sendo utilizado desde a “corrida do ouro” como apoio logístico para balsas e dragas, atividade realizada durante os períodos de cheia com objetivos de refúgio até o próximo período de seca, e para a manutenção dos equipamentos. Ainda hoje essa prática ocorre, embora em escala bastante reduzida. Não podemos desconsiderar, entretanto, o mercúrio de origem natural, que no caso do rio Madeira, pode ser originário da Cordilheira dos Andes, em função do processo de erosão natural vulcânico e principalmente dos solos da região, sobretudo por estes apresentarem o dobro dos teores de mercúrio que nos sedimentos de fundo e em suspensão (BASTOS *et al.*, 2006).

Os processos envolvidos na capacidade de imobilização e de acumulação de mercúrio em um solo dependem das propriedades biogeoquímicas das localidades específicas, o que na região

são influenciadas pelas várias formas de uso da terra, resultando em capacidades diferentes de acumulação e liberação de mercúrio (BASTOS & LACERDA, 2004). Alguns autores defendem que os altos teores de mercúrio nos solos Amazônicos sejam oriundos de uma lenta acumulação a partir da deposição vagarosa ao longo de milhões de anos, ao invés de ter sua origem em ações antropogênicas, embora para a região do alto rio Madeira a contribuição antrópica não possa ser desconsiderada.

O outro fator importante que comprovadamente contribui para a mobilização do mercúrio é o intenso uso da terra na região, com a emissão de mercúrio devido ao desmatamento seguido de queimada (LACERDA, 1998) e a conseqüente erosão do solo como fator de transporte e enriquecimento do mercúrio em sedimentos (ROULET *et al.*, 1998). Estes solos atuam como depósito de mercúrio, que por erosão e lixiviação acabam atingindo os ecossistemas aquáticos. Acredita-se que as queimadas liberem uma significativa fração de mercúrio disponível por volatilização, sulfato ou carbono lábil, estimulando assim os processos de metilação. Portanto, o mercúrio depositado nos sedimentos de rios e lagos pode ser proveniente dos lançamentos direto nos rios, como ocorre na exploração de ouro (PFEIFFER *et al.*, 1991), ou de enxurradas devido à erosão do solo onde o mercúrio está depositado, sendo então transportado adsorvido às partículas de solo até os sistemas aquáticos adjacentes (ROULET *et al.*, 1999).

Uma vez lançado no sistema aquático na sua forma química metálica, o mercúrio tende a ir para o fundo, porém a elevada energia do rio Madeira seria suficiente para transportá-lo até áreas de “encaixes” onde ficaria retido e provavelmente seria sedimentado pela deposição dos sólidos em suspensão. Com isso, as regiões de maior probabilidade desta deposição ocorrer seriam as áreas de cachoeiras. Baseado nos cálculos de Lacerda *et al.* (1989), poderão estar depositados na sub bacia do rio Madeira aproximadamente 40t de mercúrio. Certamente, uma porção desse mercúrio se disponibilizou e transformou-se quimicamente até sua forma mais tóxica, metil-Hg, bioacumulando-se e biomagnificando-se ao longo da cadeia trófica. Outra parcela pode ter sido transportada adsorvida aos sólidos em suspensão, e por sua vez sedimentada em outras áreas de remanso do rio, também sujeitas aos processos de biodisponibilização, já que o mercúrio adsorvido no particulado é passível de formar complexos solúveis, principalmente na presença de compostos húmicos. As porções inativas desse mercúrio metálico, por sua vez, são fontes potenciais com risco de sofrer remobilização por atividades que revolvam solos recentes.

O ciclo biogeoquímico do mercúrio se dá por alterações na forma química do mercúrio por meio de reações de oxirredução (mediados ou não por luz), metilação e demetilação (estes predominantemente controlados por microorganismos). Estes processos ocorrem, principalmente, pela ação de microorganismos. No entanto, a eficiência dessas reações e transformações químicas será controlada pelas variações das condições físicas e químicas do sistema aquático.

Por não se degradar no ambiente, o mercúrio pode acumular-se nos diferentes compartimentos ambientais, onde manifesta sua toxicidade. Sofre diversas transformações químicas, principalmente nos sistemas aquáticos. A mais importante une o mercúrio inorgânico (íons Hg^{+2}) a radicais metil (CH_3^-), formando o composto organometálico ou metilmercúrio (CH_3Hg^+). A forma química irá indicar o grau de toxicidade do mercúrio. Na sua forma elementar metálica (Hg^0) é pouco tóxico e de baixa solubilidade em água, porém nesta mesma forma química, mas na fase gasosa, sua toxicidade já é bastante considerável. É reconhecidamente tóxico na forma catiônica Hg^{+2} , mas sua forma química mais tóxica é a metil-Hg (CH_3Hg^+). Nesta forma possui características lipofílicas, o que lhe permite atravessar membranas biológicas, garantindo-lhe eficiência na bioacumulação e biomagnificação.

A metilação pode ocorrer através da ação de microorganismos aeróbicos, sendo mais intensa porém quando realizada pelos anaeróbicos. Porém, pode ainda ser exclusivamente química,

ocorrendo de diferentes modos, como os intermediados por ácidos húmicos e fúlvicos ou pela metilcobalamina (MAURO *et al.*, 2001). Os mesmos autores conseguiram em experimentos de bioensaio uma taxa de metilação de cerca de 30% superior em raízes de uma macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) do que em sedimento de fundo, ambos de uma mesma região. Isso ocorre devido à eficiente superfície de retenção de partículas fornecida pelas raízes da espécie mencionada, somada a grande atividade microbiana residente nesse *habitat*.

O metilmercúrio é um poluente altamente neurotóxico que se acumula nos organismos e biomagnifica ao longo da cadeia trófica. É formado através de uma reação de transferência de um grupamento metil para o mercúrio inorgânico. Essa transformação, denominada metilação, é mediada principalmente por microrganismos que habitam em ambientes anóxicos. A metilação pode ser abiótica como resultado de uma reação não enzimática na transferência do grupamento metil, por via fotoquímica ou interação com substâncias húmicas presentes nos corpos d'água, porém com uma taxa de metilação menor do que pela mediada por microrganismos. As taxas de metilação de mercúrio em sistemas aquáticos são influenciadas tanto pela especiação do mercúrio quanto por sua biodisponibilidade. Diversas variáveis ambientais, que se inter-relacionam, tais como a atividade biológica dos microrganismos metiladores, disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura, potencial redox, e a presença de complexos orgânicos e inorgânicos podem afetar as taxas de metilação. A importância de cada um desses fatores na produção de metilmercúrio pode variar em diferentes ecossistemas.

A entrada de metil-Hg em peixes ocorre pela absorção direta pelas brânquias e por meio da dieta alimentar. Distribui-se por todas as partes do organismo ao se ligar aos grupos "SH" das proteínas. A biomagnificação se caracteriza pelo aumento da concentração ao longo da teia alimentar, o que enquadra as espécies de hábito alimentar preferencial piscívoras e com maior tempo de vida, serem as espécies com as concentrações mais elevadas de Hg. Entre 70 e 90% do mercúrio total encontrado no pescado da Amazônia está na forma química metil-Hg.

Em resumo, o mercúrio de origem natural e/ou antrópica, ao entrar nos ecossistemas aquáticos participa de ciclos biogeoquímicos mediados por microorganismos, onde é transformado quimicamente, bioacumulando e biomagnificando na cadeia trófica. Sendo assim, os peixes predadores podem acumular altos níveis de mercúrio e funcionar como veículos desta forma química para seus consumidores, como répteis, aves e os seres humanos.

2. JUSTIFICATIVA

A atividade humana gera impactos ambientais que repercutem nos meios físicos e biológicos, afetando os recursos naturais e a saúde humana, podendo causar desequilíbrios ambientais no ar, nas águas e populações de vida aquática, no solo e no meio social. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) poluição ou contaminação ambiental é uma alteração do meio ambiente que pode afetar a saúde e a integridade dos seres vivos.

As atividades agrícolas, pecuárias, de mineração e o desmatamento contribuem significativamente no comportamento complexo do mercúrio no contexto amazônico. A disponibilidade e conseqüente toxicidade desta substância depende da extensão da contaminação e de seu comportamento físico-químico e biológico, determinado por fatores ambientais do sistema.

A poluição química e biológica na bacia hidrográfica do rio Madeira configura os principais problemas sócio-ambientais da Amazônia, podendo, neste aspecto, ser entendida como uma região modelo cujo estudo poderá servir de referência para toda a região. A contaminação pelo mercúrio, que marcou a Amazônia na década de 80 até meados de 90, volta a ser cenário de

discussão, devido aos passivos ambientais deixados pela atividade de garimpagem de ouro.

Os estudos dos processos e mecanismos do mercúrio no meio ambiente brasileiro têm preocupado os órgãos ligados tanto à saúde pública como os de controle da poluição ambiental, tentando identificar os compartimentos impactados pela contaminação, e também determinar os mecanismos de transporte junto às populações potencialmente expostas à intoxicação. É de grande importância o monitoramento das condições ambientais no sistema aquático influenciado pelas diferentes etapas de implementação do empreendimento hidrelétrico, assim como nas populações humanas, dando ênfase àquelas com hábitos tradicionais ribeirinhos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Efetuar monitoramento ambiental e humano na área de estudo determinando as concentrações de poluentes organo-metálicos, a exemplo do mercúrio.

3.2 Objetivos Específicos

- Quantificar os teores de mercúrio total (Hg-T) e metil-mercúrio (MeHg) em matrizes ambientais e humanas;
- Quantificar os corpos d'água da área de estudo quanto às principais variáveis físico-químicas;
- Quantificar as concentrações de elementos químicos (Pb, Cd, Cr, Zn, Mn, Fe, Co e Ni) nos compartimentos ambientais bióticos e abióticos;
- Selecionar e avaliar duas comunidades ribeirinhas quanto ao perfil epidemiológico por meio de inquérito alimentar e anamnese;
- Utilizar métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos como ferramenta para o monitoramento do mercúrio durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento visando sua capacidade mitigadora e preditiva;
- Geração de um Banco de Dados relacional georreferenciado das matrizes bióticas e abióticas e epidemiológicas.

4. METAS/RESULTADOS ESPERADOS

De acordo com cada fase do projeto, espera-se obter informações sobre o comportamento espacial e temporal do mercúrio, assim como investigar os mecanismos de organificação, bioacumulação e biomagnificação do mercúrio pela biota na área de abrangência do empreendimento. Serão observadas nas áreas potencialmente críticas as taxas de metilação, permitindo assim poder mapear os *hot points*.

4.1 Fase de Pré-enchimento

Complementar os estudos realizados durante a realização do EIA-RIMA. Estabelecer

parâmetros de comparação na medida em que houver mudança na dinâmica do mercúrio logo após o início das obras do empreendimento.

4.2 Fase de Pós-enchimento

Nesta etapa do projeto haverá alagamento de solos e áreas de vegetação, promovendo a proliferação de macrófitas e alterações nas condições físico-químicas da água, devido à transformação de um sistema lótico em lêntico. Nesta fase do estudo, espera-se acompanhar a evolução do comportamento do mercúrio nas áreas críticas durante a fase de enchimento/pós-enchimento. Espera-se também neste período estabelecer parâmetros de comparação com a fase de pré-enchimento e previsão para a fase de estabilização do reservatório. Espera-se obter dados que permitam avaliar as condições físico-químicas da água e das condições redox junto aos sedimentos límnicos, bem como os perfis de estratificação térmica, verificando sua influência na alteração do comportamento do mercúrio, tanto na coluna d'água como nos sedimentos límnicos.

Nesta fase serão estabelecidos os padrões do comportamento do mercúrio e será adquirido o conhecimento detalhado de áreas críticas que foram alteradas durante o processo de transformação do ecossistema. Serão estabelecidas estações de monitoramento contínuo, até a fase de completa estabilização do sistema lêntico criado pela barragem.

Durante a fase inicial do pós-enchimento ocorre o aumento dos bancos de macrófitas, e espera-se neste momento avaliar se haverá um incremento nos processos de acumulação e biomagnificação do mercúrio, uma vez que dependendo do tamanho dos bancos de macrófitas, estes podem potencializar o processo de bioacumulação nesta etapa.

Espera-se ainda, a partir de dados de mercúrio obtidos no pescado, oferecer subsídios para os estudos da exposição através de anamnese das populações que vivem sob influência da área do empreendimento. Justifica-se esta preocupação, uma vez que o peixe é a principal fonte de proteína para estas populações (DOREA *et al.*, 2003).

5 ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O estudo biogeoquímico do mercúrio deverá ocorrer em todas as fases dos procedimentos de engenharia, inclusive acompanhando a movimentação de terra na área do Santo Antonio. Outro aspecto importante nesse estudo é não se restringir à área principal do empreendimento, sobretudo considerando trechos a montante e jusante da futura barragem. Assim, serão consideradas áreas limite a montante no Jirau e jusante na região de Calama.

Serão realizadas amostragens pontuais a jusante, próximo à foz do rio Jamari, e a montante, no rio Mutum. Esta abordagem será importante, pois dará subsídios aos estudos de risco de exposição humana ao metil-mercúrio. Desta forma, na abordagem para fins de verificação da exposição humana, a escala adotada no trabalho será regional, fixando-se em alguns pontos prioritários para o monitoramento do Hg na bacia hidrográfica do rio Madeira.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Desenho Amostral

O processo metodológico inicia-se pelo estabelecimento das estações de amostragens no programa de monitoramento do comportamento de mercúrio na área do empreendimento do complexo hidrelétrico do rio Madeira (AHE Santo Antônio). Haverá a determinação das variáveis monitoradas, de métodos de investigação e a análise de resultados.

A escolha das estações de coletas compreende primeiramente as áreas indicadas no EIA-RIMA como áreas com potencial para organificação de mercúrio. Além destas áreas, as amostragens se estenderão as outras estações de coletas apresentadas na **Figura 1** e em locais que serão definidos em campo, incluindo os bolsões de inundação.

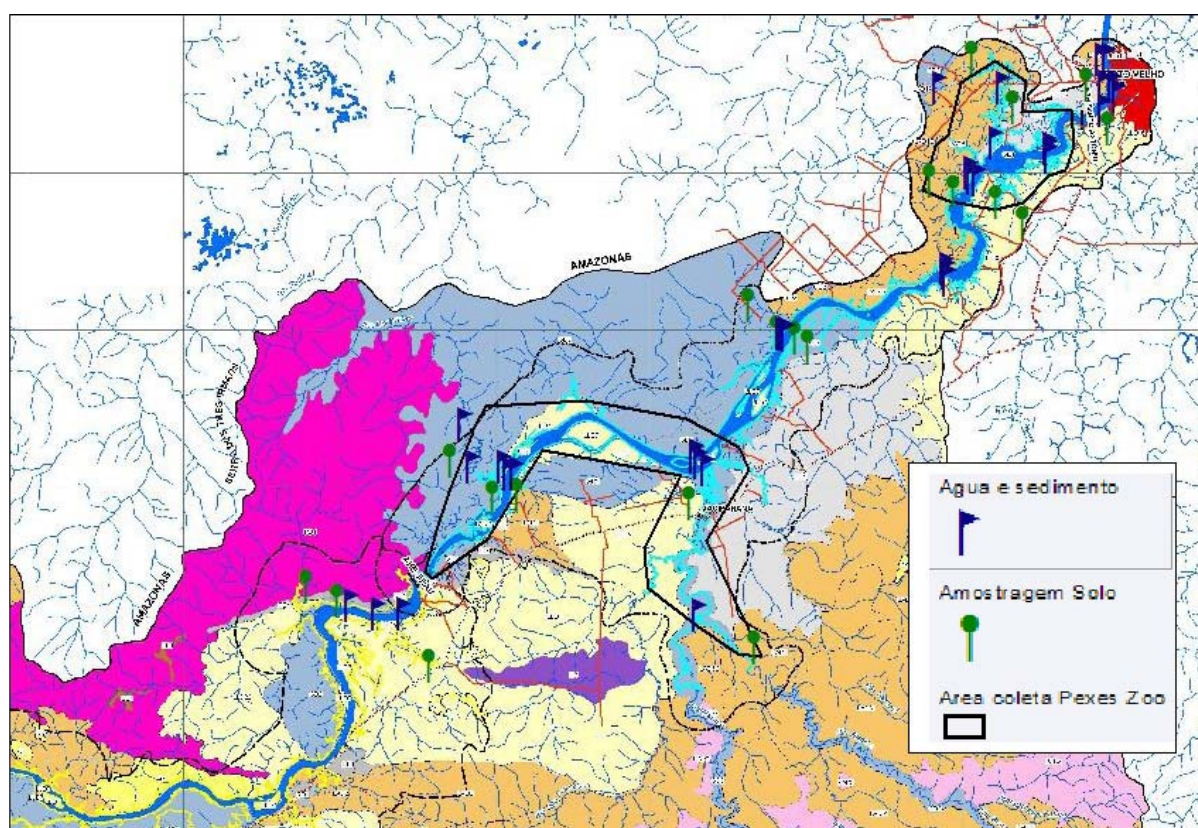


Figura 1 - Áreas de coletas e as principais matrizes a serem coletadas, para o PBA de Monitoramento Hidrobiogeoquímico

6.2 Georeferenciamento das Estações de Coleta

Os pontos de coletas já georeferenciados serão inclusos no Banco de Dados para posterior uso no monitoramento. As demais estações de coleta serão georeferenciadas com aparelho de receptor de GPS - Sistema de Posicionamento Global (Trimble Geoexplorer XT 500). A construção de mapas base para trabalhos de campo será a partir dos programas ArcView 3.2 e ArcGIS 9.0.

Os parâmetros adotados para georeferenciamento dos pontos a serem amostrados são:

Sistemas de Coordenadas Geográficas: com segundos expressos até três casas decimais;

Datum: Datum Horizontal oficial adotado pelo IBGE: SAD 69 (*South América Datum*1969).

6.3 Definição das Variáveis Amostradas

O monitoramento será realizado a partir variáveis abióticas e bióticas. A amostragem abiótica compreende água (AG), o material particulado em suspensão (MPS), solos (SL), sedimento de fundo (SD) e perfis de sedimento (PSD). As variáveis bióticas monitoradas serão peixes (PX), macrófitas (MA), plâncton (PL) e a atividade bacteriana com potencial de metilação (PM). Em todos os pontos selecionados para o monitoramento de Hg serão também medidos “*in loco*”, utilizando sonda multiparamétrica (Horiba U-20), os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, Eh, oxigênio dissolvido, temperatura, transparência, turbidez, profundidade).

6.4 Amostragem Abiótica

6.4.1 Água (AG)

A concentração de mercúrio na coluna d'água será monitorada durante as fases pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento. Os estudos compreenderão o canal principal do rio Madeira, nos tributários indicados no EIA-RIMA (rio Jaci-Paraná, Igarapé Jatuarana, Cachoeira de Santo Antonio, Igarapé Caripunás) e nas áreas alagáveis associadas a estes ambientes. A amostragem destas áreas será durante a fase de pré-enchimento e pós-enchimento para identificar atuais fontes de mercúrio e sítios de metilação. Este tipo de análise permitirá avaliar mudanças nestes parâmetros após o alagamento. O estudo será realizado durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento a partir de coletas semestrais, distribuídas de acordo com o ciclo hidrológico anual do rio Madeira (cheia e seca).

As amostras de águas serão coletadas em garrafas de teflon e preservadas com ácido nítrico (HNO₃ 65% ultra-puro, Merck), mantendo o pH da água inferior a 2,0 até o momento das análises.

6.4.2 Solos (SL)

Os solos serão amostrados próximo às margens do rio Madeira e a seus afluentes considerando os seguintes aspectos: área de impacto direto e indireto causados pelo alagamento, gradientes topográficos, e perfis verticais de solo, considerando ainda as diferentes unidades pedológicas.

Desta forma, durante a fase de pré-enchimento serão monitorados os solos onde serão alagados e solos marginais ao rio Madeira e seus afluentes. Durante a fase de enchimento serão monitorados solos próximos às áreas alagadas e sazonalmente alagadas, levando em consideração a evolução histórica do uso e ocupação pretérita do solo para posterior verificação de atividades que podem vir a contribuir com o aumento das concentrações de mercúrio no sedimento nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório. As coletas de solos serão semestrais durante a fase de pré-enchimento e pós-enchimento do reservatório. A principal ênfase será dada às áreas próximas à foz dos afluentes indicados no EIA-RIMA

como áreas com maior potencial de acumulação e transformação do mercúrio e a áreas de sabida atividade de mineração e de qualquer outro tipo de atividade humana.

Serão realizados perfis de solos a partir do horizonte orgânico até os horizontes **A**, **B** e **C**. Serão distribuídas estações de coletas de solo nas margens do rio Madeira e de seus principais afluentes. Serão realizadas, no período de pré-enchimento, trincheiras para descrição detalhada dos solos. As coletas após este período serão realizadas utilizando-se de trado holandês.

Após a coleta, as amostras serão acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas a +5°C até o momento do procedimento analítico. Serão realizadas, conjuntamente à análise de mercúrio no solo, análises granulométricas e do teor de matéria orgânica para verificar o potencial de estocagem de mercúrio no solo e de posterior disponibilização após o alagamento destas áreas. Cada estação de coleta será descrita em ficha de campo, onde serão anotadas as características geológicas e pedológicas, bem como o uso e ocupação do solo.

No laboratório, as amostras serão inicialmente homogêneas a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultra-pura (Milli-Q, Milipore) sendo posteriormente peneiradas na fração <200 mesh (<74 µm), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção, por possuir maior área superficial (BASTOS, 1997). Em seguida, a fração fina do solo será transferida para um gral de porcelana e será seca em estufa a temperatura inferior a 50°C. Após secagem e maceração procede-se a análise por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

6.4.3 Sedimentos (SD)

O mercúrio no sedimento será monitorado levando em consideração os seguintes fatores: áreas próximas a atividades antrópicas; áreas de sedimentação natural do rio Madeira e em seus afluentes; áreas de intensa atividade de mineração; áreas próximas a onde será realizada a remoção de florestas e movimentação de solos e rochas para a construção do reservatório. Serão estabelecidos pontos a montante e a jusante destas atividades, pois elas contribuem para o transporte de mercúrio depositado no solo para os sedimentos via enxurradas. Serão realizadas amostragens nos locais indicados no EIA-RIMA (**Figura 1**). A amostragem compreenderá desde a foz destes afluentes, pois estes locais estão indicados nos EIA-RIMA, até as áreas preferenciais de organificação do mercúrio, que possibilitam sua incorporação na cadeia trófica.

Os pontos de amostragens estão indicados na **Figura 1**. Os pontos de amostragens nos afluentes serão distribuídos de maneira que os pontos localizem-se na área de influência direta (AID) e um ponto em cada estação de coleta na área de influência indireta (AIID) do rio Madeira. Desta forma a amostragem nos afluentes compreenderá desde a foz do rio Madeira até as áreas fora dos limites de influência direta das águas do rio Madeira. Esta preocupação justifica-se devido ao transbordamento lateral do rio Madeira que afoga a foz de seus afluentes transportando mercúrio adsorvido aos sólidos em suspensão, podendo depositá-lo nos afluentes.

A amostragem de pontos a montante e a jusante das áreas de influência direta do reservatório serão inclusas no projeto de monitoramento, visando assim a compreensão da dinâmica do mercúrio em toda a bacia hidrográfica do rio Madeira. Objetiva-se com este padrão de amostragem verificar o comportamento do mercúrio fora e dentro das áreas de inundação do reservatório para posterior comparação.

As amostras de sedimentos de fundo serão coletadas utilizando-se coletor pontual de

sedimento em aço-inóx – draga de Eckman. Este equipamento permite a coleta da camada mais reativa do sedimento – 5 cm de profundidade. Após a coleta o material será acondicionado em sacos de polietileno e resfriado até o momento de preparação e análise da amostra no laboratório.

Os perfis verticais de sedimento serão coletados com tubo de acrílico de dimensões 100 cm comprimento x 7,5cm de diâmetro nas áreas de remanso dos pontos mencionados acima. Após a coleta as amostras de sedimentos serão fatiadas de 5 em 5 cm e acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas resfriadas até a preparação da amostra para análise. Paralelamente, sedimentos provenientes das escavações serão coletados para verificação de possíveis mobilizações de mercúrio.

As amostras de sedimentos serão inicialmente homogeneizadas a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultra-pura (Milli-Q, Millipore) sendo posteriormente peneiradas na fração < 200 mesh (< 74 µm), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção, por possuir maior área superficial (BASTOS, 1997). Em seguida, a fração fina do sedimento será transferida para um gral de porcelana e será seca em estufa à temperatura de 50°C. Após secagem e maceração procede-se a análise por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

6.4.4 Material Particulado em Suspensão (MPS)

O monitoramento do transporte de mercúrio pelo MPS será realizado durante a fase de pré-enchimento com amostragens semestrais de MPS ao longo do rio Madeira e seus afluentes. Especial atenção será dada as áreas de maiores atividades antrópicas e áreas de garimpagem de ouro, pois estas áreas constituem fontes potenciais de mercúrio adsorvido às partículas orgânicas e inorgânicas transportadas pelo rio Madeira. Serão necessárias amostragens nas áreas a montante das áreas do empreendimento para verificar a possível existência de fontes potenciais de MPS. Durante a fase de pós-enchimento será intensificada a amostragem de MPS, com coletas a cada trimestre do ano de enchimento, com objetivo de verificar possíveis mudanças em um curto espaço de tempo. Serão utilizados dados do monitoramento hidrossedimentológico para avaliar a contribuição da exportação de mercúrio pelos sedimentos em suspensão.

As amostras de MPS serão obtidas a partir da água sub-superficial (cerca de 20cm de profundidade) que serão coletadas em frascos de 5 litros de polietileno que serão transportadas sob refrigeração. No laboratório serão filtradas em filtros de fibra de vidro de 0,45 µm Whatman GF/C previamente pesados. Para a determinação da massa de material particulado retido nos filtros, pelo menos dois filtros de cada ponto de coleta serão secos em estufa a 60°C até apresentarem peso constante em balança analítica de 4 casas decimais. A diferença entre as pesagens dos filtros antes e depois da filtragem equivalerá a massa de particulado presente no volume de água filtrado em cada ponto de coleta. Posteriormente o filtro sofrerá extração química para quantificação de mercúrio total pela técnica de espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

6.5 Amostragem Biológica

As matrizes bióticas a serem monitoradas indicadas no EIA-RIMA e na licença prévia concedida pelo IBAMA são as seguintes: peixes, invertebrados aquáticos e macrófitas aquáticas.

Propõe-se a seguinte abordagem de coleta e análise das amostras bióticas: A amostragem ocorrerá nas estações de coletas indicadas na **Figura 1**. Levando-se em consideração

aspectos ecológicos e ecotoxicológicos, serão estabelecidas estações de coletas próximo à foz do rio Jaci Paraná englobando o igarapé Caracol da margem esquerda e o igarapé Caripunas da margem direita do rio Madeira. Outra estação será localizada próximo às cachoeiras do Teotônio e Santo Antônio, englobando o igarapé Jatuarana e o igarapé Braço do Teotônio. A proposta de amostragem por área justifica-se pela dinâmica do pulso de inundação do rio Madeira que provoca deslocamento das populações de peixes e invertebrados aquáticos, e também pela sua interação com o ecossistema terrestre, incluindo os bolsões de inundação formados nestas áreas.

6.5.1 Peixes (PX)

O monitoramento dos níveis de mercúrio total (Hg-T) e metil-mercúrio (MeHg) serão realizados em peixes bioindicadores nas AID e AII, a montante e a jusante do empreendimento. Estas amostragens serão semestrais nas fases de pré-enchimento e pós-enchimento do reservatório para avaliar a exportação, bioacumulação e biomagnificação do MeHg derivado dos reservatórios.

Serão definidas as espécies a serem amostradas com base nos levantamentos realizados pelos estudos ictiológicos que compuseram o EIA-RIMA, podendo inclusive ser realizadas amostragens de peixes nos principais pontos de desembarque pesqueiro.

Ainda na fase de pré-enchimento serão utilizadas as espécies-chaves para o biomonitoramento como *Cichla monoculus* e *Hoplias malabaricus*. Também será investigado o comportamento do Hg-T e MeHg nas espécies de importância ecológica e econômica a fim de verificar possíveis fontes de mercúrio orgânico para a população consumidora de pescado.

Os peixes serão amostrados sempre considerando os períodos de cheia e seca. O esforço de captura das espécies será focado nas espécies de interesse. Os peixes serão capturados com redes de malhar com 20 metros de comprimento com 2,5 metros de altura com malhas compreendendo 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 mm. Após as coletas, os animais serão fotografados e identificados por meio de chaves de identificação.

As quantificações de Hg-T e MeHg serão realizadas no tecido muscular utilizando-se das técnicas de espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor frio e cromatografia gasosa com ECD, respectivamente. A amostragem compreenderá os afluentes do rio Madeira, rio Jaci Paraná, igarapé Caripunas, igarapé Jatuarana e cachoeiras Teotônio. Maior ênfase será dada aos afluentes, pois estes abrigam a grande parte da fauna residente. As espécies buscam estes locais em busca de abrigo, alimentação e reprodução (ESTEVES & ARANHA, 1999).

6.5.2 Invertebrados Aquáticos (IA)

As coletas dos invertebrados aquáticos serão realizadas sazonalmente, junto com as amostragens de peixes. Serão utilizadas redes de arraste de 250 µm para coleta na superfície da água. As amostras do substrato na superfície do sedimento de fundo serão realizadas utilizando-se de draga de Eckman. Estas serão coletadas e peneiradas para separar os animais do folheto. Moluscos, quando presentes, poderão ser coletados manualmente ou com auxílio de rapiche.

Após a identificação até o menor grupo taxonômico, estes serão acondicionados em sacos de polietileno e resfriados até o momento da análise. Este processo será repetido nos principais habitats nas estações de coletas de material biótico. Nos locais de coleta será realizada uma avaliação com o objetivo de melhor compreensão ecológica destes grupos de indivíduos para posterior avaliação durante as alterações causadas pela formação do reservatório.

6.5.3 Macrófitas Aquáticas (MA)

O monitoramento de macrófitas aquáticas será realizado como se segue: as amostragens serão realizadas nos principais bancos de macrófitas já existentes nas áreas do empreendimento e nos afluentes. Na fase de enchimento e pós-enchimento o EIA-RIMA prevê um aumento nos bancos de macrófitas, principalmente próximo aos principais tributários e em seus meandros abandonados. Nesta etapa será intensificada a amostragem nos bancos de macrófitas para verificar a eficiência de metilação nesses ambientes. As amostras serão coletadas e armazenadas em sacos de polietileno. No laboratório serão fotografadas; identificadas; lavadas com água ultra-pura; separadas em folhas e talos; codificadas; secas em estufas a 40°C; trituradas/pulverizadas em liquidificador; e armazenadas em frascos de vidro para posterior determinação de Hg-T e MeHg.

6.5.4 Plâncton (PL)

A amostragem de plâncton será realizada nas fases de pré-enchimento e pós-enchimento, nos ambientes lênticos formados pelo reservatório e demais áreas indicadas no EIA-RIMA. Maior ênfase será dada nos afluentes, pois estes corpos d'água possuem características favoráveis ao aumento da biomassa do zooplâncton durante a conversão de ambiente lótico em ambiente lêntico.

As amostras de plâncton serão coletadas com o auxílio de redes de arraste com abertura de malha entre 25 e 68 µm. Os organismos coletados serão separados por tamanho com o auxílio de sistemas de filtragem montados com telas de 25 e 68 µm em alíquotas: uma com os organismos maiores que 68µm e outra entre 25 e 68 µm. Processos utilizando lavagem com água ultra-pura e centrifugação serão utilizados com objetivos de retirar os sólidos em suspensão que permanecerem aderidos as amostras. Estas amostras serão então liofilizadas para a posterior determinação Hg-T e MeHg.

Para a amostragem qualitativa e quantitativa do fitoplâncton e do zooplâncton, será realizada a filtragem de 200 litros de água em redes com malha de 25 µm e o mesmo volume em malha de 68 µm, respectivamente. Essas amostras serão empregadas na avaliação da composição das comunidades de zooplâncton e fitoplâncton presentes no ambiente no momento das coletas.

A amostragem de zooplâncton para análise de Hg-T e MeHg será realizada semestralmente na fase de pré-enchimento. No período de pós-enchimento as análises serão realizadas em períodos mais curtos (trimestrais) nos primeiros 2 anos do pós-enchimento do estudo, para verificar possíveis mudanças na dinâmica esperada. Após dois anos de monitoramento, não havendo alterações significativas, o monitoramento passará a ser realizado semestralmente.

6.5.5 Taxa de Metilação (TM)

Além da determinação de Hg-T e MeHg nas matrizes bióticas e abióticas já discutidas, serão realizados estudos sobre o potencial de metilação das áreas indicadas no EIA-RIMA. Os principais sítios potenciais de metilação a serem analisados serão sedimentos, água e raízes de macrófitas aquáticas durante o período de enchente, cheia, vazante e seca nas fases de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento (GUIMARÃES *et al.*, 2000; MIRANDA *et al.*, 2004).

6.6 Monitoramento de Fontes Difusas (MFD)

Serão acompanhadas atividades desenvolvidas no ecossistema terrestre na área de influência direta do empreendimento, como exemplo, a remoção de vegetação, de solo e de rochas que serão realizadas durante a implantação das estruturas físicas da barragem. Estes procedimentos podem contribuir com a mobilização do mercúrio para o ecossistema aquático. Estas atividades serão monitoradas quanto a sua eficiência em disponibilizar mercúrio para o ecossistema aquático do rio Madeira, a fim de verificar sua real contribuição no ciclo biogeoquímico do mercúrio na bacia hidrográfica do rio Madeira.

6.7 Avaliação Humana

Serão realizados estudos quantitativos e qualitativos ao longo dos períodos de pré e pós-enchimento em humanos residentes na área de influência do empreendimento. Nos estudos quantitativos, o estabelecimento do perfil de morbimortalidade da população será realizado a partir de estudos ecológicos, transversais, inquérito epidemiológico, estudos longitudinais dos principais agravos e dos usuários expostos a contaminação química e biológica. Serão elaborados indicadores de monitoramento e indicadores sentinelas de qualidade de saúde. O estudo permitirá também identificar as ações necessárias para prevenir efeitos adversos na saúde.

6.7.1 Coleta das Amostras

Para a avaliação da toxicologia do mercúrio nos seres humanos serão coletadas amostras de cabelo e leite materno. Os cabelos são coletados da região da nuca com tesoura de aço por pessoal treinado e acondicionado em sacos de polietileno. No laboratório, após lavagem, sofrerão mineralização e extração com solvente orgânico para quantificação de Hg-T e MeHg, respectivamente. As amostras de leite materno serão coletadas e acondicionadas em frascos de vidro com tampa rosqueada a temperatura de +5°C até o início do processo analítico. As determinações das concentrações de Hg-T e MeHg serão realizadas pelas técnicas de espectrofotometria de absorção atômica com geração de vapor frio e de cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons, respectivamente (BASTOS *et al.*, 1998; Kehring, 1999).

Os sujeitos da pesquisa serão orientados quanto ao estudo em realização para que haja autorização do mesmo no fornecimento das amostras, conforme os critérios legais. A realização de um inquérito alimentar terá acompanhamento de profissionais da saúde e a escolha da comunidade-alvo levará em conta o aceite e total participação por parte da mesma na atividade, através de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, e principalmente aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

6.7.2 Testes Neurocomportamentais (TNC)

Nos estudos neurocomportamentais (avaliação neuropsíquica), a equipe do IBCCF/UFRJ supervisionará a aplicação dos testes. Este segmento do estudo inclui testes clínicos simples de memória, equilíbrio, acuidade visual, linguagem e coordenação motora destinados a pesquisa em indivíduos expostos cronicamente a poluentes persistentes. Estes testes serão aplicados no ambiente familiar ou na escola das comunidades. Os dados obtidos nesta comunidade serão comparados ainda aos previamente obtidos em outros estudos em avaliações semelhantes (PACHECO-FERREIRA, 2001).

6.8 Análises Laboratoriais

6.8.1 Análise de Hg Total (Hg-T)

As amostras serão analisadas segundo metodologia proposta por BASTOS *et al.* (1998) através da técnica de espectrofotometria de absorção atômica específico para determinação de mercúrio (Perkin Elmer, modelo FIMS-400 - *Flow Injection Mercury System*), com amostrador automático (AS-90) e micro-computador com programa próprio acoplado (*Software Winlab-Perkin Elmer*). Este equipamento consiste de um espectrofotômetro especificamente desenhado para medidas de absorção de radiação do comprimento de onda emitido pelo mercúrio. Utiliza-se como fonte de radiação uma lâmpada de mercúrio e como receptor uma fotocélula com sensibilidade máxima de 254 nm de comprimento de onda (SEGADE & TYSON, 2003). O equipamento tem ainda um amalgamador que permite a análise de Hg-T em matrizes de baixas concentrações na faixa entre 1-10 ng.L⁻¹

6.8.2 Análises de Metilmercúrio (MeHg)

Para as análises de MeHg serão empregados métodos mais complexos (Kehring, 1999) com alta sensibilidade que se baseiam em uma combinação de extrações com solventes e compostos orgânicos, seguidas pela dosagem do MeHg através de cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons (CG-DCE).

6.9 Análise dos Dados

Neste estudo será aplicada uma técnica de **amostragem por conglomerados** que permitirá a produção de inferências para cada uma das microrregiões destacadas no EIA-RIMA que constituem áreas prioritárias envolvendo a organificação do Hg na Bacia do Rio Madeira sendo, portanto, áreas potenciais para o monitoramento e dinâmica do mercúrio em seus diversos compartimentos envolvendo matrizes bióticas e abióticas, além dos estudos epidemiológicos.

(i) Matrizes bióticas e abióticas - O programa de monitoramento do mercúrio, expresso nas suas diversas matrizes bióticas e abióticas deverá englobar as duas fases do empreendimento: fase pré-enchimento e pós-enchimento.

A metodologia proposta para coleta de dados está relacionada aos objetivos do trabalho proposto. Segundo Pillar (2004), duas categorias de monitoramento podem ser distinguidas de acordo com o objetivo do levantamento. A primeira categoria diz respeito a levantamentos menos abrangentes sendo que o resultado final consiste, geralmente, em médias de cada uma destas variáveis. Uma segunda categoria de monitoramento, baseado em levantamentos frequentes (como o aqui proposto), tem por objetivo estudar a variação destes ou de outros atributos dentro do universo amostral, buscando reconhecimento de padrões no espaço e/ou tempo, além de sua interpretação.

A malha amostral proposta na área diretamente afetada, ao longo do rio Madeira e seus afluentes, leva em consideração as características do rio, do futuro reservatório e do projeto da usina (**Figura 1**). Áreas que devem ser consideradas para a amostragem estão descritas abaixo:

- (a) Rio Madeira, a montante da área do futuro reservatório. A instalação de uma estação a montante do empreendimento terá por objetivo observar características do ambiente fluvial.

- (b) Rio Madeira, no corpo do futuro reservatório, a jusante. A instalação desta estação de amostragem terá por objetivo observar possíveis influências da presença do próprio reservatório na qualidade da água do rio Madeira e do futuro reservatório.
- (c) Rio Madeira, no corpo do futuro reservatório, próximo ao eixo da futura barragem, observando-se que esteja a montante do desvio do rio. A seleção desta estação no corpo do rio Madeira, que posteriormente corresponderá àquela instalada no corpo do futuro reservatório, considerou que ao longo do eixo longitudinal do reservatório há um contínuo fluxo de água e sedimentos, com início na região de influxo do rio até atingir a barragem, onde se observam zonas distintas que se diferenciam quanto as propriedades físicas, químicas e biológicas da água: zona fluvial, a zona de transição e a zona lacustre (Thornton, 1990), sendo necessário que o monitoramento do mercúrio considere estas alterações.
- (d) Rio Madeira, na porção do rio compreendida entre a futura barragem e a futura casa de força, que será atendida pela vazão sanitária. A instalação desta estação de amostragem terá por objetivo observar possíveis influências da vazão sanitária na estrutura do ecossistema lótico. A fim de subsidiar esta análise na fase reservatório, é importante a coleta de dados na fase rio.
- (e) Rio Madeira, a jusante da futura casa de força. A instalação desta estação de amostragem visa observar possíveis influências da instalação da futura casa de força, operação e manutenção da mesma naquele ecossistema lótico. A fim de subsidiar esta análise na fase reservatório, é importante a coleta de dados na fase rio.
- (f) Rio Jatuarana, próximo à sua desembocadura no futuro reservatório. Afluente de relevância na região do empreendimento, poderá contribuir com aportes ao futuro reservatório. A fim de subsidiar esta análise de possíveis contribuições do rio Jatuarana ao futuro reservatório, faz-se necessária a coleta de dados na fase rio.
- (g) Rio Jaci-Paraná, próximo à sua desembocadura no futuro reservatório. A fim de subsidiar esta análise de possíveis contribuições do rio Jaci-Paraná ao futuro reservatório, faz-se necessária a coleta de dados na fase rio.

A malha amostral (número de estações e posicionamento geográfico) sugerida poderá ser alterada em função de informações relevantes levantadas em visitas de campo, dados cartográficos e posicionamento de estações de medições hidrológicas e sedimentológicas.

(ii) Estudos Epidemiológicos - Tendo em vista o desejo de representatividade na microrregião, e considerando que o número de habitantes das localidades expressa uma característica importante que as diferenciam e que deve ser levada em conta na composição da amostra, consideraram-se as localidades que farão parte da amostra aos quais será subdividido de acordo com o número de habitantes compondo, assim, o segundo nível de pré-estratificação, o **porte da localidade**.

O último critério de pré-estratificação será a idade. Para cada localidade participante da amostra será examinado um determinado número de indivíduos numa dada faixa-etária ou idade-índice. A Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere a composição da amostra em determinadas idades-índice e grupos etários, os quais serão utilizados no presente projeto com algumas modificações visando maior representatividade no contexto amazônico.

O **tamanho de amostras** (indivíduos) será feito através de um levantamento preliminar em campo, com a aplicação de um questionário epidemiológico/socioeconômico. A partir destas informações serão calculados os desvios padrões com os quais serão calculados os erros das médias das variáveis (indivíduos) envolvidas neste estudo que será usado para determinar o tamanho amostral com significância de 95%.

Este método citado tem grande aplicação em estudos epidemiológicos conforme pode ser visto em Beigelman (1999). Esta técnica é bastante usada quando o estudo a ser realizado não

engloba toda população, mas sim uma parte representativa e com significância desta população. Caso esta técnica estatística empregada venha a indicar um maior número de amostras, estas serão amostradas.

6.9.1 Banco de Dados e Georeferenciamento das Informações

Todas as informações geradas no monitoramento do meio abiótico, biótico e epidemiológico serão compiladas num banco de dados relacional por meio dos *softwares Microsoft Access* e a geração *Arc*. O Banco de Dados será idealizado para armazenar dados de modo a facilitar o acesso aos dados obtidos pelo monitoramento.

A base desse banco de dados constitui-se nos pontos amostrais georeferenciados, sobre uma base física, considerando as características planialtimétricas, edáficas, hidrológicas e climáticas. A partir desse banco de dados será possível padronizar as informações entre os diferentes locais de estudo e facilitar as análises estatísticas.

6.9.2 Análise Estatística dos Dados

Inicialmente será realizada análise exploratória de dados constituindo basicamente em resumir e organizar os dados coletados através de tabelas, gráficos ou medidas numéricas, e a partir dos dados resumidos procurar alguma regularidade ou padrão nas observações que permitam realizar interpretações iniciais nos dados coletados. A partir dessa interpretação inicial é possível identificar se os dados seguem algum modelo conhecido, que permita estudar o fenômeno sob análise, ou se é necessário sugerir um novo modelo.

A análise dos resultados compreenderá a aplicação de testes estatísticos univariados e multivariados para comparações pareadas e estudos de correlação. A análise estatística será realizada atentando-se para prerrogativas da análise como a normalidade dos dados. Considerando o número de amostras inferiores ao número de variáveis analisadas ($n - p < 30$), será necessário avaliar a normalidade multivariada dos dados (Johnson & Wichern 1998).

O teste de Shapiro-Wilk será utilizado para verificar a normalidade dos dados seguidos e da aplicação do teste *t* e análise de variância para averiguar diferenças significativas em nível de 95% de confiança.

Análises multivariadas serão empregadas para explorar as informações obtidas no banco de dados, a fim de reduzir o volume de informações a serem interpretadas, testar as hipóteses levantadas com base nas matrizes bióticas e abióticas evidenciados, e para obter as listagens de informações indicadoras de cada grupo.

Serão utilizados métodos de classificação e ordenação, presentes no programa PC-ORD (McCune & Mefford, 1999). O uso das duas técnicas é recomendado porque um método complementa o outro, pois se há formação dos mesmos grupos nos dois métodos, é porque estes são realmente consistentes.

A análise univariada não inclui as correlações entre as múltiplas variáveis avaliadas, entretanto a análise fatorial por técnica de Monte Carlo (considera as incertezas nos cálculos das cargas fatoriais), por componentes principais, e pelo método da máxima verossimilhança será aplicada de acordo com as características do conjunto de dados a ser analisado.

As cargas fatoriais serão importantes na determinação de grupos com características semelhantes e na redução do número de variáveis a serem aplicadas, assim como na

identificação de possíveis fontes ambientais. Os valores dos fatores obtidos a partir das cargas fatoriais calculadas serão utilizados na confecção de mapas e testes estatísticos aplicados a esses resultados na tentativa de facilitar a discussão.

6.9.3 Análise Espacial e Geoestatística dos Dados

O primeiro passo para a análise geoestatística é o reconhecimento da variável, chamado de análise exploratória. Esta análise permite a caracterização da variável pela sua estatística básica (média, mediana, moda, variância, quantis, curtose e assimetria) através de histogramas e outras ferramentas, da identificação de agrupamentos, correlação entre variáveis e, principalmente, o comportamento espacial, dado pela (semi) variograma. A Geoestatística Clássica faz, então, o uso do variograma para o cálculo dos pesos que serão atribuídos a cada amostra para a predição de um ponto onde se desconhece o valor assumido pela variável.

A Geoestatística tem na *krigagem* uma das metodologias mais aplicadas recentemente, são mais de 30 técnicas diferentes, sendo mais usadas a Krigagem Simples, Ordinária, Indicativa e Universal, cada uma assumindo hipóteses diferentes e/ou com aplicações distintas. Para seu uso são necessários o conhecimento da Teoria de Funções Aleatória e a Teoria da Probabilidade, daí decorrem todos os seus postulados. Então, uma amostra passa a refletir o valor assumido por uma variável aleatória num ponto em um certo momento. Essa variável aleatória obedece a função aleatória que é descrita por uma função de densidade de probabilidade.

6.10 Autorizações Especiais

Para a amostragem dos peixes é necessária a autorização do IBAMA/RO de coleta sazonal da variedade de espécies de peixes na bacia do rio Madeira. Também é necessária a autorização do uso de reagentes químicos (solventes e ácidos) controlados pela Polícia Federal e Ministério do Exército.

Para a avaliação humana, os pesquisadores devem se comprometer que não há possibilidade de danos a dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual dos participantes, em qualquer fase da pesquisa e dela decorrente, ou mesmo dano associado ou decorrente deste monitoramento, cumprindo as exigências da resolução CNS 196/96. Os (a) participantes, individual ou coletivamente, serão voluntários, e não haverá qualquer forma de remuneração. A anuência dos sujeitos da pesquisa e/ou de seu representante legal será livre de vícios (simulação, fraude ou erro), dependência, subordinação ou intimidação, após explicação completa e pormenorizada sobre a natureza do monitoramento, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que este possa acarretar, formulada em um termo de consentimento, autorizando sua participação voluntária na pesquisa. A pesquisa será realizada sem riscos para os participantes, uma vez que o exame clínico não machuca, o cabelo cresce de novo e a doação de leite materno não implicará em prejuízos a alimentação das crianças envolvidas. Os materiais biológicos citados no projeto serão estudados na busca dos níveis de exposição corporal. Os pesquisadores comprometem-se a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados, sejam eles favoráveis ou não, garantindo que danos previsíveis sejam evitados.

7. RELATÓRIOS/PRODUTOS

Serão apresentados relatórios parciais trimestrais e um final a cada ano durante os 8 anos do projeto, considerando sempre as fases de pré e pós-enchimento, pela empresa contratante. Os relatórios conterão um diagnóstico ambiental e humano da presença de mercúrio em conformidade com a proposta supracitada. Essas informações também propiciarão envio de comunicações a congressos pertinentes e submissão de artigos para revistas científicas com a concordância e participação dos contratantes.

Esses relatórios também apresentarão informações de levantamento de estudos pretéritos na área de estudo com objetivos comparativos, além do confronto de dados com a Legislação pertinente.

8. CRONOGRAMA

O Cronograma está apresentado no **Anexo I**.

9. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

A análise técnica dos resultados ambientais do programa de monitoramento de mercúrio será realizada de forma sistêmica englobando dados do programa de hidrossedimentologia e do programa de controle do desmatamento. Estes dados serão organizados em banco para análise da dinâmica do Hg em função destas variáveis ambientais. Os dados obtidos nos planos de compensação social fornecerão subsídios para o monitoramento das populações que vivem na área do empreendimento. Os programas de compensação social a partir do controle dos movimentos migratório na área de estudo possibilitarão a inclusão ou exclusão dos sujeitos do monitoramento das populações humanas no entorno do empreendimento.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.D.; LACERDA, L.D.; BASTOS, W.R. & HERRMANN, J.C. Mercury loss from soils following conversion from forest to pasture in Rondônia, western Amazon, Brazil. **Environmental Pollution**, v. 137, p. 179-186, 2005.
- ANVISA. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos – DINAL – Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998 fixa limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos. Diário Oficial de 24/09/98. 1998.
- AULA, I.; BRAUNSWEILLER, H.; LEINO, T.; MALIN, I.; PORVARI, P.; HATANAKA, T.; LODENIUS, M. & JURAS, A. Levels of mercury in the Tucuruí reservoir and its surrounding area in Pará, Brazil. *In*: Watras, C.J. & Huckabee, J.W. (Eds.) Mercury Pollution: Integration and Synthesis. Lewis Publ., p. 21-40.1995.
- BASTOS, W. & LACERDA, L.D. A contaminação por Mercúrio na bacia do Rio Madeira: Uma breve revisão. **Geochimica Brasiliensis**, v. 18, n. 2, p. 99-114, 2004.
- BASTOS, W. R., MALM, O. PFEIFER, W. C. & CLEARY, D., Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon Brazil. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, Rio de Janeiro. v. 50, p. 255-260. 1998.
- BASTOS, W.R.; GOMES, J.P.O; OLIVEIRA, R.C.; ALMEIDA, R.; NASCIMENTO, E.L.; LACERDA, L.D.; SILVEIRA, E.G. & PFEIFFER, W.C. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Sci. Tot. Environm.** v.368, p.344 – 351. 2006.
- BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. 4ª. Edição, Ribeirão Preto-SP, Editora da Revista Brasileira de Genética. 1996.
- BISINOTI, M.C. & JARDIM, W.F. Behavior of methylmercury in the environment. **Quím. Nova**, July/Aug., vol.27, no.4, p.593-600. ISSN 0100-4042. 2004.
- DOREA, J., G. Fish are central in the diet of Amazonian riparians: Should we worry about their mercury concentrations? **Environmental Research**, New York,v.92, n1. p. 232-244. 2003.
- ESTEVES, K. E; J. M. R. ARANHA. Ecologia trófica de peixes de riachos. Pp. 157-182. *In*: E. P. CARAMASCHI; R. MAZZONI & P. R. PERES-NETO (eds). Ecologia de Peixes de Riachos. Série **Oecologia Brasiliensis**, vol. VI, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 260p. 1999.
- AHE Santo Antônio Projeto Básico Ambiental – PBA Revisão de 14/01/08 Consórcio MESA S.A.
- FADINI, P.S. & JARDIM, W.F. Is the Negro River Basin (Amazon) impacted by naturally occurring mercury **Sci. Tot. Environ.**, 275:71-82, 2001.
- GUIMARÃES, J.R.D., MEIL, I. M., HYLANDER, L.D. SILVA, E.C., ROULET, M., MAURO, J.B.N. & LEMOS, R.A. Mercury net methylation in five tropical floodplain regions of Brazil:

high in the root zone of floating macrophyte mats but low in surface sediments and flooded soils. **Sci. Tot. Environ.** 261:99-107. 2000.

IBAMA. Instrução normativa nº 65, de 13 de abril de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 abr. 2005. Seção 1, p.144-145.

KEHRIG, H. A. & MALM, O. Methylmercury in fish as a tool for understanding the Amazon Hg contamination. *Applied Organometallic Chemistry*, John Wiley & Sons Ltd, v. 13, p. 689-696, 1999.

LACERDA, L.D. & SALOMONS, W. **Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb**. Springer Verlag, 146 p. 1998.

LACERDA, L.D. **Mercury from gold and silver mining**. Springer New York. 1998.

LACERDA, L.D.; PFEIFFER, W.C.; OTT, A.T. & SILVEIRA, E.G. Mercury contamination in the Madeira River, Amazon - Hg inputs to the environment. **Biotropica**, 21:91-93, 1989.

LACERDA, L.D.; SOUZA, M. & RIBEIRO, M.G. The effects of land use change on mercury distribution in soils of Alta Floresta, Southern Amazon. **Environ. Pollut.**, 129:247-255, 2004.

MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, C.M.M. & REUTHER, R. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River basin, Brazil. **Ambio**. Stockholm. Vol. 19, no. 1, pp. 11-15. 1990.

MAURICE-BOURGOIN, L.M.; QUIROGA, I; CHINCHEROS, J. & COURAU, P. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira Rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. **Sci. Tot. Environm.**, 260:73-86, 2000.

MAURO, J.B.N.; GUIMARÃES, J.R.D. & MELAMED, R. Mercury methylation in macrophyte roots of a tropical lake. *Water Air Soil Pollut.*, 127:271-280, 2001.

McCUNNE, B. & MEFFORD, M.J. **Multivariety analysis of ecological data**, version 4.0. Mjm.software designs. Oregon, 1999.

MIRANDA, R.M., GUIMARÃES, J.R.D., ROULET, M.; ACHA, D., COELHO-SOUZA, S., MAURO, J.B.N. & INIGUEZ, V. Mercury methylation and bacterial activity in macrophyte-associated periphyton in floodplain lakes of the Amazon basin. **RMZ Materials and Geoenvironment** 51:1218-1220. 2004.

PACHECO-FERREIRA, H.. **Mercúrio na Amazônia – Efeitos sobre a saúde das populações ribeirinhas**. UFPA. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Tese de doutorado. 2001.

PFEIFFER, W.C.; MALM, O.; SOUZA, C.M.M.; LACERDA, L.D. & SILVEIRA, E.G. Mercury in the Madeira River Ecosystem, Rondonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Vol. 38, No. 3/4, p 239-245, 1991.

PFFEIFER, W. C. & LACERDA, L. D. Mercury inputs to the Amazon region, Brazil. **Environ. Technol. Lett.**, 9:325-350, 1988.

PILLAR, V.P. **Suficiência amostral**. *In: Amostragem em Limnologia* (Orgs. Bicudo,

C.E. & Bicudo, D.). Ed. Rima, São Carlos-SP. 2004.

PORVARI, P. Mercury levels in fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and in River Moju in Amazônia, in the state of Pará, Brazil. **Sci. Tot. Environ.** 175: 109-117, 1995.

ROULET, M.; LUCOTTE, M.; SAIT ALBAN, A.; TRAN, S.; RHEAULT, I.; FARELA, N.; SILVA, E.D.; DESENCOURT, J.; PASSOS, E.D.; SOARES, G.S.; GUIMARÃES, J.R.D.; MERGLER, D. & AMORIM, M. The geochemistry of mercury in central Amazonian soils developed on the Alter-do-Chão formation of the lower Tapajós River Valley, Pará State, Brazil. **Sci. Tot. Environ.**, 223:1-24, 1998.

SEGADE, S. R. & TYSON, J. F. Determination of inorganic mercury total mercury in biological and environmental samples by flow injection – cold vapor – atomic absorption spectrometry using sodium borohydride as the sole reducing agent, **Spectrochimica Acta, Amsterdã**, v.58, n.5, p. 797 – 807, 2003.

TUOMOLA, L. Mercury Levels in Fish Five Years after Construction of Lago Manso Reservoir, Brazil. Degree project in Biology. Examensarbete i biologi, 20 p, Biological Education Centre and Department of Limnology. Uppsala University. Supervisors: Lars Hylander and Edinaldo de Castro e Silva. 2005.

VERDON, R.; BROUARD, D.; DEMERS, C.; LALUMIERE, R. & LAPERLE, M. Mercury Evolution (1978-1988) in Fishes of the La Grande Hydroelectric Complex, Quebec, Canada. **Water, Air and Soil Pollution**, Vol. 56, p 405-417, 1991.

ANEXO I
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Módulo 2

**Parecer Técnico Secretaria de Vigilância em
Saúde/SVS/MS, de 07/08/2008**



MINISTÉRIO DA SAÚDE
Secretaria de Vigilância em Saúde
Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental

Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde/CGVAM
Ed. Principal – Bloco “A” – 5º Andar
BRASÍLIA/DF – CEP: 70.304-000
FAX : (061) 3213. 8484 TELEFONE : (061) 3213. 8449

Para (To): Valter Muchagata - Diretor de Licenciamento Ambiental
Fax Nº: :(61) 3316-1594

DATA: 07/08/2008

Assunto: Atendimento ao ofício nº 394/2008/DILIC/IBAMA

MENSAGEM

Antecipo a este órgão teor do Parecer Técnico que será devidamente enviado por meio da Secretaria de Vigilância em Saúde/SVS/MS, referente ao ofício nº 394/2008/DILIC/IBAMA:

1. O Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, seção 07, é parte do Projeto Básico Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antonio apresentado ao IBAMA em atendimento as condicionantes contidas nos itens 2.1, 2.7, 2.8 e 2.32 da Licença Prévia nº 251/2007.

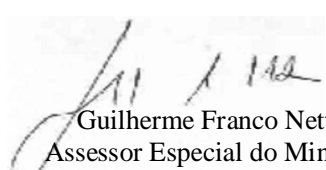
1. As informações contidas na introdução, na justificativa, nos objetivos, nas metas, o desenho amostral, o georeferenciamento das estações de coleta, a definição das variáveis a serem amostradas, a amostragem abiótica e biótica, o monitoramento das fontes difusas, a avaliação humana, as análises laboratoriais e os métodos para a análise dos dados, descritos no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico são adequados e apresentam consistência científica.

2. No que diz respeito à possibilidade de contaminação das populações ribeirinhas, a LP nº 251/2007 exigiu, através da condicionante 2.8 a realização de estudos epidemiológicos das comunidades que vivem próximo à cachoeira Teotônio e Igarapé Jatuarana.

3. Embora a população da região do AHE Santo Antonio não apresente o mal de Minamata foram propostos no Programa de Monitoramento Hidrogeoquímico estudos quantitativos e qualitativos ao longo dos períodos pré e pós enchimento, em humanos residentes na área de influência do empreendimento, estabelecendo o perfil de morbimortalidade da população a partir de estudos ecológicos, transversais, inquérito epidemiológico, estudos longitudinais de agravos dos usuários expostos a contaminação química e biológica, acompanhados de avaliação toxicológica do mercúrio no cabelo e no leite materno das populações envolvidas na área de influencia, além da realização de estudos neurocomportamentais (avaliação neuropsíquica). Este segmento do estudo inclui testes clínicos simples de memória, equilíbrio, acuidade visual, linguagem e coordenação motora, destinados a pesquisa em indivíduos expostos cronicamente a poluentes persistentes. Os dados obtidos serão comparados ainda aos previamente obtidos em outros estudos em avaliações semelhantes. A equipe do IBCCF/UFRJ supervisionará a aplicação dos testes neurotoxicológicos

4. Com base no conjunto de informações apresentadas somos de parecer que o Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico apresentado na Seção 07 do Projeto Básico Ambiental do Aproveitamento Hidroelétrico Santo Antonio no Rio Madeira, atende o solicitado nas condicionantes 2.1, 2.7, 2.8, e 2.32.

5. Para o cumprimento integral das proposições apresentadas sugerimos que a Secretaria Estadual de Saúde em conjunto com o órgão ambiental estadual crie mecanismo conjunto de monitoramento e avaliação permanente das ações previstas no Programa, envolvendo ainda órgãos de referencia em pesquisa como o IEC, bem como as universidades do Pará, de Rondônia e do Amazonas, a FIOCRUZ e o IESC/UFRJ.


Guilherme Franco Netto
Assessor Especial do Ministro
Responsável pela Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador

**PBA CONSOLIDADO
AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA**

SEÇÃO 08

**PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTO DOS DIREITOS
MINERÁRIOS E ATIVIDADE GARIMPEIRA**

15 DE JANEIRO DE 2009

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

- Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008**
- Módulo 2 - Carta MESA 030/2008, de 22/04/2008**
- Módulo 3 - Ofício 393/2008 – Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), de 29/06/2008**
- Módulo 4 - Relatório de acompanhamento das atividades – condicionantes de 30 dias, da LI Nº 540/2008**

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008, deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de Setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental – PBA do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, faz-se necessária nova apresentação do Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e Atividade Garimpeira.

Para este Programa não foi realizada revisão a partir de estudos complementares.

A Licença de Instalação Retificada Nº 540/2008, IBAMA de 18/08/2008, estabelece a Condicionante 2.34, conforme a seguinte transcrição determina:

“2.34 Sobre o Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e Atividade Garimpeira:

- (a) Encaminhar ao IBAMA o convênio com o CPRM – Serviço Geológico Brasileiro, com confirmação do CPRM quanto a viabilidade de se concluir as etapas dentro do cronograma.*
- (b) Encaminhar ao IBAMA no prazo de 30 dias o primeiro Relatório de Acompanhamento das Atividades, comprovando os avanços físicos até o presente momento e atualizando o cronograma se for o caso. Os demais Relatórios de Acompanhamento deverão ser encaminhados ao IBAMA semestralmente.*
- (c) Apresentar ao IBAMA no Relatório Semestral subsequente à conclusão da fase de Cadastramento e Monitoramento das Atividades Minerárias os resultados do levantamento sócio-econômico da população que depende da atividade minerária associados às soluções que serão aplicadas para cada caso individualmente ou em grupos, se for o caso. Deverão ser contemplados com as negociações não somente os permissionários que detenham direito de lavra como também os eventuais funcionários destes que venham a ser afetados. ”*

Segue no módulo 5, o relatório de atendimento à Condicionante 2.34, da LI (item b).

Constam deste documento, portanto, os seguintes módulos, a saber:

- Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;
- Módulo 2 - Carta MESA: 030/2008 ao Departamento Nacional de Produção Minerária (DNPM);
- Módulo 3 - Ofício: 393/2008 DMPN, de 29/06/2008;
- Módulo 4 - Relatório de acompanhamento do Programa - condicionante 2.34 da LI (item b).

Módulo 1

Programa Versão Original, de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental
AHE Santo Antônio

SEÇÃO 08

**PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTOS DOS DIREITOS
MINERÁRIOS E DA ATIVIDADE GARIMPEIRA**

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

INDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	JUSTIFICATIVA	2
3.	OBJETIVO	2
4.	METAS.....	3
5.	PROCEDIMENTOS.....	3
6.	BASE LEGAL	6
7.	ÂMBITO DE APLICAÇÃO	6
9.	CRONOGRAMA.....	7
10.	INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	7
11.	BIBLIOGRAFIA	7

ANEXOS

Anexo I – Cronograma de Atividades

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e da Atividade Garimpeira faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA. Este programa atende à condição de validade 2.1 da referida licença.

Entre as décadas de 1950 e 1970, a garimpagem de cassiterita e ouro no rio Madeira absorveu importante contingente de mão-de-obra, notadamente migrante. No início da década de 1970, em razão do incremento da lavra mecanizada, a produção cresceu significativamente, alcançando seu auge na década de 1980 e entrando em declínio a partir da década seguinte.

Em 1979 e 1989, através das Portarias Ministeriais Nº 1.345/79 e Nº 1.034/80, o Ministério de Minas e Energia criou duas Reservas Garimpeiras no rio Madeira, que compreenderam o segmento do rio situado entre a cachoeira do Teotônio, a montante da cidade de Porto Velho, e a cachoeira do Paredão. Em 2004, através das Portarias Nº 262 e Nº245, o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) corrigiu os polígonos ao longo do rio Madeira destinados ao aproveitamento mineral pelo Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.

Todavia, reconhecidamente as atividades garimpeiras no rio Madeira, no município de Porto Velho, alcançaram uma amplitude espacial maior do que os limites legais definidos pelas Portarias do Ministério de Minas e Energia e do DNPM, estendendo-se desde a localidade de Belmonte, a jusante de Porto Velho, até Abunã, localidade situada a montante.

Conforme resultados do levantamento efetuado no âmbito do EIA/RIMA dos aproveitamentos Santo Antônio e Jirau, na Área de Influência Direta do AHE Santo Antônio foram constatados e identificados 121 locais de garimpo de ouro ativo interferindo com o reservatório do AHE Jirau e 78 locais no reservatório do AHE Santo Antônio. A lavra manual, com equipamentos rudimentares também foi registrada no cadastramento preliminar efetuado quando da elaboração do EIA/RIMA.

A área conta também com diversos processos de pesquisa e lavra registrados no DNPM em nome de empresas, cooperativas garimpeiras e pessoas físicas envolvendo tanto o ouro, a cassiterita, mas também outras substâncias minerais, caso da ametista e do topázio, bem como áreas de exploração de areia e rocha para britagem.

Considerando a ocorrência de depósitos minerais em áreas que serão diretamente afetadas pelas obras e/ou pela formação do reservatório do AHE Santo Antônio, o presente programa detalha as ações necessárias à gestão das interferências com a atividade minerária desenvolvida no rio Madeira.

As ações propostas serão executadas em parceria com a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, instituição com reconhecida experiência no acompanhamento da atividade garimpeira no rio Madeira e no estado de Rondônia e em pesquisas minerais nesse mesmo rio.

2. JUSTIFICATIVA

O reservatório que será formado pela implantação do AHE Santo Antônio se sobrepõe tanto a áreas de mineração ativa, preliminarmente cadastradas no EIA/RIMA, como a áreas que apresentam jazidas minerais ainda não exploradas, o que configura uma interferência permanente, com impactos sobre a mineração enquanto atividade produtiva e econômica, o que justifica o desenvolvimento de ações capazes de minimizar os impactos previstos.

Complementarmente, faz-se necessário compatibilizar esse tipo de atividade com o aproveitamento hidráulico para geração de energia elétrica, que configura atividade de interesse público.

As áreas com exploração mineral em curso sofrerão importantes restrições que podem inviabilizar o seu desenvolvimento. De modo semelhante, as áreas ainda não exploradas, algumas com pesquisas em curso, também sofrerão restrições e impedimentos a partir da formação do futuro lago.

De modo geral, pode-se afirmar que o ouro lavrado no rio Madeira procede de aluviões cascalhíferos geralmente soterrados por camadas de depósitos arenosos, ou então em arenitos ferruginizados, às vezes com feições conglomeráticas, denominado popularmente como “mucururu”, bastante freqüente nas áreas de inundação.

Além de grande mobilidade ao longo do rio Madeira e de seus afluentes, a atividade apresenta forte sazonalidade em razão do regime fluvial. Nas cheias, quando a lâmina d'água do rio Madeira chega a alcançar até 18 metros de profundidade, os únicos equipamentos capazes de operar nessas condições são as dragas, que configuram um equipamento de maior porte e se deslocam com facilidade pelo rio. Em decorrência da elevação do nível do rio, as balsas ficam impossibilitadas de operar devido à deficiência tecnológica e velocidade do rio. Nesse período, os garimpeiros atuam em outras atividades econômicas, como agricultura familiar, pesca, dentre outras.

Os estudos ambientais constataram e identificaram 78 locais de garimpo de ouro ativo interferindo com o futuro reservatório do AHE Santo Antônio.

No âmbito do DNPM, os estudos identificaram 12 processos legalizados, sendo que 9 encontram-se na etapa de autorização de pesquisa mineral, 2 em fase de licenciamento e 1 como concessão de lavra, requerida em nome da pedreira Rondomar. As 9 áreas de autorização de pesquisa identificadas, segundo o estudo, referem-se aos bens minerais granito, granito ornamental, ouro, areia e titânio. As duas áreas em fase de licenciamento estão registradas para a exploração de granito, argila e laterita.

Em síntese, a formação do reservatório alterará as condições de desenvolvimento das atuais e futuras atividades minerárias e garimpeiras, sobretudo pela ampliação da lâmina d'água e também pela inundação de áreas marginais e de afluentes do rio Madeira.

3. OBJETIVO

O objetivo central do presente programa é o de nortear a resolução e minimização das interferências da implantação do empreendimento com as atividades mineraria e garimpeira existentes no rio Madeira, bem como, sempre que possível, compatibilizar a atividade produtiva com a geração de energia hidrelétrica e o seu reordenamento na área do futuro reservatório e no seu entorno.

Para tanto, considerando que a atividade apresenta forte sazonalidade e mobilidade espacial, o programa objetiva também monitorar a produção da atividade garimpeira e a situação legal dos processos registrados no DNPM.

4. METAS

Destacam-se como principais metas do presente programa:

- Inventariar e mapear todos os processos ativos no âmbito do DNPM e incidentes na AID, incluindo a diferenciação quanto ao tipo e fase do processo;
- Obter junto ao DNPM o bloqueio de toda a AID do empreendimento, incluindo não só o futuro reservatório e a área das obras civis (barramento), mas também todas as áreas de apoio;
- Produção de cadastro/inventário de todas as atividades minerárias existentes na AID do futuro reservatório do AHE Santo Antônio, incluindo dados relativos aos locais explorados, bens minerais, técnica de exploração, produção, mão-de-obra empregada, situação legal junto ao DNPM e aos órgãos ambientais, mobilidade da atividade a partir das alterações sazonais no nível da água;
- Efetuar as negociações e acordos compensatórios com os detentores de direitos minerários e homologá-los junto ao DNPM;
- Realocar a atividade garimpeira fora da área de inundação;
- Garantir a liberação de toda a área afetada pelo empreendimento, evitando conflitos com a atividade minerária.

5. PROCEDIMENTOS

Os objetivos e metas apresentados anteriormente serão alcançados mediante o desenvolvimento das seguintes atividades:

Atualização dos processos registrados no DNPM

Trata-se de levantamento que objetiva atualizar a ocorrência de áreas requeridas para pesquisa ou lavra no DNPM e que incidam espacialmente na AID do AHE Santo Antônio.

Os estudos ambientais anteriores ao PBA apresentaram levantamento preliminar. O quadro geral de áreas requeridas no DNPM é muito dinâmico, o que justifica tal levantamento.

As informações poderão ser solicitadas ao DNPM ou acessadas através do banco de dados SIGMINE, mantido pelo próprio DNPM em site.

No mínimo, a atualização dos processos minerários deve contemplar o levantamento do titular, a situação legal, bem mineral, localidade, área, distrito, município, último evento registrado.

A partir das informações obtidas deverá ser produzido um mapa dos processos minerários que ocorrem na AID, o que subsidiará outras atividades previstas no âmbito do presente programa.

Solicitação de bloqueio no DNPM

A partir da atualização dos processos minerários, será efetuada a solicitação de bloqueio da área para novas atividades e a suspensão ou encerramento dos processos ativos, evitando assim futuras interferências dessas atividades com a implantação e operação do AHE Santo Antônio. Nesse sentido, objetiva-se que o bloqueio de emissão de novos títulos minerários, caso de autorizações de pesquisa, registros de licenciamento e permissões de lavra garimpeira, bem como impedir a concessão de lavra para os processos existentes.

É recomendável que a solicitação de bloqueio seja consolidada antes da emissão da Licença de Instalação, impedindo o registro de novos processos na área de interesse.

O bloqueio será oficializado ao DNPM através de ofício ou relatório técnico complementado pelo mapeamento da AID e dos processos incidentes na área. As informações cartográficas serão apresentadas em formato digital *shapefile* (*.shp) para posterior integração ao banco de dados geográficos do DNPM.

Cadastramento e monitoramento das atividades minerárias

Para esta atividade estão programados quatro meses de trabalhos de campo e escritório constando, fundamentalmente, do cadastramento das balsas e dragas, das frentes de lavra e de toda a atividade garimpeira e mineral ativa na AID.

No caso específico das áreas de garimpo, essa programação está orientada para monitorar todo um ciclo anual de atividade e deve ainda estender-se após este primeiro ano de diagnóstico, ao longo do desenvolvimento do projeto básico e de construção da hidrelétrica.

O cadastramento inclui o levantamento de aspectos sócio-econômicos para a verificação da população efetivamente atingida, além de um levantamento cadastral detalhado relativo à situação legal da atividade junto ao DNPM e aos órgãos ambientais, substância explorada, produção, preços de comercialização, mão-de-obra, renda, métodos de extração, beneficiamento, equipamentos, mercados de destino, dentre outros aspectos.

Identificação de jazidas para realocação das atividades

Em parceria com técnicos da CPRM, consiste num conjunto de serviços técnicos que permitirão identificação e investigação de potenciais áreas para exploração mineral fora da área de inundação. São previstos os seguintes procedimentos:

Levantamento e análise de informações anteriores

Consistirá no levantamento e análise de todos os dados secundários existentes no Projeto Garimpo, executado pela CPRM até a década de 1990, na Caixa Econômica Federal, na Polícia Federal, Capitania dos Portos em Porto Velho, de instituições de saúde pública, além de outros órgãos federais, estaduais e municipais, esgotando em todos os níveis as informações disponíveis sobre o assunto, principalmente sobre a população garimpeira, a reserva e a produção aurífera. Deverão ser levantados os temas relacionados ao garimpo tais como: i) legislação correlata da atividade garimpeira; ii) histórico e produção aurífera; iii) sindicatos dos garimpeiros e outras entidades representativas da classe; iv) população, saúde e segurança pública; v) saneamento, aspectos jurídicos, prostituição, “lavagem de dinheiro”, tráfico de drogas, dentre outros pertinentes.

Aquisição de documentação técnica

Nessa etapa serão adquiridos os dados técnicos referentes a todos os trabalhos já executados na área, principalmente as imagens de satélite antigas e atuais, em um período abrangendo os últimos vinte e cinco anos, desde o início das atividades do garimpo de ouro. Será importante também a aquisição de material aerofotogramétrico ou orbital, em escala compatível para a realização dos trabalhos.

Fotointerpretação e análise de imagens

Pela necessidade de obtenção de informações de áreas potenciais a um eventual aproveitamento econômico de ouro, dentro e fora das áreas de influência direta do empreendimento, deverá ser realizada uma análise detalhada das fotografias aéreas e das imagens de satélite, tanto atual como de outras épocas, para a obtenção de parâmetros fotogeológicos, visando a formulação de critérios fotogeológicos que permitam a elaboração de um mapa fotogeológico preliminar. Esse produto que conterá também informações de trabalhos anteriores orientará a programação dos trabalhos de campo.

Identificação preliminar de áreas potenciais

Inicialmente, deverá ser efetuado um estudo geológico, para a identificação de locais, que poderão permitir uma futura exploração mineral. Constará, basicamente, de uma correlação do mapa gerado pela fotointerpretação e consolidado com os dados de investigação de campo, análise dos trabalhos realizados nos estudos de viabilidade e, finalmente, cotejados com os mapas de áreas já produtoras.

Sondagens Elétricas Verticais- SEV`s

Definidas as áreas potenciais, estas deverão ser investigadas por levantamentos geofísicos (Sondagens Elétricas Verticais - SEV), para estimar profundidade e extensão de paleocanais (unidades aluvionares com potencial para ouro), com o objetivo de orientar programas de sondagens mecânicas e/ou poços de pesquisa. A quantidade de linhas e o número de sondagens serão definidas em função da extensão das áreas potenciais cartografadas no item anterior.

Sondagens e Poços de Pesquisa

Numa terceira etapa de avaliação de áreas potenciais, os paleocanais serão alvo de investigações por sondagem e poços, para definir a presença de ouro e teores que justifiquem ou não uma atividade de exploração. Esta terceira etapa dependerá de uma análise criteriosa dos resultados dos trabalhos desenvolvidos ao longo do primeiro ano, portanto não consta da programação do primeiro ano, mas são de fundamental importância para avaliar o potencial de ouro nas áreas de influência direta do empreendimento. Análises mineralógicas e de amalgamação deverão ser realizadas também nessa etapa.

Acordos com os concessionários e permissionários

Como parte do programa é prevista a realização de acordos objetivando a compensação por restrições técnicas ou mesmo a inviabilização do desenvolvimento das atividades de pesquisa e/ou de extração mineral na AID do empreendimento em pauta.

Além de consolidar a resolução das interferências mediante o pagamento de indenização, a partir da negociação com os permissionários (garimpeiros) será possível identificar os interessados na realocação da atividade garimpeira para os setores definidos a partir do trabalho de investigação previsto no presente programa.

Realocação da atividade garimpeira

Com base no cadastramento das atividades minerárias previsto, e especialmente considerando os resultados da investigação de potenciais áreas de garimpo fora da área de inundação, será efetuada a realocação da atividade garimpeira para esses setores específicos, livres de restrições decorrentes da ampliação significativa da lâmina d'água e de conflitos com a geração de energia elétrica.

Para tanto, serão atendidos os pressupostos da Lei Federal Nº 7.805/1989, que criou o regime de permissão de lavra garimpeira.

O empreendedor deverá inicialmente definir as condições e as áreas do reservatório do AHE Santo Antônio onde as atividades garimpeiras poderão ser realizadas sem trazerem riscos à operação do empreendimento.

A realocação da atividade garimpeira deverá ser considerada nas áreas de permissão minerária onde a atividade puder ser realizada.

6. BASE LEGAL

O Ministério do Meio Ambiente, através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis outorgou a Licença Prévia – LP - Nº 251/2007 e registrada como Processo nº 02001.003771/2003-25. A LP é relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, Estado de Rondônia, município de Porto Velho. A potência instalada para o AHE Santo Antônio será de 3.150 MW e a área do reservatório de 271,3 km². A obra é composta por um barramento a fio d'água, casa de força, vertedouros e turbinas tipo bulbo.

Esta LP é válida pelo período de 02 (dois) anos, estando sua validade condicionada ao cumprimento das condicionantes constantes no documento, que deverão ser atendidas dentro dos respectivos prazos estabelecidos, e dos demais anexos constantes do processo que são partes integrantes desse documento.

Complementarmente, no caso específico das atividades minerárias, cumpre registrar que interferências entre tais atividades e projetos de utilidade pública são previstas no Decreto Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração) que, em seu artigo 42 estabelece a possibilidade de recusa de autorização se a lavra for considerada prejudicial ao bem público.

7. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O presente programa deverá ser desenvolvido em toda a AID do AHE Santo Antônio, o que inclui trecho do rio Madeira e de seus tributários.

Deverá envolver todos os atores envolvidos nas atividades minerárias na região, o que inclui além de empresas mineradoras e garimpeiros, cooperativas de garimpeiros, associações, sindicatos, a Prefeitura de Porto Velho, o DNPM e a CPRM.

8. RESPONSABILIDADE

A responsabilidade pela execução do programa é do empreendedor em parceria com a CPRM. É desejável o envolvimento da Prefeitura de Porto Velho.

9. CRONOGRAMA

O Cronograma de Atividades está apresentado em anexo.

10. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Da mesma forma que os impactos ambientais estão inter-relacionados, produzindo efeitos cumulativos, os Programas Ambientais são interdependentes no tempo e no espaço.

As principais relações de sinergia e interdependência são verificadas com os programas de:

- Comunicação Social e Educação Ambiental;
- Resgate do Patrimônio Arqueológico Pré-Histórico e Histórico;
- Remanejamento da População Atingida(Reorganização das atividades produtivas);
- Compensação Social;
- Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios.

11. BIBLIOGRAFIA

BIZZI L.A., SCHOBENHAUS C., GONÇALVES J.H., BAARS F.J., DELGADO I. de M., ABRAM M.B., LEÃO NETO R., MATOS G.M.M. de, SANTOS J.O.S. 2002. Geologia e recursos minerais da Amazônia Brasileira; Região cratônica. Sistema de Informações Geográficas - SIG. Brasília. (Escala 1:1 750.000). CD Rom.

FURNAS, ODEBRECHT, LEME. EIA – RIMA UHE Santo Antônio e Jirau. Belo Horizonte, 2006. CD Rom.

LOBATO F.P.N.S., APPEL L.E., GODOT M.C.F.T. de, RITTER J.E. 1966. Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia. DNPM, Rio de Janeiro, 191 p. Bol., 125.

RIZZOTTO G.J., QUADROS M.L.E.S., OLIVEIRA J.G.F, CASTRO J.M.R. (2004). Geologia e Recursos Minerais do Entorno de Jirau. Convênio FURNAS / CPRM (no prelo).

ANEXO I
Cronograma de Atividades

Módulo 2

Carta MESA: 030/2008 à DMPN

São Paulo, 22 de abril de 2008

Ilustríssimo Senhor
Miguel Antonio Cedraz Nery
Diretor Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral
Ministério de Minas e Energia/MME
S.A.N. Quadra 01 Bloco B
70.041-903 - Brasília – DF

Nº. Ref.: MESA: 030/2008

Assunto: Usina Hidrelétrica de Santo Antônio – Área

Prezados Senhores,

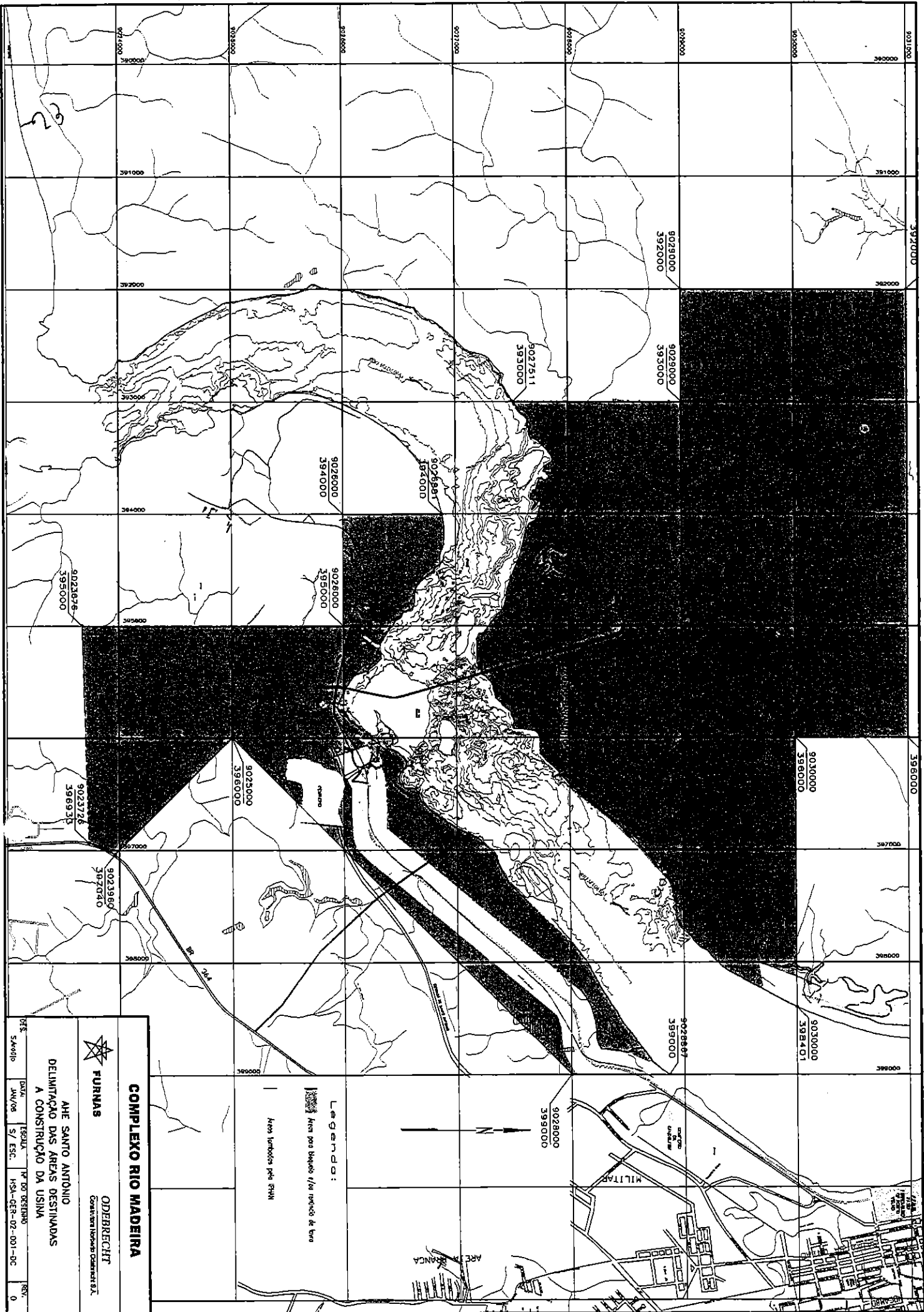
Foi realizada solicitação a esse DNPM, de bloqueio dos processos minerários eventualmente contidos dentro do perímetro estabelecido para a implantação do canteiro de obras e demais elementos que comporão a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, conforme desenho HSA-GER-02-001-DC, enviado naquela ocasião e ora reencaminhado, visando à liberação da área para o início das obras.

A situação dos processos em áreas interferentes com a implantação da Usina já foi informada por V.Sas por meio do Ofício nº 135/DIRE-2008, de 28 de fevereiro de 2008.

Considerando que para o processo construtivo das obras civis da Usina, serão utilizados materiais naturais de construção terrosos e pétreos, conforme previsto no projeto e resultantes das escavações obrigatórias ou de jazidas de empréstimo, solicitamos confirmar nosso entendimento, de acordo com o discutido com representantes do DNPM na reunião do GPAC em Brasília do dia 09 de abril de 2008, que não serão necessárias quaisquer outorgas específicas para a exploração daqueles materiais dentro do perímetro estabelecido no desenho citado.


Atenciosamente
Irineu Berardi Meireles
Diretor Presidente

Handwritten initials



COMPLEXO RIO MADEIRA



ODEBRECHT
 Construtora Odebrecht S.A.

AREAS DESTINADAS PARA O LANCAMENTO DO PROJETO

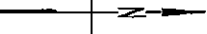
A CONSTRUÇÃO DA USINA

DATA	REVISÃO	REV.
04/10/06	1	0
Projeto	Projeto	Projeto
Projeto	Projeto	Projeto

Legenda:

Áreas para lançamento e/ou lançamento de terra

Áreas lançadas pelo PNM



AREIA BRANCA

MILITAR

9030000
396000

9030000
396401

9029000
392000

9029000
393000

9027511
393000

9026987
394000

9026000
394000

9026000
395000

9025000
396000

9023960
397040

9022676
395000

9023726
396933

391000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

392000

392000

396000

396000

396000

396000

Módulo 3

Resposta DMPN – Ofício: 393/2008 de 29/06/2008

Ofício. nº 393/2008/DIRE

Brasília, 25 de junho de 2008

A Vossa Senhoria, o Senhor
IRINEU BERNARDI MEIRELES
Diretor Presidente do Consórcio Mesa S/A.
Av. Presidente Juscelino Kubitschek, 1400 2º andar cj - 22
São Paulo
CEP: 04543-000

Assunto: Ref.: MESA: 030/2008.

Senhor Diretor,

1. Em atenção a correspondência acima referida, informo que em consulta ao banco de dados do DNPM, verificamos como incidente na área do canteiro de obras do projeto de implantação da Usina Santo Antônio, no Rio Madeira, em Rondônia, os processos abaixo relacionados detentores de títulos minerários.

Processo - DNPM	Situação Atual
886.255/2001	Relatório Final Protocolado
886.033/2002	Alvará Vigente até 17/08/2008
886.011/2002	Alvará Vigente até 07/12/2008
886.103/2002	Alvará Vigente até 07/12/2008
886.051/2005	Alvará Vigente até 30/01/2010
886.027/2005	Alvará Vigente até 30/11/2010
886.275/2007	Alvará Vigente até 30/01/2011

2. Com referência as possíveis indenizações faz-se necessárias uma análise mais detalhada pela Procuradoria jurídica.

3. Em relação à ratificação do entendimento da MESA de que a jazida de material construtivo existente na área do canteiro de obras poderia ser por ela utilizada sem necessidade de direitos outorgados, anexamos o despacho exarado pela Procuradoria Geral no processo DNPM nº 48400-002.548/2007 - 05 que reconhece pela aplicabilidade do Artigo 3º § 1º do Código de Mineração.

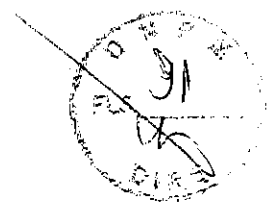
Atenciosamente,



MIGUEL ANTONIO CEDRAZ NERY
Diretor-Geral



Departamento Nacional de Produção Mineral



Despacho

Relação 11/2008

PUBLICADO
DOU <u>31/01/08</u>
Pág. nº <u>92</u>
<i>Alcic</i>

Referência: Processo DNPM nº 48400-002.548/2007

Interessado: Energia Sustentável do Brasil S. A.

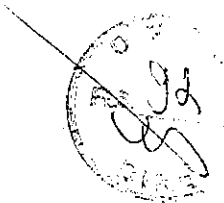
Assunto: Bloqueio de áreas em razão de projeto de construção de usina hidrelétrica e extração mineral pelo regime jurídico do artigo 3º, parágrafo 1º, do Código de Mineração.

Nos termos da NOTA/PROGE Nº 008/2008-FMM, que ora aprovo e adoto como fundamento, decido:

a) - **pelo reconhecimento da aplicabilidade do artigo 3º, parágrafo 1º, do Código de Mineração**, no caso da construção da Usina Hidrelétrica Santo Antônio, desde que as atividades sejam realizadas na área de canteiro de obras, envolvendo "(...) movimentação de terra, desmonte de materiais in natura e extração de areia, com aplicação restrita nas obras da usina, tais como: abertura de vias de transporte, obras gerais de terraplanagem e edificações, entre outras, não se constituindo com lavra de caráter comercial". Ressalto, entretanto que, com a aplicação do referido artigo, certamente acarretará diminuição do custo total da obra, por conseguinte, caso se verifique que essa redução de custo não foi contemplada no orçamento previsto para obra, há que se diminuir o valor das tarifas a serem cobradas pelo fornecimento de energia elétrica ou, se for o caso, reduzir o montante a ser repassado à empresa responsável pela construção, (determinando-se, nesse caso, o reequilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato de concessão);

b) - **pelo bloqueio da área para novos requerimentos**, como medida de prudência, em razão da dimensão do projeto a ser implementado e da alta possibilidade de realização de atividade especulativa na área;


Mary



c) - **pela suspensão** do andamento e da análise dos processos minerários listados às fls. 24 a 53 do processo 48400-002.548/2007. //

Oficie-se a interessada da presente decisão, devendo constar, também a intimação, conforme item 12 da referida Nota, em seguida, encaminhe-se o presente processo à DICAM para publicação da presente decisão e atendimento do item 13, bem como das demais medidas recomendadas na referida Nota e, cumpridas todas as recomendações, retorne-se o presente processo a esta Diretoria Geral, com vistas ao encaminhamento à PROGE para Parecer conclusivo.

Brasília, 29 de janeiro de 2008.


MIGUEL ANTONIO CEDRAZ NERY
Diretor-Geral

Módulo 4

**Relatório de acompanhamento do Programa –
condicionante 2.34 da LI (item b)**

Relatório Técnico

Inventário de Direitos Minerários

Madeira Energia S.A.

UHE Santo Antônio

Belo Horizonte - MG

Julho de 2008

Índice

	Página Nº
1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. METODOLOGIA DE TRABALHO.....	5
4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	7
5. CONCLUSÕES - PARECER TÉCNICO	11

RELATÓRIO TÉCNICO

Inventário de Direitos Minerários

1. Introdução

Este Relatório Técnico tem por objetivo apresentar e discutir os resultados do trabalho de elaboração do Inventário de Direitos Minerários para a área diretamente afetada pela implantação da UHE Santo Antônio de responsabilidade da Madeira Energia S.A. O trabalho foi desenvolvido pela equipe da Virtual Engenharia Ambiental, sob coordenação do engenheiro de minas Leonardo Pittella, em cumprimento ao estipulado no Contrato de Prestação de Serviços 001/2008.

O processo de elaboração do Inventário incluiu a identificação dos direitos minerários atualmente existentes na área diretamente afetada pela UHE, o estudo do histórico processual de cada um, sua locação em mapa a partir do memorial descritivo registrado junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e a avaliação, em função do status atual de cada processo, da possibilidade de se fazer necessária algum tipo de negociação para indenização de seu titular.

Integram este Relatório Técnico, como produtos do trabalho de elaboração do Inventário de Direitos Minerários uma Planilha de Consolidação de Dados, um Mapa de Situação e um Parecer Técnico (Conclusão).

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Identificar os direitos minerários existentes na área diretamente afetada pela UHE e avaliá-los do ponto de vista técnico mineral visando determinar, em cada caso, a necessidade de se estabelecer negociação com seu titular para eventual indenização, diante da impossibilidade futura de desenvolvimento da atividade de mineração decorrente da implantação da usina hidroelétrica.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar e caracterizar os direitos minerários a partir de consultas eletrônicas ao banco de dados do DNPM acessível por meio do sítio do órgão na Internet Cadastro Mineiro e do sistema de informação Geográfica SIGMINE, produzindo como resultado uma Planilha de Consolidação de Dados;
- Complementar e/ou confirmar a relação de direitos minerários identificada com os dados da relação de processos minerários supostamente interferentes, fornecida à MESA pelo Distrito do DNPM em Rondônia e disponibilizada à Virtual;
- Produzir um Mapa de Situação contendo no mínimo a representação das poligonais delimitadoras dos direitos minerários existentes, a identificação numérica dos processos administrativos DNPM associados e o limite da área diretamente afetada pela usina, neste último caso a partir de informação fornecida pela MESA;
- Emitir Parecer Técnico fundamentado no conhecimento técnico mineral da equipe da Virtual, acerca da necessidade de se proceder à negociação com titulares dos direitos identificados, para pagamento de eventual indenização.

3. Metodologia de Trabalho

Como previsto na proposta de serviços encaminhada à MESA, o trabalho de elaboração do Inventário de Direitos Minerários e a interpretação dos dados reunidos foi realizado exclusivamente nas dependências da sede da Virtual Engenharia Ambiental em Belo Horizonte – MG. Participaram de sua execução três profissionais, sendo um desenhista em CAD (produção do Mapa de Situação), um geógrafo (consulta ao SIGMINE ao Cadastro Mineiro do DNPM e coordenação cartográfica) e um engenheiro de minas (coordenador geral do trabalho e responsável pela avaliação do histórico processual de cada direito identificado).

Foi solicitado da MESA, conforme termos contidos na proposta de serviços, a apresentação da delimitação precisa da área diretamente afetada pela usina hidroelétrica que, segundo interpretação também contida na proposta, deveria incluir o local de formação do barramento, a área a ser ocupada pelo reservatório e outras áreas de interesse que tenham função de apoio a obra de implantação (canteiros, jazidas de empréstimo, áreas de bota fora, etc.). A Virtual recebeu, em 28/06/2008 um mapa geral da área da usina (hsa-can-01-001-dc alimentação 69kv.PDF) que não continha exatamente uma linha delimitadora da área de influência direta. Não obstante, deste ponto em diante, passou a Virtual a considerar toda a área representada no mapa recebido como área diretamente afetada, tornando esta, então, o alvo do procedimento seguinte de identificação dos direitos minerários.

O quadrante de coordenadas geográficas representado pela área cartografada no mapa recebido da MESA, foi introduzido pelo geógrafo da equipe no sistema de informação geográfica SIGMINE, de onde então se observou o cenário presente de dos direitos minerários na área alvo. Neste ponto do trabalho, alguns dos direitos visualizados no SIGMINE poderiam não mais existir, pois é comum que o DNPM demore algum tempo para remover da base SIG direitos que tenham recentemente caducado ou sido cancelados.

Da imagem do Controle de Áreas¹ visualizada no SIGMINE, se extraiu o número de controle dos processos administrativos DNPM correspondentes a cada direito representado pelas poligonais delimitadoras. Em seguida, por meio de consulta direta ao Cadastro Mineiro (<https://sistemas.dnpm.gov.br/sicom/sicom.asp>), usando como expressão de busca os números de controle processual, identificamos os principais dados necessários à caracterização de cada processo e extraímos o histórico processual de cada um para análise.

Entre os dados extraídos do Cadastro Mineiro estavam os Memoriais Descritivos das poligonais delimitadoras de cada processo, os quais foram utilizados para, com o uso de ferramenta CAD, construir sobre a base cartográfica representada pela planta disponibilizada pela MESA, o Mapa de Situação (Anexo II).

A Planilha de Consolidação de Dados (Anexo I) foi então construída para não só reunir os dados básicos de caracterização de cada processo DNPM, destinado à permitir sua identificação, mas também para refletir de forma resumida os resultados da análise dos Históricos processuais em termos da definição da FASE e do STATUS ATUAL de cada processo.

Os resultados da análise dos históricos processuais foram então discutidos, como busca descrever resumidamente o próximo item deste relatório, servindo de base para a formulação das conclusões que formam o Parecer Técnico da Virtual.

Tendo em vista a natureza essencialmente dinâmica do banco de dados de Direitos Minerários do DNPM, com novos requerimentos de direitos minerários sendo registrados e direitos antigos deixando de vigorar por motivos diversos, a cada intervalo de tempo, fez-se necessário estabelecer uma data para a pesquisa junto ao DNPM. O cenário inventariado pela equipe da Virtual foi então aquele vigente em 16/07/2008 quando foi feita a consulta no Cadastro Mineiro para todos os processos identificados previamente no SIGMINE. As alterações no banco de dados oficial que porventura ocorreram após este momento não foram incorporadas ao Inventário.

¹ *Controle de Áreas* é o nome de um setor específico dentro de cada Distrito do DNPM onde se faz o registro inicial e o controle subsequente das áreas requeridas e concedidas no espaço geográfico.

4. Descrição e Análise de Resultados

Os processos administrativos DNPM identificados na área alvo do Inventário pertenciam a dois grupos distintos, correspondendo cada um a um regime legal específico previsto no Código de Mineração: Regime de Autorização e Concessão, vulgarmente denominado como Regime de Pesquisa, e o Regime de Permissão de Lavra Garimpeira, vulgarmente chamado de Regime de Lavra Garimpeira. O último destina-se ao aproveitamento por garimpeiros ou cooperativa de garimpeiros de substâncias minerais garimpáveis (ouro, cassiterita, diamante, etc.), enquanto o primeiro é o regime mais comum e abrangente, se prestando ao aproveitamento por qualquer pessoa ou empresa de qualquer substância mineral.

No regime de Autorização e Concessão, o titular deve obrigatoriamente vencer algumas etapas processuais antes da obtenção efetiva de um título da União que permita o aproveitamento econômico definitivo do bem mineral desejado. A *Tabela 1*, à frente, apresenta para os processos identificados neste regime, a classificação por fase processual em que se encontram.

Neste regime, considera-se que na fase Requerimento de Pesquisa Mineral o titular não tem direito algum, pois apenas fez um pedido ao órgão, o qual pode ser negado em função de diversas razões previstas em Lei. Nas duas próximas fases, considera-se que o titular já possua expectativa de direito, na medida em que já possui assegurada sua prioridade sobre a área em virtude da concessão do título Alvará de Autorização de Pesquisa. A obtenção do Alvará trás consigo a obrigação legal de realizar a pesquisa mineral e apresentar ao final um Relatório Final de Pesquisa – RFP.

O RFP trás em si a informação sobre caracterização qualitativa e quantitativa do depósito mineral pesquisado e será analisado pelo DNPM podendo merecer a aprovação do órgão, o que significa o reconhecimento legal da existência de uma jazida com a quantidade e a qualidade de minério especificada. A partir da

aprovação do RFP, considera-se que o titular já tenha direito mineral estabelecido, uma vez não só tem prioridade sobre a área, mas tem reconhecida a existência de uma jazida mineral cujas características estão objetivamente estabelecidas. Sendo assim, enquanto o RFP estiver em análise, o titular estará na condição anterior, ou seja, terá apenas expectativa de direito, pois também existe a possibilidade do órgão negar a aprovação do Relatório por diversas razões previstas em Lei.

Finalmente, uma vez aprovado o RFP ganha o titular o direito de requerer a Concessão de Lavra e se o fizer dentro das exigências legais, demonstrando a exequibilidade técnica e econômica da lavra para o projeto de mina apresentado e as devidas licenças ambientais, estará credenciado à outorga da Portaria de Lavra ou Concessão de Lavra. Nestas últimas fases, considera-se que o titular mantém o direito mineral estabelecido, ressalvado o fato de que o direito de lavra conferido pela Concessão de Lavra representa mais que simplesmente o reconhecimento formal da existência da jazida. Ele representa o reconhecimento pelo órgão da viabilidade do projeto de mina apresentado e, portanto, de todas suas previsões econômicas relacionadas a faturamento e lucro. Em resumo, nesta última fase o titular já tem reconhecida a quantia que ele poderá auferir pelo aproveitamento econômico da jazida, ou seja, em linguagem simplista, o valor econômico da jazida.

TABELA 1

Relação de processos DNPM identificados na área alvo, formalizados no regime legal de Autorização e Concessão.

Fase Processual	Número de Processos
Requerimento de Pesquisa Mineral	8
Alvará de Autorização de Pesquisa	15
RFP entregue, aguardando análise	2
RFP aprovado aguardando Requerimento de Lavra	2
Requerimento de Concessão de Lavra	1
Concessão de Lavra	1
Total	29

O regime legal de Permissão de Lavra Garimpeira é de natureza mais simples. Ele é composto por duas únicas fases, representadas pelo requerimento inicial do título autorizativo e pela fase que se inicia com a concessão deste título, denominado Permissão de Lavra Garimpeira. Aqui, considera-se que antes de obter o título o titular não tenha direito algum, como no caso já citado do Requerimento de Autorização de Pesquisa (fase inicial do regime de Autorização e Concessão). Entretanto, uma vez de posse da Permissão, ele tem seu direito mineral estabelecido. A classificação dos processos identificados neste regime é apresentada na *Tabela 2*, à frente.

Há, todavia, uma importante diferença entre a Permissão de Lavra Garimpeira e a Concessão de Lavra (regime de Autorização e Concessão). No último caso, em função das fases processuais e dos estudos e comprovações técnicas exigidas do titular pelo regime legal, existe o reconhecimento da existência de uma jazida com características formal e precisamente estabelecidas, bem como do valor monetário que poderá ser auferido em virtude de sua lavra. O regime de Permissão de Lavra Garimpeira não exige pesquisa mineral ou comprovação de viabilidade econômica da lavra, sendo assim a outorga da Permissão não trás consigo o reconhecimento oficial de quanto de minério existe e qual o valor que pode ser auferido por seu aproveitamento. Não obstante a Permissão de Lavra Garimpeira é um direito mineral estabelecido, cujo valor econômico precisará ser determinado, em caso de necessidade, por meio de uma avaliação conduzida com observância dos critérios técnicos aplicáveis, como os exigidos na fase de Requerimento de Concessão de Lavra no regime de Autorização e Concessão.

TABELA 2

Relação de processos DNPM identificados na área alvo, formalizados no regime legal de Permissão de Lavra Garimpeira.

Fase Processual	Número de Processos
Requerimento de Permissão de Lavra Garimpeira	4
Permissão de Lavra Garimpeira	26
Total	30

Além das classes de status dos direitos minerários mencionadas até aqui, todas elas aplicáveis a processos ATIVOS, foram consideradas no Inventário outras duas possibilidades: processos INATIVOS ou com status INDEFINIDO (ver *Tabela 3*).

Os processos INATIVOS são aqueles cujo histórico processual analisado indica a perda do direito mineral ou da expectativa de direito pelo titular, ou por desistência, ou por decisão fundamentada do órgão no sentido do cancelamento do processo. Já os processos com status INDEFINIDO seriam aqueles cujo histórico processo de acesso público (como o que foi consultado para a elaboração do Inventário) não permite uma conclusão segura sobre se o processo está ATIVO ou INATIVO. Se fosse permitida a realização de vistas diretamente nos processos que estão nesta condição é altamente provável que todas as dúvidas se dissipariam, contudo este procedimento só é permitido ao titular ou ao representante legal do mesmo, a menos de expressa autorização do Chefe do Distrito do DNPM para outros casos.

Como se pode observar pela análise dos resultados na *Tabela 3*, nenhum processo foi classificado como INDEFINIDO. Isso não significa que todos os históricos processuais puderam ser clara e precisamente interpretados a partir dos dados de acesso público. Foi feita, na verdade, uma opção pela equipe da Virtual de conferir aos processos de cujo histórico emanava alguma incerteza o status de ATIVO, fazendo, entretanto ressalvas relacionadas aos eventos processuais que dúvidas geraram (ver *Planilha de Consolidação de Dados – Anexo I*).

TABELA 3

Classificação dos processos DNPM identificados de acordo com seu Status Atual.

Status Atual	Número de Processos	%
ATIVO – Direitos estabelecidos	30	50,9
ATIVO – Expectativa de direitos	15	25,4
ATIVO – Requerimento de direitos	12	20,3
INATIVO	2	3,4
INDEFINIDO	0	0,0
Total	59	100,0

5. Conclusões – Parecer Técnico

O Inventário de Direitos minerários revelou na área alvo a existência de 30 processos administrativos DNPM ativos, para os quais considerou-se que os direitos minerários estão estabelecidos. Para este conjunto, cabem os seguintes comentários:

- Entende-se que há necessidade de se estabelecer alguma forma de negociação com os titulares de forma a definir eventual indenização. Sendo a obra de implantação da UHE Santo Antônio de interesse social poderá ser solicitado pela MESA ao DNPM que este desempenhe papel de intermediador do processo de negociação, com vistas a orientar as partes quanto à observação dos critérios legais.
- Para o conjunto dos 30 processos, apenas 4 podem possuir em seu histórico dados objetivos referentes à quantidade de bem mineral existente, à qualidade deste bem mineral e à expectativa de retorno financeiro do titular (caso dos processos com direitos estabelecidos no Regime de Autorização e Concessão). Mesmo entre estes 4 processos, apenas de dois se pode ter a expectativa de encontrar registro de dados econômicos que possam ser utilizados para valorar o direito mineral (caso dos processos em fase de Requerimento de Concessão de Lavra e de Concessão de Lavra).
- Para a complementação dos dados necessários à valoração dos direitos minerários, nos casos citados no item anterior, e para a valoração dos outros 26 processos que também possuem direito minerário estabelecido (caso daqueles que possuem Permissão de Lavra Garimpeira), torna-se necessária a adoção de metodologias de avaliação de jazidas, tecnicamente apropriadas e oficialmente aceitas. Há sempre a possibilidade, entretanto, de se concretizar um acordo por um preço fechado negociado entre as partes, que não guarde relação com o valor calculável da jazida.
- Ressalta-se que o valor de uma jazida mineral é determinado pela capacidade de retorno financeiro do projeto de mina concebido para seu

aproveitamento econômico. Não há, portanto valor prévio ou absoluto, relacionado apenas à quantidade e à qualidade do minério existente.

Para o conjunto formado pelos 15 processos classificados como possuidores de expectativa de direitos minerários, é altamente provável que seus titulares demandem também algum tipo de indenização. Entende-se, contudo, em função de experiências anteriormente vivenciadas, de que elas não são devidas. Há nesses casos, porém a expectativa de que haverá maior discussão e, portanto, maior número provável de demandas nas esferas administrativa ou judicial.

Para os demais casos, reafirma-se o entendimento de que não há indenização devida e fica reduzida a expectativa de discussões com os titulares. Mesmo que estas venham a ocorrer, uma ação consistente do DNPM, como intermediador, pode encerrar a maior parte delas em curto espaço de tempo.

Finalmente, fica oportunamente esclarecido que trabalho proposto e realizado aqui é natureza essencialmente técnica de forma que não inclui considerações jurídicas específicas. Não obstante, o tema aqui tratado não permite uma fronteira precisa entre o conhecimento técnico e o jurídico, sendo assim recomenda-se que as considerações apresentadas neste Relatório Técnico, mesmo feitas à luz da experiência do coordenador da equipe da Virtual de mais de 13 anos no trato de questões de direitos minerários junto ao DNPM, sejam analisadas por um advogado especialista em direitos minerários. Este profissional poderá contribuir com orientações complementares, particularmente as relacionadas a condução do processo de negociação com os titulares que possuam direitos minerários estabelecidos.

Belo Horizonte, 21 de Julho de 2008

Leonardo Pittella
Engenheiro de Minas – CREA/MG 72.114/D
Virtual Engenharia Ambiental

ANEXO I

Planilha de Consolidação de Dados

ANEXO II

Mapa de Situação

Planilha de Consolidação de Dados

Inventário de Direitos Minerários
MESA

Item	Processo DNPM		Titular do Processo	Área (ha)	Substância Mineral	Fase Processual	Status Atual	Ressalvas e Observações
	Número	Ano						
1	886.702	1994	TURQUEZA GEOLOGIA MINERACAO E COMERCIO LIMITADA.	49,91	Ouro/Granilo	Relatório Final de Pesquisa em análise	ATIVO - Expectativa de direito, com ressalvas	Relatório de Final de Pesquisa (RFP) protocolado talvez intempestivamente.
2	886.006	1999	SUBSOLO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	37,43	Areia	Relatório Final de Pesquisa Aprovado	ATIVO - Direito estabelecido, com ressalvas	Prazo prorrogado para requerer a lavra talvez tenha sido perdido ou outras prerrogativas foram requeridas.
3	886.007	1999	SUBSOLO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	50,00	Areia	Relatório Final de Pesquisa Aprovado	ATIVO - Direito estabelecido, com ressalvas	O prazo para requerer lavra venceu sem que se possa confirmar se foi pedida alguma prorrogação justificada.
4	886.011	1999	RONEL CARVALHO PEREIRA	50,00	Areia	Requerimento de Concessão de Lavra	ATIVO - Direito estabelecido.	Processo em Edital para Lavra. O habilitado no Edital, como foi único, deve receber a Polaria de Lavra.
5	886.063	1999	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	50,00	Granilo	Concessão de Lavra	ATIVO - Direito estabelecido.	
6	886.033	2002	VALENTIM MANDUCA PACIOS	460,56	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido. Talvez titular tenha pedido prorrogação de prazo mediante apresentação de RFP parcial.
7	886.101	2002	LEVY ANTÔNIO DE OLIVEIRA	163,73	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará prorrogado após aprov. RFP parcial.
8	886.102	2002	LEVY ANTÔNIO DE OLIVEIRA	28,00	Areia	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Habilitado em Edital considerado prioritário.
9	886.103	2002	LEVY ANTÔNIO DE OLIVEIRA	142,11	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará prorrogado após aprov. RFP parcial.
10	886.106	2002	VALENTIM MANDUCA PACIOS	96,20	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito com ressalvas.	Alvará venceu mas titular pode ter apresentado o RFP.
11	886.033	2003	CONCREPOSTES INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.	581,00	Eslanho	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
12	886.013	2005	SUBSOLO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	1.019,95	Minério do Estanho	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
13	886.063	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	463,60	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito com ressalvas.	Alvará venceu mas titular pode ter apresentado o RFP parcial e um pedido de prorrogação.
14	886.065	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	2.586,63	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
15	886.335	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	838,19	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
16	886.337	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	9,14	Granilo	Alvará de Pesquisa	INATIVO	Alvará venceu e pedido de prorrogação foi negado.
17	886.197	2006	GLAUCO OMAR CELLA	237,37	Cassiterita	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
18	886.910	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	34,05	Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
19	886.930	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
20	886.316	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	942,47	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	

Planilha de Consolidação de Dados

Inventário de Direitos Minerários
MESA

Item	Processo DNPM		Titular do Processo	Área (ha)	Substância Mineral	Fase Processual	Status Atual	Reservas e Observações
	Número	Ano						
21	886.757	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
22	886.758	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
23	886.759	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
24	886.760	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
25	886.762	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
26	886.763	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
27	886.764	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
28	886.765	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
29	886.766	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
30	886.767	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
31	886.768	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
32	886.769	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
33	886.770	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
34	886.771	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
35	886.772	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
36	886.773	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
37	886.774	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
38	886.775	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
39	886.776	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
40	886.777	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	

Inventário de Direitos Minerários
MESA

Planilha de Consolidação de Dados

Item	Processo DNPW		Titular do Processo	Área (ha)	Substância Mineral	Fase Processual	Status Atual	Reservas e Observações
	Número	Ano						
41	886.778	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
42	886.779	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
43	886.300	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	1.002,74	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
44	886.301	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	859,20	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
45	886.126	2007	COOP. DOS GARIMPEIROS, MIN E AGRIC. LTDA - MINACOOP	9.786,11	Minério de Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
46	886.345	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	978,41	Minério de Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
47	886.421	2004	GLAUCO OMAR CELLA	2.135,01	Minério de Esfanho	Alvará de Pesquisa	INATIVO	Alvará cancelado. Talvez (tular esleja recorrendo da decisão.
48	886.564	2007	LUCIDIO JOSÉ CELLA	235,78	Cassiterita	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
49	886.045	2008	GLAUCO OMAR CELLA	55,39	Minério de Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
50	886.028	2002	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA. *** 811,5 ha solicitado	611,50	Titânio	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
51	886.255	2001	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	581,50	Titânio	Relatório Final de Pesquisa em análise	ATIVO - Expectativa de direito.	
52	886.377	2007	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	181,66	Minério de Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
53	886.247	2007	GLAUCO OMAR CELLA	228,87	Cassiterita	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
54	886.051	2005	MÁRIO RIBEIRO EDUARDO	492,52	Cassiterita	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
55	886.275	2007	VOTORANTIM CIMENTOS NINE S.A.	962,47	Argila	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
56	886.056	2008	VOTORANTIM CIMENTOS NINE S.A.	349,69	Argila	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
57	886.020	2008	COOP. DOS GARIMPEIROS, MIN E AGRIC. LTDA - MINACOOP	5.806,22	Minério de Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
58	886.061	2006	CONCRENORTE CONCRETO E CONSTRUÇÕES DO NORTE LTDA	875,69	Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
59	886.283	2006	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	4.817,77	Minério de Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	

Planilha de Consolidação de Dados

Inventário de Direitos Minerários
MESA

Item	Processo DNP/M		Títular do Processo	Área (ha)	Substância Mineral	Fase Processual	Status Atual	Ressalvas e Observações
	Número	Ano						
1	886.702	1994	TURQUEZA GEOLOGIA MINERACAO E COMERCIO LIMITADA.	49,91	Ouro/Granito	Relatório Final de Pesquisa em análise	ATIVO - Expectativa de direito, com ressalvas	Relatório de Final de Pesquisa (RFP) protocolado talvez intempesivamente.
2	886.006	1999	SUBSOLO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	37,43	Areia	Relatório Final de Pesquisa Aprovado	ATIVO - Direito estabelecido, com ressalvas	Prazo prorrogado para requerer a lavra talvez tenha sido perdido ou outras prorrogações foram requeridas.
3	886.007	1999	SUBSOLO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	50,00	Areia	Relatório Final de Pesquisa Aprovado	ATIVO - Direito estabelecido, com ressalvas	O prazo para requerer lavra venceu sem que se possa confirmar se foi pedida alguma prorrogação justificada.
4	886.011	1999	RONEL CARVALHO PEREIRA	50,00	Areia	Requerimento de Concessão de Lavra	ATIVO - Direito estabelecido.	Processo em Edital para Lavra. O habilitado no Edital, como foi único, deve receber a Polana de Lavra.
5	886.063	1999	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	50,00	Granito	Concessão de Lavra	ATIVO - Direito estabelecido.	
6	886.033	2002	VALENTIM MANDUCA PACIOS	460,56	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido. Talvez titular tenha pedido prorrogação de prazo mediante apresentação de RFP parcial.
7	886.101	2002	LEVY ANTÔNIO DE OLIVEIRA	163,73	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará prorrogado após aprov. RFP parcial.
8	886.102	2002	LEVY ANTÔNIO DE OLIVEIRA	28,00	Areia	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Habilitado em Edital considerado prioritário.
9	886.103	2002	LEVY ANTÔNIO DE OLIVEIRA	142,11	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará prorrogado após aprov. RFP parcial.
10	886.106	2002	VALENTIM MANDUCA PACIOS	96,20	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito com ressalvas.	Alvará venceu mas titular pode ter apresentado o RFP.
11	886.033	2003	CONCREPOSTES INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	581,00	Estanho	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
12	886.013	2005	SUBSOLO MINERAÇÃO INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA.	1.019,95	Minério de Estanho	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
13	886.083	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	463,60	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito com ressalvas.	Alvará venceu mas titular pode ter apresentado o RFP parcial e um pedido de prorrogação.
14	886.085	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	2.586,63	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
15	886.335	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	898,19	Ouro	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
16	886.337	2005	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	9,14	Granito	Alvará de Pesquisa	INATIVO	Alvará venceu e pedido de prorrogação foi negado.
17	886.197	2006	GLAUCO OMAR CELLA	237,37	Cassiterita	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
18	886.910	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	34,05	Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
19	886.930	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
20	886.316	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	942,47	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	

Planilha de Consolidação de Dados

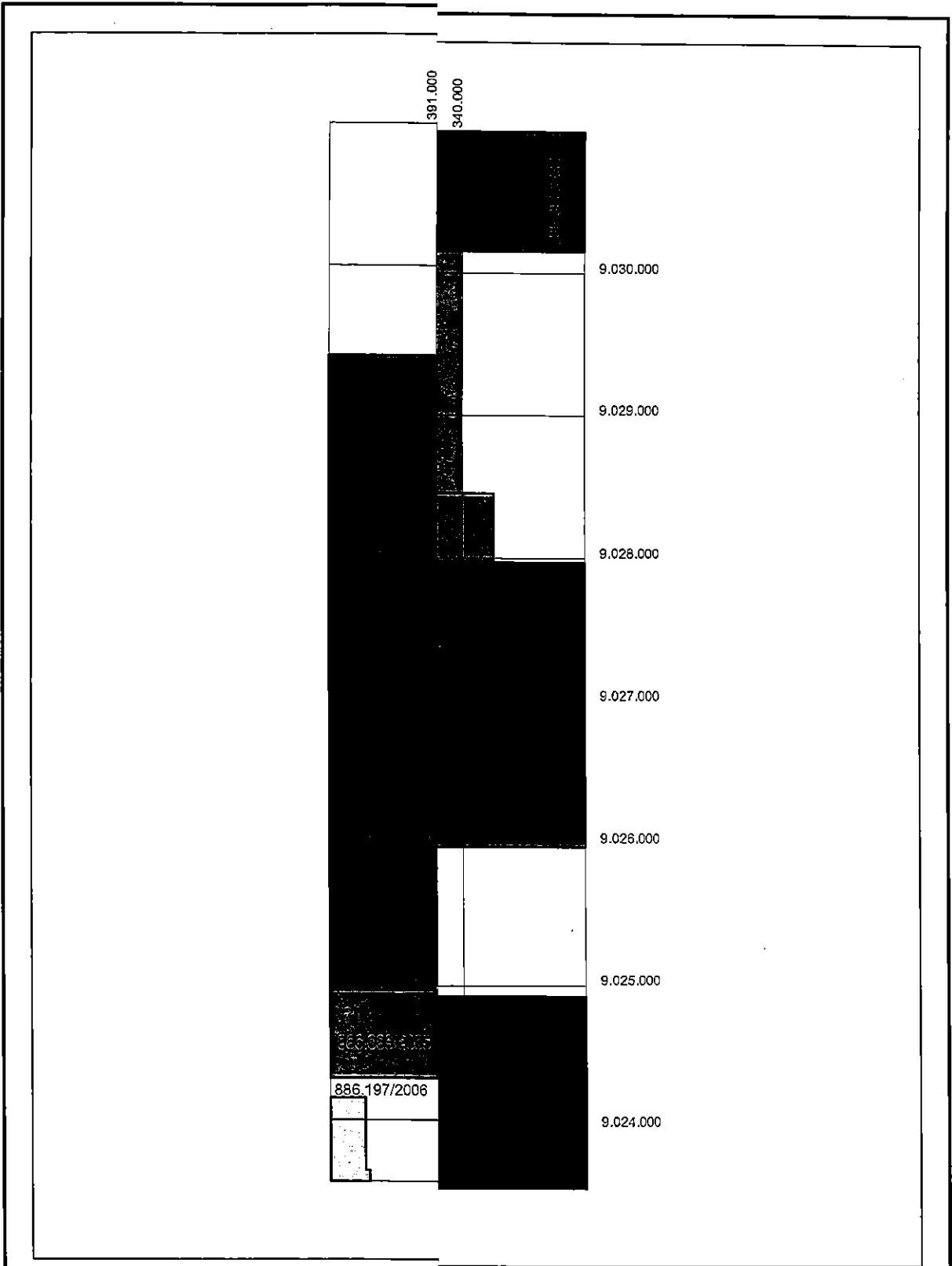
Inventário de Direitos Minerários
MESA

Item	Processo DNPM		Titular do Processo	Área (ha)	Substância Mineral	Fase Processual	Status Atual	Reservas e Observações
	Número	Ano						
21	886.757	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
22	886.758	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
23	886.759	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
24	886.760	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
25	886.762	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
26	886.763	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
27	886.764	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
28	886.765	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
29	886.766	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
30	886.767	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
31	886.768	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
32	886.769	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
33	886.770	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
34	886.771	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
35	886.772	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
36	886.773	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
37	886.774	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
38	886.775	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
39	886.776	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
40	886.777	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	

Planilha de Consolidação de Dados

Inventário de Direitos Minerários
MESA

Item	Processo DNPM		Titular do Processo	Área (ha)	Substância Mineral	Fase Processual	Status Atual	Reservas e Observações
	Número	Ano						
41	886.778	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
42	886.779	1998	GEOMARIO LEITAO DE SENA	50,00	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
43	886.300	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	1.002,74	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
44	886.301	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	859,20	Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
45	886.126	2007	COOP. DOS GARIMPEIROS, MIN E AGRIC. LTDA - MINACCOOP	9.786,11	Minério de Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
46	886.345	2004	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA - COOGARIMA	978,41	Minério de Ouro	Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Direito estabelecido.	
47	886.421	2004	GLAUCO OMAR CELLA	2.135,01	Minério de Estanho	Alvará de Pesquisa	INATIVO	Alvará cancelado. Talvez titular esteja recorrendo da decisão.
48	886.564	2007	LUCIDIO JOSÉ CELLA	235,79	Cassiterita	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
49	886.045	2008	GLAUCO OMAR CELLA	55,39	Minério de Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
50	886.028	2002	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA. *** 611,5 ha solicitado	611,50	Tiânio	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
51	886.255	2001	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	561,50	Tiânio	Relatório Final de Pesquisa em análise	ATIVO - Expectativa de direito.	
52	886.377	2007	RONDONMAR - CONSTRUTORA DE OBRAS LTDA.	181,66	Minério de Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
53	886.247	2007	GLAUCO OMAR CELLA	226,87	Cassiterita	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
54	886.051	2005	MARIO RIBEIRO EDUARDO	492,52	Cassiterita	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
55	886.275	2007	VOTORANTIM CIMENTOS NINE S.A.	962,47	Argila	Alvará de Pesquisa	ATIVO - Expectativa de direito.	Alvará válido.
56	886.056	2008	VOTORANTIM CIMENTOS NINE S.A.	349,69	Argila	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
57	886.020	2008	COOP. DOS GARIMPEIROS, MIN E AGRIC. LTDA - MINACCOOP	5.806,22	Minério de Ouro	Req. de Permissão de Lavra Garimpeira	ATIVO - Requerimento de direito.	
58	886.061	2006	CONCRENORTE CONCRETO E CONSTRUÇÕES DO NORTE LTDA	875,69	Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	
59	886.283	2006	MMM MINAS MINERAÇÃO MADEIRAS E ENGENHARIA LTDA.	4.917,77	Minério de Ouro	Requerimento de Pesquisa	ATIVO - Requerimento de direito.	



LEGENDA



Vias de Acesso



de Situação

a Energia S.A

Direitos Minerários

UHE Santo Antônio	MUNICÍPIO	Porto Velho
ondônia	DATA	21.07.2008
40.000	ÁREA	—
	DESENHISTA	Marina Leal

le Produção Mineral - Sigmire

**PBA CONSOLIDADO
AHE – SANTO ANTÔNIO – RIO MADEIRA**

**SEÇÃO 09
PROGRAMA DE PRESERVAÇÃO DO
PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO
15 DE JANEIRO DE 2009**

ÍNDICE

INTRODUÇÃO

MÓDULOS

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008

INTRODUÇÃO

Em cumprimento ao Ofício 781/2008, deste Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de 30 de setembro de 2008, solicitante da Versão Consolidada do Projeto Básico Ambiental – PBA, do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, faz-se necessária nova apresentação do Programa de Preservação do Patrimônio Paleontológico.

Para este Programa não foi elaborada revisão a partir de estudos complementares.

No que diz respeito à Licença de Instalação Retificada - LI Nº 540/2008, IBAMA, de 18/08/2008, não foram estabelecidas condicionantes específicas para este Programa.

Constam deste documento, portanto, o seguinte módulo, a saber:

Módulo 1 - Programa Versão Original, de 13/02/2008;

Módulo 1

Programa Versão Original, de 13/02/2008

Projeto Básico Ambiental AHE Santo Antônio

SEÇÃO 09: PROGRAMA DE PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO PALEONTOLÓGICO

0	Emissão inicial	13/02/2008		
REV	Descrição	Data	Elaborado	Revisado

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	ÁREA DE ESTUDO.....	1
3.	JUSTIFICATIVAS.....	2
4.	OBJETIVOS	3
5.	ATIVIDADES.....	3
5.1	Levantamento e Análise de Informações Anteriores.....	3
5.2	Aquisição de Documentação Técnica.....	3
5.3	Fotointerpretação e Análise de Imagens de Satélite.....	3
5.4	Levantamento de Campo de Sítios Paleontológicos.....	4
5.5	Sondagens Elétricas Verticais- SEV`s.....	4
5.6	Sondagens, Poços de Investigação e Trincheiras	4
5.7	A Coleta de Fósseis.....	4
5.8	Análises Laboratoriais	6
5.9	Relatórios Trimestrais de Progresso.....	6
5.10	Relatório Final	7
6.	CRONOGRAMA.....	7
7.	INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	7

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma de Execução

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Preservação do Patrimônio Paleontológico faz parte do Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio – AHE Santo Antônio, que subsidiará a solicitação da Licença de instalação deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia Nº 251/2007 concedida pelo IBAMA. Este programa atende à condição de validade 2.1 da referida licença.

A descoberta de sítios fossilíferos no território brasileiro, a dilapidação deste patrimônio científico e cultural, e a inexistência de uma legislação adequada, conduziram à promulgação do Decreto-Lei nº 4.146, de 04 de março de 1942, que regulamentava e protegia devidamente os depósitos de fósseis, estabelecendo ainda que caberia ao Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM a fiscalização do seu cumprimento. Posteriormente, as constituições brasileiras de 1946 (Art. 174), de 1967 (Art. 172) e de 1969 (Art. 180) revelaram preocupações genéricas visando à proteção do patrimônio fossilífero, colocando sob a “proteção do poder público” obras, monumentos, documentos e locais de valor histórico e artístico e paisagens naturais. Em 1967 e 1969, legislações complementares acrescentavam a este conjunto as jazidas arqueológicas. Finalmente, a Constituição de 1988 inova e moderniza a concepção desses bens – “de natureza material e imaterial” – classificando-as, no seu conjunto, como “patrimônio cultural brasileiro” e agrupando-os nas suas especificidades.

Na Amazônia Ocidental, a presença de jazigos fossilíferos é conhecida há várias décadas, notadamente Estado do Acre, vizinho a Rondônia, onde foram identificados fósseis de três idades distintas – Cretáceo, Mioceno Superior ao Plioceno e Plioceno ao Pleistoceno, graças ao trabalho de inúmeros pesquisadores, principalmente vinculados à Universidade Federal do Acre. Em Rondônia, a descoberta de registros fósseis limitava-se a ocorrência restrita junto à Bacia Paleozóica de Pimenta Bueno, onde haviam sido caracterizados alguns exemplares de fusulinídeos e restos vegetais (Coníferas) na formação arenosa Rio Ávila, do Cretáceo.

Com a abertura da frente garimpeira do rio Madeira, no início da década de 80, começaram a surgir evidências de restos fósseis sepultados em sedimentos pleistocênicos e/ou holocênicos, de natureza arenosa ou conglomerática, recuperados em catas abertas por garimpeiros manuais ou no leito do rio pela ação de sucção dos equipamentos semi-mecanizados. Entretanto, o grande avanço na descoberta de restos fossilizados esteve vinculado a abertura de catas profundas, de considerável envergadura, representando terraços pleistocênicos e expondo uma coluna sedimentar de até 30 – 40 metros de profundidade, onde foi descoberta *in situ* uma rica fauna fóssil, notadamente de vertebrados, estando localizados preferencialmente nas frentes garimpeiras de Araras e Taquaras, a montante da Vila de Abunã.

2. ÁREA DE ESTUDO

As atividades serão desenvolvidas ao longo do rio Madeira e adjacências, no trecho compreendido desde a cachoeira de Santo Antônio a jusante, até a cachoeira de Jirau a montante, numa extensão aproximada de 120 km pelo rio.

3. JUSTIFICATIVAS

A intensa atividade garimpeira na exploração de ouro aluvionar observada ao longo do rio Madeira, desde a década de 70 até os dias atuais, trouxe consigo a exumação de uma apreciável quantidade de material paleontológico, de idade presumivelmente pleistocênica, onde se destacam fósseis vertebrados. As principais exposições destes fósseis estão situadas a montante da vila de Abunã, na área de influência indireta do empreendimento hidrelétrico, notadamente nas proximidades das vilas de Araras e Taquaras, a céu aberto, junto de escavações profundas, algumas das quais superando aos 30 metros. Além disso, foram identificados também na área de influência direta, a partir da recuperação de material cascalhífero, mineralizado, efetuado pelas dragas através de métodos de garimpagem submersa.

É interessante observar que, apesar da expressividade das descobertas, de seu volume e da variedade faunística das peças recuperadas durante vários anos, não foi realizado nenhum estudo técnico que melhor caracterizasse estas ocorrências, seja em distribuição espacial e/ou catalogação das espécies animais aí encontradas. Deve ser ressaltado, oportunamente, que este material fossilífero, em geral, foi retirado da coluna sedimentar quaternária sem as medidas preventivas recomendadas, dificultando o controle estratigráfico apropriado.

Do ponto de vista geológico, o material fossilífero está alojado em sedimentos quaternários, predominantemente pleistocênicos, com espessuras variáveis de até 30 metros, distribuindo-se em camadas arenosas, mais oxidadas e camadas siltíco-argilosas, redutoras, sítio preferencial dos fósseis. Em decorrência de processos erosivos ao longo da calha do rio Madeira e no seu entorno, por ação pluvio-fluvial, as feições morfológicas dos depósitos terciário-quaternários foram modificadas substancialmente, provocando o retrabalhamento de sedimentos mais antigos e conseqüentemente dos próprios fósseis, que foram se posicionar em camadas de depósitos conglomeráticos, frequentemente auríferos, denominados localmente de “mucurus”.

Durante a realização dos estudos preliminares, constatou-se um vultoso material fossilífero, de grande valor científico, distribuído com pessoas atuantes no garimpo tais como: garimpeiros, ex-garimpeiros e comerciantes, bem como com instituições públicas e/ou privadas, destacando-se o Museu Estadual e o Museu implantado na Usina Hidrelétrica de Samuel. Entre o material recuperado, merecem destaque várias espécies da megafauna quaternária, que apresentam pouca afinidade com a fauna atual, e mesmo aqueles pertencentes a gêneros vivos integram atualmente espécies diferentes.

Desta forma, a associação biótica recuperada e/ou a ser recuperada dos depósitos quaternários da área estudada representa um momento importante para um melhor conhecimento da evolução ambiental da região amazônica, notadamente da região ocidental.

As características ambientais regionais, juntamente com o conhecimento do material paleontológico, poderão ser de grande valia no sentido de revelar aspectos, até então desconhecidos, da relação homem/megafauna e se constituir em importantes fontes de informações para a paleontologia e para a arqueologia.

Com a desaceleração da atividade garimpeira observada nos últimos anos, torna-se mais viável a possibilidade do estudo da estratigrafia dos níveis conglomeráticos localizadas nos garimpos a céu aberto, além da recuperação de algum material fossilífero. Entretanto, os jazigos fósseis mais profundos, posicionados *in loco* e certamente melhor preservados,

serão mais inacessíveis devido à inexistência de escavações recentes, podendo se tornar necessária a abertura de trincheiras em locais selecionados.

4. OBJETIVOS

Os objetivos principais atrelados ao programa paleontológico consistem em:

- Contribuição ao conhecimento paleontológico nacional e internacional a partir das contribuições dos estudos dos fósseis na área de influência direta;
- Recuperação de informações para a interpretação paleoambiental;
- Contribuir para a recuperação e preservação do patrimônio paleontológico, principalmente da fauna extinta;
- Fornecer informações para o planejamento do resgate e salvamento durante as escavações obrigatórias no leito do rio, no eixo da barragem de Santo Antônio;
- Revelação de informações, até então desconhecidas, sobre a coexistência da megafauna pleistocênica e a ocupação humana;
- Registro das informações necessárias para a composição de um arquivo de dados paleontológicos, que permita o estabelecimento das estratégias para a fase de salvamento.

5. ATIVIDADES

5.1 Levantamento e Análise de Informações Anteriores

Consistirão no levantamento e análise de todos os dados secundários existentes sobre a megafauna do rio Madeira e bacias vizinhas com a finalidade de balizar as investigações de campo. Nesta fase deverá ser contactado o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, órgão responsável pela preservação do patrimônio paleontológico nacional para a discussão e definição das atividades do Programa.

5.2 Aquisição de Documentação Técnica

Nessa etapa serão adquiridos os trabalhos técnicos referentes a todos os já executados na área, em especial aqueles que abordem o tema paleontologia. Serão adquiridas ainda as imagens de satélite e fotografias aéreas em escalas compatíveis com os objetivos deste programa.

5.3 Fotointerpretação e Análise de Imagens de Satélite

Pela necessidade de obtenção de informações, de áreas potenciais a existência de um sítio paleontológico, dentro e fora das áreas de influência direta do empreendimento, deverá ser realizada uma análise detalhada das fotografias aéreas e das imagens de satélite tanto atuais como de outras épocas, para a obtenção de parâmetros fotogeológicos, visando a formulação de critérios que permitam a elaboração de uma base cartográfica preliminar norteadora do planejamento das atividades de investigação de campo.

5.4 Levantamento de Campo de Sítios Paleontológicos

Será desenvolvido inicialmente, na forma de prospecção paleontológica nos barrancos do rio Madeira e afluentes e cortes de estradas nas áreas de influência direta, tendo como referência o trecho entre a cachoeira de Santo Antônio e a cachoeira de Jirau. Essa atividade permitirá uma melhor caracterização do perfil estratigráfico e extensão dos terraços terciário-quadernários objeto principal dessas investigações.

Paralelamente será realizada uma atividade de monitoramento junto aos equipamentos de recuperação de ouro, tais como dragas, balsas e de desmonte hidráulico de barrancos, para verificar a possível ocorrência de material fóssilífero.

5.5 Sondagens Elétricas Verticais- SEV's

No caso das ocorrências fóssilíferas a montante do empreendimento, estas não são aflorantes. Necessita-se, portanto, da utilização de métodos indiretos de investigação para definir áreas potenciais para abrigar possíveis sítios paleontológicos, que seriam os paleocanais do rio Madeira. Serão realizados levantamentos geofísicos (Sondagens Elétricas Verticais-SEV's), para estimar profundidade e extensão de paleocanais, com o objetivo de orientar programas de sondagens mecânicas, trincheiras e poços de investigação. A quantidade de linhas e quantidade de sondagens serão definidas em função da extensão das áreas potenciais cartografadas no item anterior.

5.6 Sondagens, Poços de Investigação e Trincheiras

As áreas potenciais a ocorrência de fósseis, os paleocanais, deverão ser alvo de investigações por sondagem, poços e/ou trincheiras, para definir a presença ou não dos mesmos. Essas atividades serão desenvolvidas ainda em diversas lagoas pretéritas e pântanos no entorno do local da barragem de Santo Antônio para avaliação das condições objetivas dos sítios, visando ao trabalho de salvamento e a definição do perfil estratigráfico.

5.7 A Coleta de Fósseis

Os procedimentos para encontrar ou retirar um fóssil de uma rocha ou de um sedimento são inúmeros, devendo-se levar em consideração que as técnicas irão variar de acordo com o objetivo do coletor, do tempo disponível, do local e da natureza da rocha sedimentar.

Antes de ir ao campo para coleta é necessário definir os locais de prospecção e obter-se o máximo de informações a respeito da geologia local e dos fósseis já encontrados na região. Com os dados conhecidos, deverá ser feito um esboço do perfil do afloramento e uma descrição da rocha da localidade fóssilífera. Todo o material coletado deverá ser registrado e anotado o nível estratigráfico, a litologia do local de ocorrência e a orientação do fóssil na rocha. Essas informações são essenciais para que se possa interpretar o paleoambiente, além de contribuírem para a compreensão da evolução geológica da área.

O posicionamento geográfico preciso do local é de grande importância, envolvendo descrição das localidades incluindo nome de municípios, fazendas, estradas, quilômetros, pontos de referência e coordenadas.

Além dos afloramentos, minas e pedreiras são bons locais para coleta de fósseis, pois nesses locais é comum haver rochas expostas, não alteradas, que podem fornecer material

em bom estado de preservação. Cortes de rodovias e ferrovias, bem como barrancos, são também pontos importantes, embora nestes casos possa haver alteração superficial devido a processos intempéricos, que tendem a mascarar a presença de fósseis.

Em geral os sedimentos de granulação muito grosseira não são bons para coleta, pois a compactação subsequente tende a fragmentar os fósseis porventura presentes. Sedimentos de cor avermelhada podem conter principalmente restos de vertebrados ou madeiras petrificadas. Fósseis de organismos mais frágeis como folhas, tendem a ser destruídos, restando somente uma marca que constitui o molde. Sedimentos escuros, cinzentos ou negros, de granulação fina, são os mais favoráveis, preservando organismos mais delicados como cutículas e palinórfos de uma maneira geral.

Em um afloramento raramente os fósseis ocorrem em toda a área exposta. O mais comum é que haja uma concentração em determinados níveis, as vezes muito finos. Os planos de estratificação, principalmente os que apresentam variações de litologia, merecem atenção especial. É conveniente que se faça um croqui ou esboço do afloramento, medindo-se a espessura das diversas camadas nele contidas, registrando as diferenças litológicas e outros detalhes significativos.

É importante assinalar que, dependendo do tipo de rocha, a técnica utilizada será diferente. Assim, a coleta em folhelhos pouco compactos requer a separação e exame das camadas que se soltam, para a verificação da presença de fósseis. Arenitos e calcários requerem a fragmentação em blocos para observação. Atenção especial deve ser dada a eventual presença de nódulos ou concreções, pois estes podem ter um fóssil no seu interior.

Em muitas situações os fósseis estão visíveis nos afloramentos, bastando seguir-se o processo de rotina da escavação e preparação para o posterior transporte. Os macrofósseis raramente são encontrados inteiros e articulados. Normalmente são encontradas partes como dente, mandíbula, ossos, escamas, conchas, garras, placas dérmicas, etc., ocasionalmente bastante fragmentados. Todo material coletado deve ser registrado e anotado o nível estratigráfico, a litologia do local de ocorrência e a orientação do fóssil na rocha. A confecção de desenhos esquemáticos e fotografias da posição dos fósseis nos afloramentos são de grande importância para a Tafonomia. Fragmentos pequenos devem ser envoltos em papel, identificados e acondicionados em frascos ou sacos.

A retirada do material do afloramento requer cuidados e atenção. Muitas vezes é necessária a abertura de uma trincheira ou degrau possibilitando o acesso ao fóssil em um plano vertical, facilitando a visualização e os trabalhos de escavação. Em um plano horizontal, não sendo possível a abertura de trincheiras ou degraus, a rocha matriz deve ser recortada com a utilização de cinzéis e marretas, respeitando uma distância segura do material, evitando a sua fragmentação. Quanto maior a quantidade de rocha matriz envolvendo o fóssil maior será a segurança no transporte.

Cuidados especiais devem ser tomados com fósseis grandes e quebradiços. No momento da escavação, se o fóssil for friável ou consistir em um material frágil e com risco de fragmentação, como um osso longo, por exemplo, é aconselhável envolvê-lo em uma camada de gesso. Tal procedimento inicia-se engessando a parte exposta do fóssil. Posteriormente escava-se a parte inferior virando-o com o gesso para baixo e engessando novamente o material exposto. Forma-se dessa maneira um bloco de gesso rígido com o fóssil dentro, evitando a sua fragmentação durante o transporte e a manipulação. A bandagem do gesso é feita a partir de tiras recortadas de saco de linhagem ou tecido semelhante, embebidas em gesso. Uma camada de papel de alumínio aplicada diretamente sobre o fóssil e outra de papel toalha o protegem da umidade e confere um amortecimento entre o fóssil e o gesso.

Para embalar, além da bandagem de gesso, existem inúmeras possibilidades e materiais utilizados de acordo com as dimensões e fragilidade dos fósseis, lembrando sempre que os fósseis devem ser retirados com o sedimento que os englobam. Papel, algodão, jornal, sacos plásticos e fitas adesivas são bastante utilizados. É importante frisar que um fóssil sem referência de localização não possui valor científico nem estratigráfico.

Os microfósseis constituem importantes elementos para a paleontologia aplicada em virtude de suas pequenas dimensões, abundância, diversidade e ampla distribuição geográfica e estratigráfica, tornando-se imprescindíveis, na determinação do paleoambiente e na datação geocronológica da rocha que os contém.

Ocorrem freqüentemente em folhelhos, siltitos e calcários de coloração escura. Essas mesmas rochas com coloração clara ou avermelhada não são favoráveis a observação de microfósseis e/ou palinormorfos.

Para o estudo dos microfósseis e palinormorfos é importante que a amostra seja coletada com cuidado, desprezando-se a parte superior do afloramento que está exposta ao intemperismo. Esta amostra deverá estar livre de qualquer contaminação e embalada em sacos plásticos hermeticamente fechados. Deverão ser anotadas todas as informações sobre as procedências, posição estratigráfica, profundidade (no caso de sondagem) e coordenadas do ponto de coleta.

Tratando-se de furos de sondagem as amostras deverão ser retirados dos testemunhos nos níveis mais propensos a conservação dos fósseis (níveis mais escuros) ou em níveis selecionados após acurado estudo do testemunho. É importante lembrar que as amostras devem ser marcadas com as indicações de topo e base.

As amostras coletadas em superfície ou subsuperfície, devidamente acompanhadas das informações pertinentes, deverão ser encaminhadas ao laboratório com as solicitações referentes aos tipos de análises desejadas.

Os jazigos fossilíferos devem ser entendidos como “monumentos culturais naturais” face a sua importância científica e interesse para o público. Representam momentos únicos da história geológica da vida na Terra possibilitando a compreensão de catástrofes ecológicas, transformações ambientais, evolução dos seres vivos e do próprio significado da vida em nosso planeta.

5.8 Análises Laboratoriais

Após a coleta do material, conforme descrição no item anterior, serão realizados exames laboratoriais como datações de carbono 14, dentre outros necessários, de modo a melhor caracterizar o material paleontológico coletado.

5.9 Relatórios Trimestrais de Progresso

Durante a execução desses estudos serão apresentados relatórios trimestrais das atividades desenvolvidas, permitindo avaliar o desempenho dos trabalhos, cumprimento de metas e reavaliar a metodologia adotada.

Esses relatórios abordarão as informações levantadas mensalmente, principalmente as relacionadas a catalogação de sítios paleontológicos, os trabalhos de avaliação de áreas potenciais e outras informações relevantes. O primeiro relatório mensal, apresentará uma

síntese dos dados secundários levantados, acompanhado do mapa preliminar da fotointerpretação, com a programação dos trabalhos de campo.

5.10 Relatório Final

Deverá ser elaborado o Relatório Final contendo todos os resultados das atividades desenvolvidas, incluindo mapas, tabelas catálogos, análises e outros anexos.

6. CRONOGRAMA

O Cronograma de Atividades está apresentado no Anexo I.

7. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Este programa tem relação com o Programa de Comunicação Social e Educação Ambiental.

ANEXO I
CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Atividade	ANO 1												ANO 2												ANO 3												ANO 4												ANO 5												ANO 6												ANO 7												ANO 8																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94																				
AHE Santo Antônio Cronograma de Atividades MARCOS DE CONSTRUÇÃO																																																																																																																		
Assinatura do Contrato de Concessão de Geração de Energia																																																																																																																		
Processo de Obtenção da LI																																																																																																																		
Mobilização / Desmobilização - Construção e Montagem do Empreendimento																																																																																																																		
Sistema de Traversa do Rio Madeira e Infraestrutura de ME e MD																																																																																																																		
Canteiro e Obras Civis																																																																																																																		
Escarpação Subaquática																																																																																																																		
Obras no Leito do Rio																																																																																																																		
Desvio do Rio																																																																																																																		
Obras da Margem Direita																																																																																																																		
Processo de Obtenção da LO																																																																																																																		
Enchimento do Reservatório																																																																																																																		
PROMETO BÁSICO AMBIENTAL																																																																																																																		
2 Programa Ambiental para Construção - PAC																																																																																																																		
3 Programa de Monitoramento do Lençol Freático																																																																																																																		
4 Programa de Monitoramento Sismológico																																																																																																																		
5 Programa de Monitoramento Climatológico																																																																																																																		
6 Programa de Monitoramento Hidrosedimentológico																																																																																																																		
7 Programa de Monitoramento do Hidrobiológico																																																																																																																		
8 Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e da Atividade Garimpeira																																																																																																																		
9 Programa de Preservação do Patrimônio Paleontológico																																																																																																																		
a) Levantamento e Análise de Informações Secundárias																																																																																																																		
b) Aquisição de Documentação Técnica																																																																																																																		
c) Fotointerpretação e Análise de Imagens de Satélite																																																																																																																		
d) Levantamento de Campo de Sítios Paleontológicos																																																																																																																		
e) Sondagens Eletroicas Verticais - SEV's																																																																																																																		
f) Sondagens, poços e trincheiras																																																																																																																		
g) Coleta de Fósseis																																																																																																																		
h) Análises																																																																																																																		
i) Elaboração de Relatórios																																																																																																																		
10 Programa de Monitoramento Limnológico																																																																																																																		
11 Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas																																																																																																																		
12 Programa de Conservação da Flora																																																																																																																		
13 Programa de Desmatamento da Área de Interferência Direta																																																																																																																		
14 Programa de Conservação da Fauna																																																																																																																		
15 Programa de Acompanhamento de Atividades de Desmatamento e de Resgate da Fauna em Áreas Diretamente Afetadas																																																																																																																		
16 Programa de Conservação da Ictiofauna																																																																																																																		
17 Programa de Compensação Ambiental																																																																																																																		
18 Programa de Comunicação Social e Educação Ambiental																																																																																																																		
19 Programa de Saúde Pública																																																																																																																		
20 Programa de Apoio às Comunidades Indígenas																																																																																																																		
21 Programas Relacionados ao Patrimônio Arqueológico, Pré-Histórico e Histórico																																																																																																																		
22 Programa de Remanejamento da População Afetada																																																																																																																		
23 Programa de Apoio às Ações J. Jusante																																																																																																																		
24 Programa de Recuperação da Infra-Estrutura Afetada																																																																																																																		
25 Programa de Compensação Social																																																																																																																		
26 Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório																																																																																																																		
27 Programa de Apoio às Atividades de Lazer e Turismo																																																																																																																		